



Materials Science & Technology

# Verbrauchsmessung

e-Scooter Workshop 21.09.2010

Session "Verbrauchsmessung", Block 1 (11:00 – 12:30 = 90min)

# Ablauf Session Block 1 (11:00 – 12:30 = 90min)



Moderator            Marcel Gauch (mg)  
Referenten            Rolf Widmer (rw), Raffaele Bornatico (rb)  
Protokoll              Andri Brugger

11:00    Normzyklentests für e-Scooter (rw)  
11:15    neue Verbrauchsmessmethode für e-Scooter (rb)  
11:30    Ladeenergie - wer misst misst Mist (rw)  
  
11:45    Diskussion & Schlussfolgerungen  
12:30    zMittag

[nach jeder Präsentation gibt es 5' F&A, um Verständnisfragen zu klären. Die eigentliche Diskussion, welche zu generellen Schlussfolgerungen führen soll, ist im Schlussblock vorgesehen]

- Sie erhalten einen Überblick über die Problematik der Verbrauchsmessung bei e-Scooters und der heute üblichen Normzyklentests auf Rollenprüfständen
- Sie lernen eine einfachere Verbrauchsmessmethode, die ohne teure Prüfstände auskommt, kennen
- Sie lernen nebst den Schwierigkeiten der Energiemessung während der Fahrt, auch diejenigen des Ladevorgangs kennen

- **Optionen**
  - 'Rolle' oder 'Cockpit'?
- **Technologie, Einbau, Kenntnisse**
  - Gerätearten, Ausstattung?
  - Integration im Fahrzeug (Kabel, Speisung, ...)?
  - Genauigkeit, Wiederholbarkeit?
- **Ablauf / Service Modell**
  - Selbstversuch anstatt MFK?
  - Datensicherheit, Datenschutz?
  - Diebstahlschutz?
- **Zukünftige Entwicklung**
  - Integriertes Cockpit - Rangeforcasting?
  - Batterieleasing – Fernüberwachung?



## Normzyklen- tests für e- Scooter

### Normtests

**Quantya EVO1 auf dem  
Prüfstand der Empa**

Messung des NEFZ Neuer  
Europäischer Normzyklus

# Messtechnik (Rollenprüfstand)



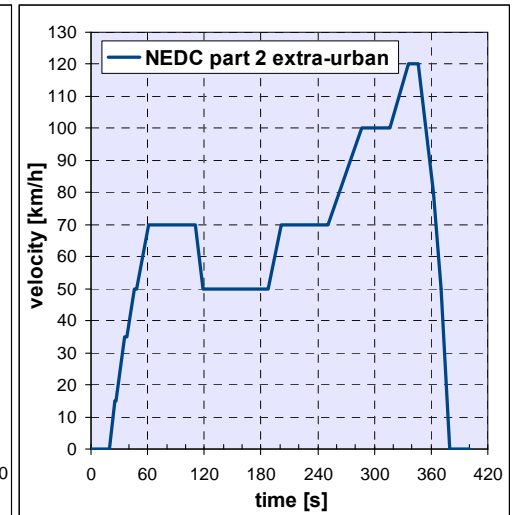
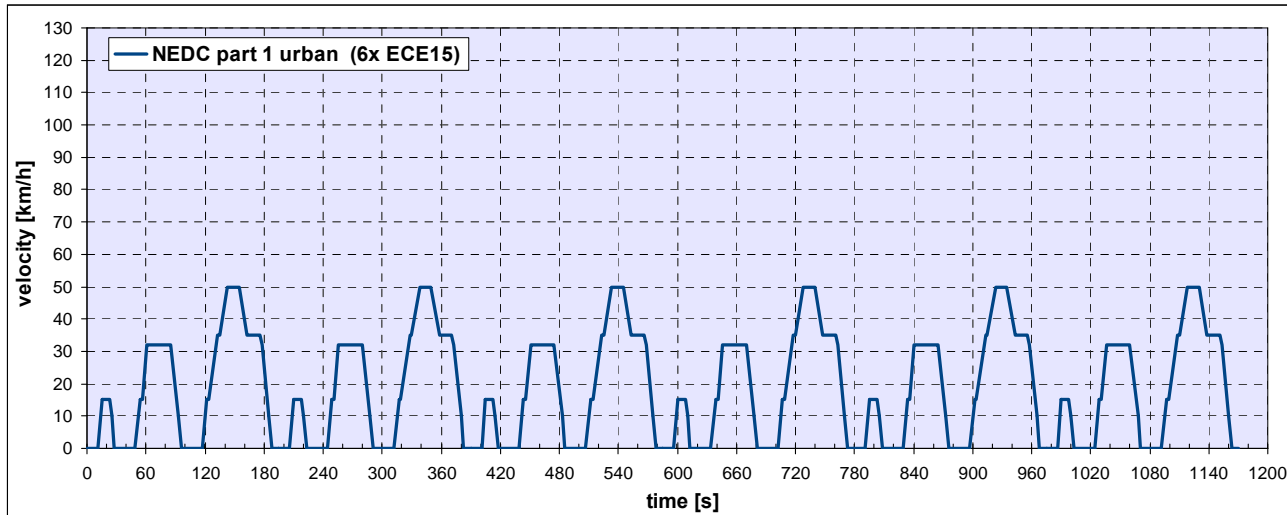
Prüfung von Motorrädern mit  
Verbrennungsmotoren

