
Schlussbericht

P+D 19480

Messkampagne LEM Partnergemeinden 1997/ 1998



ausgearbeitet durch:

Urs Muntwyler

Marc Keller

Ingenieurbüro Muntwyler

Postfach 512

3052 Zollikofen

e-mail: umuntwyler@solarcenter.ch

Dezember 1998

P+D 19480

Messkampagne LEM Partnergemeinden 1997/ 1998 Schlussbericht z.H. des Bundesamts für Energie

Zusammenfassung

Elektrisch betriebene Fahrzeuge haben eine bessere Energieeffizienz als Antriebe mit Verbrennungsmotoren. Diese im Labor der Fachhochschule Bern HTA Biel gemessenen Werte sollen nun in der Praxis in den Partnergemeinden des Grossversuchs mit Leicht-Elektromobilen in Mendrisio verifiziert werden. Aufgrund der hohen Bestandeszahlen in den Partnergemeinden konnten statt wie vorgesehen 100 Fahrzeuge bereits 132 Fahrzeuge ausgerüstet werden. Von 95 Fahrzeugen für die vollständig verifizierte Messwerte vorlagen, war der Mehrverbrauch nur 11.8 % höher als der Laborwert. In Vergleich dazu ist der Verbrauch in Mendrisio 38 % höher. Einer der Gründe ist die hohe Fahrleistung von TWIKE-Fahrzeugen in den Partnergemeinden.

Bemerkenswert ist das gute Abschneiden in den Gesamtfahrleistungen der beiden Schweizer Produkte TWIKE und dem E-Bike "Flyer". Das TWIKE führt in der Gesamtfahrleistung mit 104'522 km vor dem City-El mit 57'847 km und dem Flyer mit 37'968 km. Dahinter liegen die vier Modelle Peugeot 106, Citroën AX, Citroën Saxo und Renault Clio, zu Elektroautos umgebaute Autos der Automobilfirmen. Die Benutzer der Partnergemeinden bevorzugen also eher die "Nischenprodukte", was sicher zu einem guten Teil auf den wesentlich tieferen Anschaffungspreis zurückgeführt werden kann.

Je nach Fahrzeugmodell ergeben sich Abweichungen im Energieverbrauch bis 80 %. Diese ergeben sich aus konstruktiven Parametern, der verwendeten Batterietechnologie, dem Zustand des Fahrzeuges, dem Fahrstil, den klimatischen Umgebungsbedingungen und dem Gelände. Bei vielen Leicht-Elektromobilen kann eine untere monatliche Fahrleistung identifiziert werden, unterhalb der der spezifische Energieverbrauch stark ansteigt. Wo aus den Energiemessungen auf technische Unzulänglichkeiten geschlossen werden kann, wird der Fahrzeuglieferant verständigt. Kann auf ein falsches Einsatzprofil oder andere Unzulänglichkeiten des Benutzers geschlossen werden, so wird auch er kontaktiert. Alle Benutzer erhalten Ende Jahr eine Auswertung mit ihren Fahrdaten.

1. Ziele der Messkampagne

1.1. Einfaches offenes Messsystem

Für die Rechenschaft über Fahrleistungen, Energieverbrauch der verschiedensten LEM-Typen vom E-Bike bis zum Elektro-LKW wurde ein einfaches Erfassungssystem entwickelt, das ein monatliches Feedback eines jeden Teilnehmers ermöglicht. Die Auswertung kann bei Bedarf für spezielle Untersuchungen (MTB-failure Untersuchungen, Servicekosten-Erfassungen, Erfassung des Mobilitätsverhaltens etc.) erweitert werden. Damit der Datenfluss zuverlässig erfolgt, wird eine monatliche Abfrage und Auswertung gewählt. Dabei wird die Mitarbeit der Teilnehmer erwartet. Diese interaktive Datenerfassung gibt dem Teilnehmer die Möglichkeit, sich jederzeit sehr einfach an die Versuchsleitung zu wenden. Von dieser Möglichkeit wird oft Gebrauch gemacht.

2. Resultate und Stand der Arbeiten

2.1. Umfang der Messung

Alle im Rahmen der Partnerschaft des "Grossversuches mit LEM in Mendrisio" unterstützten LEM werden gemessen. Dies ist unerlässlich zur Darstellung der Gesamtfahrleistungen wie auch des gesamten Energieverbrauches. Gleichzeitig kann jeder Teilnehmer individuell erfasst werden. Dies ist nötig, weil im Fahrzeugbereich der Anwender sehr viele Möglichkeiten hat, den Energieverbrauch zu beeinflussen (Abweichungen bis +/- 50 % können oft beobachtet werden), was sich auch auf die Zufriedenheit mit der Technik auswirkt.

Die erste Messperiode von 1997/ 1998 sollte maximal 100 Fahrzeugen umfassen. Durch die hohen Verkaufszahlen wurden diese Zahl übertroffen. Der Stand der an der Messung teilnehmenden Fahrzeuge war Ende September 1998:

| Messdaten | Anzahl Fahrzeuge | in % |
|-----------------------------------|------------------|--------------|
| Fahrzeuge mit mehr als 11 Daten | 24 | 18.6 |
| Fahrzeuge mit 6 - 11 Daten | 52 | 40.3 |
| Fahrzeuge mit weniger als 6 Daten | 38 | 29.5 |
| Messbeginn Oktober / November | 15 | 11.6 |
| Total Fahrzeuge | 129 | 100.0 |

Im Dezember 1998 nahmen bereits 129 Fahrzeuge an der Messung teil. Für die weiteren Jahre werden folgende Teilnehmerzahlen erwartet:

- Teilnehmerzahl 31.12. 1999 200 - 250 LEM
- Teilnehmerzahl 31.12. 2000 250 - 320 LEM
- Teilnehmerzahl 31.12. 2001 300 - 400 LEM

2.2. Messverfahren

Die Messresultate werden mit den Laborwerten und den Resultaten in Mendrisio verglichen und interpretiert. Die Auswertung geschieht mittels:

- Fahrtenbuch
- km-Zähler
- kWh-Zähler vom Typ EMU (ev. Black-box-Messsystemen)

2.3. Kosten der Messung pro Teilnehmer

Inklusive Anschaffung der Messgeräte für jedes Fahrzeug, der monatlichen Datenerfassung über vier Jahre, Auswertung, Interpretation, Koordination mit Mendrisio und FH Biel sowie der Aufbereitung und Publikation aller Messdaten sollen die Kosten unter Fr. 1'000.-- pro Fahrzeug bzw. unter Fr. 300.--/ Jahr liegen. Dazu kommen die Eigenleistungen der Teilnehmer. Daher wurde aus Kostengründen auf einen Einbau der kWh-Zähler verzichtet. Wie die Erfahrung zeigte, ist dies bis auf einige wenige Ausnahmen von Teilnehmern deren Fahrzeuge einem breiten Benutzerkreis zugänglich sind, gut möglich. Für Fahrzeuge mit einem 16 A-Netzgerät musste eine Spezial-Verzweigungsdose hergestellt werden.

