



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

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

# **E-BIKE REICHWEITENTEST**

## **ALLTAGSTAUGLICHKEIT VON ELEKTROBIKES**

Schlussbericht 2008

Ausgearbeitet von  
Bernhard Schneider, Schneider Communications AG  
Isenbergstrasse 36, 8913 Ottenbach, [bernhard@schneidercom.ch](mailto:bernhard@schneidercom.ch), [www.schneidercom.ch](http://www.schneidercom.ch)

Datum: 25. Januar 2009

Impressum

Datum: 25. Januar 2009

Im Auftrag des Bundesamtes für Energie

BFE-Projektnummer 101753

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

Bezugsort der Publikation: [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Resumé	2
1. Ausgangslage	3
2. Ziel der Arbeit	3
3. Methode	3
4. Ergebnisse	3
5. Diskussion	5
6. Schlussfolgerungen	5
7. Partner	7
Anhang	7
Anhang 1: Methode	7
Anhang 2: Berechnung der Leistungskurve und des Leistungsanteils des E-Bikes	9
Anhang 3: Testanlässe	10
1. Test, Ottenbach, 25. Oktober 2006	10
2. Test, Basel, 24. Mai 2007	12
3. Test, Kriens, 6. Juni 2007	14
4. Test, Ottenbach, 28. August 2008	15
5. Test, St. Gallen, 29. August 2008	17
6. Test Köniz, 17. Mai 2008	19
7. Test, Basel, 23. Mai 2008	20
8. Test, Ottenbach, 29. August 2008	20
9. Test, Albis-Bucheneegg, 30. August 2008	20
Anhang 4: Ermittelte Leistungsdaten der einzelnen Fahrzeuge	21

## Zusammenfassung

Vor drei Jahren haben wir den Test gestartet, um die Reichweite von E-Bikes zu ermitteln. Wir wollten nicht mit dem Prüfstand arbeiten, sondern realitätsnahe Daten generieren, die dem Alltagseinsatz entsprechen, um herauszufinden, wie sich Unterstützungsleistung und Reichweite in Abhängigkeit von der menschlichen Tretleistung verhalten. Methodisch haben wir die Testpersonen auf dem Rennrad Referenzfahrten zur Festlegung ihrer Leistungskurve absolvieren lassen. Auf dieser Basis konnten wir den Nettonutzen der Tretunterstützung der E-Bikes quantifizieren.

In den vergangenen drei Jahren haben sich die Kapazitäten der Batterien mehr als verdoppelt. Deshalb spielt die Reichweite bei allen getesteten Fahrzeugen nur noch auf längeren Radtouren eine Rolle. Im Bereich von Fahrerinnen und Fahrern mit geringerer Tretleistung, welche die Batterie ebenfalls stark beanspruchen, übersteigt die Reichweite den realen Bedarf bei Weitem.

Unser Interesse hat sich daher von der Reichweite zur Leistungscharakteristik der Fahrzeuge verlagert. Dabei haben wir festgestellt, dass Qualität und Preise durchwegs in einem vernünftigen Verhältnis zueinanderstehen: Die Modelle in einem tieferen Preissegment leisten weniger, die Fahrzeuge, welche die besten Resultate gezeitigt haben, sind entsprechend teurer. Die Topmodelle weisen über den gesamten Leistungsbereich ausgezeichnete Leistungsdaten auf, fallen also in den untersten Leistungsbereichen kaum mehr ab.

## Resumé

Le test a été initié il y a trois ans dans le but d'étudier l'autonomie des vélos électriques. Nous n'avons pas travaillé sur un banc d'essai pour pouvoir générer des données réalistes correspondant à une utilisation de ces véhicules dans la vie quotidienne, ceci afin d'étudier le rapport entre la performance de l'assistance et l'autonomie en relation avec le pédalage physique. Les participants au test ont d'abord dû méthodiquement effectuer des courses de références, afin que nous puissions définir leur courbe de performance. Sur cette base, nous avons ensuite pu quantifier la performance nette de l'assistance au pédalage des vélos électriques testés.

Au terme des trois années qu'a duré le test, la capacité des batteries a plus que doublé, c'est pourquoi, pour ce qui est des véhicules testés, l'autonomie ne joue plus de rôle que lors de longs tours à vélo. Pour les cyclistes ayant une plus faible performance de pédalage et qui sollicitent donc fortement la batterie, l'autonomie dépasse également de loin les besoins réels.

De ce fait, le test de l'autonomie a été élargi à l'étude des caractéristiques du rendement des véhicules. Dans ce cadre, nous avons constaté que le rapport qualité-prix évoluait de manière tout à fait cohérente : les véhicules les moins chers étaient effectivement les moins performants et ceux qui ont obtenu les meilleurs résultats étaient corrélativement les plus chers. Non seulement les meilleurs modèles présentent d'excellents résultats du point de vue des performances globales, mais ils sont presque aussi bons à bas régime.

## 1. Ausgangslage

Die Reichweite stellt neben den Leistungsdaten, dem Anschaffungspreis, den Unterhaltskosten, der Komfortausrüstung, dem Design und einem funktionierenden Occasionsmarkt ein wesentliches Kriterium für den Entscheid über Kauf oder Nichtkauf eines E-Bikes dar. Die Messung der Reichweite ist indes eine komplexe Frage. Sie ist abhängig von der Topografie, von der menschlichen Tretleistung, der Unterstützungsstufe, der Anzahl Stopps, der Fahrtechnik und der Kadenz. Üblicherweise wird die Reichweite mit Tests im Prüfstand ermittelt.<sup>1</sup> Der Vorteil solcher standardisierter Tests liegt in der Vergleichbarkeit der Resultate, der Nachteil in der beschränkten Übertragbarkeit theoretischer Leistungsmerkmale auf die Praxis. Subjektive Tests haben den Vorteil, dass sie Komfort, Sitzposition, Gewicht und Handlichkeit und weitere Komponenten des Fahrzeugs erfassen, allerdings nicht systematisch. Deshalb lassen sie keine vergleichbare Erfassung der Leistung zu.

## 2. Ziel der Arbeit

Ziel dieses Projektes ist, die spezifische Reichweite jedes E-Bike-Typs in Abhängigkeit der Nutzungsbedürfnisse festzustellen. Ein Fragebogen soll dem interessierten Publikum bei der Festlegung der eigenen Bedürfnisse helfen, um das individuell optimale Fahrzeug zu testen.

Wir haben uns daher zum Ziel gesetzt, die Vorteile beider Ansätze zu kombinieren: Wir erarbeiten ein Modell zur Berechnung der Leistungskurve der Versuchspersonen. Auf dieser Basis können wir die Nettoleistung des E-Bike-Motors als Differenz zwischen der Bruttoleistung und der menschlichen Tretleistung ermitteln. Um die Tests möglichst alltagsnah zu gestalten, werden sie auf unterschiedlichen Strecken bei verschiedenen Temperaturen und Witterungsverhältnissen durchgeführt.

Seit der Lancierung des Forschungsprogramms im Jahr 2005 wurde die Kapazität der E-Bike-Batterien deutlich erhöht. Lag die Kapazität einer Standardbatterie im Jahr 2005 zwischen 3.3 und 7 AH, verfügten die Fahrzeuge 2008 über mindestens 8 AH, wobei vor allem Bikes mit Batterien ab 10 AH erworben wurden. Die Reichweite hat sich damit allein schon aufgrund der Kapazität der Batterie rund verdoppelt. Hinzu kommt, dass differenziertere Steuerungsmöglichkeiten des Motors die Reichweite zusätzlich erhöhen. Die Brisanz der Frage der Reichweite ist dadurch im Verlauf der Arbeiten am Projekt entschärft worden. Dafür hat sich gezeigt, dass die Resultate qualitative Aussagen über die zielgruppenspezifische Eignung der Fahrzeuge zulassen. Damit hat sich als Hauptziel der Untersuchung die zielgruppenspezifische Bewertung der getesteten Fahrzeuge herausgeschält.

