

Elektrofahrräder (E-Bikes)

Autoren:
Gianantonio Scaramuzza, Nathalie Clausen

Bern 2010



Impressum

Herausgeberin	bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung Postfach 8236 CH-3001 Bern Tel. +41 31 390 22 22 Fax +41 31 390 22 30 info@bfu.ch www.bfu.ch
Autoren	Gianantonio Scaramuzza, dipl. Ing. ETH, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, bfu Nathalie Clausen, lic. iur., Wissenschaftliche Mitarbeiterin Recht, bfu
Redaktion	Stefan Siegrist, Dr. phil., Leiter Forschung / Ausbildung, Stv. Direktor, bfu
© bfu/FVS 2010	Alle Rechte vorbehalten; Reproduktion (z. B. Fotokopie), Speicherung, Verarbeitung und Verbreitung sind mit Quellenangabe gestattet. Dieser Bericht wurde im Auftrag des Fonds für Verkehrssicherheit (FVS) hergestellt. Für den Inhalt ist die bfu verantwortlich. Aus Gründen der Lesbarkeit verzichten wir darauf, konsequent die männliche und weibliche Formulierung zu verwenden. Wir bitten die Lesenden um Verständnis.
Zitationsvorschlag	Scaramuzza G, Clausen N. <i>Elektrofahrräder (E-Bikes)</i> . Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2010. bfu-Faktenblatt 04.

Inhalt

I.	Ziel	5
II.	Überblick	5
	1. Das Elektrofahrrad	5
	2. Der Elektromotor	6
	2.1 Elektromotoren-Prinzipien	6
	2.2 Wirkungsweise der Tretunterstützung	7
	3. Elektrofahrräder im heutigen Verkehrssicherheitsumfeld	7
III.	Verbreitung	8
IV.	Vorteile	8
V.	Risikoanalyse	9
	1. Erkennbare Risiken	9
	2. Weitere Szenarien	11
VI.	Handlungsbedarf und Präventionsmassnahmen	11
	1. Handlungsbedarf	11
	2. Präventionsmassnahmen	12
	2.1 Recht	12
	2.1.1 Aktuelle Vorschriften	12
	2.1.2 Revisionsbedarf	14
	2.2 Infrastruktur, Fahrzeuge und Lenkende	16
	2.3 Weitere Anregungen	16
	Quellenverzeichnis	17

I. Ziel

Ziel des vorliegenden Faktenblatts ist es, bekannte Fakten und mutmassliche Entwicklungen betreffend Elektrofahrräder darzustellen. Zudem werden potenzielle Probleme hinsichtlich Verkehrssicherheit aufgezeigt, der sich ergebende Handlungsbedarf beleuchtet und mögliche Interventionen vorgeschlagen.

II. Überblick

1. Das Elektrofahrrad

Elektrofahrräder sind Fahrräder mit zusätzlich eingebautem Elektromotor (Abbildung 1 und Abbildung 2). Ein Akkumulator, der üblicherweise am Rahmen befestigt ist, liefert die Energie. Die Reichweite der heutzutage im Handel erhältlichen Elektrofahrräder beträgt je nach Modell und zugeschalteter Leistung rund 30–80 km. Die Akkumulatoren lassen sich in der Regel bequem abnehmen und an herkömmlichen Steckdosen aufladen.

Abbildung 1
Übliches Elektrofahrrad



Quelle: www.flyer.ch, 08.04.2010

Abbildung 2
Elektrofahrrad mit im Rahmen integriertem Akku



Quelle: www.thoemus.ch, 08.04.2010

Elektrofahrräder gehören zur Fahrzeugart «Motorfahrrad» (Art. 18 VTS¹). Für Elektrofahrräder hat sich im deutschsprachigen Raum noch kein einheitlicher Begriff etabliert, es finden sich dafür die verschiedensten Bezeichnungen. Üblich sind: Elektrorad, Elektromotor-Fahrrad, Elektrovelo, Pedelec (vor allem in Deutschland benutzt), Electric Bicycle, E-Bike, Elektro-Bike. Bisweilen wird zur Bezeichnung von Elektrofahrrädern auch schlicht der Name von Herstellerfirmen benutzt (z. B. Flyer). Letztlich beschreiben jedoch all diese Begriffe Fahrzeuge, die nach demselben Prinzip funktionieren: Grundelement ist ein konventionelles Fahrrad – also ein einspuriges, zweirädriges Fahrzeug, das durch Treten in die Pedale fortbewegt wird. Sobald die Pedale angekurbelt werden, unterstützt ein spezieller Elektromotor die Tretbewegung. Dies ermöglicht es, mit geringem Kraftaufwand ansehnliche Geschwindigkeiten zu erreichen.

2. Der Elektromotor

2.1 Elektromotoren-Prinzipien

Es existieren verschiedene Prinzipien von Elektromotoren. Die sogenannten Tretlager-Motoren treiben direkt das Tretlager oder die Kette an. Ein anderes Prinzip sind die Naben-Motoren, wobei sowohl Vorder- als auch Hinterradnabenmotoren üblich sind. Diese können mit oder ohne Getriebe ausgeführt sein. Schliesslich finden sich auch Systeme mit Riemenantrieben. Der Markt bietet zudem Bausätze, die es ermöglichen, herkömmliche Fahrräder zu Elektrofahrrädern aufzurüsten (Abbildung 3).