2.4. Ablauf der Messung

Das Konzept der einfachen Messungen und Auswertungen hat sich bewährt. Die kostenlose Abgabe der EMU-Zähler, km-Zähler (wenn nötig) und der Fahrtenbücher geschieht direkt durch die Projektleitung an den Teilnehmer. Die Abgabe über die lokalen Projektleitungen hat sich nicht bewährt. Entsprechend erfolgt auch das Mahnwesen, bzw. die Problembehandlung zentral.

Die Daten werden von der Auswertestelle, dem Ing. Büro Muntwyler, regelmässig abgerufen (siehe "Information Fahrtenkontrolle für LEM-Benutzer"). Dabei wird monatlich ein Abfragebrief versandt. Der Brief hat neben Standardformulierungen auch einen "Newsteil" mit Servicecharakter. Damit soll der Teilnehmer motiviert werden, den Brief auch zu lesen. Gleichzeitig wird ein rückfrankiertes Couvert mitgeschickt. Der Teilnehmer muss nun lediglich seine aktuellen Zustandsdaten des km-Zählers und des EMU-Zählers ablesen und in die vorgedruckte Datenzeile auf dem Brief schreiben. Hier kann er auch Bemerkungen anbringen. Von dieser Möglichkeit machen die Teilnehmer oft Gebrauch.

Die Datensätze werden zentral ausgewertet und überprüft. Die Daten werden nach vorher festgelegten Kriterien ausgewertet. Die Auswertung wird mit den Daten von Mendrisio koordiniert. Die Interpretation der Messresultate erfolgt zusammen mit der Begleitforschung des Grossversuches Mendrisio und der Fachhochschule Bern HTA Biel-Bienne. Ein neuer Schwerpunkt ist diese Interpretation der Resultate und deren Veröffentlichung.

2.5. Messresultate

2.5.1. Versuchsfahrzeuge nach Gemeinden und nach Typen

Ende 1998 waren 146 subventionierte LEM in den Partnergemeinden im Betrieb. Dazu kommen noch die Fahrzeuge die bereits vor dem Versuchsstart zirkulierten (sogenannter "Vorbestand"). Weil im Budget nur mit 100 LEM bis Ende 1998 gerechnet wurde, gibt es immer noch Fahrzeuge welche noch keinen EMU-Zähler haben. Ende November nahmen 146 Fahrzeuge mit 15 verschiedenen Modellen an der Erhebung in den 6 Partnergemeinden teil. Davon liegen in 129 Fällen die Energiemessungen vor, was einem Anteil von 88.4 % entspricht. Damit wurde das Ziel von 100 Fahrzeugen übertroffen. Von den LEM-BesitzerInnen, welche die technischen Voraussetzungen für die Erfassung der Daten haben, nehmen sogar 97.8 % an der Messung teil:

Versuchsfahrzeuge nach Gemeinde (Stand: 30.11.98)

| Gemeinde | Fahrzeuge mit techn. Voraussetzung | EMU-Zähler fehlt | ausgeschieden durch Unfall, etc. | subventionierte Fahrzeuge |
|--------------|------------------------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Wohlen | 42 | 4 | | 46 |
| Wil | 19 | 2 | | 21 |
| Sion | 11 | 2 | | 13 |
| Riehen | 21 | 2 | 2 | 25 |
| MuttENZ | 25 | 2 | 1 | 28 |
| Ittigen | 11 | 2 | 1 | 14 |
| Andere | 3 | | | 3 |
| TOTAL | 132 | 14 | 4 | 150 |

Subventionierte Fahrzeuge nach Typ und Gemeinde (Stand: 30.11.98)

| | Wohlen | Wil | Sion | Rehen | MuttENZ | Ittigen | Andere | Total |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
| BKTech Flyer | 17 | 6 | | 9 | 7 | 10 | | 49 |
| Mondia Energy | 3 | | | | 1 | | | 4 |
| Selo Rückenwind | | | | 1 | | | | 1 |
| Heizmann Estelle | | | | | 3 | | | 3 |
| Peugeot Scoot'elec | 4 | 1 | 7 | 5 | | | | 17 |
| City-El | 16 | | | 1 | 1 | 1 | | 19 |
| Twike | 2 | 2 | | 2 | 3 | | 3 | 12 |
| Citroën AX / Saxo | 3 | 10 | 4 | 1 | 1 | | | 19 |
| Peugeot 106 | | | | | 4 | 1 | | 5 |
| Renault Clio | | 1 | | 1 | 4 | | | 6 |
| FIAT | 1 | | | | | | | 1 |
| Holinger Evergreen | | | | | 1 | | | 1 |
| Kewet El-Jet 4 | | | 2 | | | | | 2 |
| Ligier Ambra | | | | | 1 | | | 1 |
| Microcar Break | | | | 2 | | | | 2 |
| Microcar Light | | 1 | | 3 | 2 | 1 | | 7 |
| SEER Volta | | | | | | 1 | | 1 |
| Total | 46 | 21 | 13 | 25 | 28 | 14 | 3 | 150 |

Bestandesüberblick (Stand: 30.11.98)

| | |
|--|-----|
| Fahrzeuge Partner- und Bürgergemeinden* (inkl. Vorbestand) | 192 |
| Fahrzeuge Partnergemeinden (inkl. Vorbestand) | 183 |
| Subventionierte Fahrzeuge (ohne Vorbestand) | 150 |
| fahrende Fahrzeuge in den Partnergemeinden | 146 |
| Fahrzeuge mit technischer Voraussetzung zur Messung | 132 |
| Tatsächliche gemessene Fahrzeuge | 129 |
| Fahrzeuge mit vollständigen kontrollierten Daten | 95 |

* dazu zählen die Fahrzeuge der Gemeinden, die im Wettbewerb als Partnergemeinde ausgeschieden sind.