## 3. Methode

Im ersten Schritt wurde von jeder Versuchsperson für jeden Test die aktuelle Leistung ermittelt. Im aeroben Leistungsbereich verläuft die Leistung linear zur Herzfrequenz. Ist die Herzfrequenz für zwei Leistungswerte bekannt, kann so die Kurve definiert werden. Wir haben bei jedem Testset einen dritten Wert erhoben, um die Zuverlässigkeit der Daten einer Versuchsperson zu testen. Um die E-Bikes in einem alltagsrelevanten Bereich zu testen und die Ermüdung im Verlauf des mehrstündigen Tests zu minimieren, haben wir vornehmlich mit Leistungssportlern in tiefen bis moderaten Pulsbereichen gearbeitet.

Die Entwicklung der Methode wird in Anhang 1 detailliert dargestellt.

## 4. Ergebnisse

Das Ergebnis ist erstaunlich konsistent (Berechnung: Anhang 2). Die Werte werden für folgende Tretleistungen quantifiziert:

50 Watt: geringe Leistung, entspricht mit dem Fahrrad etwa 16 km/h auf einer flachen Strecke

100 Watt: mittlere Leistung, entspricht mit dem Fahrrad etwa 20 km/h auf einer flachen Strecke

150 Watt: hohe Leistung, entspricht mit dem Fahrrad etwa 25 km/h auf einer flachen Strecke

200 Watt: sportliche Leistung, entspricht mit dem Fahrrad etwa 30 km/h auf einer flachen Strecke

Es liegt in der Natur der Sache, dass die E-Bikes mit Velovignette bei einer menschlichen Leistung von 200 Watt mehrheitlich negative Werte aufweisen, da sie schwerer sind als die Referenzräder (Rennrad), die (komfortablere) aufrechte Sitzhaltung einen höheren Luftwiderstand bewirkt und bei der Wahl der Pneus dem Fahrkomfort ein höherer Stellenwert als einem tiefen Rollwiderstand beigegeben wird. Entsprechend sind sie deutlich langsamer als das Referenzrad, sobald die Unterstützung durch den Elektromotor entfällt.

---

<sup>1</sup> Das jüngste Beispiel ist der Kassensturz-Test vom 20. Mai 2008, [www.sf.tv/sf1/kassensturz/manual.php?catid=kassensturzsensungsartikel&docid=20080520-elektrovelo](http://www.sf.tv/sf1/kassensturz/manual.php?catid=kassensturzsensungsartikel&docid=20080520-elektrovelo)

## Resultate nonstop

Tretleistung [Watt]	50	100	150	200
Dolphin	46%	48%	49%	50%
Flyer S	53%	43%	38%	34%
BionX 500	43%	33%	28%	24%
Flyer T HS	35%	34%	34%	33%
Koga (neu)	55%	22%	3%	-11%
Flyer C und T	47%	26%	13%	5%
Sparta	54%	23%	5%	-8%
BionX 250	38%	24%	17%	11%
Matra	43%	17%	3%	-8%
Giant	45%	9%	-11%	-26%
Flying Cranes Recovery	29%	-1%	-18%	-30%

Tabelle 1: Resultate bei nonstop Fahrten

Für sehr sportliche Fahrer weist der Dolphin die höchste Unterstützung auf. Der Flyer S unterstützt schwächere Fahrer stärker, gewährt aber auch im obersten gemessenen Leistungsbereich eine hohe Unterstützung. Die Resultate von BionX und Flyer T HS weisen aus unterschiedlichen Gründen einen grösseren Streubereich auf: Die Resultate des BionX werden von der Montage und dem verwendeten Fahrrad beeinflusst. Flyer T HS unterstützt bis zu einer Kadenz von 70 Umdrehungen pro Minute (Flyer S bis 90). Bei sportlichen Versuchspersonen, die sich an eine höhere Kadenz gewohnt sind, hat der Flyer T HS daher sichtbar tiefere Ergebnisse erzielt. Alle Resultate sind in Anhang 4 dargestellt.

## Resultate stop-and-go

Tretleistung [Watt]	50	100	150	200	Differenz zu nonstop
Dolphin	72%	52%	40%	32%	1%
Flyer S	57%	46%	39%	34%	2%
BionX 500	59%	43%	34%	28%	9%
Flyer T HS	27%	30%	32%	33%	-3%
Koga (neu)	60%	38%	25%	16%	18%
Flyer C und T	49%	31%	20%	12%	5%
Sparta	51%	31%	19%	11%	10%
BionX 250	18%	20%	21%	22%	-2%
Matra	52%	30%	17%	8%	13%
Giant	35%	24%	17%	13%	18%
Flying Cranes Recovery	21%	10%	4%	0%	14%

Tabelle 2: Resultate bei stop-and-go Fahrten

Die „schnellen“ E-Bikes (Mofa-Zulassung) sind auch hier bereits im tiefsten Leistungsbereich überdurchschnittlich stark. Da bei stop-and-go Fahrten in allen Leistungsbereichen ein grösserer Anteil im unteren Geschwindigkeitsbereich zurückgelegt wird, sind andererseits die E-Bikes mit Velovignette hier auch für sportliche Fahrer stärker. Ein Sonderfall ist der Flying Cranes Recovery, der mit der obligatorischen Rekuperation auch mittlere Fahrerinnen und Fahrer bremst, sobald die Strasse nur wenig abfällt. Dieser Nachteil fällt bei stop-and-go Fahrten weniger ins Gewicht.

Die Resultate zeigen, dass die Leistungsdaten in einem sinnvollen Verhältnis zum Preisgefüge stehen. Aufgrund der Leistungsdaten lässt sich ermitteln, welches Fahrzeug im für den einzelnen Kunden, die einzelne Kundin relevanten Bereich die erwünschte Tretunterstützung leistet.

Die Tests haben auf für Alltagsfahrten repräsentativen Strecken stattgefunden. Jedes Fahrzeug wurde auf 5 bis 8 km getestet, was einer verglichen mit dem Alltagsbedarf überdurchschnittlichen Strecke entspricht. Jedes Fahrzeug wurde von mehreren Testpersonen über diese Strecke getestet, ohne dass je eine Batterie vollständig entladen worden wäre. Das limitierende Element bei Ausflügen mit E-Bikes mit Velovignette ist eher der Standardsattel als die Kapazität der Batterie. Dies liegt daran, dass

die Zielgruppen eine deutlich geringere Reichweite benötigt als die heutigen Batterien ermöglichen. Aus diesem Grund haben wir einen Härte-Test mit den E-Bikes mit Mofanummer durchgeführt. Die Rundstrecke über Albis und Buchenegg führte über 16.7 km mit 480 Höhenmetern und einer maximalen Steigung vom 11%. Dies ergibt 29 Höhenmeter pro Kilometer, was bei einer Rundstrecke gebirgigen Verhältnissen entspricht. Hier wurden durchwegs 35 km pro Batterieladung gemessen. Da die verwendeten Fahrzeuge (BionX auf MTB, Dolphin sowie Flyer S und T HS) durchwegs bezüglich Sitzkomfort grössere Distanzen erlauben, besteht hier bezüglich Reichweite eine Schwelle, die Flyer mit der problemlos mitführbaren Ersatzbatterie elegant überspringt.

Die detaillierten Ergebnisse für alle getesteten E-Bikes werden in Anhang 4 dargestellt.

## 5. Diskussion

Unser Ansatz hat teilweise andere Resultate gezeitigt als Tests auf dem Prüfstand. Dies ist nicht verwunderlich, da unser Test sämtliche Umweltbedingungen (Luft- und Rollwiderstand, Witterung, Wind, Gewicht von Fahrzeug und Fahrer) miteinbezieht. Die Nachteile, eine geringere Präzision der menschlichen Leistung und Störungen durch den realen Verkehr, werden einerseits durch eine strenge Selektion der Daten, andererseits durch eine hinreichende Anzahl Stichproben so stark verringert, dass signifikante Daten generiert werden konnten.