Prüfung von Motorrädern mit  
Elektromotoren



# Normierte Fahrzyklen

## Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ)



part	time [s]	distance [m]	avg. speed [km/h]	max. acceleration [m/s <sup>2</sup> ]	max. deceleration [m/s <sup>2</sup> ]
urban	1170	6'088	18.7	1.04	-0.93
extraurban	400	6'955	62.6	0.83	-1.39
total	1570	13'042	29.9	1.04	-1.39

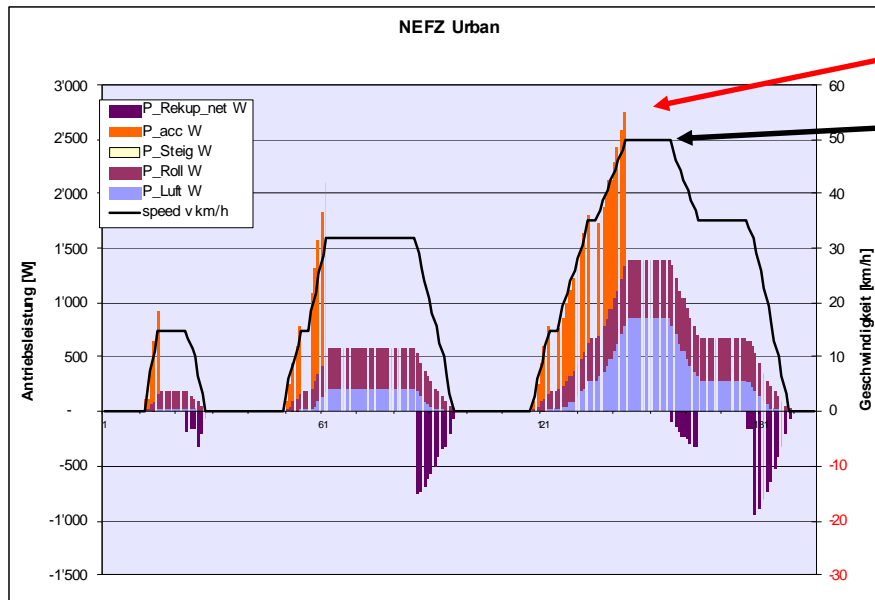


### NEFZ Überblick:

- 2 Teile (~20 min. urban, ~7 min. extra-urban)
- Sanfte Beschleunigungs-/Bremsraten
- Kategorisierung in Fahrzeugklassen? E-Scooter?

# Normierte Fahrzyklen 2

## Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ)



**P\_max = 2.21 kW**

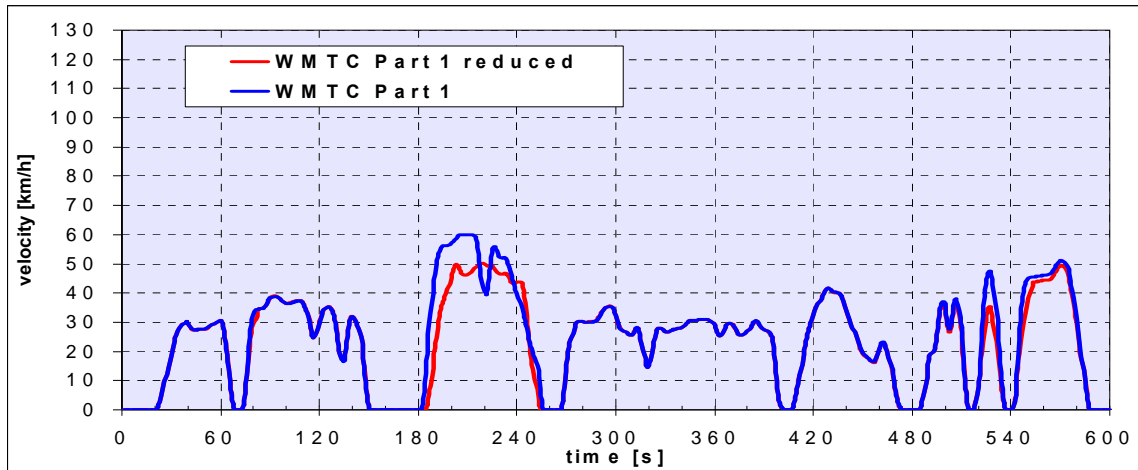
**v\_max = 50 km/h**

- Ein ECE-Teil (Elementary Urban Cycle)
- entspricht Durchschnittsgeschw. von 43km/h
- theor. Energieverbrauch für Scooter 200kg:  
**2.35kWh/100km**