Ende Oktober lieferten 95 Fahrzeuge mit 15 verschiedenen Modellen Datensätze ab:

Übersicht über die Messresultate (Stand 31.10.98)

| Fahrzeugtyp | Anzahl | Total Km | Energieverbrauch (kWh) | monatliche Fahrleistung (Km/Monat) | Verbrauch in kWh pro 100 Km | | |
|----------------------|-----------|-------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------|----------------|
| | | | | | Laborwert | Messwert | Differenz in % |
| BKTech Flyer | 28 | 37'968.28 | 649.67 | 144.92 | 1.00 | 1.71 | + 71.00 |
| Mondia Energy | 2 | 1'171.00 | 60.06 | 73.19 | | 5.13 | - |
| Peugeot Scoot'elec | 8 | 9953.60 | 783.26 | 184.33 | 7.40 | 7.87 | + 6.35 |
| City-El | 16 | 57'847.80 | 8'629.24 | 301.29 | 8.90 | 14.92 | + 67.64 |
| Twike | 10 | 104'522.00 | 7'382.26 | 1'045.22 | 10.00 | 7.06 | - 29.40 |
| Kewet El-Jet 4 | 2 | 1'243.00 | 337.70 | 207.17 | 18.70 | 27.17 | + 45.29 |
| Ligier Ambra | 1 | 1'773.00 | 377.10 | 197.00 | 14.90 | 21.27 | + 42.75 |
| Microcar Break | 2 | 15'439.00 | 3'061.05 | 532.38 | 16.50 | 19.83 | + 20.18 |
| Microcar Light! | 4 | 18'739.10 | 3'043.91 | 374.78 | 16.50 | 16.24 | - 1.58 |
| Fiat Panda elettrica | 1 | 1'862.00 | 644.00 | 310.33 | 23.00 | 34.59 | + 50.39 |
| Citroën AX | 7 | 34'178.00 | 6'261.82 | 569.63 | 17.80 | 18.32 | + 2.92 |
| Citroën Saxo | 6 | 19'421.00 | 4'379.80 | 561.82 | 20.00 | 22.55 | + 12.75 |
| Peugeot 106 | 3 | 32'167.00 | 6'680.00 | 1'072.23 | 17.10 | 20.77 | + 21.46 |
| Renault Clio | 4 | 33'700.00 | 7'857.70 | 821.95 | 19.40 | 23.32 | + 20.21 |
| SEER Volta | 1 | 1'689.00 | 974.00 | 211.13 | 30.80 | 57.67 | + 87.24 |
| TOTAL | 95 | 371'673.78 | 51'121.57 | 410.69 | | 13.75 | + 11.78 |

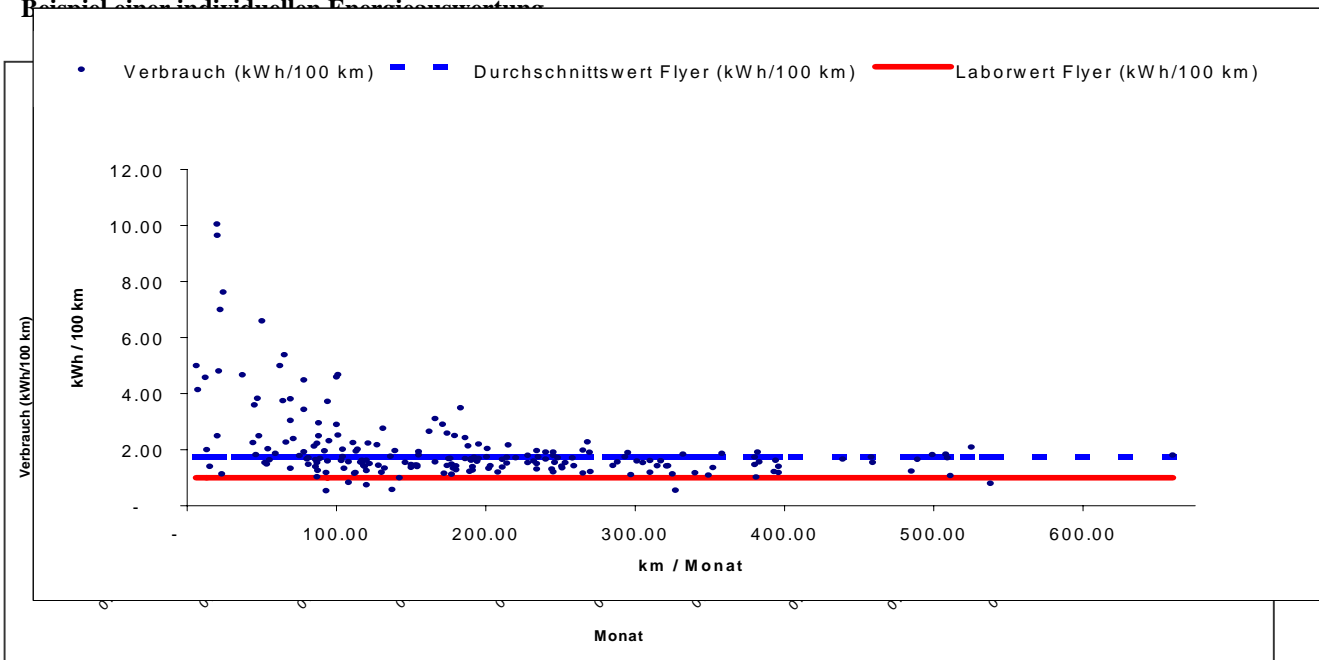
Die gesamthaft erfassten Kilometer dürften per Ende 1998 gegen 500'000 km betragen. Zum Schätzen der Gesamtfahrleistung müssten die 17 noch nicht erfassten Fahrzeuge sowie der "Vorbestand" mit weiteren ca. 50 Fahrzeugen dazu gezählt werden. Zum Abschätzen der Fahrleistungen pro Fahrzeugmodell wird deshalb am Besten auf die monatlichen Fahrleistungen abgestellt. Diese variieren zwischen unter 100 km/Monat bei kleinen E-Bikes und über 1'000 km/Monat bei den Modellen TWIKE und Peugeot 106.

