



Vélos électriques – effets sur le système de transports

Elektrovelos - Auswirkungen auf das Verkehrssystem

E-bikes - Impacts on the transportation system

Transitec Ingénieurs-Conseils SA, Berne
Aline Renard, Ing. rur. dipl. EPFL SVI SIA
Julian Fleury, Ing. env. dipl. EPFL SVI
Laura Junod, Ing. géom. dipl. HEIG-VD

Wyssavo, Berne
Christian Wyss, Avocat

Ecoplan, Berne
René Neuenschwander, Lic. rer. pol.

HEIG-VD, Yverdon-les-Bains
Yves Delacrétaz, Dr ès sciences techn.

Projet de recherche SVI 2014/003 sur demande de l'Association suisse des ingénieurs et experts en transports (SVI)

Impressum

Instance de recherche et équipe de projet

Direction du projet

Aline Renard, Transitec Ingénieurs-Conseils SA

Membres

Julian Fleury, Transitec Ingénieurs-Conseils SA

Laura Junod, Transitec Ingénieurs-Conseils SA

Christian Wyss, wyssavo

René Neuenschwander, Ecoplan AG

Yves Delacrétaz, HEIG-VD

Commission de suivi

Président

Urs Walter

Membres

Philippe Aemisegger

Wernher Brucks

Viktoria Herzog

Hansruedi Müller

Gianantonio Scaramuzza

Philippe Schwery

Simon Seger

Martin Urwyler

Auteur de la demande

Association suisse des ingénieurs et experts en transports (SVI)

Source

Le présent document est téléchargeable gratuitement sur <http://www.mobilityplatform.ch>.

Table des matières

Impressum	4
Résumé	7
Zusammenfassung	13
Summary	19
1 Introduction	25
1.1 Contexte et objectifs du mandat de recherche	25
1.2 Description et enjeux du système VAE	26
1.3 Convention de notation	27
1.4 Méthodologie d'étude retenue	28
1.5 Structure du rapport de recherche	30
1.6 Etudes actuelles (sélection)	31
1.7 Définition des hypothèses de recherche	33
2 Etude du système VAE	35
2.1 Les usagers et les usages des VAE	35
2.1.1 Données disponibles sur l'utilisation des VAE	35
2.1.2 Statistiques de vente	36
2.1.3 Typologie des utilisateurs	37
2.1.4 Accidentologie	40
2.1.5 Synthèse des problèmes identifiés	43
2.2 Les véhicules et leur équipement	44
2.2.1 Synthèse des problèmes identifiés	46
2.3 Les infrastructures	47
2.3.1 Gabarits d'espace libre	47
2.3.2 Largeurs des aménagements cyclables	48
2.3.3 Vitesses de projet et rayons de courbure	49
2.3.4 Distances de visibilité et d'arrêt	50
2.3.5 Paramétrage des carrefours à feux	50
2.3.6 Synthèse des problèmes identifiés	51
2.4 Le cadre juridique	52
2.4.1 Réglementation actuelle relative aux VAE	52
2.4.2 Véhicule, conducteur et équipement	53
2.4.3 Règles de circulation générales	54
2.4.4 Différenciation vélo – cyclomoteur	54
2.4.5 Pistes cyclables	55
2.4.6 Surfaces partagées et surfaces mixtes vélos / piétons	56
2.4.7 Zones à modération de trafic	57
2.4.8 Synthèse des problèmes identifiés	57