# Normierte Fahrzyklen 3

WMTC (Worldwide harmonized Motorcycle Test Cycle) (v10 / final cycle version)  
UN ECE/TRANS (Economic Commission for Europe/ Transport)

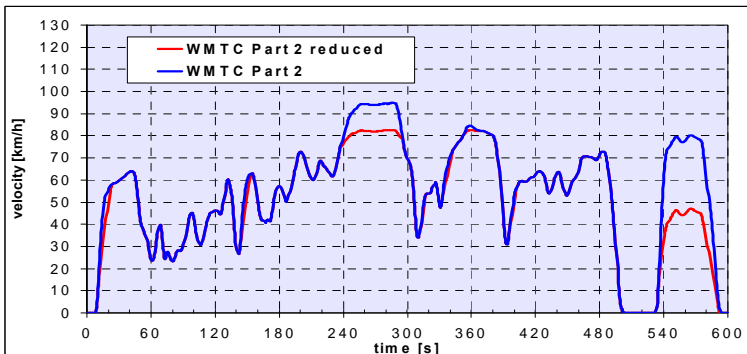


## Part 1, urban

$v_{max} = 60$  km/h class 2-2 and 3  
50 km/h reduced class 1 and 2-1

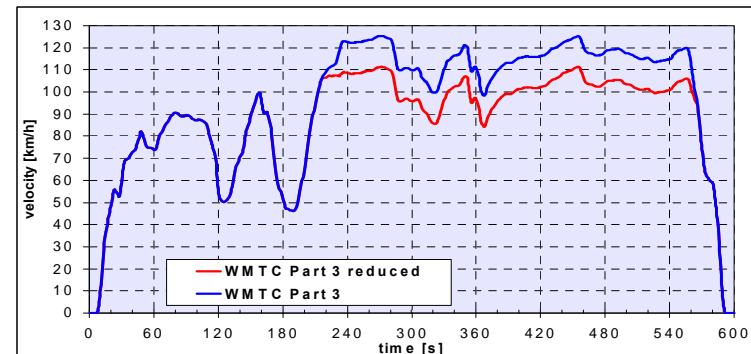
## Part 2, roads

$v_{max} = 94.9$  km/h class 2-2 and 3  
82.5 km/h reduced class 2-1



## Part 3, motorways

$v_{max} = 125.3$  km/h class 3-2  
111.3 km/h reduced class 3-1



# Normierte Fahrzyklen 4



## WMTC (Worldwide harmonized Motorcycle Test Cycle) (v10 / final cycle version)

part	time [s]	distance [m]		avg. speed [km/h]		max. acceleration [m/s <sup>2</sup> ]		max. deceleration [m/s <sup>2</sup> ]	
		normal	reduced	normal	reduced	normal	reduced	normal	reduced
1 - urban	600	4'065	3'837	24.4	23.0	2.51	1.72	-2.00	-1.94
2 - roads	600	9'111	8'448	54.7	50.7	2.68	1.77	-2.02	-2.02
3 - motorways	600	15'736	14'436	94.4	86.6	1.56	1.56	-2.00	-2.00
total	1800	28'913	26'721	57.8	53.4	2.68	1.77	-2.02	-2.02

Vehicle		Class definition	Class definition	Part 1 Urban		Part 2 Country		Part 3 Motorway	
class	subclass	combustion engines	electric motorcycles	reduced 50 km/h	normal 60 km/h	reduced 82 km/h	normal 95 km/h	reduced 111 km/h	normal 125 km/h
1	-	$v_{max} < 50 \text{ km/h}$ ; engine 50 .. 150 cm <sup>3</sup>	$v_{max} < 50 \text{ km/h}$	X					
	-	$v_{max} 50 .. 100 \text{ km/h}$ ; engine < 150 cm <sup>3</sup>	$v_{max} = 50 .. 100 \text{ km/h}$	X					
2	2-1	$v_{max} 100 .. 115 \text{ km/h}$ ; engine < 150 cm <sup>3</sup> and $v_{max} < 115 \text{ km/h}$ ; engine ?150 cm <sup>3</sup>	$v_{max} = 100 .. 114 \text{ km/h}$	X		X			
	2-2	$v_{max} 115 .. 130 \text{ km/h}$	$v_{max} = 115 .. 129 \text{ km/h}$		X		X		
3	3-1	$v_{max} 130 .. 140 \text{ km/h}$	$v_{max} = 130 .. 139 \text{ km/h}$		X		X	X	
	3-2	$v_{max} \geq 140 \text{ km/h}$	$v_{max} > 140 \text{ km/h}$		X		X		X