Abbildung 3
Umbausatz für herkömmliche Fahrräder



¹ Verordnung vom 19. Juni 1995 über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge, SR 741.41

2.2 Wirkungsweise der Tretunterstützung

Auf dem Markt finden sich verschiedene Arten der Wirkungsweise von Elektromotoren. Üblich ist es, dass sich die Leistung der Tretunterstützung kontinuierlich der **Leistung des Radfahrenden anpasst**. Bei der **kadenzabhängigen Unterstützung**, dem einfachsten System, ist die Tretunterstützung von der Trittfrequenz des Radfahrenden abhängig. Je schneller getreten wird, desto schneller fährt das Fahrrad. Allerdings kann die Tretunterstützung auch **geschwindigkeitslimitiert** sein. Dabei fällt die unterstützende Wirkung des Elektromotors bei der festgelegten maximalen Geschwindigkeit weg. Die Reduktion kann kontinuierlich mit steigender Geschwindigkeit (Regelfall) oder abrupt bei Erreichen der festgelegten Höchstgeschwindigkeit erfolgen. Letztere Variante wird als unangenehm empfunden. Der Vollständigkeit halber seien auch jene Systeme erwähnt, die bis zu einer bestimmten Geschwindigkeit einen **rein motorischen Antrieb** (Anfahrhilfe) gestatten.

3. Elektrofahrräder im heutigen Verkehrssicherheitsumfeld

Elektrofahrräder sind mittlerweile breit akzeptiert und keine Seltenheit mehr. In den letzten 1–2 Jahren ist im Bereich der Elektrofahrräder in verschiedener Hinsicht ein Boom zu verzeichnen. Seit 2005 verdoppeln sich die Verkaufszahlen jährlich (Kap. III). Die technische Entwicklung der Elektromotoren hat dazu geführt, dass Leistungen erzielt werden, die vor kurzem nicht vorstellbar waren. Diese unerwartet rasante Entwicklung stellt eine Herausforderung für die Verkehrssicherheit dar. Eine schnelle und adäquate Reaktion ist aus folgenden Gründen indessen schwierig:

- Zum Unfallgeschehen mit Elektrofahrrädern sind keine verlässlichen Aussagen möglich, weil im aktuellen Unfallerhebungsbogen die Objektart «Elektrofahrrad» nicht erfasst werden kann und somit die amtliche Unfallstatistik keine entsprechenden Unfallzahlen ausweist. Immerhin wird ab 1. Januar 2011 das «Fahrrad mit elektrischer Tretunterstützung» separat erfasst.
- In der hinsichtlich Verkehrssicherheit relevanten Literatur konnten keine Forschungsergebnisse zur Unfallrelevanz (Unfallgeschehen, Unfallrisiko, Risikofaktoren usw.) von Elektrofahrrädern ausfindig gemacht werden.
- Das Gesetz hinkt der Realität hinterher und trägt der Vielfalt der auf dem Markt erhältlichen Modelle, der innovativen technischen Entwicklung und der damit einhergehenden Unfallrisiken nicht genügend Rechnung. Dazu sei auf Tabelle 2 verwiesen.

III. Verbreitung

Die Verkaufszahlen von Elektrofahrrädern seit dem Jahr 2005 (Tabelle 1) belegen die rasante Verbreitung eindrücklich [1]. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in der Schweiz bis ins Jahr 2008 nur ein einziger Anbieter Elektrofahrräder verkauft hat. Mittlerweile gehen Fachkreise von mindestens einem Dutzend Herstellern aus [2].

Tabelle 1
Verkaufszahlen von Fahrrädern in der Schweiz

	Total Fahrräder	Elektrofahrräder	Anteil
2005	280 840	1 792	0.6%
2006	299 286	3 181	1.1%
2007	314 161	5 825	1.9%
2008	314 784	11 631	3.7%
2009	349 900	23 886	6.8%

Quelle: www.velosuisse.ch, 08.04.2010

IV. Vorteile

Elektrofahrräder weisen dieselben Vorteile auf wie herkömmliche Fahrräder. Die zeitliche Verfügbarkeit ist hoch und auf kurzen Distanzen im Stadtverkehr sind sie das schnellste Verkehrsmittel. Zudem sind sie weniger stark an die Strasseninfrastruktur gebunden als der motorisierte Individualverkehr (Parkplätze). Schliesslich können sie oft mit den öffentlichen Verkehrsmitteln transportiert werden.

Der evidenteste Vorteil des Elektrofahrrads besteht darin, dass mit geringem Kraftaufwand wesentlich höhere Geschwindigkeiten erzielt (Tabelle 3) und über längere Distanzen aufrecht erhalten werden können. Dadurch fällt teilweise das unangenehme Schwitzen weg. Zudem ist der Verbrauch an elektrischer Energie sehr gering, sodass die Treibstoffkosten wesentlich tiefer liegen als bei Motorfahrrädern mit Verbrennungsmotor. So kostet gemäss [3] eine vollständige Ladung Strom rund CHF 0.08. Die gesundheitsfördernde Wirkung der Bewegung bleibt erhalten. Überdies kann das Elektrofahrrad Personen das Radfahren ermöglichen, die dies aus gesundheitlichen Gründen sonst nicht tun könnten. Es ist sogar zu vermuten, dass durch das Elektrofahrrad das Radfahren einem breiteren Publikum zugänglich gemacht werden kann. So setzen Unternehmen mit einem hohen Bedarf an kurzen Dienstfahrten bereits heute Elektrofahrräder ein (z. B. Spitex Bern). Es ist nicht ausgeschlossen, dass die Verbreitung des Elektrofahrrads gar zu einer Veränderung des Modal Splits, insbesondere im Pendlerverkehr, führt.