3	Enquêtes de terrain	59
3.1	Identification des thèmes à analyser	59
3.2	Choix de la méthode et des villes d'enquête	61
3.3	Occurrence et nombre de cycles et de VAE	65
3.4	Typologie des utilisateurs et équipement	66
3.5	Vitesses observées	67
3.5.1	Résultats généraux	67
3.5.2	Vitesses moyennes instantanées au plat	68
3.5.3	Vitesses moyennes instantanées à la montée	69
3.5.4	Distribution des vitesses instantanées	70
3.6	Dépassements – analyse qualitative	71
3.7	Dépassements – analyse quantitative	72
3.7.1	Méthode employée pour le calcul des ratios de dépassement	72
3.7.2	Ratios de dépassements / heure / 100 m	73
3.7.3	Ratios de dépassement / 100 m / VAE ou vélo	74
3.7.4	Ratio de dépassements / heure / 100 m par type de vélo	75
3.8	Choix de l'aménagement	76
3.9	Conflits aux carrefours giratoires	78
4	Validité des hypothèses de recherche et problèmes posés	79
4.1	Validité des hypothèses de recherche	79
4.1.1	Hypothèse 1 : différences entre VAE45 et VAE25	81
4.1.2	Hypothèse 2 : points communs entre VAE45 et VAE25	83
4.1.3	Hypothèse 3 : VAE25 proche du vélo traditionnel	84
4.1.4	Hypothèse 4 : particularités du VAE45	85
4.1.5	Synthèse	87
4.2	Problèmes actuels identifiés et évolution attendue	88
5	Axes d'action et mesures proposées	91
5.1	Axe 1 – adaptations de l'infrastructure	91
5.2	Axe 2 – adaptations du cadre juridique	93
5.3	Axe 3 – communication	97
6	Conclusions de la recherche et suite à donner	99
	Annexes	101
	Glossaire	213
	Bibliographie	215
	Clôture du projet	219
	Index des rapports de recherche en matière de route	223
	Liste des publications SVI	225

Zusammenfassung

Ausgangslage und Gegenstand der Forschung

Mit der rasanten Entwicklung der Elektrovélos (E-Bikes oder Pedelecs) sind zahlreiche Konflikte im Verkehr und im Strassenraum sowie teilweise auch Unfälle festzustellen, die verschiedene Gründe haben können:

- Mit den schnellen E-Bikes (mit Tretunterstützung bis zu 45 km/h) kann viel schneller gefahren und beschleunigt werden als mit einem herkömmlichen Velo.
- E-Bike-Fahrende sind häufig „Wiedereinsteiger“ mit wenig Velofahrpraxis und werden überrascht bzw. überfordert von der höheren Leistungsfähigkeit ihres Fahrzeugs.
- Für andere Verkehrsteilnehmende, namentlich Autofahrende und FussgängerInnen, sind Elektrovélos immer noch eine neue Erscheinung, deren Fahrverhalten und Reaktionen schwierig abschätzbar sind.
- Veloplanungen sind (noch) nicht auf die höheren Geschwindigkeiten der Elektrovélos und die häufiger auftretenden Überholvorgänge bemessen und ausgestaltet;
- Konfliktsituationen, für welche der gesetzliche Rahmen nicht klar ist, z. Bsp. wenn Elektrovélos auf Veloverkehrsflächen fahren, die manchmal unbeabsichtigt von Fussgängern benutzt werden, oder auf Mischverkehrsflächen.

Ausserdem ist der gesetzliche Rahmen für die meisten E-Bike-Fahrenden sowie für die Planenden sehr schwer verständlich, insbesondere bezüglich der Vorschriften für die schnellen E-Bikes. Und letztendlich stellen die «langsamen» und die «schnellen» Elektrovélos unterschiedliche Herausforderungen dar, die spezifische Antworten verlangen.

Mit der vorliegenden Forschungsarbeit sollten die spezifischen Herausforderungen identifiziert werden, damit die Elektrovélos in den Planungen besser berücksichtigt werden und damit Planende zwischen den Anforderungen der „langsamen“ und der „schnellen“ E-Bikes besser unterscheiden können. Es ging darum, einerseits die sich aus der Entwicklung der E-Bikes ergebenden Probleme besser zu verstehen und andererseits Lösungsansätze in Bezug auf die Infrastrukturen, den rechtlichen Rahmen oder das Fahrverhalten zu erarbeiten. Dazu wurden die verschiedenen Elemente des „Systems Elektrovélo“, d.h. die E-Bike-Fahrenden, die Fahrzeuge selber und ihre Ausstattung, die Strasseninfrastruktur und schliesslich der rechtliche Rahmen, zunächst einzeln untersucht, dann wurden die Wechselwirkungen innerhalb des Systems genauer analysiert.