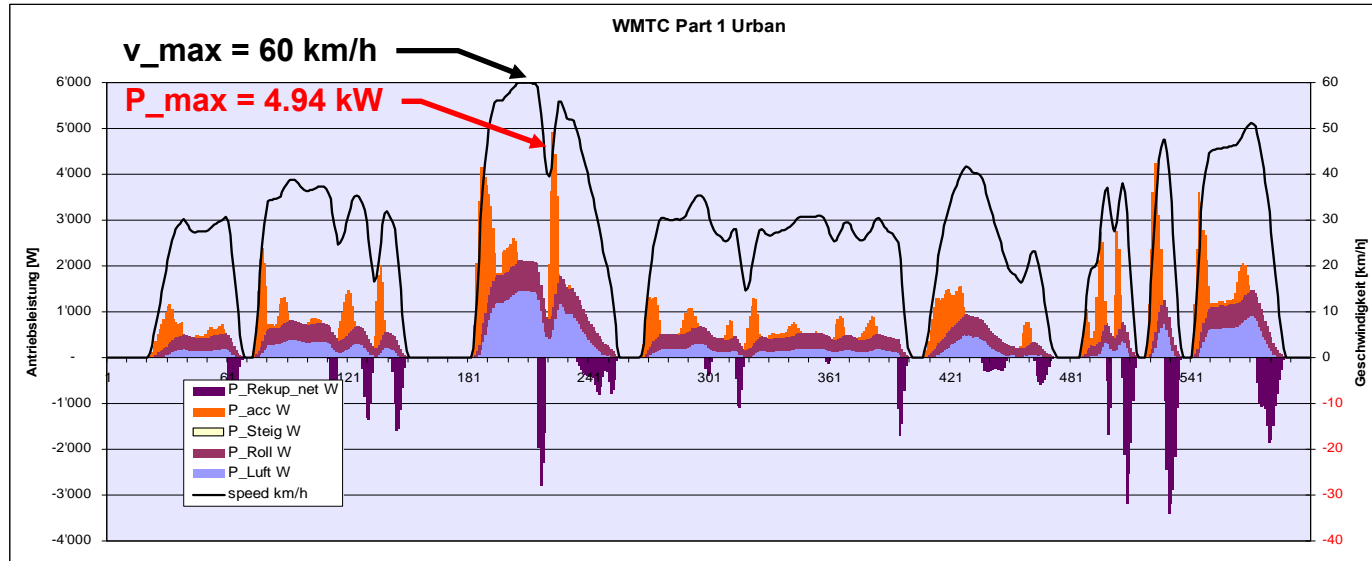
### WMTC Überblick:

- 3 Teile, je 10 min.
- Kategorisierung in 5 Fahrzeugklassen
- E-Scooter mit  $v_{max} < 100 \text{ km/h}$  gehören zur Klasse 1 reduziert mit  $v_{max} = 50 \text{ km/h}$
- realistische Beschleunigungs- und Bremsraten