2.5.2. Auswertung der Zweiradfahrzeuge

Zur Auswertung wurde für jeden Teilnehmer eine detaillierte Darstellung produziert. Sie wird ihm, auch als eine Gegenleistung für die Mitarbeit, Ende Jahr zugeschickt. Wir stellen diese Daten jeweils als Durchschnittswerte sowie mit einem "typischen Benutzer" vor. Bei den Zweiradfahrzeugen wird dies für die E-Bikes "Flyer" mit 28 Modellen sowie dem Peugeot Scooter mit 8 Modellen gemacht:

Energieverbrauch BKTech Flyer in Abhängigkeit von der monatlichen Fahrleistung

Beispiel einer individuellen Energieauswertung

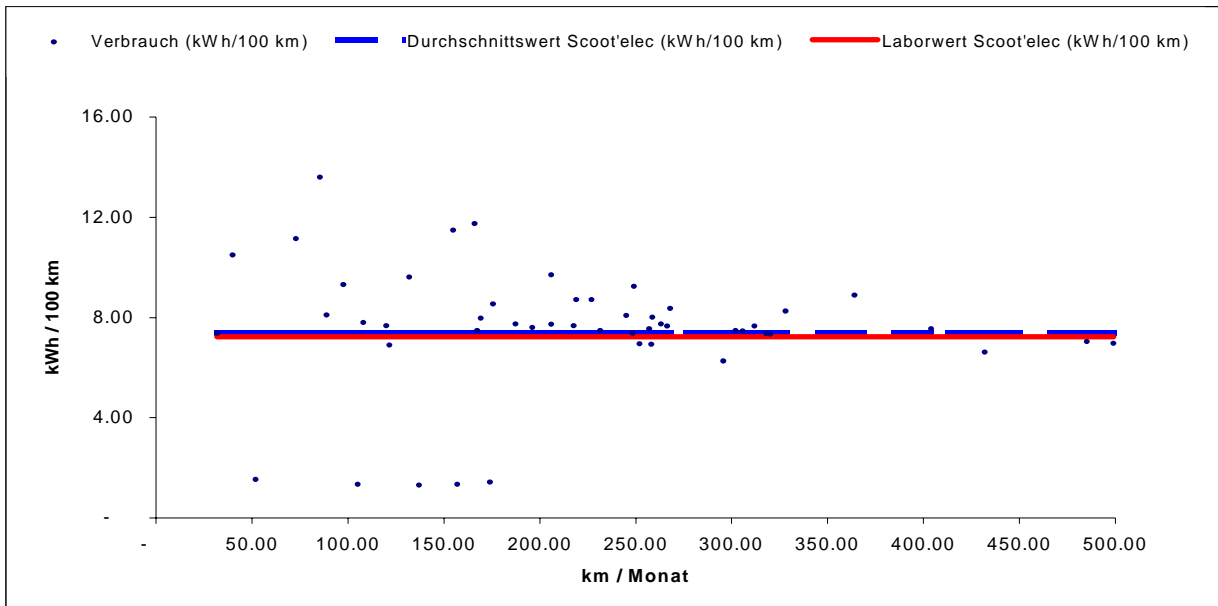


Bei den Durchschnittswerten fällt auf, dass die spezifischen Verbräuche bei kleinen monatlichen Fahrstrecken ansteigen. Dies ist typisch für viele Elektrofahrzeuge. Flyer-Benutzer sollten also mindestens 100 km besser 200 km pro Monat fahren. Die gemessenen Flyer fahren im Durchschnitt 145 km im Monat. In der Gesamtfahrleistung liegen die Flyer auf Platz drei aller Modelle. Wenn der Flyer längere Zeit nicht benutzt ist, so sollte er nicht "an der Steckdose parkiert" werden. Sonst summieren sich zur Ladeenergie der Batterie, die "stand-by"-Verluste des Ladegerätes und der Erhaltungsladestrom der Batterie. Wenn dann auch die Fahrleistung als Divisor klein ist, resultiert daraus zwangsläufig ein hoher Verbrauch. Technisch ist es möglich, diesen Zusammenhang weitgehend auszuschalten. Dies bedingt ein "intelligentes Ladegerät" - in vielen Fällen genügt eine simple Schaltuhr. Nach längeren Standzeiten ist bei gewissen Modellen eine Ladung vorzunehmen, damit der Ladezustand der einzelnen Batterieelemente ausgeglichen werden kann.

Eine weitere Auffälligkeit bei den Flyer-Modellen ist der höhere Verbrauch in der Praxis im Vergleich zur Messung in der Fachhochschule Bern HTA Biel. Dies erklärt sich vor allem aus der technischen Möglichkeit ein Flyer-E-Bike wesentlich schneller als im Prüfzyklus zu fahren. Damit kann der Energieverbrauch leicht verdoppelt werden. Von dieser Möglichkeit machen fast alle Flyer-Anwender Gebrauch, was einen Mehrverbrauch von + 71 % ergibt. Zusammen mit dem Produzenten werden weitere Faktoren abgeklärt, die in die Neuentwicklung des Flyer sowie in die Schulung der Benutzer eingehen. Der nun gemessene Verbrauch von 1.71 kWh/ 100 km (entspricht 0.2 Liter auf 100 km) ist aber immer noch extrem tief. Im Vergleich zu den normalen E-Bikes, sprengt der Flyer auch in der Erfassung des Energieverbrauches die Grenzen des Herkömmlichen.

Einen nur kleinen Mehrverbrauch von 6 % auf 7.9 kWh/ 100 km zeigen die 8 Peugeot Scooter Scoot'elec. Die durchschnittliche Fahrleistung pro Monat liegt bei 184 km. Hier hat der Benutzer weniger Möglichkeiten seinen Verbrauch stark zu erhöhen. Berücksichtigt man die unvermeidlichen Höhendifferenzen, die es in der Schweiz gibt (dies erklärt auch einen Teil der Mehrverbräuche von Mendrisio), so ist der Energieverbrauch des Scoot'elec sogar unter dem Laborwert.