Die wichtigsten Forschungserkenntnisse und der Handlungsbedarf

Nutzung und Nutzerprofile von E-Bikes

Die schnellen und langsamen E-Bikes unterscheiden sich deutlich in Bezug auf die Nutzerprofile (mehrheitlich erwerbstätige Männer für die schnellen E-Bikes, Frauen und Rentner für die langsamen), den Fahrtzweck (Pendeln für die schnellen E-Bikes), die zurückgelegten Distanzen (deutlich höher für die schnellen E-Bikes) und die ModalSplit-Verschiebung (mehr Kilometer, die neu mit einem schnellen E-Bike zurückgelegt werden, wurden vorher mit dem Auto oder mit dem Motorrad zurückgelegt, als bei langsamen E-Bikes). Somit müssen unterschiedliche Analysen und Lösungsansätze für die zwei Kategorien von Elektrovélos betrachtet werden, da sie unterschiedlich genutzt werden, andere Fragen aufwerfen und folglich nicht unbedingt die gleichen Massnahmen erfordern.

Unfallgeschehen

Die Elektrovelos werden weitgehend von Personen gefahren, die keine Velopraxis (mehr) haben und von der Fahrdynamik der E-Bikes überrascht bis überfordert werden. Somit lässt sich wahrscheinlich der höhere Anteil an Selbstunfällen erklären.

Die verunfallten E-Bike-Fahrenden erleiden deutlich schwerere Verletzungen als Velofahrende. Dies lässt sich zumindest teilweise so erklären, dass sie älter und dadurch verletzlicher sind.

Bei der Vortrittsmissachtung liegt die Verantwortung in der Regel beim Kollisionsgegner (Fahrzeug, das den Vortritt vom E-Bike missachtet). Bei E-Bikes ist jedoch der Anteil von fehlbaren Kollisionsgegnern nur geringfügig höher. Demnach sind Velos für die anderen Verkehrsteilnehmenden im Allgemeinen nur wenig sicht- und erkennbar und / oder ihre Annäherungsgeschwindigkeit wird unterschätzt.

Strassenanlage

Im Allgemeinen werden die Anforderungen der Elektrovelos in den schweizweit gültigen Normen und Empfehlungen nicht berücksichtigt. Das betrifft insbesondere die folgenden Aspekte:

- Für breitere Fahrzeuge (Velos mit Anhänger oder Lastenvelos für den Transport von Waren und / oder Personen), deren Anteil mit dem Boom der E-Bikes zunehmen könnte, ist keine Empfehlung in den VSS-Normen zum Lichtraumprofil enthalten.
- Bei Veloanlagen ist keine Kurvenverbreiterung vorgesehen, was sich aufgrund der Ergebnisse einer kürzlich veröffentlichten VSS-Studie jedoch bald ändern könnte (siehe [58]).
- Die Breite der Veloanlagen soll in Zukunft auch aufgrund der Anzahl potentieller Überholmanöver zwischen Velofahrenden bestimmt werden. Als Einflussgrössen werden in [58] die Anzahl Velos und das Gefälle, nicht aber der Anteil der Elektrovelos und insbesondere der schnellen E-Bikes, berücksichtigt.
- Projektierungsgeschwindigkeiten, Kurvenradien und Sichtweiten sollen gemäss den Empfehlungen von [58] angepasst werden.
- An Knoten mit Lichtsignalanlagen soll in Anbetracht der schnellen E-Bikes eine höhere Geschwindigkeit der Velos beim Anfahren berücksichtigt werden als die aktuellen 5 m/s.

Rechtliche Bestimmungen

Die langsamen E-Bikes gehören zu einer Sonderkategorie der „leichten Motorfahräder“, für welche die gleichen Bestimmungen gelten wie für den Veloverkehr. Die Ausnahmen sind den E-Bike-Fahrenden wenig bekannt (insbesondere das Mindestalter bei 14 Jahren und der erforderliche Führerausweis M für 14- bis 15-Jährige).

Im Gegensatz zu den europäischen Ländern, wo die schnellen E-Bikes als leichte Motorräder betrachtet werden, werden sie in der Schweiz als herkömmliche Mofas eingestuft. Somit können schnelle E-Bikes viel einfacher gekauft und genutzt werden, was zu einer viel breiteren Nutzung führt. In den anderen Ländern sind die meisten Elektrovelos langsame E-Bikes.