Bereits in einer frühen Phase des Projektes hat sich gezeigt, dass die Tests nur mit Leistungssportlern durchgeführt werden können. Wir haben daher zwei Fahrten mit dem Referenzrad durchgeführt, eine am Anfang, eine am Schluss des Tests. Die Resultate von Testpersonen, deren Leistung während des Tests zu sehr abgefallen ist, haben wir gestrichen. Bei den übrigen haben wir angenommen, dass die Leistungsveränderung von Fahrt zu Fahrt linear erfolgt sei, was bei geringen Abweichungen zwischen den beiden Referenzfahrten zu einer hohen Signifikanz führt, wie Sensitivitätstests ergeben haben.

Insgesamt sind die Resultate plausibel. Dies soll exemplarisch anhand jenes E-Bikes, das gegenüber dem „Kassensturz“-Test auf dem Prüfstand die grössten Abweichungen gezeitigt hat, dargelegt werden: Der Flying Cranes Recovery bringt auf dem Prüfstand dieselbe Unterstützung bei Geschwindigkeiten bis 25 km/h, die wir bei unserem Test für flache Strecken quantifiziert haben. Da aber im Praxiseinsatz praktisch keine Strecke durchwegs flach ist, haben wir bereits bei nonstop-Fahrten ab 100 Watt Tretleistung (bei stop-and-go Fahrten ab 200 Watt) negative Werte ermittelt. Dies fällt auf dem Prüfstand nicht auf, weil erst die Praxis zeigt, dass 25 km/h bereits bei kurzen Abfahrten, wie sie auf jeder Strecke vorkommen (beispielsweise auf der Rampe einer Brücke), praktisch ohne menschliche Tretleistung erzielt werden. Je höher die Leistung des Fahrzeugs ist, desto näher liegen die Testresultate beieinander.

## 6. Schlussfolgerungen

Abschliessend sind wir zu folgenden Resultaten gelangt:

- Im Schweizer Markt besteht eine echte Auswahl an qualitativ hochwertigen E-Bikes.
- Das Preisgefüge ist marktgerecht, d.h. teurere Fahrzeuge sind ihren Preis wert.
- Die Steuerung des Elektroantriebs ist entscheidend, für welches Kundensegment sich ein Fahrzeug eignet.
- Die (relativ teuren) Fahrzeuge mit Mofa-Nummer weisen in allen Leistungsbereichen der Fahrer(innen) ausgezeichnete Resultate auf, während sich die Fahrzeuge mit Velovignette naheliegenderweise nur für Fahrer(innen) des unteren und mittleren Leistungsbereichs eignen, da sie sportlichen Fahrer(innen) lediglich beim Anfahren und bei längeren Aufstiegen behilflich sind. Die Ausstattung der meisten E-Bikes entspricht bereits dieser Erkenntnis. Namentlich bei Flyer entspricht die Auswahl der Sättel und die Gestaltung der Rahmen der Leistungscharakteristik der Fahrzeuge.
- Bei gleicher Nutzung, gleicher Preis- und Produktkategorie unterscheiden sich die Reichweiten kaum.
- Beim Bergtest (eine Runde 17 km / 500 Höhenmeter) haben die getesteten Fahrzeuge (Dolphin, Flyer S und THS, BionX 250 und 500) bei maximaler Belastung durchwegs Reichweiten von 35 km erreicht. Für längere Radtouren empfiehlt es sich, eine Ersatzbatterie mitzuführen, was bei Flyer problemlos möglich ist.
- Die Reichweite bei den langsameren Fahrzeugen (Velovignette) übertrifft die Strecken, die in der Praxis mit ihnen zurückgelegt werden, bei Weitem. Hier ist die Reichweite kein Thema mehr.
- Wir haben keinen signifikanten Nutzen der Rekuperation bezüglich Reichweite festgestellt.
- Die Leistungscharakteristik der E-Bikes wurde auch bei schlechten Witterungsbedingungen (Wind, starker Regen) bestätigt.



Abbildung 1,2: Für den sechsständigen Test auf der Strecke Albis-Buchenegg legen die Testpersonen je 100.2 km und 2880 Höhenmeter nach einem exakten Testprotokoll zurück. Im Vordergrund: Die Triathletin Barbara Minten auf BionX.



Abbildung 3: Unter dem NewRide-Zelt erfassen Vita Pasic und Sarah Serafini die Daten der Testpersonen. Die Unterstützung des Projektes durch NewRide namentlich mit der Roadshow hat dessen Umsetzung wesentlich erleichtert. (Fotos 1-3: Erika Schmid)

## 7. Partner

Für die Unterstützung des Projektes bedanken wir uns bei

- EnergieSchweiz für die fachlichen Anregungen und die finanzielle Unterstützung des Projektes, [www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch)
- NewRide für die logistische und kommunikative Unterstützung, [www.newride.ch](http://www.newride.ch)
- SIGMA Germany für die Pulsuhren SIGMA ONYX PRO, [www.sigmasport.com/de](http://www.sigmasport.com/de)
- SPONSER SPORT FOOD für die Sportverpflegung an den Testanlässen, [www.sponser.ch](http://www.sponser.ch)
- Den Herstellern und Importeuren von E-Bikes für die Testfahrzeuge
- Den folgenden NewRide-Händlern für die Mitorganisation der Testanlässe:
  - EFS, Basel, [www.elektrovelo.info](http://www.elektrovelo.info)
  - Fredy Rüegg Velosport AG, Affoltern am Albis, [www.fredyruegg.ch](http://www.fredyruegg.ch)
  - Kretschmann Velos, Liebefeld, [www.kretschmann.ch](http://www.kretschmann.ch)
  - Velo Pfiffner AG, St. Gallen, [www.velopfiffner.ch](http://www.velopfiffner.ch)
  - Velociped Kriens, [www.velociped.ch](http://www.velociped.ch)
  - Velorama Langenthal, [www.velorama.ch](http://www.velorama.ch)

## Anhang

### Anhang 1: Methode

Der Pilotversuch vom 29. August 2006 in Langenthal wurde zur Evaluation der Methode verwendet, um Antworten auf folgende Fragen zu geben:

- Welche Art der Resultate ist in welcher Qualität erreichbar?
- Welche Versuchspersonen eignen sich für präzise Resultate?
- Welche Versuchsanlage ermöglicht die besten Resultate?
- Lassen sich Fahrzeuggruppen für unterschiedliche Verwendungszwecke bilden?
- Welche Leistungsdaten der Versuchspersonen müssen erfasst werden?

Der Anlass fand bei Regen und 11-12 Grad Lufttemperatur statt. 12 Personen absolvierten 72 Fahrten mit 12 verschiedenen E-Bikes (10 verschiedene Typen). Charakteristika der Strecke:

4.14 km, 44 Höhenmeter, ergibt 10.6 m pro km. Durchschnittliche Steigung 3%, maximale Steigung 12%. Diese Charakteristiken liegen leicht über dem Durchschnittswert im Schweizer Mittelland (8-10 m pro km), wobei die maximale Steigung deutlich überdurchschnittlich ist, was die Vorteile der E-Bikes gegenüber dem konventionellen Velo leicht verstärkt.