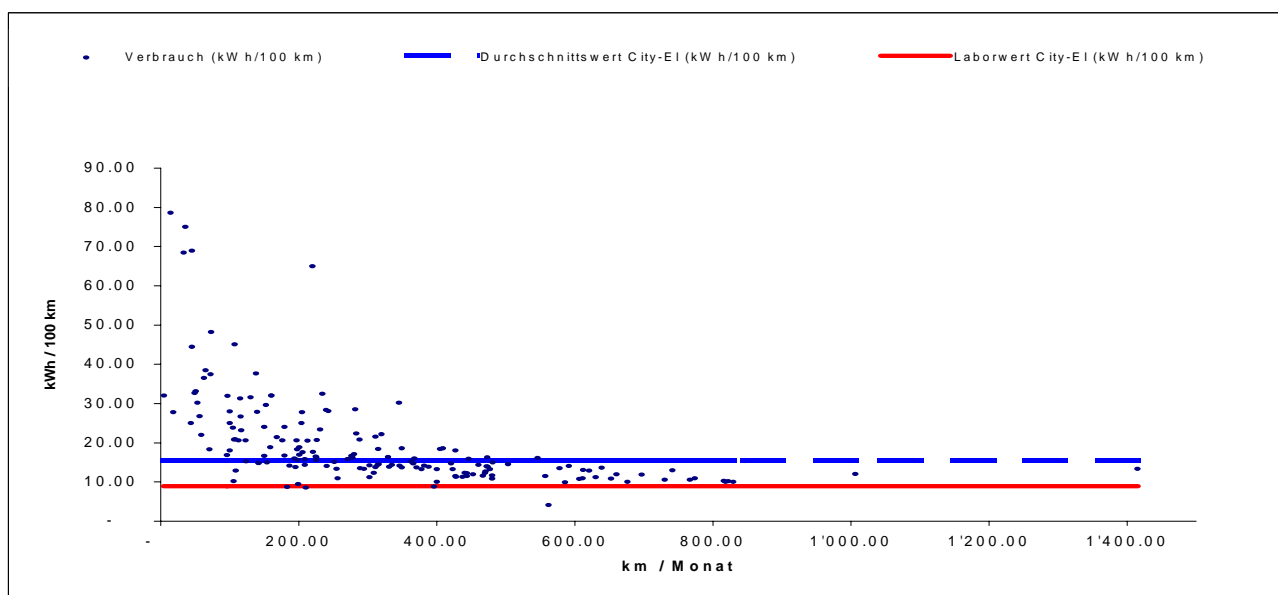
Energieverbrauch Peugeot Scoot'elec in Abhängigkeit von der monatlichen Fahrleistung



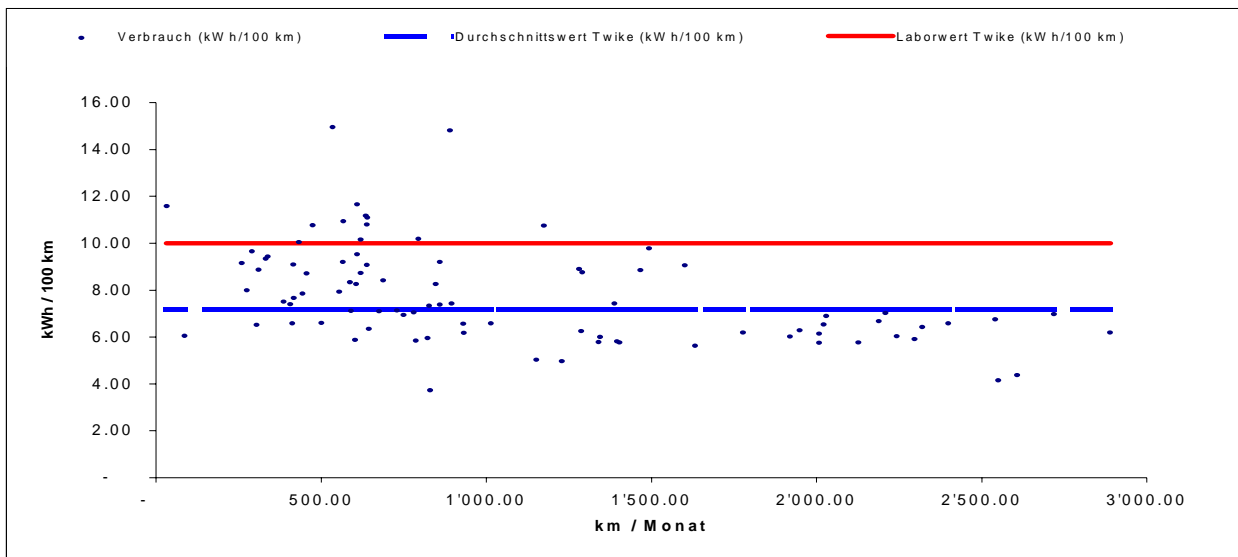
2.5.3. Auswertung der Dreiradfahrzeuge

Sehr unterschiedlich ist die Benutzung der 16 City-EI, für welche bereits Datenreihen vorliegen. In der Gesamtfahrleistung der gemessenen Fahrzeuge liegen die City-EI mit 57'848 km auf Platz 2. Diese Fahrzeuge fahren vorwiegend in der Berner Agglomerationsgemeinde Wohlen. Die Strecken in Wohlen selber haben oft Überlandcharakter. Die Benutzer fahren aber auch in die Stadt Bern hinein. Die Strecken sind insgesamt sehr hügelig, was einen Mehrverbrauch ergibt. Die durchschnittliche Fahrleistung liegt bei 301 km im Monat. Der Mehrverbrauch beträgt 67 %. Dies erklärt sich aus einer veralteten Batterieladetechnik (billige Lösung) im Verbund mit einer Bleibatterie. Im Rahmen des P+D-Projektes "VEBILA" der Fachhochschule Bern HTA Biel, der Industrie und der Partnergemeinde Wohlen wird eine verbesserte Batteriemessung untersucht. Zusammen mit dem Hersteller und der Fachhochschule Bern HTA Biel soll 1999 abgeklärt werden, wie der Energieverbrauch auch mit den alten Ladegeräten gesenkt werden kann. Auch hier muss allerdings auf den immer noch tiefen Energieverbrauch von 14.9 kWh/ 100 km (entspricht ca. 1.5 Liter Benzinäquivalent auf 100 km) hingewiesen werden.