Die schnellen E-Bikes müssen sich an den Regelungen halten, die für Mofas gelten. Die Signalisation ist jedoch nicht konsistent und zudem unverständlich für die E-Bike-Fahrenden und sogar für die Planenden: bei Vorschriften gilt das Velopiktogramm auch für ein schnelles E-Bike; bei Verboten oder Zusatztafeln gilt aber das Mofapiktogramm. In der Praxis bedeutet dies, dass:

- die Signalisation oft nicht der Zielsetzung entspricht (zum Beispiel Verbot für schnellen E-Bikes bei Velogegenverkehr, wenn nur die Zusatztafel „Velo gestattet“ angebracht ist);

- die schnellen E-Bikes sich meistens nicht an den für sie bestimmten Regelungen halten (insbesondere das Abschalten des Motors in Fussgängerzonen mit zugelassenem Veloverkehr).

Die Radwegbenutzungspflicht ist besonders heikel bei (zu) schmalen Radwegen, bei hohem Veloverkehrsaufkommen, bei Mischverkehrsflächen Fuss- und Veloverkehr und bei zu tiefer Projektierungsgeschwindigkeit.

Die durch den Antrieb von Elektromotoren ermöglichte Beschleunigung und die dadurch erreichte Geschwindigkeit sind weitere Probleme bei Mischverkehrssituationen mit dem Fussverkehr. Häufig wird der Veloverkehr auf Fusswegen oder Trottoirs bergwärts zugelassen, in der Annahme dass Velos dann langsam(er) unterwegs sind. Bei E-Bikes gilt diese Annahme jedoch nicht mehr.

Elektrovelos sind für die anderen schwierig erkennbar. Langsame E-Bikes haben kein gelbes Kontrollschild; schnelle E-Bikes schon, das aber nur von hinten sichtbar ist. Dies könnte ein Grund sein, wieso an Kreiseln und an nicht lichtsignalgeregelten Knoten den Velos häufig der Vortritt genommen wird.

Dass die Geschwindigkeit nicht kontrolliert werden kann, ist vor allem bei schnellen E-Bikes problematisch und besonders in verkehrsberuhigten Zonen (Tempo-30-Zonen und Begegnungszonen).

Schliesslich kann mit zunehmender Geschwindigkeit das Rechtsfahrgebot immer schwieriger eingehalten werden (Sicherheitsabstand gegenüber dem Fahrbahnrand).

Felderhebungen: Aufkommen und Anzahl der Elektrovelos im Verkehr

Die Felderhebungen wurden in Genf (September 2015) und in Bern (November 2015) durchgeführt. Insgesamt wurden fast 850 E-Bikes an einer den 8 Messstellen während der 4 Erhebungstage beobachtet.

Die Verteilung zwischen den verschiedenen Velotypen ist sehr unterschiedlich: der Gesamtanteil der Elektrovelos im Veloverkehr beträgt in Genf 18%, in Bern nur 11% (zur Erinnerung: 18% der verkauften Velos waren 2014 Elektrovelos). Dagegen sind in Genf rund 80% der Elektrovelos langsame E-Bikes, wohingegen die Anteile von langsamen und schnellen E-Bikes in Bern quasi identisch sind.

Felderhebungen: Gefahrene Geschwindigkeiten

Die durchschnittlichen punktuellen Geschwindigkeiten der schnellen E-Bikes bewegen sich unabhängig vom Gefälle zwischen 26 km/h und 35 km/h. Es ist jedoch zu beachten, dass die Erhebungen im städtischen Raum durchgeführt wurden.

Die durchschnittlichen punktuellen Geschwindigkeiten der langsamen E-Bikes wurden in einer Bandbreite zwischen 20 km/h und 27 km/h gemessen und sie variieren leicht je nach Gefälle. Auf flachen Abschnitten fahren langsame E-Bikes und herkömmliche Velos ähnlich schnell, in Steigungen sind langsame E-Bikes 4-6 km/h schneller.

Der Einfluss des Gefälles ist bei den herkömmlichen Velos eindeutig erkennbar: die gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeiten variieren zwischen 12-13 km/h in starken Steigungen und 25-27 km/h auf flachen Abschnitten bzw. abwärts.