# Normierte Fahrzyklen 4

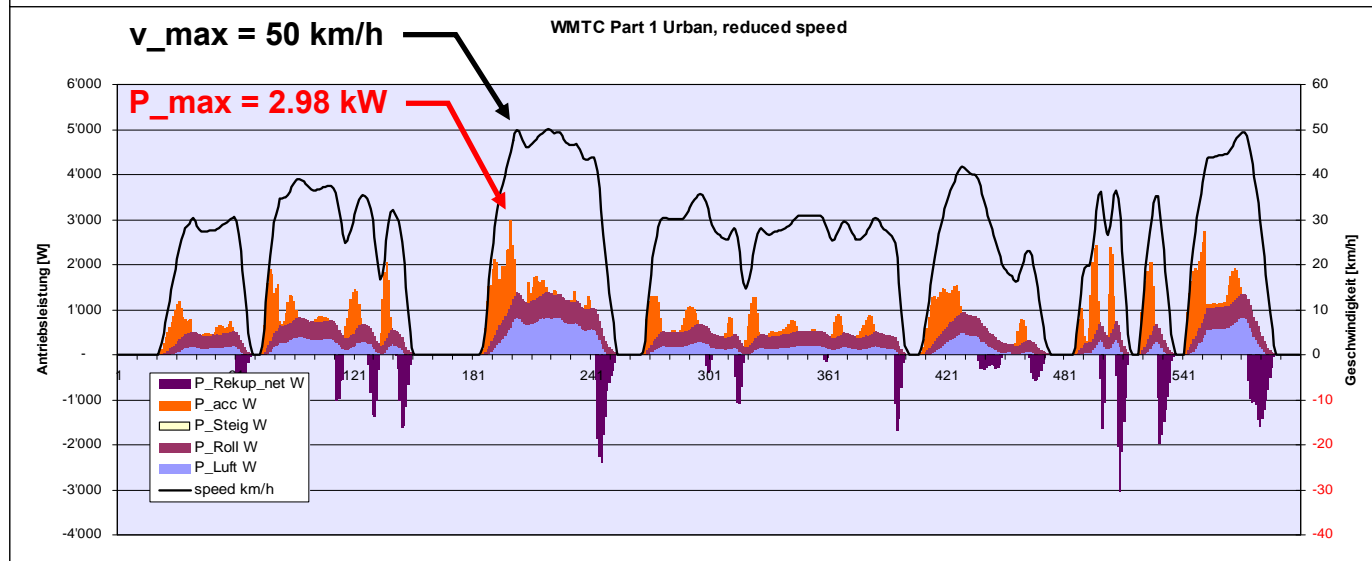


## WMTC – Theoretischer Leistungs- und Energiebedarf



### Charakteristik:

Speed (v<sub>max</sub>): 60 km/h  
 Acceleration (a<sub>max</sub>): 2.51 m/s<sup>2</sup>  
 Distance (10 min): 4065 m  
 Power (wheel): 4.94kW  
 Energy (100km): 3.17kWh  
 (entspricht konstant 55km/h)



### Charakteristik:

Speed (v<sub>max</sub>): 50 km/h  
 Acceleration (a<sub>max</sub>): 1.72 m/s<sup>2</sup>  
 Distance (10 min): 3037 m  
 Power (wheel): 2.98kW  
 Energy (100km): 2.90kWh  
 (entspricht konstant 52km/h)

- Für e-Scooter (noch) nicht definiert (Klasse, ...)
- Für e-Scooter z.T. ungeeignet (zu hohe Beschleunigung, Geschwindigkeit)
- Was ist zu tun, falls die Motorenleistung nicht ausreicht, um dem Fahrzyklus zu folgen?
  - Nichts; spez. Verbrauch aus tatsächlicher Wegstrecke errechnen
  - zusätzliche Angabe der Fehlzeit, Fehlstrecke oder Maximalgeschwindigkeit
  - Vergleich der Fehlzeit [in s oder % der Gesamtzeit].
  - Vergleich der Fehlstrecke [in m oder % der Gesamtstrecke].
  - Kompensation der Fehlzeit mit Maximalgeschwindigkeit
  - Kompensation der Fehlstrecke mit Maximalgeschwindigkeit
  - andere?

- Was entspricht nicht der Wirklichkeit?
  - e-Scooter bewegt sich nicht wirklich (ausser Antriebsstrang)
  - Vorderrad steht still (Hinterrad rollt auf der Walze)
  - Walze wird beschleunigt (viel schwerer als e-Scooter)
- Wie korrigiert man diese Fehler?
  - Walze wird mit einem geregelten Antrieb so bewegt, dass das Hinterrad das gleiche Drehmoment überträgt, wie auf der Strasse.
  - dazu gibt man die angenäherte Bremskraft vor
  - zB für einen 100kg schweren e-Scooter:
    - $m_i = 100\text{kg} + 100\text{kg}$  für Fahrer
    - $a = 0.088 * m_i$
    - $b = 0.000015 * m_i + 0.02$
- Anderes?
  - Regelungstechnisch anspruchsvoll (kleine Massen, Leistungen, Geschw.)
  - Messtechnisch anspruchsvoll (2 Messsysteme, Synchronisation, Störungen)

$$F_E = a + b \cdot v^2$$

# Rollentests verschiedener e-Scooters

- Entwicklung / anpassen von Testmethoden für übliche Normtestzyklen
- Die Methode ist einfach, kostengünstig und allgemein anwendbar (d.h. bestehende Rollenprüfstände, minimale elektrische Messtechnik)
- Die Methode erlaubt es, E-Scooters etc. in ihrer Fahrleistung und Reichweite zu vergleichen.