Energieverbrauch City-EI in Abhängigkeit von der monatlichen Fahrleistung



Energieverbrauch Twike in Abhängigkeit von der monatlichen Fahrleistung

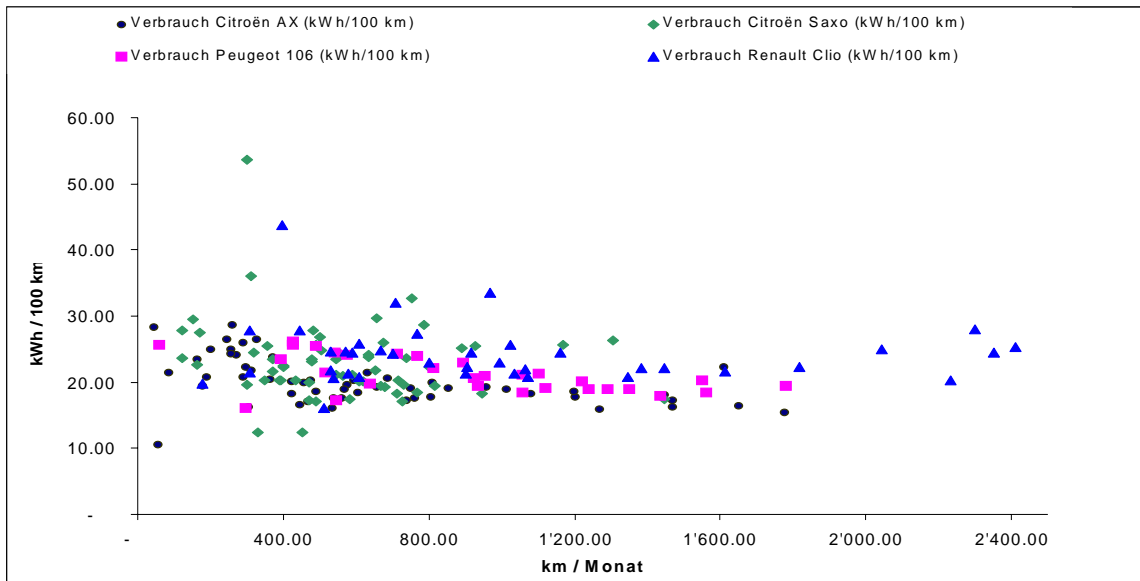


Führend in der Gesamtfahrleistung sind die 10 TWIKE-Fahrzeuge mit 104'522 km Gesamtfahrleistung. Die monatliche Fahrleistung beträgt 1'045 km und liegt nur knapp hinter den Peugeot 106-Elektromobilen. Das TWIKE hat also Fahrleistungen wie ein Auto. Dies bei einem durchschnittlichen Energieverbrauch von 7 kWh/100 km (entspricht 0.7 Liter Benzinäquivalent) oder 29,4 % unter dem Laborwert. Das erklärt sich aus dem Prüfprozedere im Labor. Dort werden Fahrstrecken von 20 km für die Messung zugrunde gelegt. Bei Elektromobilen mit sehr hohen Reichweiten (extrem beim Honda EV Plus) und auch beim TWIKE ist diese Messstrecke zu kurz um genügend lange in den linearen Bereich der Batterie-Lade-Entladekurve zu kommen. Damit ist der Laborwert "zu hoch", wenn in der Praxis längere Tagesstrecken als 20 km bei einmaligen Laden gefahren werden. Wie tief der Energieverbrauch des TWIKE ist, zeigt sich im Vergleich mit dem (durchaus gelungenen) Scooter Scoot'elec, der einen etwas höheren Verbrauch als das TWIKE aufweist. Das TWIKE ist also bereits besser als das "1 Liter-Auto", das dieses Jahr in die Schlagzeilen der Autofachpresse kam.

2.5.4. Auswertung der Vierrad-Fahrzeuge

Die Auswertung umfasst die vergleichbaren Modelle Peugeot 106, Citroën AX, Citroën Saxo und Renault Clio. Diese vier Modelle sind ähnlich gross und schwer und haben alle die SAFT-NiCd-Batterie. Die erfassten Fahrleistungen liegen zwischen 19'421 km und 34'178 km für alle gemessenen Modelle. Addiert man die Fahrleistungen dieser doch ähnlichen Modelle, so ergibt das mit 119'466 km die Spitzenposition. Die monatlichen Fahrleistungen liegen zwischen 561 km (Citroën Saxo) und 1'072 km beim Peugeot 106, der Spitzenwert aller gemessenen Modelle. Die Mehrverbräuche liegen zwischen 3 % und 21 %. Beim Peugeot 106 ist das u.a. zurückzuführen auf das neue Modell, welches schwerer ist als das im Labor gemessene Modell. Hier wird eine Nachmessung im Labor im Jahre 1999 angestrebt. Der Mehrverbrauch des Renault Clio ist noch nicht ganz erklärt, liegt aber immer noch im Bereich möglicher Abweichungen durch klimatische Bedingungen, Topografie etc.

Energieverbrauch Vierrad Personenwagen in Abhängigkeit von der monatlichen Fahrleistung



2.6. Diskussion der Resultate

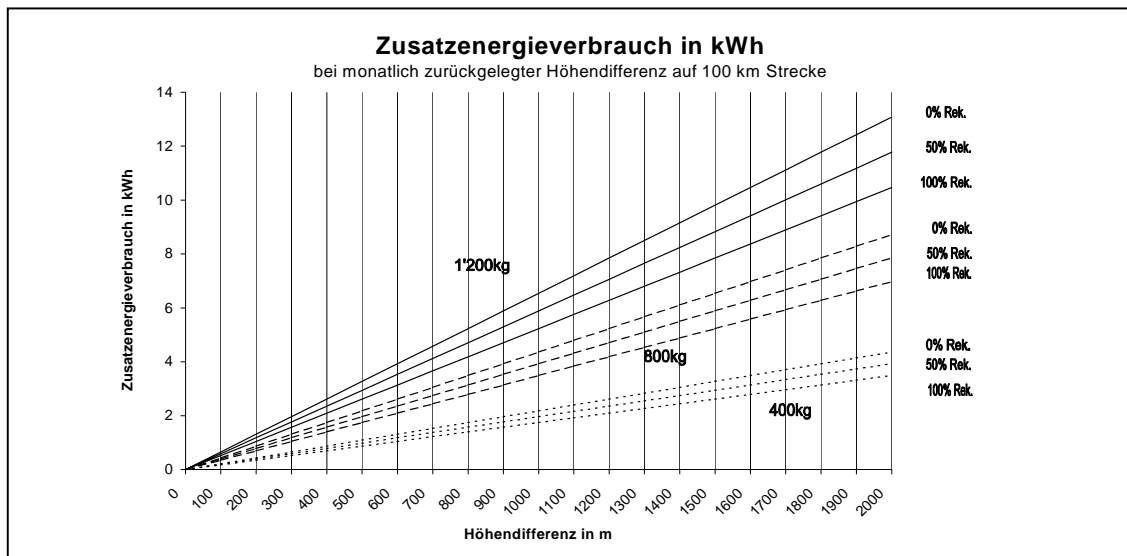
Vergleicht man die Resultate der Praxismessungen mit den Prüfstandsmessungen so fällt der höhere Verbrauch in der Praxis auf. Dieser hat verschiedene Gründe, von denen die meisten nichts mit einem Elektromobil zu tun haben.