Langsame E-Bikes und herkömmliche Velos fahren demnach ähnlich schnell auf flachen Abschnitten sowie abwärts, wohingegen die schnellen E-Bikes 6-8 km/h schneller unterwegs sind. In Steigungen ist der Unterschied zwischen langsamen E-Bikes und Velos stärker ausgeprägt.

Felderhebungen: Überholmanöver

Der Geschwindigkeitsunterschied zwischen dem überholenden Elektrovelo und dem überholten (Elektro-)Velo ist oft erheblich und bewegt sich zwischen 6 km/h und 12 km/h.

Je nach Standort konnte in 25-50% der beobachteten Fälle das Überholmanöver nicht, oder unter erschwerten Bedingungen erfolgen (ungenügender Abstand, Tramgleise, ...).

Für die verschiedenen (Elektro-)Velokategorien wurde die Anzahl Überholvorgänge pro Stunde und 100 m homogener Abschnitt berechnet. Schnelle E-Bikes überholen häufiger als die anderen Velos. Bei langsamen E-Bikes spielt das Gefälle eine Rolle: auf flachen Abschnitten überholen sie so häufig wie die herkömmlichen Velos, in Steigungen leicht mehr. Folglich soll der Anteil Elektrovelos, und besonders der Anteil der schnellen E-Bikes, bei der Querschnittsdefinition (Breite der Veloverkehrsfläche) berücksichtigt werden, damit (Elektro-)Velos sicher überholen können.

Felderhebungen: Wahl zwischen verschiedenen Führungsarten

Wenn der Veloverkehr zwischen verschiedenen Führungsarten wählen kann (zum Beispiel Radstreifen oder Trottoirs mit zugelassenem Veloverkehr), wird die schnellere Route von den schnellen E-Bikes systematisch vorgezogen, vor allem wenn sie sicher und attraktiv ist (zum Beispiel genug breiter Radstreifen). Ein Verbot der schnellen E-Bikes auf Mischverkehrsflächen mit Fussverkehr könnte demnach in Betracht gezogen werden, sofern eine attraktive Alternative besteht.

Die wichtigsten Forschungsergebnisse

Gültigkeit der Forschungshypothesen

Die meisten Hypothesen und Teilhypothesen wurden bestätigt, insbesondere:

- Schnelle und langsame E-Bikes werden unterschiedlich genutzt, sei es in Bezug auf die Nutzerprofile, die Nutzungshäufigkeit, die gefahrenen Geschwindigkeiten, das Fahrverhalten, usw.
- Schnelle und langsame E-Bikes haben tatsächlich vergleichbare Bedürfnisse, vor allem bezüglich der Parkieranlagen.
- Konfliktpotenzial mit langsamen E-Bikes besteht eher in speziellen Situationen wie Steigungen, im Mischverkehr mit dem Fussverkehr und wenn die die E-Bikes durch ältere Personen gefahren werden.
- Handlungsbedarf besteht bei den schnellen E-Bikes und dies in vielen Fällen: der rechtliche Rahmen ist nicht klar / verständlich, die Regelungen betreffend die Ausrüstung der Fahrzeuge (eine Geschwindigkeitskontrolle soll möglich werden) sind anzupassen, die Normen zu Veloinfrastrukturen und die Regelungen zum Mischverkehr mit Fussgängern sind zu überarbeiten.

Bei folgenden Punkten soll die Gültigkeit der Hypothesen differenziert beurteilt werden:

- Eine höhere Vortrittsmissachtung gegenüber den Elektrovelos als gegenüber den herkömmlichen Velos konnte in den erfolgten Erhebungen nicht nachgewiesen werden.
- Sensibilisierung und Ausbildung sind auf die spezifischen Bedürfnisse der Velofahrende (ältere Personen, unerfahrene Velofahrende, ...) auszurichten, und dies unabhängig davon, ob es ein schnelles oder ein langsames E-Bike ist.
- Ob mit den Elektrovelos häufiger schwere Lasten transportiert werden, konnte anhand der (beschränkten) Stichproben nicht nachgewiesen werden.
- Eine Anpassung der technischen Vorschriften für die Fahrzeuge ist erforderlich, an der Kategorisierung der schnellen E-Bikes als Leicht-Motorfahrrad soll aber festgehalten werden.
- Die Einführung eines spezifischen Führerausweises für schnelle E-Bikes scheint unangemessen streng und würde die Entwicklung dieses Verkehrsmittels sehr stark negativ beeinflussen.