V. Risikoanalyse

1. Erkennbare Risiken

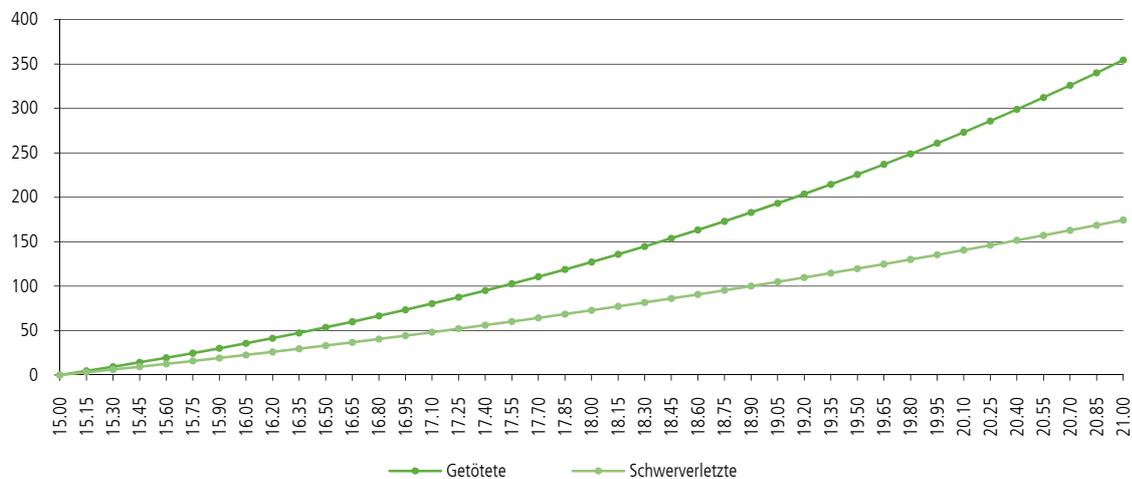
Zu Risiken und Risikofaktoren konnte in der Literatur lediglich eine von US-Forschern durchgeführte Studie ausfindig gemacht werden. Sie weist für Fahrer von Elektrofahrrädern im Vergleich zu Fahrern von herkömmlichen Fahrrädern ein 2- bis 3-faches Risiko nach, getötet zu werden [4]. Dafür wurden die Unfallzahlen zweier chinesischer Provinzen beigezogen. Die ebenfalls berücksichtigten Fahrleistungen wurden geschätzt. Breit abgestützte, evidenzbasierte Aussagen sind folglich nur bedingt möglich. Deshalb wurden zusätzlich die Erkenntnisse zu ähnlichen Fahrzeugen (Fahrräder, Motorräder) herangezogen. So sind in Anlehnung an [5] und [6] folgende sicherheitstechnische Auswirkungen zu erwarten:

- Die massgebenden Unfalltypen werden mutmasslich Unfälle beim Richtungswechsel und beim Queren von Strassen sowie Auffahrunfälle sein.
- Insbesondere Personenwagen-Lenkende gefährden Lenkende von zweirädrigen Fahrzeugen (Fahrräder, Motorräder, Elektrofahrräder usw.) vor allem durch übersetzte Geschwindigkeit, dichte Überholmanöver, Ablenkung von der Fahraufgabe und mangelnde Gefahrenkognition.
- Radfahrende gefährden sich selbst insbesondere durch Fehlverhalten (unangepasste Geschwindigkeit, regelwidriges Verhalten, fehlende Sichtbarkeit, Nichttragen des Fahrradhelms). Aber auch entwicklungsbedingte Defizite der Radfahrenden erhöhen das Unfallrisiko.

Folgende Faktoren dürften die Problematik voraussichtlich verstärken:

- Der durchschnittliche Lenker eines Elektrofahrrads fährt schneller als der durchschnittliche Lenker eines herkömmlichen Fahrrads. Eine unmittelbare Auswirkung davon ist die Verlängerung des Anhaltewegs. So nimmt beispielsweise bei einer Verdoppelung der gefahrenen Geschwindigkeit von 15 km/h auf 30 km/h der Anhalteweg von rund 10 m auf rund 24 m um mehr als das Doppelte zu (Vollbremsung, Reaktionszeit 2 Sekunden, Reibungskoeffizient 0,5 für trockenen Asphalt [7,8]).
- Die Auswirkungen des verlängerten Anhaltewegs auf die Unfallschwere können mit dem Power-Modell von Nilsson abgeschätzt werden [9,10]. Dieses zeigt einen exponentiellen Zusammenhang zwischen der Änderung der Durchschnittsgeschwindigkeiten und der Zunahme der Unfallschwere. Wird eine aktuelle Durchschnittsgeschwindigkeit im Fahrradverkehr von 15 km/h sowie ein zukünftiger Anteil Elektrofahrräder von 30 % mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 35 km/h angenommen, so führt dies zu einem Szenario mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit im Fahrradverkehr von 21 km/h (Zunahme von 40 %). Gemäss dem Power-Modell hätte dies einen Anstieg der Schwerverletzten um über 150 % und der Getöteten um rund 350 % zur Folge (Anmerkung: in den Jahren 2004–2008 verunfallten im Durchschnitt 815 Fahrradlenkende schwer und 37 tödlich [11]).