2.6.1. "Nicht Elektromobil spezifische" Faktoren für Energiemehrverbrauch

Viele dieser Faktoren die zu einem Mehrverbrauch führen, sind nicht Elektromobil spezifisch:

- Topografie (die Labormessung erfolgt ohne Steigungen)
- klimatische Bedingungen (die Labormessung findet bei Raumtemperatur statt)
- Zustand der Fahrbahn (die Fahrbahn beim Messen der Ausrollkurve ist trocken)
- Pnetypen (normalerweise Sommerpneus)
- optimaler Pnendruck
- Zustand des Fahrzeuges
- zusätzliche Beladung (die Labormessung geht von 100 kg Beladung aus)
- Schnelle Beschleunigungen (die Labormessung gibt ein definierten Beschleunigungsprofil vor)
- höhere Geschwindigkeit (Laborspitzenwert ist 80 km/h)

Bereits einzelne Zusatzenergieverbräuche können erhebliche Abweichungen bewirken. Als Beispiel sei dies am Beispiel der Höhendifferenz gezeigt:



Beim Beispiel eines 1'200 kg schweren Elektromobils, das auf 100 km Fahrstrecke eine Höhendifferenz von 1'000 m zurücklegt und davon 50 % der Zusatzenergie rekuperieren kann, ergibt sich ein Mehrverbrauch von ca. 5 kWh. Ein solches Fahrzeug braucht gemäss Labormessung ca. 20 kWh/ 100 km. Mit der Höhendifferenz steigt dieser Verbrauch um 25 % auf 25 kWh/ 100 km.

2.6.2. Elektromobilspezifische Faktoren für einen Energiemehrverbrauch

Es gibt nun auch elektromobilspezifische Faktoren für einen erhöhten oder einen kleineren Energieverbrauch. Diese Faktoren sind aber nicht für alle Fahrzeuge gleich. Sie haben vielmehr mit dem Batterietyp, dem Batteriemangement, der Qualität der Einzelkomponenten und dem Fahrzeugkonzept zu tun. Es sind dies:

- Mehrgewicht durch die Batterien
- die geringe monatliche Fahrleistung
- das Energiemangement inklusive den Ladegewohnheiten
- Batterietemperatur (kalte Batterien haben ein kleineres Energiespeichervermögen)
- Batterieheizung zur Steigerung der Reichweite im Winter (erhöht den Gesamtverbrauch)
- Batterielade- und entladeströme (die Verluste steigen im Quadrat der Ströme)

Die einzelnen Faktoren im Bereich der Batterien und der Temperaturen sind im Einzelnen (auch im Ausland) noch nicht detailliert untersucht worden. Hier besteht noch ein Wissensbedarf.

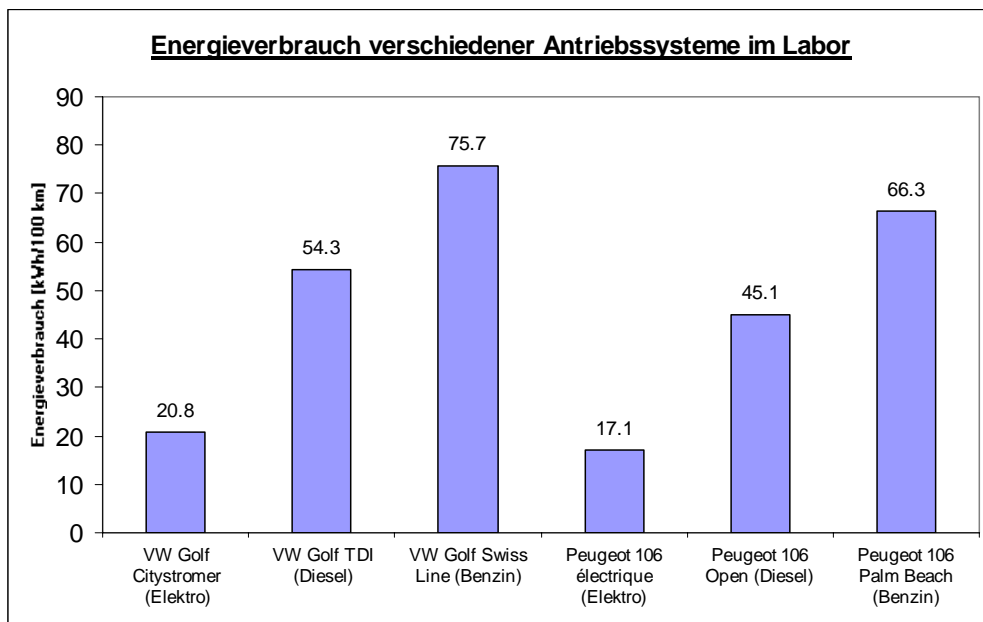
Ein weiterer Unterschied vom Elektromobil zum Benzinauto ist der Umstand, dass Benzinautos regelmässig Wartungs- und Servicestellen anfahren müssen. Dies zum Tanken oder zum Absolvieren der Abgasprüfung. Dies entfällt bei Elektromobilen und so ist die regelmässige Wartung weniger sichergestellt. Ob dies in der Praxis ein Problem ist, kann noch nicht gesagt werden.

3. Zusammenarbeit

Die Ermittlung der Energieverbräuche bedingt einen ständigen monatlichen Kontakt mit den Teilnehmern. Weiter wird eng mit den Stellen des Grossversuches wie Vertreter der Partnergemeinden, einzelnen Kantonen und den Fahrzeuglieferanten der Leicht-Elektromobile zusammengearbeitet. Mit dem für die Energiemessung in Mendrisio betrauten Büro Abay & Meier und der Fachhochschule Bern HTA Biel (Labormessungen) werden regelmässige Koordinationsmeetings durchgeführt.

4. Kommunikation der Resultate

Die Kommunikation der Resultate mit den Teilnehmern wird im Rahmen der monatlichen Korrespondenz und vor allem dem LEM-News gemacht. Zu diesem Zweck erhalten alle Teilnehmer ein Gratis-Abonnement der LEM-News. Im Rahmen der Informationsarbeit in Mendrisio wurde ein Faltblatt "PAGINE-VEL" produziert. Als deutsche Version wurde ein "LEM-News Spezial" produziert und an alle Teilnehmer verteilt. Alle Benutzer erhalten Ende Jahr eine Auswertung mit ihren Fahrdaten.