make [-]	model [-]	empty mass [kg]	battery capacity [kWh]	power [kW]	gearbo x [-]	voltage [V]	velocity v_max [km/h]	NEFZ class [-]	WMTC class [-]
<b>Quantya</b>	Evo-1 Strada	85	2	8.5	none	48	>70	part 1urban	1 reduced
<b>Oxygen</b>	Postscooter	178	4.8	3	none	48	45	part 1urban	1 reduced
<b>Mobilec</b>	Mobilec	90	0.9	0.8	none	24	30	part 1urban	1 reduced

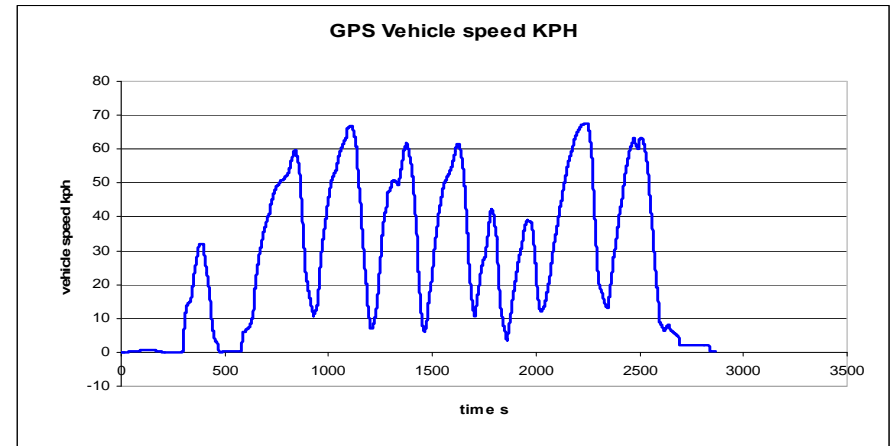
- Standard Zyklus WMTC und NEFZ verschiedener e-Scooters (siehe Tabelle)
- Vergleich mit tatsächlichen Fahrleistungen (reale Fahrversuche)
- spezielle Tests um Limiten zu bestimmen z.B. max. Beschleunigung bis max. Geschwindigkeit und ausrollen ('Schrittantworten')

Marke [-]	Zyklus	Energieverbrauch [Wh]	Distanz [km]	Spez. Energieverbrauch [Wh/km]	Verbrauch Benzin äquivalent [Liter/100km]	Rechnerische Reichweite [km]
Quantya	NEFZ	221	6.022 (6.088 -1.1%)	<b>36.70</b>	0.415	54
	WMTC	142	3.881 (3.837 +1.1%)	<b>36.59</b>	0.413	55
Oxygen	NEFZ	171	5.796 (6.088 -4.8%)	<b>29.50</b>	0.333	163
	WMTC	112	3.868 (3.837 +0.8%)	<b>28.96</b>	0.327	166
Mobilec	-	450	21.667 (-)	<b>20.77</b>	0.235	43



# Überprüfung mit realen Fahrversuchen

- reale Fahrten mit eingebauter Messtechnik geben Prüfstandsmessungen gut wieder! ("Empa Zyklus")