Abbildung 4
Zunahme der Anzahl Getöteten und Schwerverletzten in Abhängigkeit der Durchschnittsgeschwindigkeit (nach Rücksprache mit dem Autor von [10] auf den Fahrrad-Verkehr anwendbar)



- Zwar ist das Führen von Elektrofahrrädern an gewisse rechtliche Voraussetzungen gebunden. So gilt generell ein Mindestalter von 14 Jahren und für sogenannte Leicht-Motorfahrräder (elektrische Tretunterstützung bis 25 km/h und maximale Nennleistung von 0,25 kW) benötigen 14- bis 15-Jährige einen Führerausweis der Kategorie M (ab 16 Jahren ist kein Führerausweis mehr nötig). Mindestens einen Führerausweis der Kategorie M benötigt aber auch – unabhängig vom Alter –, wer ein stärkeres Elektrofahrrad fahren will (Tabelle 2). Dieser Ausweis wird lediglich aufgrund einer vereinfachten, der Kategorie angepassten Theorieprüfung erteilt. Der Zugang zu diesen Fahrzeugen ist folglich sehr einfach, denn eine Führerprüfung ist nicht nötig. Es ist daher mit Lenkenden von Elektrofahrrädern zu rechnen, die trotz fehlender oder geringer Erfahrung (motorisch, kognitiv) auf zweirädrigen Fahrzeugen Geschwindigkeiten erreichen, die sie im heutigen Strassenverkehr nicht ohne Weiteres handhaben können.
- Die Problematik, dass einspurige Fahrzeuge prinzipiell wegen ihrer schmalen Silhouette schlecht wahrgenommen und hinsichtlich Geschwindigkeit oft unterschätzt werden, ist bekannt [5,6]. Es ist zu erwarten, dass bei Elektrofahrrädern diese Gefahr erhöht ist, weil sie schnell fahren, meistens kaum von herkömmlichen Fahrrädern zu unterscheiden sind und somit die Assoziation «langsameres Fahrzeug» auslösen.
- Elektrofahrräder sind wie herkömmliche Fahrräder nahezu geräuschlos. Gerade für Fussgänger und andere Fahrradlenkende entfällt dadurch die akustische Wahrnehmbarkeit, was sich zusammen mit der erhöhten Geschwindigkeit negativ auswirken kann. Ein Hinweis für die Erhöhung des damit verbundenen Unfallrisikos liefert die Erkenntnis, dass Hybridfahrzeuge im elektrischen Betrieb ein um 40 % erhöhtes Risiko aufweisen, mit Fussgängern oder Fahrrädern zu kollidieren [12].
- Durch das nachträgliche Aufrüsten von herkömmlichen Fahrrädern mittels Umbausätzen (Kap. II.2.1) können diese Geschwindigkeiten erreichen, für die sie ursprünglich nicht ausgelegt wurden.

2. Weitere Szenarien

Gespräche mit Fachleuten über die technischen Innovationen der letzten Jahre lassen vermuten, dass hinsichtlich Elektrofahrräder u. a. folgende Entwicklungen zu erwarten sind:

- Es ist mit immer stärkeren Elektromotoren zu rechnen. Aus dem Fahrradhandel ist zu vernehmen, dass bereits Elektromotoren für Elektrofahrräder mit einer Dauerleistung von 800 W und mehr entwickelt wurden (gemäss Art. 176 Abs. 1 VTS sind Elektromotoren bis höchstens 1 kW Dauerleistung gestattet; einspurige Fahrzeuge mit Elektromotor mit höherer Dauerleistung gelten hingegen als Kleinmotorräder). Damit können mühelos Geschwindigkeiten erzielt werden, die durchaus mit denen von Kleinmotorrädern vergleichbar sind (60 km/h und mehr).
- Die in Kap. II.2.1 aufgezeigten Umbausätze für herkömmliche Fahrräder wurden auch bereits auf Mountainbikes montiert [13]. Es ist demnach zunehmend mit Elektro-Mountainbikes zu rechnen. Die Beurteilung der Auswirkungen eines solchen Szenarios ist jedoch noch nicht möglich.
- Die immer ausgereifere Technik ermöglicht es den Lenkenden, **zusätzlich** zu den gängigen Funktionen (Durchschnittsgeschwindigkeit, Puls usw.) immer detailliertere Daten zur elektrischen Energieversorgung (Unterstützungsstufen, aktuelle Tretunterstützung, Akku-Ladezustand, Energierekuperation usw.) abzurufen. Die hierfür notwendigen «Bordcomputer» werden folglich komplexer, was zu zunehmenden Problemen hinsichtlich Ablenkung und Unaufmerksamkeit führen könnte.
- Nicht selten führen offiziell signalisierte Fahrradrouten über private Wege (z. B. Flurwege). Die Zustimmung der privaten Grundbesitzer beruht dabei oft lediglich auf einer mündlichen oder schriftlichen Absprache mit den Signalisationsbehörden («auf Zusehen hin»). Ob immer noch mit der Kulanz der Grundbesitzer gerechnet werden kann, wenn diese Wege von sehr schnellen Elektrofahrrädern befahren werden, muss in Frage gestellt werden. Das Weiterbestehen von attraktiven Fahrradrouten und -netzen wäre infolgedessen gefährdet.

VI. Handlungsbedarf und Präventionsmassnahmen

1. Handlungsbedarf

Nachfolgend werden mögliche Massnahmen aufgelistet, die zu diskutieren sind. Die vorgeschlagenen Massnahmen basieren auf einer **umfassenden** Sicherheitsbewertung. Diese bezieht sich weniger auf wissenschaftliche Analysen des zu lösenden Problems als auf bekannte und erforschte Zusammenhänge zwischen Geschwindigkeit (Ausmass und Homogenität) und unfallbedingten Verletzungen.