Trotz der ungünstigen Rahmenbedingungen erfüllten die Resultate die Erwartungen vollumfänglich. Die Resultate:

- Die Unterschiede zwischen den E-Bikes in Abhängigkeit der Nutzungsbedürfnisse sind grösser als zuvor erwartet. Zentrale Kriterien für das Unterstützungsverhalten eines E-Bikes und seiner Reichweite sind die Ausdauerleistung der Fahrerinnen, des Fahrers sowie die Übung im Umgang mit dem getesteten Fahrzeug zur optimalen Steuerung des Motors.
- Reichweite und Unterstützungsleistung des Motors können in Abhängigkeit der Durchschnittsleistung der Fahrerinnen und Fahrer für verschiedene Streckentypologien berechnet werden. Mit geeigneten Versuchspersonen sind erstaunlich präzise Resultate erreichbar (Fehler der Messungen lediglich etwa 1-2%).
- Testpersonen, die nur einige wenige Fahrten absolvieren und nicht gewohnt sind, diese präzise zu stoppen, dienen lediglich der Ermittlung der Reichweite eines Fahrzeuges mit einer Batterie bei durchschnittlicher Nutzung. Die Hauptphase soll mit überdurchschnittlich trainierten Radfahrer(inne)n durchgeführt werden, die privat teils geübte E-Bike-Fahrer(inne)n, teils geübte Rennrad- oder MTB-Fahrer(inne)n sind.
- Zwei Kategorien von Fahrzeugen lassen sich grundsätzlich unterscheiden:
  - Fahrzeuge, deren Motor die Fahrerinnen, den Fahrer reziprok zur eigenen Tretleistung unterstützt.
  - Fahrzeuge, die über die ganze Leistungspalette eine vergleichbare Unterstützung gewähren.
- Die Teststrecke muss so kurz sein, dass sie Versuchsfahrten mit unterschiedlicher Intensität erlaubt. Ideal sind 1-1.5 km mit unterschiedlicher Topografie bei verschiedenen Tests.
- Referenzgrösse ist das eigene Velo der Versuchsperson. Bestehen Referenzwerte vom Velo vor und nach dem E-Bike-Test, lässt sich die Tretleistung präzise quantifizieren, da sich so die Leistung in Abhängigkeit von der Herzfrequenz sowie die Ermüdung während des Tests ermitteln lassen. Dieses Vorgehen erlaubt exaktere Werte als Resultate von Leistungstests, die je nach Protokoll unterschiedlich sind und nicht zwingend der Tagesform entsprechen.

Der Test hat insgesamt 29 verlässlich quantifizierte Runden ergeben. Zwei Versuchspersonen haben durchwegs exakte Resultate geliefert, die auch einer kritischen Einordnung standhalten, zwei weitere Versuchspersonen mehrheitlich. Dabei hat sich erwiesen, dass Zahlen ohne ein konventionelles Velo als Referenzgrösse über keine signifikante Aussagekraft verfügen.

Die Strecke wurde so angelegt, dass keine Störungen (z.B. durch die Eisenbahn-Stromversorgung, die den Pulsmesser irritieren kann) erfolgten. Dies ist bei der Evaluation einer Strecke ein zentrales Kriterium.

Die Strecke war topografisch leicht überdurchschnittlich kupiert, die Schlusssteigung war anspruchsvoll. Dies entspricht einer realistischen Nutzung im Mittelland. Die Anlage in Form einer 8 war am Nachmittag unproblematisch, da die Strecke verkehrsarm war. Während der Hauptverkehrszeit zwischen 17 und 18 Uhr kam es allerdings zu einzelnen Behinderungen durch den Motorfahrzeugverkehr. Teststrecken sollten daher nach Möglichkeit ausschliesslich Rechtsabbiegungen enthalten, die im Normalfall ohne Stopp befahren werden können.

Der Fragebogen hat sich als zweckmässig erwiesen. Folgende Ergänzungen werden angebracht:

- Bei der Art der Verwendung des Velos wird als zusätzliches Feld „kein Gebrauch“ aufgenommen.
- Zusätzlich werden die Fragen nach Einsatzbereich und Art der Verwendung des Zweirads nach Velo und E-Bike unterschieden.
- Neu wird nach dem Typ E-Bike und Velo, der am häufigsten gefahren wird, gefragt, sowie nach der ungefähren jährlichen Kilometerleistung mit Velo und E-Bike.
- Auf die Frage nach Resultaten aus Leistungstests wird verzichtet, da nur eine Minderheit über solche verfügt, die zudem nicht zwingend aktuell und abhängig von der angewandten Methode sind. An ihrer Stelle wird das eigene Velo der Testperson als Referenzgrösse eingeführt.

Nur bei drei Fahrzeugen wurde die Kapazität der Batterie ausgeschöpft. Für verlässliche Zahlen zur Reichweite sind daher im Rahmen eines Tests mehr Runden notwendig. Erst mehrere Versuche auf Strecken mit unterschiedlicher Topografie und mit unterschiedlicher Versuchsanlage (z.B. stop-and-go) können diesbezüglich verlässliche Angaben liefern.

Die Versuchspersonen müssen drei wesentliche Kriterien erfüllen:

- Sie müssen in der Lage sein, nach Vorgabe in unterschiedlichen Leistungsbereichen Fahrzeuge zu testen und diese möglichst präzise bei verschiedenen Fahrzeugen einzuhalten.
- Sie müssen in der Lage sein, die Daten zuverlässig und präzise anzugeben.
- Sie müssen in der Lage sein, 60-80 km mit verschiedenen Rädern in moderaten Leistungsbereichen mit minimalen Ermüdungswerten innerhalb von 3-4 Stunden zu fahren.

Die nächste Versuchsphase wird daher mit gut trainierten Fahrerinnen und Fahrern durchgeführt. Einerseits sind leistungsfähige Radfahrer ideal für den Versuch, weil sie es gewohnt sind, in verschiedenen Intensitäten zu fahren, und weil sie im Leistungsbereich, der für E-Bikes optimal ist, wenig ermüden, also während des ganzen Versuchsnachmittags vergleichbare Leistungen bei konstantem Puls abrufen können. Andererseits tendieren sie zu einer für viele E-Bikes zu hohen Trekkadenz. Diesem Aspekt ist bei der Analyse besonderes Augenmerk zu schenken.

## Anhang 2: Berechnung der Leistungskurve und des Leistungsanteils des E-Bikes

### Berechnung der Leistungskurve

Der Test fand ausschliesslich im aeroben Bereich statt, daher kann von einer linearen Leistungskurve ausgegangen werden. Die Testpersonen A und E des ersten Tests (25. Oktober 2006 in Ottenbach) lieferten genügend konsistente Resultate, um eine Formel zu berechnen, die den aktuellen Witterungsverhältnissen, die während des Nachmittags konstant blieben, zu berechnen. Die Formel wurde anschliessend mit der Berechnung "Einfache Methoden zur Messung von Roll- und Luftwiderstandsbeiwert am Fahrrad" von Alfons Kolling<sup>2</sup> bestätigt.

Formel:

$$E = 0.08 \cdot M + 0.02 \cdot V^2$$

E: Leistung pro km in kJ

M: Masse in kg

V: Geschwindigkeit in km/h

Die Berechnung erfolgte in physikalisch korrekten Einheiten, wird hier aber stark vereinfacht in gängigen Einheiten (km/h statt m/s) dargestellt, mit entsprechender Anpassung des Faktors.

Hinzu kommt pro Runde à 1.35 km eine Steigung von 9.6 m. Wir sind vereinfachend von 10 km Gewicht des Referenzrads und einer Energierückgewinnung in den Abfahrten von 25% der für die Aufstiege erforderlichen Energie ausgegangen (dieser Wert hat sich bei den beiden für die Berechnung der Formel ausgewählten Testpersonen bestätigt). Dies ergibt folgende Formel für die Steigungsleistung:

$$S = g \cdot (M + 10) \cdot 0.75$$

S: Steigungsenergie in kJ pro Runde

g: Erdbeschleunigung gerundet ( $9.8 \text{ ms}^{-2}$ )

Wir erhalten vom Test drei Punkte für die Definition einer Geraden. Die Gerade wird mit den beiden äusseren Werten definiert, der mittlere Wert dient der Kontrolle der Präzision der Berechnung. Bei Versuchsperson A beträgt die Differenz zwischen dem mittleren Ist- und Sollwert beim ersten Rennrad-Set -0.2%, beim letzten 0.4%, bei Versuchsperson E -0.5% bzw. 0.1%. Dies bedeutet, dass die Formel präzise ist.