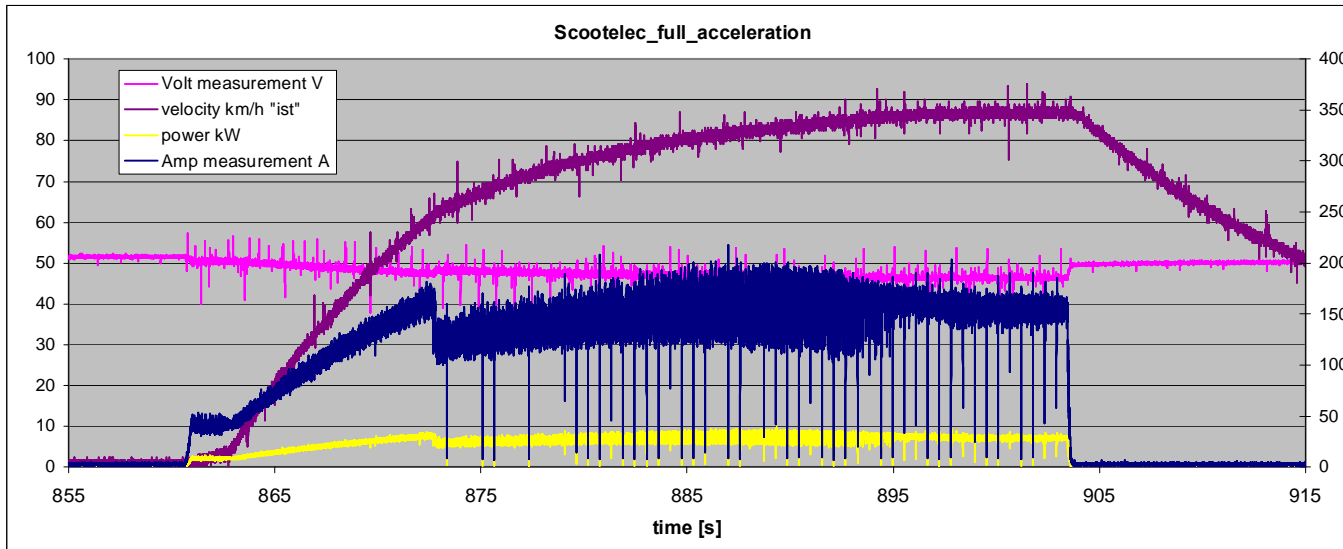




# spezial Test: maximale Beschleunigung

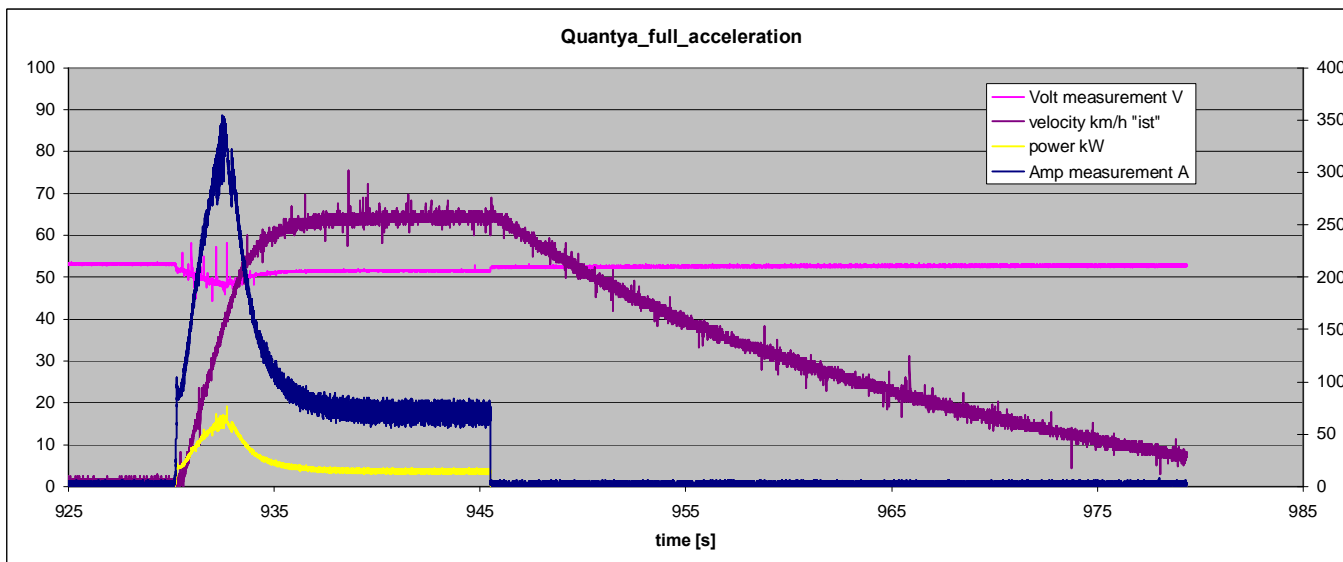


- Völlig unterschiedliche Charakteristik von EVO1 und Scootelec.



## Scootelec:

Speed (v\_max): 88 km/h  
Beschl. 60 km/h ca. 10s  
A\_max ca. 180A  
Pmax ca. 8 kW



## Quantya:

Speed (v\_max): 65 km/h  
Beschl. 60 km/h ca. 5s  
A\_max ca. 350A  
Pmax ca. 15 kW

- Zyklentests sind standardisiert jedoch nur bedingt für e-Scooter tauglich
- Testen von e-Scooters auf Rollenprüfstände ist aufwändig
- Aufteilen der Verbrauchsmessung auf beiden Aspekte
  - Zyklusverhalten Fahrzeug (Fahrzeugdynamik)
  - Zyklusverhalten Batterie (Batteriedynamik)wurde fallengelassen bzw. steht noch aus
- Einbezug weiterer Einflussfaktoren zweiter Ordnung wie z.B. Alterungs- und Witterungsverhalten der Batterie stehen noch aus
- Messung ohne Rolle:
  - Messung der Kinematik (Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung etc. mittels GPS)
  - Messung der Batteriebetriebsgrößen (Strom, Spannung, Leistung (evtl. gerechnet), evtl. Temperatur, ...)
  - Berechnen der Fahrdynamik / Identifikation der Schlüsselparameter (Masse, Roll-, Luftwiderstand, Drehmoment & Leistungsgrenzen)
  - Berechnen von beliebigen Fahrzyklen