2. Präventionsmassnahmen

2.1 Recht

2.1.1 Aktuelle Vorschriften

Elektrofahrräder mit einer elektrischen Tretunterstützung bis zu einer Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h und einer maximalen Nennleistung von 0,25 kW gelten als Leicht-Motorfahrräder (Art. 18 lit. a VTS). Elektrofahrräder mit einer Tretunterstützung über 25 km/h gelten je nach technischen Eigenschaften als Motorfahrräder mit Erleichterung nach Art. 175 Abs. 1^{bis} VTS oder als gewöhnliche Motorfahrräder. Eine Gruppierung der heute auf dem Markt erhältlichen Elektrofahrräder nach den Kriterien «Nennleistung», «Tretunterstützung», «rein elektrischer Betrieb» sowie die Zuordnung der geltenden Vorschriften zu diesen **hypothetischen** Gruppen ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 Hypothetische (nicht abschliessende) Gruppierung der Elektrofahrräder aufgrund der aktuellen Marktsituation sowie anwendbare Vorschriften					
max. Nennleistung	0,25 kW	0,5 kW	0,5 kW	1,0 kW	1,0 kW
Tretunterstützung*	Ja, bis 25 km/h	Ja (keine Limitierung)**	Ja (keine Limitierung)**	Ja (keine Limitierung)**	Ja (keine Limitierung)**
Rein elektr. Betrieb möglich	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit	0 km/h	0 km/h	≤20 km/h	0 km/h	≤30 km/h***
Fahrzeugtyp nach VTS	Motorfahrrad bzw. «Leicht-Motorfahrrad*»: mit elektr. Tretunterstützung bis 25 km/h und max. Nennleistung von 0,25 kW <i>Art. 18 lit. a VTS</i>	Motorfahrrad <i>Art. 18 lit. b VTS</i>			
Potenzielle Geschwindigkeit	Bis 25 km/h	40 km/h			Über 50 km/h
Helmtragepflicht	Nein, weil bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit ≤ 20 km/h <i>Art. 3b Abs. 4 lit. e VRV¹</i>				Nur, falls bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit >20 km/h <i>Art. 3b Abs. 3 und 4 lit. e VRV</i>
Pflicht zur Benutzung von Radstreifen und signalisierten Radwegen	Ja	Ja, wenn einspuriges Fahrzeug <i>Art. 42 Abs. 4 VRV</i> <i>Art. 46 Abs. 1 SVG²</i> <i>Art. 33 Abs. 1 SSV³</i>		Ja	
Durchfahrt bei Verbot für Motorfahrräder	Nur zulässig mit abgeschaltetem Motor <i>Art. 19 Abs. 1 lit. c SSV</i>				
Vorschrift Blutalkoholkonzentration	Ab 0,5 Promille fahruntfähig, ab 0,8 Promille qualifiziert fahruntfähig <i>Art. 31 Abs. 2 SVG</i> <i>Art. 55 SVG</i> <i>Art. 91 Abs. 1 und 2 SVG</i> Art. 1 VO über Blutalkoholgrenzwerte im Strassenverkehr				
Mindestalter der Lenker	14 Jahre <i>Art. 6 Abs. 1 lit. a VZV⁴</i>				

Fortsetzung Tabelle 2

Mögliche Kategorisierung von Elektrofahrrädern aufgrund der aktuellen Marktsituation und Gesetzgebung

Führerausweis (mindestens)	Nein (ab 16 Jahren) (Kat. M für 14-/15-Jährige)	Ja (M)
	<i>Art. 5 Abs. 2 lit. d VZV</i> <i>Art. 6 Abs. 1 lit. f VZV</i>	<i>Art. 3 Abs. 3 VZV</i>
Kontrollschild	Nicht erforderlich	Erforderlich
	<i>Art. 72 Abs. 1 lit. k VZV</i>	<i>Art. 175 Abs. 5 VTS</i> <i>Art. 90 Abs. 2 VZV</i>
Fahrradvignette	Erforderlich	Nicht zulässig
	<i>Art. 37 Abs. 2 VVV</i>	<i>Art. 90 Abs. 2 VZV</i>
Fahrzeugausweis	Nicht erforderlich	Erforderlich
	<i>Art. 72 Abs. 1 lit. k VZV</i>	<i>Art. 90 Abs. 2 VZV</i>
Haftpflichtversicherung	Ja (den Fahrrädern gleichgestellt – Vignette)	Ja (grösstenteils den Fahrrädern gleichgestellt – Kontrollschild)
	<i>Art. 37 Abs. 1 lit. c VVV</i> ⁵ <i>Art. 34 VV</i>	<i>Art. 38 Abs. 2 VVV</i>
Typengenehmigung	Nein. Die massgebenden Vorschriften (z. B. NEV) müssen jedoch eingehalten werden. Anh. 1 Ziff. 1 TGV	Ja. Serienmässig hergestellte Motorfahräder unterstehen der Typengenehmigung.
Bremsen	zwei kräftige Bremsen (eine auf das Vorderrad, die andere auf das Hinterrad wirkend) <i>Art. 175 Abs. 1 VTS</i> <i>Art. 214 VTS und Anhang 7 VTS</i>	
Beleuchtung	Vorschriften für Fahrradbeleuchtung (jedoch fest angebrachte Lichter, kein vorderer Rückstrahler erforderlich). Einschaltpflicht bei eingeschränkten Lichtverhältnissen	Fest angebrachtes Abblendlicht vorn, Schlusslicht und nicht dreieckiger Rückstrahler hinten, nach vorn und hinten wirkende Pedalrückstrahler. Einschaltpflicht bei eingeschränkten Lichtverhältnissen
	<i>Art. 175 Abs. 1bis VTS</i> <i>Art. 216 VTS</i>	<i>Art. 180 VTS</i> <i>Art. 41 SVG</i>
	<i>Art. 217 VTS</i> <i>Art. 41 SVG</i>	
Rückspiegel	nicht erforderlich <i>Art. 175 Abs. 1bis VTS</i>	erforderlich <i>Art. 181 Abs. 1 VTS</i>
Akustische Warnvorrichtung	Glocke oder Warnvorrichtung nach Richtlinie Nr. 93/30/EWG <i>Art. 181 Abs. 3 VTS</i>	
Geschwindigkeitsmesser	Nicht erforderlich	