Damit die abstrakte Materie eines Energieverbrauches in kWh/ 100 km besser kommuniziert werden kann, wurde im Sommer die Energieeinsparung der verschiedenen LEM-Typen in eine Benzineinsparung in acht Jahren umgerechnet. Dabei wurde jeweils eine dem Fahrzeugtyp entsprechende typische Jahresleistung, wie sie aus der Messkampagne bekannt war, zugrundegelegt. Die Benzineinsparung wurde auf 200 l-Benzinfässer umgerechnet und an verschiedenen Partnergemeinde-Anlässen aufgestellt. Ein Flugblatt in deutsch und englisch erläuterte die Zusammenhänge. Diese Art der Kommunikation fand guten Anklang bei der Bevölkerung. Tagesmedien und Fachzeitschriften übernahmen das Sujet um über die effizienten Leicht-Elektromobile zu berichten (siehe Titelbild).

Eine Pendezenz, die allerdings nicht im Rahmen der Messkampagne erledigt werden kann, ist die Kommunikation der Resultate an die breite Öffentlichkeit. Dabei muss speziell darauf geachtet werden, dass die abstrakte Materie "Energieverbrauch in kWh/ km" verständlich kommuniziert wird. Dies überschreitet den Umfang der Messkampagne erheblich und muss Aufgabe der Programmleitung des BFE, beauftragter oder interessierter Stellen sein.

| Fahrzeugtyp | Strecke pro Jahr | Benzinensparung in acht Jahren | Strombedarf pro Jahr/ Beispiel eines entsprechenden gerätes |
|--------------|------------------|--------------------------------|--|
| E-Bike | 3'000 km | 2'500 Liter Benzin | 36 kWh / ¼ TV/Radio |
| City-El | 5'000 km | 3'500 Liter Benzin | 700 kWh / Tiefkühltruhe |
| Twike | 6'000 km | 4'000 Liter Benzin | 600 kWh / Tiefkühltruhe |
| Ligier Ambra | 6'000 km | 4'000 Liter Benzin | 1'000 kWh / Koch- und Backherd |
| Peugeot 106 | 12'000 km | 8'000 Liter Benzin | 2'400 kWh / Warmwasserboiler |

Im Rahmen des EU-Projektes MATADOR können die Resultate von der Fachhochschule Bern HTA Biel kommuniziert werden. Im Rahmen des IEA-Annexes I "Informationsaustausch" werden die Energiedaten laufend präsentiert. Weiter werden die Energiemessungen an ausgewählten Tagungen die Energiemessung im In- und vor allem im Ausland vorgestellt.

5. Ausblick

Immer noch ist die Erfassung der Messdaten im Aufbau begriffen. Ende 1998 waren erst von ca. 50 Teilnehmern Daten von mehr als einem Jahr erfasst und ausgewertet. Weil sich diese Daten auf 15 Modelle verteilen, ergeben sich noch kaum aussagekräftige Samples. Dies wird in den Folgejahren bereits sehr viel besser sein. Ende 1999 dürften Messwerte von mehr als 12 Monaten Dauer von 150 Teilnehmern vorliegen. Bereits heute aber können Aussagen zu einzelnen Modellen gemacht werden, die für die Produzenten als Input für die Verbesserungen ihrer Modelle genutzt werden können. Die im Labor gemessene hohe Energieeffizienz kann auch in der Praxis festgestellt werden.

In einzelnen gemeinschaftlich genutzten Fahrzeugen wird 1999 der EMU-Energiezähler fest eingebaut. Die Daten der Black-box-Messungen von Mendrisio werden zeigen, wieviele neue Erkenntnisse diese Messmethode bringt. Zusammen mit der Berner Fachhochschule HTA Biel wird 1999 eine erste Praxismessung mit Hybridfahrzeugen, dem Toyota "Prius" vorgenommen. Dieses Modell wird ab dem Jahr 2000 im Messprogramm als "Vergleichsfahrzeug" erwartet. Interessante Vergleichswerte werden auch von der Messung der 60 Kompogas-Fahrzeuge von Bachenbülach erwartet.

Die einzelnen Faktoren im Bereich der Batterien und der Temperaturen sind im Einzelnen (auch im Ausland) noch nicht detailliert untersucht worden. Hier besteht noch ein Wissensbedarf. In Zukunft kann der Einfluss der regelmässigen Wartung evaluiert werden. Weiter kann der Einfluss der "Alterung" der Fahrzeuge untersucht werden. Die Datenerfassung könnte in Zukunft auch für die Bearbeitung weiterer offener Fragen wie Servicekosten etc. benutzt werden. Weil nun langsam aussagekräftige Resultate vorliegen, soll vermehrt der Kontakt mit ausländischen Spezialisten gesucht werden, um die offenen Fragen (z.B. Winterbetrieb, kalte Batterien etc.) zu bearbeiten. Dies soll im Rahmen des Annex VIII "Flottenprogramm und Markteinführungsprogramme" des IEA Implementing Agreements "Electric and Hybrid vehicles" gemacht werden.

6. Publikationen (Auszug)

- Dr. Sigrid Kleindienst/ Urs Muntwyler, LEM-News Nr. 19/ 20: S. 20, Juli 1997, Praxis-Messungen des Energieverbrauchs
- Dr. Sigrid Kleindienst/ Urs Muntwyler, From Measuring the Energy Consumption to the Energy Management of Electric Vehicles, EVS 14 Orlando (USA), Dezember 1997
- Urs Muntwyler, Flugblatt, Mai 1998, Wie Sie mit einem Leicht-Elektromobil bis zu 8'000 Liter Benzin sparen!
- Urs Muntwyler, Flugblatt, Juni 1998, How you can save up to 8'000 Liter of Gasoline by using a Lightweight electric vehicles!
- Dr. Sigrid Kleindienst/ Urs Muntwyler, LEM-News Nr. 22: diverse Artikel u.a. Energiemessung in den Partnergemeinden läuft an, Juni 1998
- Gianni Moreni, Prof. Karl Meier-Engel, Urs Muntwyler; LEM-News Spezial, Oktober 1998, Energieverbrauchsmessungen im Alltagseinsatz
- Gianni Moreni, Prof. Karl Meier-Engel, Urs Muntwyler; PAGINE-VEL, Oktober 1998, I consumi energetici e le percorrenze die VEL nella pratica
- Dr. Sigrid Kleindienst/ Urs Muntwyler: LEM-News Nr. 23: diverse Artikel u.a. Energieverbrauchsmessung, Oktober 1998
- Dr. Sigrid Kleindienst/ Urs Muntwyler: LEM-News Nr. 24: diverse Artikel u.a. Energieverbrauchsmessung, Dezember 1998

20.12. 1998/MU