Die wichtigsten Erkenntnisse

Das grösste Entwicklungspotenzial des Elektrovelos liegt in den Arbeitswegen zwischen 5 km und 15 km, bei welchen eine Verlagerung vom Auto oder vom öffentlichen Verkehr auf das Velo die grösste Wirkung auf das Verkehrssystem hat. Der Einsatz von E-Bikes für den Arbeitsweg trägt wesentlich zur Entlastung der heute in den Spitzenzeiten überlasteten Strassen oder öffentlichen Verkehrsmitteln bei und ermöglicht somit eine bessere Nutzung der bestehenden Strasseninfrastrukturen.

Mit der erwarteten Zunahme der E-Bikes aber auch des Veloverkehrs im Allgemeinen sollen grosszügigere Veloanlagen geplant und realisiert werden. Nur so kann der Wachstumstrend weiter anhalten und die Verkehrssicherheit gewährleistet werden. Es geht insbesondere darum, dass die Überholmanöver zwischen (Elektro-)Velos innerhalb der für den Veloverkehr vorgesehenen Verkehrsfläche stattfinden können, ohne dass auf die MIV-Fahrbahn ausgeholt werden muss.

Als Planungsgrundlage sind quantitative Daten zum E-Bike-Aufkommen unerlässlich, die heute kaum vorhanden sind. Eine systematischere Erfassung der Elektrovelos soll sowohl auf nationaler wie auf lokaler Ebene gefördert werden.

Der heute gültige rechtliche Rahmen wirft bei der Anwendung zahlreiche Probleme auf und ist weder für die E-Bike-Fahrenden noch für die Planenden verständlich, insbesondere hinsichtlich der Regeln für schnelle E-Bikes. Eine Klärung ist zwingend nötig, vor allem in Bezug auf die folgenden Aspekte:

- Aktualisierung der Kategorie « Leichte Motorfahräder » (Mofas), zu der die schnellen E-Bikes gehören.
- Anpassung der Benutzungspflicht von Radwegen.
- Erarbeitung von Grundsätzen bezüglich der Mischverkehrssituationen mit dem Fussverkehr.
- zusätzliche Massnahmen für schnelle E-Bikes (Geschwindigkeitskontrolle, Licht, ...).

Die überarbeiteten gesetzlichen Bestimmungen müssen in erster Linie für alle Nutzergruppen verständlicher sein und zu einer Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen. Dabei sollen die Vorteile, die den schnellen und langsamen E-Bikes bis heute gewährt wurden, im Sinne der Förderung dieses Verkehrsmittels beibehalten werden.

Darüber hinaus soll der rechtliche Rahmen den Planenden und E-Bike-Fahrenden besser kommuniziert werden.

Die meisten Unfälle mit E-Bike-Beteiligung sind Selbstunfälle oder die gefahrenen Geschwindigkeiten werden unterschätzt. Deswegen sollen Ausbildungs-, Sensibilisierungs- und Kommunikationsmassnahmen intensiviert werden, und dies sowohl bei E-Bike-Fahrenden als auch bei den anderen Verkehrsteilnehmenden.

Weiterer Forschungsbedarf

Nebst den in der vorliegenden Forschungsarbeit gewonnenen Erkenntnissen bestehen aber weiterhin ungeklärte Punkte und offene Fragen, die untersucht werden sollen:

- Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden einzelne Standorte untersucht. Die Gültigkeit der Erkenntnisse soll durch weitere Untersuchungen (vgl. Bericht für konkrete Vorschläge von weiteren Standorten) konsolidiert werden.
- Für die Fragen, die nicht beantwortet werden konnten, und insbesondere die Vortrittsmissachtung bei Kreiseln, sollen andere Forschungsmethoden eingesetzt werden. Es wird empfohlen, die E-Bikes in die geplante Untersuchung des ASTRA zur Velosicherheit in Kreiseln mit zu berücksichtigen.
- Schlussendlich und in Anbetracht deren starken Entwicklung sollen die E-Bikes in Forschungs- und Planungsvorhaben zur Strasseninfrastruktur und -gestaltung systematisch mitberücksichtigt werden.