Anmerkung: Fahrräder, die zusätzlich mit Elektromotor und Batterie ausgerüstet sind, gelten definitionsgemäss als Motorfahräder (Art. 18 VTS). Fahrräder sind Fahrzeuge mit wenigstens 2 Rädern, die durch mechanische Vorrichtungen **ausschliesslich** mit der Kraft der darauf sitzenden Personen fortbewegt werden, Art. 24 Abs. 2 VTS). Je nach maximaler Nennleistung und Höchstgeschwindigkeit handelt es sich um die Unterkategorie Leicht-Motorfahrrad. Bezüglich technischer Anforderungen an «Elektromotorfahräder» (mit einer Dauerleistung von max. 0,5 kW und einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von max. 20 km/h) vgl. Art. 175 Abs. 1bis VTS.

* Tretunterstützung bedeutet, dass der Elektromotor nur wirksam ist, solange getreten wird. Fahrzeuge, bei denen ein rein elektromotorischer Betrieb möglich ist, gehören folglich nicht zur Unterkategorie «Leicht-Motorfahräder» (Art. 18 lit. a VTS).

** D. h. die VTS schreibt nicht vor, ob und bei welcher maximalen Geschwindigkeit die Tretunterstützung limitiert werden muss. Erhältlich sind z. B. Modelle mit einer Tretunterstützung bis 45 km/h.

*** Gemäss Art. 18 lit. b VTS sind Fahrzeuge mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit bis 30 km/h möglich. In der Regel wird jedoch die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit auf ≤ 20 km/h beschränkt. Folglich entfällt die Helmtragepflicht.

¹ Verkehrsregelnverordnung vom 13. November 1962, SR 741.1

² Strassenverkehrsgesetz vom 19. Dezember 1958, SR 741.01

³ Signalisationsverordnung vom 5. September 1979, SR 741.21

⁴ Verordnung vom 27. Oktober 1976 über die Zulassung von Personen und Fahrzeugen zum Strassenverkehr, SR 741.51

⁵ Verkehrsversicherungsverordnung vom 20. November 1959, SR 741.31

Es zeigt sich, dass die Vorschriften uneinheitlich gruppenübergreifend sind. Deshalb ist die Rechtslage für Lenker und Händler unübersichtlich, schwer verständlich und kaum nachvollziehbar. Als Beispiel sei die Helmtragspflicht erwähnt, welche von der sogenannten bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit abhängt. Bei Elektrofahrrädern ist somit entscheidend, ob ein rein motorischer Betrieb möglich ist oder nicht. Falls ja, wird die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit (ohne Tretunterstützung) ermittelt. Beträgt diese mehr als 20 km/h, muss ein Helm getragen werden. Ist kein rein motorischer Betrieb möglich, beträgt die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit Null. Für ein solches Fahrzeug besteht keine Helmtragspflicht, auch wenn die Tretunterstützung weitergeht als bis 20 km/h (Art. 3b Abs. 4 lit. e VRV). So dürfen selbst Elektrofahrräder, auf denen sehr hohe Geschwindigkeiten möglich sind, ohne Helm gefahren werden. Es stellt sich die Frage, ob die bestehende Gesetzgebung den sicherheitstechnischen Auswirkungen dieses Fahrzeugtyps gerecht wird. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass – analog zu anderen motorisierten Zweirädern ohne Tretunterstützung – E-Bikes hinsichtlich Unterstützungsleistung und somit der mit wenig Kraftaufwand erzielbaren Geschwindigkeiten stark variieren.

2.1.2 Revisionsbedarf

Die Analyse der Tabelle 2 zeigt, dass die geltende Regelung, angewandt auf die Elektrofahrräder, zu inkongruenten Situationen hinsichtlich Verkehrssicherheit, Ausrüstung, Verhalten usw. führt. Sie ist revisionsbedürftig. Insbesondere die Vorschriften für potenziell schnelle Elektrofahrräder erscheinen sicherheitstechnisch inadäquat (keine Helmtragspflicht, Führerausweis der Kategorie M ausreichend, Radweg-Benutzungspflicht u. a.). Primäres Ziel einer Revision sollte eine übersichtliche und klare Gesetzgebung sein, damit in Zukunft auf einen Blick erkennbar ist, welche Regeln für welche Elektrofahrrad-Unterart und deren Lenker gelten. Zentral ist dabei die Berücksichtigung der grossen Bandbreite der Elektrofahrräder hinsichtlich potenzieller Geschwindigkeiten (Kap. VI.2.1). Diese ergeben sich aus der Kombination der Elektromotor-Leistung und der Höchstgeschwindigkeit, bei der die Tretunterstützung noch wirksam ist. Sie sind in Tabelle 3 dargestellt. Daraus lassen sich mögliche Unterarten von Elektrofahrrädern ableiten.