Bei den weiteren Tests wurden die Parameter jeweils den spezifischen Verhältnissen angepasst, indem sie so optimiert wurden, dass der jeweils dritte Referenzwert bei der ersten und letzten Fahrt mit dem Rennrad aller Testpersonen mit plausiblen Werten der linearen Leistungskurve angenähert wurde.

### Berechnung der Trendlinie des Leistungsanteils des E-Bikes

Die logarithmische Formel für die Berechnung des Leistungsanteils des E-Bikes lautet:

$$B = n \cdot \ln(T) + z$$

B: Prozentualer Anteil der Leistung des E-Bikes an der Gesamtleistung

T: Tretleistung des Fahrers / der Fahrerin

Die Werte von n und z wurden in Excel aufgrund der ermittelten Resultate berechnet (Formel für die logarithmische Trendlinie).

---

<sup>2</sup> [http://www.geocities.com/kolling\\_dillingen/index\\_rollversuche.html](http://www.geocities.com/kolling_dillingen/index_rollversuche.html)

## Anhang 3: Testanlässe

### Fragebogen E-Bike-Test

Geschlecht   
 Jahre alt   
 kg Gewicht   
 Grösse   
 BMI

Grösse Wohngemeinde   
 unter 1000  
 1000-5555  
 10'000-55'555  
 über 100'000

**Einsatzbereich Velo**  
 mehrere Angaben möglich

☐ Einkauf  
☐ Arbeitsweg  
☐ Transport Kinder (im Anhänger)  
☐ Freizeit  
☐ Touren

**Einsatzbereich E-Bike**  
 mehrere Angaben möglich

☐ Einkauf  
☐ Arbeitsweg  
☐ Transport Kinder (im Anhänger)  
☐ Freizeit  
☐ Touren

**Wichtigste Zielsetzung mit E-Bike**

☐ Fortbewegung ohne Schwitzen  
☐ Training in einem tiefen Pubbereich  
☐ Unterstützung v.a. am Berg  
☐ Möglichkeit, bei Schwächeanfällen Motor zuzuschalten  
☐ anderes

**Verwendung Velo**

☐ Gelegenheitsvelofahrerin  
☐ Alltagsvelofahrerin  
☐ Hobbysportlerin  
☐ Leistungssportlerin  
☐ kein Gebrauch

**Verwendung E-Bike**

☐ Gelegenheitsvelofahrerin  
☐ Alltagsvelofahrerin  
☐ Hobbysportlerin  
☐ Leistungssportlerin  
☐ kein Gebrauch

Durchschnittliche Velodistanz  km  Std. Min  
 Maximale Velodistanz  km  Std. Min

Durchschnittliche E-Bike-Distanz  km  Std. Min  
 Maximale E-Bike-Distanz  km  Std. Min

**E-Bike-Test**  
 Datum  Temperatur  Witterung

Name:   
 E-mailadresse:

Abbildung 4: Fragebogen. Die Detailangaben wurden vor allem im Hinblick auf einen Einsatz in Breitentests evaluiert. Es hat sich gezeigt, dass Personen, die maximal 10 km Distanz deklarieren bzw. maximal 30 Minuten Fahrzeit in der Regel E-Bikes mit Velovignette bevorzugen. Wer regelmässig über 30 km fährt, wünscht entweder ein E-Bike mit Mofanummer – oder zieht das Velo vor. Relevant für unseren Test war das Gewicht, das erforderlich ist für die Berechnung der Leistung und damit der Leistungskurve.

[illegible]

Abbildung 5: Formular Zeiterfassung. Für jede Runde werden Zeit und Durchschnittspuls erfasst. Das Total ermöglicht die Kontrolle, ob alle Angaben korrekt eingetragen worden sind.

## 1. Test, Ottenbach, 25. Oktober 2006

Der Test vom 25. Oktober wurde zusammen mit Fredy Rüegg Velosport (Walo Rüegg) durchgeführt. Bei während des ganzen Tests konstant sonnigem Herbstwetter mit Temperaturen um 19 Grad waren die Witterungsverhältnisse ideal. 7 Versuchspersonen haben insgesamt 71 quantitativ verwertbare Runden zurückgelegt. Die Strecke wies folgende Charakteristika auf:

Distanz pro Runde: 1.35 km

Steigung pro Runde: 9.6 m

Steigung Durchschnitt: 2%

Steigung maximal	6%
------------------	----

Die Strecke ist damit repräsentativ für das Mittelland.

Übungsanlage: 5 Runden pro Fahrzeug ohne Pause dazwischen, jeweils Entnahme der Zwischenzeit (mit Durchschnittspuls pro Runde). Aufbau:

- |           |                  |
|-----------|------------------|
| 1. Runde: | langsam          |
| 2. Runde: | mittel           |
| 3. Runde: | schnell          |
| 4. Runde: | langsam, 4 stops |
| 5. Runde: | mittel, 4 stops  |

Das erste Set von fünf Runden wurde mit dem Rennvelo absolviert (siehe Anhang 1). Dies ermöglichte, pro Fahrer eine Leistungskurve festzulegen. Anschliessend wurde jedes E-Bike über fünf Runden nach demselben Schema getestet. Das letzte Set wurde wieder mit dem Rennvelo absolviert, um die Ermüdung zu testen. Die – bei geübten Fahrern geringe – Ermüdung wurde linear über die Testfahrten verteilt und in der Berechnung als Faktor berücksichtigt.



Abbildung 6: Radprominenz am E-Bike-Test – der ehemalige Tour de Suisse Sieger Fredy Rüegg fährt hinter seinem Sohn Walo auf der Teststrecke. (Foto: Martin Platter)

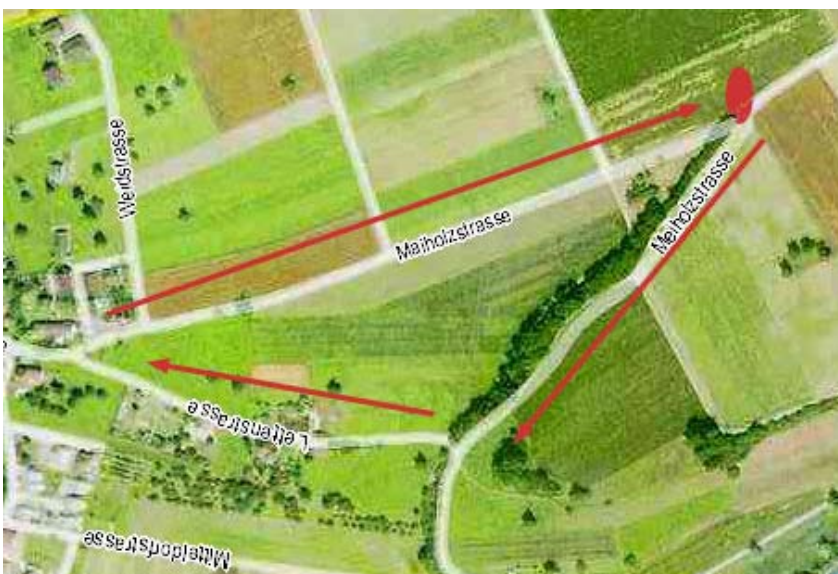


Abbildung 7: Teststrecke im Maiholz zwischen Ottenbach ZH und Jönas AG. Die Teststrecke erwies sich als geeignet, da sie mit Flachstück, Abfahrt und Aufstieg alle erforderlichen Elemente enthält und kaum Störungen durch den Verkehr ausgesetzt ist. Zudem war die Zusammenarbeit mit Walo Rüegg von Fredy Rüegg Velosport ausgezeichnet. Wir haben den Test an diesem Standort wiederholt (2007 war dies wegen kurzfristig anberaumter Bauarbeiten nicht möglich).