Tabelle 3
Potenzielle Geschwindigkeiten und mögliche Unterarten von Elektrofahrrädern

		Maximale Geschwindigkeit, bei der die Tretunterstützung noch wirkt		
		25 km/h	45 km/h	über 45 km/h
Elektromotor- Leistung	bis 250 W	<25 km/h	~ 40–45km/h	~ 40–45km/h
	250 - 500 W	*	~ 40–45km/h	über 60 km/h
	über 500 W	*	~ 40–45km/h	über 70 km/h

Lesebeispiel: Mit einem 300-Watt-Motor (2. Zeile), der bis 45 km/h unterstützt (2. Spalte), kann auf einem Elektrofahrrad mühelos eine Geschwindigkeit von maximal 40 km/h bis 45 km/h erreicht werden. Ein solches Elektrofahrrad würde der Unterart «mittelschnelle Elektrofahrräder» zugeteilt

* Elektromotoren mit mehr als 250 W Leistung dürften kaum eingesetzt werden, wenn die Tretunterstützung bei 25 km/h begrenzt wird.

Langsame Elektrofahrräder
Mittelschnelle Elektrofahrräder
Schnelle Elektrofahrräder

Die möglichen – nicht abschliessenden – sicherheitstechnischen Anforderungen je Elektrofahrzeug-Unterart sind in Tabelle 4 dargestellt. Sie richten sich nach der potenziellen Geschwindigkeit. Um Lösungen nicht von vornherein auszuschliessen, sind die Vorschläge bewusst generell formuliert. Zwei Aspekte sind speziell hervorzuheben:

1. Im heutigen politischen Umfeld ist die Forderung nach einer Fahrradhelm-Pflicht für die Lenker der Unterart «langsame Elektrofahrzeuge» (Leicht-Motorfahrzeuge) heikel. Trotzdem gilt es folgendes zu berücksichtigen: Ein durchschnittlicher Radfahrer erzielt mit demselben Kraftaufwand, mit dem er auf einem herkömmlichen Fahrrad zwischen 10 und 15 km/h fährt [14], auf einem Elektrofahrzeug, das bis 25 km/h unterstützt, mindestens 10 km/h höhere Geschwindigkeiten (Tabelle 3). Dies hat für den Lenker ein bedeutend höheres Verletzungsrisiko zur Folge. Ein Fahrradhelm-Obligatorium dürfte indessen ohne genügend politische und gesellschaftliche Akzeptanz nicht zur Diskussion stehen.
2. Die zur Diskussion gestellten Anforderungen an die Variante «schnelle Elektrofahrzeuge» sind hoch gehalten, weil die potenziellen Geschwindigkeiten durchaus mit denjenigen von Kleinmotorrädern vergleichbar sind. Ganz generell ist in diesem Zusammenhang zu prüfen, ob die Geschwindigkeit, bei der die Tretunterstützung noch wirksam ist, beschränkt werden soll. Dies tun beispielsweise einige Staaten der USA [15]. Denkbar wäre eine Limite von 40–45 km/h, um damit die Unterart «schnelle Elektrofahrzeuge» gänzlich zu unterbinden.

Tabelle 4
Empfohlene Sicherheitsanforderungen je Elektrofahrzeug-Unterart (vgl. dazu Tabelle 3)

	Langsame Elektrofahrzeuge	Mittelschnelle Elektrofahrzeuge	Schnelle Elektrofahrzeuge*	Begründung
Helmtragepflicht	Zu prüfen	Helmtragepflicht	Helmtragepflicht	Loslösung der Helmtragepflicht von der bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit
Pflicht zur Benutzung von Radstreifen und signalisierten Radwegen	Ja	Ja	Verboten	Radverkehrsanlagen sind nicht für hohe Geschwindigkeiten angelegt
Mindestalter der Lenker	14 Jahre	16 Jahre	18 Jahre	Analog Art. 6 Abs. 1 lit. a und b VZV (Mindestalter)
Führerausweis	Theorietest für 14–15-Jährige; ab 16 Jahren kein Führerausweis erforderlich	Fahrzeuggerechter Theorie- und Fahrtest	Fahrzeuggerechter Theorie- und Fahrtest	Verpflichtung zum Fahrtest bei schnelleren Varianten und für jüngere Fahrer
Kontrollschild	Wie Fahrrad	Wie Motorfahrzeug	Wie Kleinmotorrad	Anforderungen abhängig von potenzieller Geschwindigkeit und in Anlehnung an Verbrennungsmotorzweiräder
Fahrzeugausweis	Nein	Ja	Ja	
Haftpflichtversicherung	Wie Fahrrad	Wie Motorfahrzeug	Wie Kleinmotorrad	Anforderungen abhängig von potenzieller Geschwindigkeit und in Anlehnung an Verbrennungsmotorzweiräder
Typengenehmigung	Nein	Ja	Ja	
Bremssysteme	Kräftige Bremsen	Kräftige Bremsen	Kräftige Bremsen	Anforderungen abhängig von potenzieller Geschwindigkeit und in Anlehnung an Verbrennungsmotorzweiräder
Beleuchtung	Wie Fahrrad (fest angebracht oder abnehmbar) Einschaltpflicht auch tagsüber	Fest angebracht. Einschaltpflicht auch tagsüber	Fest angebracht. Einschaltpflicht auch tagsüber	
Rückspiegel	Nicht erforderlich	Obligatorisch	Obligatorisch	Damit gängige Höchstgeschwindigkeiten (Tempo 30) eingehalten werden können.
Akustische Warnvorrichtung	Glocke	Glocke oder Hupe	Hupe	
Geschwindigkeitsmesser	Nicht erforderlich	Obligatorisch	Obligatorisch	

* Eine Limitierung der Höchstgeschwindigkeit auf 40-45 km/h würde diese Kategorie eliminieren.

2.2 Infrastruktur, Fahrzeuge und Lenkende

Die Einschätzung der aktuellen Lage lässt vermuten, dass sich durch Elektrofahrräder keine grundsätzlich neuartigen Risikofaktoren ergeben. Die Risikofaktoren sind aus der Sicherheitsproblematik des Fahrrad- und Motorradverkehrs bekannt. Wegen der erhöhten Geschwindigkeiten von Elektrofahrrädern ist immerhin von einer Erhöhung der bekannten Risiken auszugehen (Kap. V). Demzufolge drängen sich auch keine neuartigen Massnahmen auf, weder für die Ausbildung der Radfahrenden sowie der Lenkenden potenzieller Kollisionsobjekte noch hinsichtlich Infrastruktur und Fahrzeugtechnik. Die empfehlenswertesten Massnahmen sind dabei gemäss [5] und [6]:

- Ausbildung der Radfahrenden und der Lenkenden potenzieller Kollisionsobjekte (insbesondere Zwei-Phasen-Ausbildung),
- Reduktion der gefahrenen Geschwindigkeiten des motorisierten Individualverkehrs (Verkehrskontrollen, Tempo-Regime innerorts [16]),
- adäquate infrastrukturelle Gestaltung von Linksabbiege- und Querungsstellen (sicherzustellen durch Ausbildung der Planer und Ingenieure sowie durch Road Safety Audits und Road Safety Inspections),
- partnerschutzgerechte Gestaltung von Motorfahrzeugen.

2.3 Weitere Anregungen

- Es ist Forschung zu Unfallgeschehen, Risikofaktoren und Präventionsmassnahmen erforderlich, um evidenzbasierte Aussagen machen zu können.
- Im Unfallerhebungsbogen des Bundesamtes für Strassen (ASTRA) soll die Objektart Elektrofahrräder differenziert nach potenziell erreichbarer Geschwindigkeit aufgenommen werden (Tabelle 3)
- Die derzeit gültigen Normen des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) beruhen auf einem Geschwindigkeitsniveau herkömmlicher Fahrräder [8]. Eine Überprüfung der bestehenden fahrradrelevanten VSS-Normen hinsichtlich Kompatibilität der Verkehrsinfrastruktur mit dem Geschwindigkeitsniveau von Elektrofahrrädern ist empfehlenswert.

Quellenverzeichnis

- [1] *Statistiken über den Velomarkt Schweiz*. Velosuisse.
<http://www.velosuisse.ch/asp/subpages.asp?page=news&lang=d&id=29>. Zugriff am 30.06.2010.
- [2] *Elektrovelo, Elektrofahrrad, E-Bike, Elektro-Bike, Pedelec*. Elektrofahrrad.ch.
<http://www.elektrofahrrad.ch/>. Zugriff am 30.06.2010.
- [3] *FAQ*. Biketec AG. <http://www.swiss-flyer.ch/m/mandanten/145/topic9864/story26667.html>. Zugriff am 30.06.2010.
- [4] Cherry C. *Electric Bike Use in China and Their Impacts on the Environment, Safety, Mobility and Accessibility*. Berkeley CA: Institute of Transportation Studies - University of California; 2007.
- [5] Walter E, Cavegn M, Allenbach R, Scaramuzza G. *Fahrradverkehr: Unfallgeschehen, Risikofaktoren und Prävention*. Bern: bfu - Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2005. bfu-Sicherheitsdossier 02.
- [6] Walter E, Cavegn M, Scaramuzza G, Nieman S, Bächli-Biétry J. *Motorradverkehr*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2009. bfu-Sicherheitsdossier 05.
- [7] *Coefficient of Friction Values for Clean Surfaces*. School for Champions. http://www.school-for-champions.com/science/friction_coefficient.htm. Zugriff am 30.06.2010.
- [8] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. *Leichter Zweiradverkehr; Grundlagen*. Zürich: VSS; 1994. VSS-Norm SN 640 060.
- [9] Ewert U, Scaramuzza G, Niemann S, Walter E. *Der Faktor Geschwindigkeit im motorisierten Strassenverkehr*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2010. bfu-Sicherheitsdossier 06.
- [10] Elvik R, Christensen P, Amundsen A. *Speed and Road Accidents: An evaluation of the Power Model*. Oslo: Institute of Transport Economics (TOI); 2004.
- [11] bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. *STATUS 2009: Statistik der Nichtberufsunfälle und des Sicherheitsniveaus in der Schweiz, Strassenverkehr, Sport, Haus und Freizeit*. Bern: bfu; 2009.
- [12] Refaat H. *Incidence of Pedestrian and Bicyclist Crashes by Hybrid Electric Passenger Vehicles*. Washington D.C.: National Highway Traffic Safety Administration; 2009.
- [13] *KTM bringt erstes Elektro-Mountainbike*. frieder-online.ch. <http://www.frieder-online.ch/index.php/zweirad-news-flaesch/28-zweirad-news-flaesch/95-ktm-brint-erstes-elektro-mountainbike>. Zugriff am 30.06.2010.
- [14] Girod B. *Eigenschaften des Fahrradverkehrs*. Zürich: ETH Zürich - Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme; 2005.
- [15] Landis BW, Petritsch T, Huang HF. *Characteristics of Emerging road Users and Their Safety*. Washington D.C.: Federal Highway Administration FHWA; 2004.
- [16] Scaramuzza G. *Prozess-Evaluation des bfu-Modells Tempo 50/30 innerorts*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2008. bfu-Report 60.