Der Fragebogen, der beim Pilotversuch eingesetzt wurde, hat sich als zweckmässig erwiesen. Die Analyse des Fragebogens hat folgende Modifikationen ergeben:

- Bei der Art der Verwendung des Velos wird als zusätzliches Feld „kein Gebrauch“ aufgenommen.
- Zusätzlich werden die Fragen nach Einsatzbereich und Art der Verwendung des Zweirads nach Velo und E-Bikes unterschieden.
- Neu wird nach dem Typ E-Bike und Velo, der am häufigsten gefahren wird, gefragt, sowie nach der ungefähren jährlichen Kilometerleistung mit Velo und E-Bike.

- Auf die Frage nach Resultaten aus Leistungstests wird verzichtet, da nur eine kleine Minderheit über solche verfügt, die zudem nicht zwingend aktuell und abhängig von der angewandten Methode sind. An ihrer Stelle wird das eigene Velo der Testperson als Referenzgrösse eingeführt.

Beim Test haben wir einen methodischen Schwachpunkt entdeckt: Die stop-and-go Fahrten am Schluss. Die Resultate sind am präzisesten, wenn mit jedem Fahrzeug die Belastung von Runde zu Runde gesteigert wird. Wir haben daher bei den anschliessend Anlässen jeweils abwechselungsweise Nonstop- und Stop-and-go-Runden in den Ablauf aufgenommen.

## 2. Test, Basel, 24. Mai 2007



Abbildung 8: Die Teststrecke in Basel eignete sich mit relativ geringen Störungen als Testfeld für städtische Verhältnisse. (Fotos 8, 10, 12, 14: Corina Venzin).

Partner für die Organisation vor Ort: EFS

Probleme: Die rekognoszierte Strecke konnte wegen Bauarbeiten, die an diesem Tag begannen, nicht wie vorgesehen befahren werden. Ab 17 Uhr erfolgten zudem vermehrt Behinderungen durch Zubringerverkehr und ein auf der Strasse betriebenes Gartenrestaurant.

Lösung: Die Teilstrecke mit Behinderung durch Bauarbeiten wurde ohne Zeitmessung befahren. Angesichts der durch die Umstellung bedingten Verzögerung des Testsstarts wurde pro Serie nur eine stop-and-go Runde gefahren.

Eignung für weitere Tests: Die Strecke eignet sich gut für weitere Tests. Der Start muss aber früher sein, damit die Fahrten vor 17 Uhr beendet werden können. Damit genügend Runden pro Fahrzeug gefahren werden können (je 3 nonstop und stop-and-go), wird zwar die Wechselstation bei EFS belassen, die einzelnen Runden aber leicht auf ca. 1 km verkürzt.

Distanz pro Runde:	1.135 km
Anzahl Runden:	4 (3 nonstop, 1 stop-and-go)
Zufahrtsstrecke	2 x 0.61 km
Bruttodistanz pro Fahrzeug	5.76 km
Steigung pro Runde:	8.25 m

Steigung pro km	7.27 m
Steigung Durchschnitt:	3%
Steigung maximal:	9%
Temperatur:	30° sonnig
Anzahl Testpersonen	5
Anzahl Testrunden	144

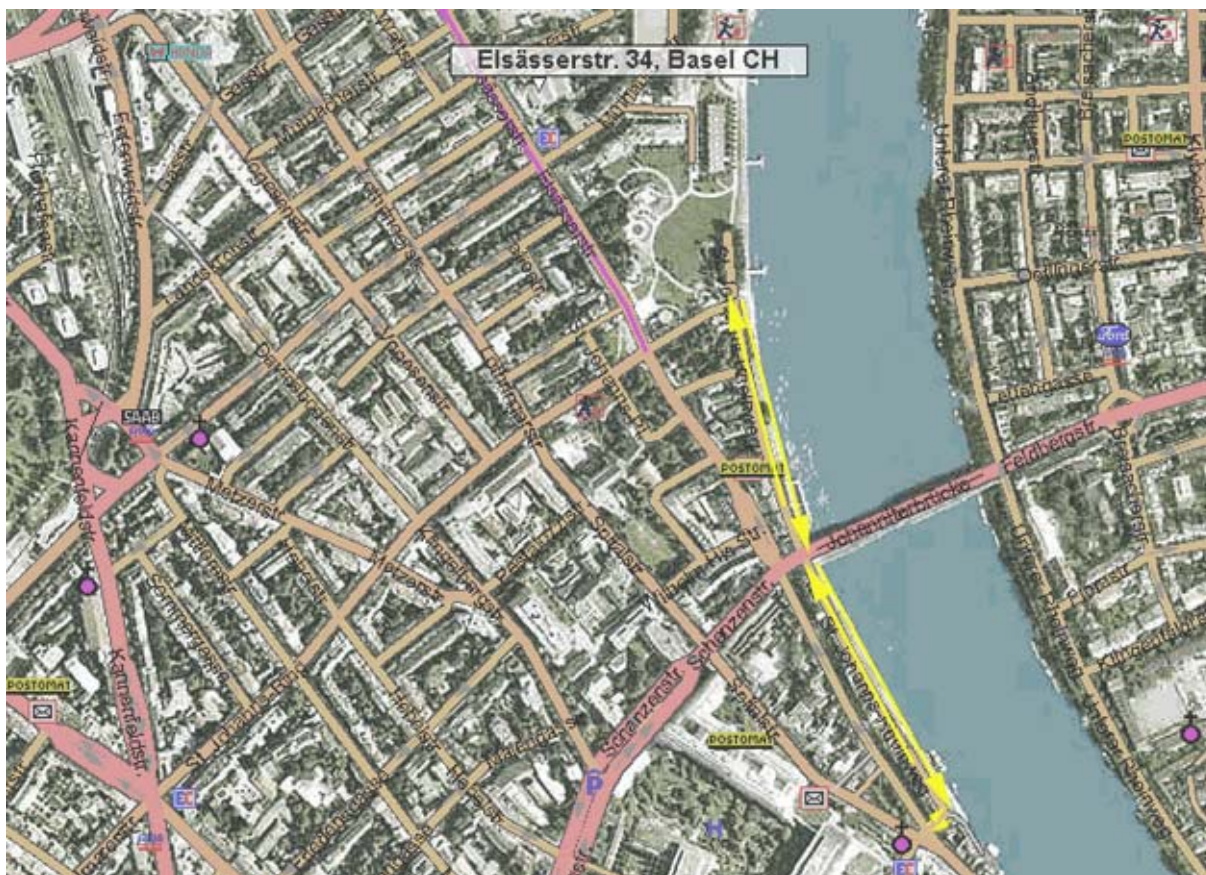


Abbildung 9: Die Basler Teststrecke dem Rhein entlang ist flach, mit einem kurzen, knackigen Aufstieg zum Wendepunkt und anschliessend einer entsprechenden kurzen Abfahrt.

### 3. Test, Kriens, 6. Juni 2007

Partner für die Organisation vor Ort: Velociped, Möbel Amrein



Abbildung 10: Möbel Amrein stellte für den Test Parkplatzfläche und Infrastruktur zur Verfügung.

Probleme: Eine Bushaltestelle zwang bei einzelnen Fahrten zum Anhalten. Ein Lastzug blockierte die Strecke während knapp einer Stunde, da er das Lastwagenfahrverbot missachtet hatte und auf dem schmalen Verbindungsweg stecken blieb.

Lösung: Längerer Unterbruch des Tests. Strenge Selektion der Daten. Entsprechend war dieser Test relativ wenig ergiebig.

Eignung für weitere Tests: Der von Möbel Amrein zur Verfügung gestellte Platz erwies sich als geeignet, auch konnten die sanitären Einrichtungen des Möbelhauses verwendet werden. Die Strecke konnte bis auf den Abschnitt um die Bushaltestelle problemlos befahren werden, allerdings war sie etwas lang für jeweils sechs Runden pro Fahrzeug. Die Strecke wurde 2008 nicht mehr verwendet.

Distanz pro Runde:	1.815 km
Anzahl Runden:	4 (3 nonstop, 1 stop-and-go)
Bruttodistanz pro Fahrzeug	7.26 km
Steigung pro Runde:	8.5 m
Steigung pro km	4.69 m
Steigung Durchschnitt:	1%
Steigung maximal:	2%
Temperatur:	24° bewölkt
Anzahl Testpersonen	5
Anzahl Testrunden	84



Partner für die Organisation vor Ort: Fredy Rüegg Velo Sport AG

Probleme: Die vorgesehene Strecke (Test 1) wurde am Testtag frisch geteert, was wir erst kurzfristig in Erfahrung bringen konnten.

Lösung: Die Ersatzstrecke konnte genügend rasch gefunden werden, sodass der Test mit einer Verspätung von lediglich etwa einer halben Stunde gestartet werden konnte.

Eignung für weitere Tests: Beide Strecken sind geeignet. Nachteilig bei der Ersatzstrecke ist ein etwas grösseres Verkehrsaufkommen, v.a. zwischen 12.00 und 13.30 sowie ab 16.30 Uhr.

Distanz pro Runde:	1.47 km
Anzahl Runden:	5 (3 nonstop, 2 stop-and-go)
Bruttodistanz pro Fahrzeug	7.35 km
Steigung pro Runde:	7.2 m
Steigung pro km	4.9 m
Steigung Durchschnitt:	2%
Steigung maximal:	3%
Temperatur:	anfangs 26° bewölkt, ab der Hälfte des Tests Regen bei 18°
Anzahl Testpersonen	10
Anzahl Testrunden	190



Abbildung 13: Die Ersatzstrecke zwischen Bickwil und Affoltern am Albis.

## 5. Test, St. Gallen, 29. August 2008

Partner für die Organisation vor Ort: Velo Pfiffner AG



Abbildung 14: Der Test in St. Gallen wurde mit einem Händleranlass kombiniert. Trotz des schlechten Wetters konnten qualitativ genügende Daten generiert werden.

Probleme: Der Wechselbereich befand sich oben am Aufstieg. Dies verursachte einen Pulsanstieg, der sich auf die jeweils nächste Runde auswirkte. Das Resultat der ersten Runde wurde dadurch um ca. 5-7% verzerrt.

Lösung: Für die Leistungsformel wurde die 3. und 5. anstelle der 1. und 5. Runde verwendet, was zu einer etwas geringeren Präzision der Ergebnisse führte, da die Werte auf der Leistungskurve näher beieinanderliegen. Die Werte der ersten Runde pro Fahrzeug konnten nicht verwendet werden, die übrigen dagegen waren qualitativ einwandfrei, da die Strecke trotz der städtischen Umgebung relativ wenige Störungen durch den Verkehr aufwies.

Eignung für weitere Tests: Die Strecke eignet sich sehr gut für einen Breitentest, kommt aber für einen ausgedehnten Test im Rahmen des Forschungsprogramms kaum mehr infrage.

Distanz pro Runde:	0.57 km
Anzahl Runden:	6 (3 nonstop, 3 stop-and-go)
Bruttodistanz pro Fahrzeug	3.43 km
Steigung pro Runde:	6 m
Steigung pro km	10.50 m
Steigung Durchschnitt:	2%
Steigung maximal:	3%
Temperatur:	20° bedeckt, teilweise Regen
Anzahl Testpersonen	3
Anzahl Testrunden	102

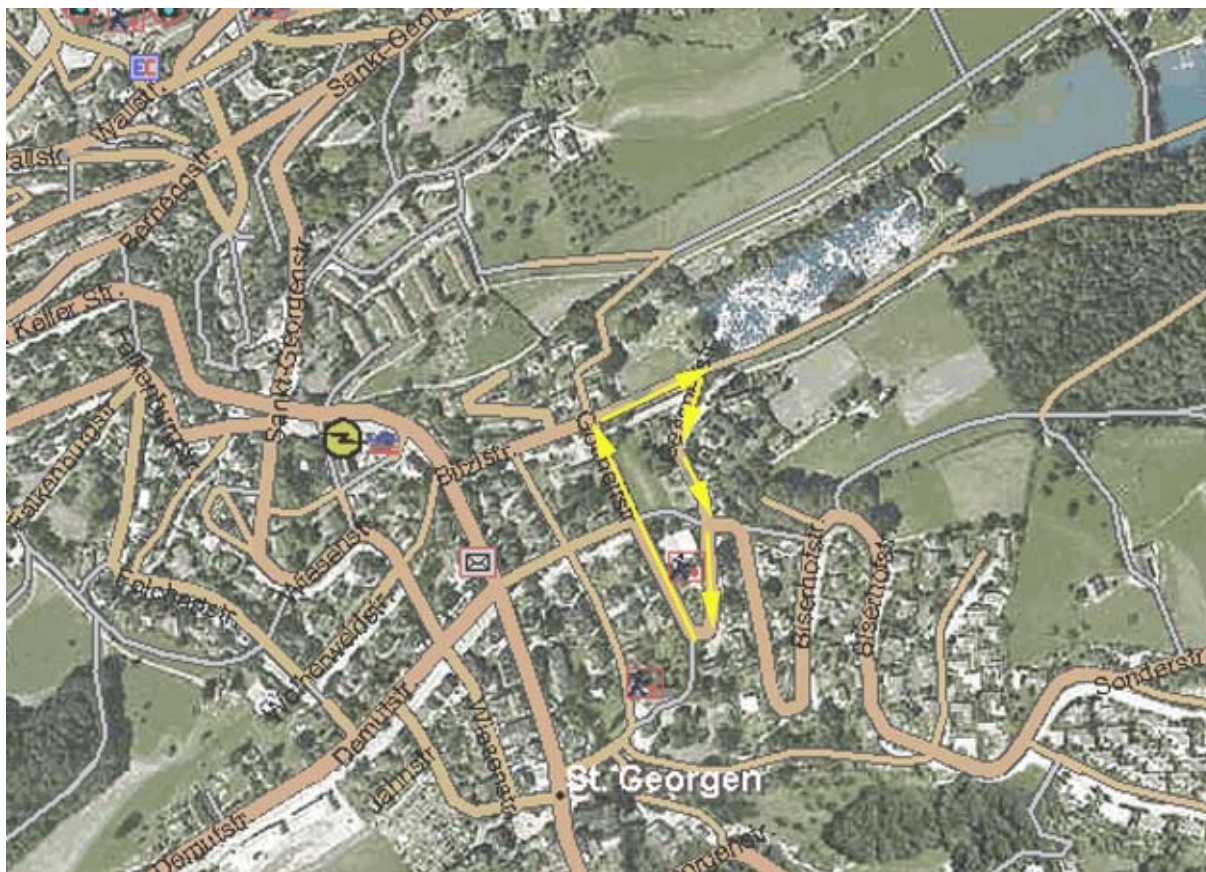


Abbildung 15: Die kuptierte Strecke in St. Gallen bei den drei Weiher.

### Breitentest St. Gallen

Gleichzeitig mit dem Test in St. Gallen wurde ein Breitentest durchgeführt. Auf einer leicht verlängerten Strecke (0.72 km) mit unwesentlich mehr Steigung pro Runde (11 m) und einer Linksabbiegung mit empfohlenem Stopp wurde jeweils eine Runde pro Fahrzeug zurückgelegt. Die Erfahrungen mit der Testanlage waren durchwegs positiv und reichen aus, um im Jahr 2008 den Breitentest als Standard anzubieten. Insgesamt legten 12 Testpersonen 113 Runden zurück.

Das schlechte Wetter führte dazu, dass zu beiden Tests wesentlich weniger Testpersonen als erwartet erschienen. Das Ziel, die Fahrzeuge bis zur Erschöpfung der Batterie auszufahren, wurde daher nicht erreicht, da kein Fahrzeug weiter als 17 km fuhr, was bei Weitem nicht dazu ausreichte.

Im Überblick wurden für die Breitentests folgende Erkenntnisse gewonnen:

Eine Betreuungsperson ist vollumfänglich ausgelastet mit der Betreuung des Ausfüllens der Fragebögen und der Bestimmung der Testfahrzeuge.

Die zweite Betreuungsperson erläutert die Bedienung der Fahrzeuge und behält den Überblick über die Fahrzeuge.

Im Gegensatz zu den Testfahrten des Forschungsprojektes ist ein Fahrzeugwechsel am höchsten Punkt kein Problem.

Künstliche Stopps werden nicht eingebaut, weil sie bei diesem Testansatz kaum eingehalten werden.

Der Aufwand, die Testanlage zu erklären, erwies sich bei den meisten Interessentinnen und Interessenten als gross. Da keine Gemeinde interessiert war, einen Beitrag zu einem solchen systematischen Breitentest zu leisten, wurde das Vorhaben wieder fallen gelassen.



Abbildung 16: Die gegenüber dem Test des Forschungsprojektes verlängerte Strecke des Breitentests wird pro Fahrzeug von jeder Versuchsperson einmal befahren.

## 6. Test Köniz, 17. Mai 2008

Partner für die Organisation vor Ort: Kretschmann Velos, Liebefeld

Distanz pro Runde	1.025 km
Höhenmeter pro Runde	6.2 m
Maximale Steigung	6%
Anzahl Runden	3 nonstop, 2 stop-and-go
Temperatur	17°, teils heftiger Regen, Wind

Die Ergebnisse wurden nicht für die Berechnung der Kurve miteinbezogen, weil sich die Testbedingungen stark veränderten (anfangs ideale Bedingungen, bedeckt bei 17 Grad, nach 45 Minuten einsetzender Regen, gegen Ende des Tests strömender Regen, teils heftiger Wind und zunehmender Verkehr). Eine kritische Analyse der Daten im Rahmen eines Sensitivitätstests hat aber gezeigt, dass die Leistungscharakteristik der Fahrzeuge auch unter erschwerten Bedingungen unseren Resultaten entspricht.

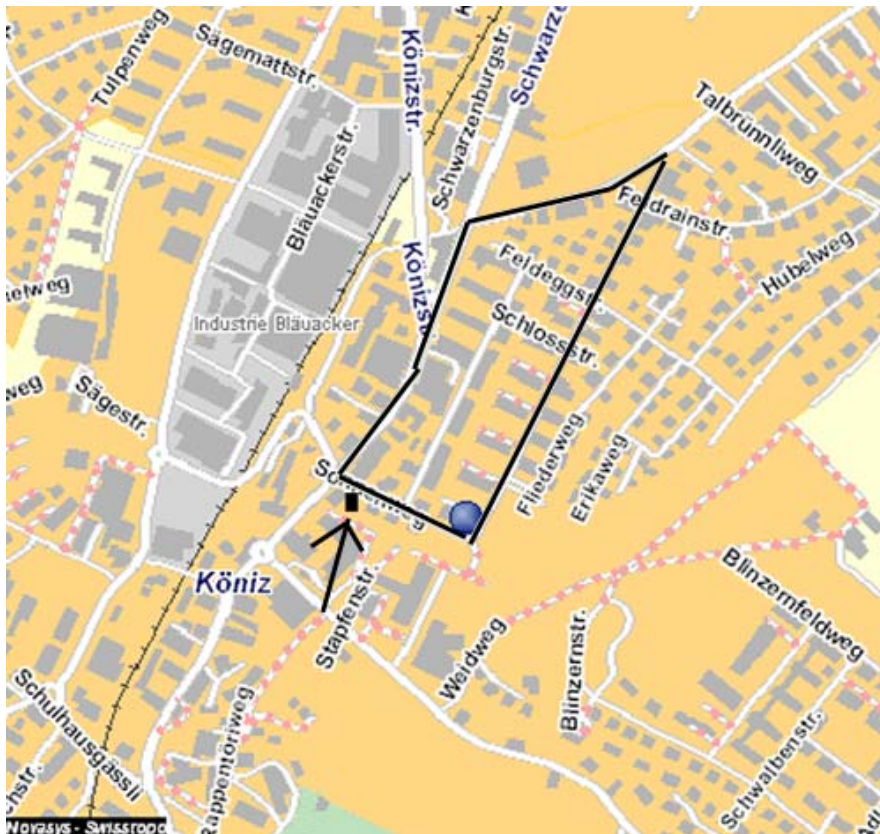


Abbildung 17: In Köniz wurden die E-Bikes unter stark erschwerten Bedingungen (Regen, Wind, Verkehr) getestet. Die Daten wurden für einen Sensitivitätstest verwendet, der die Resultate insgesamt bestätigte.

## 7. Test, Basel, 23. Mai 2008

Partner für die Organisation vor Ort: EFS, Basel

Der Test fand auf derselben Strecke wie Test 2 statt, wurde allerdings auf 0.98 km verkürzt, damit 6 Runden pro Fahrzeug gefahren werden konnten (abwechslungsweise nonstop und stop-and-go). Die äusseren Bedingungen (sonnig bei 23-25 Grad) waren ideal.

## 8. Test, Ottenbach, 29. August 2008

Partner für die Organisation vor Ort: Fredy Rüegg Velosport AG, Affoltern am Albis

Der Test fand auf derselben Strecke wie Test 1 statt, mit 6 Runden pro Fahrzeug, bei sonniger Witterung und einer Temperatur von 20-22 Grad.

## 9. Test, Albis-Buchenegg, 30. August 2008

Partner für die Organisation vor Ort: Fredy Rüegg Velosport AG, Affoltern am Albis

Distanz pro Runde:	16.7 km
Höhenmeter pro Runde	480 m
Maximale Steigung	11%
Durchschnittliche Steigung	6.4 %
Abschnitt 1	4.85 km / 20 Hm up / 92 Hm down
Abschnitt 2	2.5 km / 201 Hm up / 0 Hm down
Abschnitt 3	3.2 km / 0 Hm up / 251 Hm down
Abschnitt 4	3.8 km / 256 Hm up / 0 Hm down
Abschnitt 5	2.35 km / 3 Hm up / 137 Hm down
Temperatur:	17° (10 Uhr) bis 24° (16 Uhr), sonnig
Anzahl Testpersonen:	4
Anzahl Testrunden:	23

Der Test war eine gute Ergänzung der auf den Alltagsgebrauch ausgerichteten übrigen Testanlässe. Ein Problem bestand darin, dass eine der beiden Dolphin-Batterien von Beginn weg den Dienst versagte. Wir lösten es mit einer Reduktion der Unterstützungsstufe (eine Runde 5, eine Runde 3, eine Runde 1) und luden die Batterie zwischen der zweiten und der dritten Runde kurz nach.

Erstaunlich waren die guten Resultate der E-Bikes in den Abfahrten, die praktisch mit den Rennrädern mithalten konnten. Was die Rennräder in den Kurven an Zeit herausholten, kompensierten die E-Bikes mit ihrer schnelleren Beschleunigung aus der Kurve heraus.

Die Ergebnisse bestätigten gleichzeitig die Methode der Berechnung, da sich die errechneten Leistungswerte der E-Bikes nicht von den Werten der übrigen Tests unterschieden.

#### Anhang 4: Ermittelte Leistungsdaten der einzelnen Fahrzeuge