VirVe



Materials Science & Technology

# VirVe - Verbrauchsmessmethode für e-Scooter

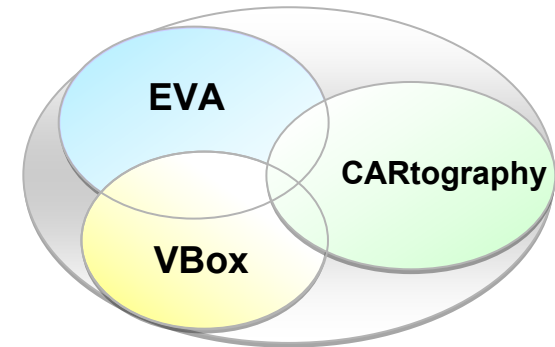
MSc ETH Raffaele Bornatico

21. Sept 2010

## Software für die Elektro-Mobilitätbranche

### Produkte

- EVA (4-räder)
- VBox (2-Räder)
- Cartography (Web)



### Firmengeschichte

- Gegründet von zwei ETH Zürich Absolventen
- Start-up, operativ seit 2008
- Venture Lab, Venture Plan
- Winner Venture Kick award
- Grundsatz: Work-by-Project



venturelab



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Innovation Promotion Agency CTI



## Lampo (2009)

- Antrieb
  - 200 kW (260 PS)
  - 440 Nm
- Batterien
  - 33.6 kWh
- Verbrauch
  - 150 Wh/km
  - 200 Km Reichweite



## Lampo² (2010)

- Antrieb
  - 300 kW (408 PS)
  - 640 Nm
- Batterien
  - 32 kWh
- Verbrauch
  - 150 Wh/km
  - 200 Km Reichweite

- Onboard Reichweite Abschätzungssoftware
- Fahrtplanung dank Ladestationen aufzeichnung
- Telematische Aufnahme, Kontrolle (und Steuerung) Fahrzeugsdaten



EVA

## ...verbrauch von Elektro 2-Räder?



Einheitliche Vergleichsmethode dank standardisierte Verbrauchsmessmethode

## Projektmitglieder

- VirVe
- EMPA
- Quantya

## Support

- Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ)
- Bundesamt für Energie (BFE)







# Schematischer Ablauf





# Schematischer Ablauf



1

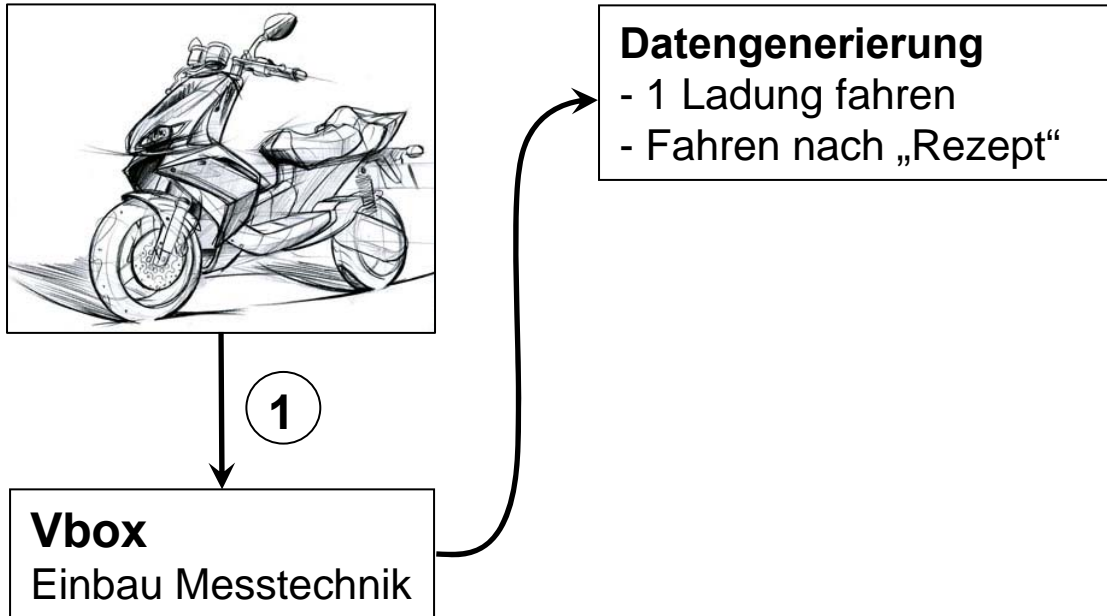
**Vbox**  
Einbau Messtechnik

1

Messtechnik: Strom, Spannungsaufnahme, Höhenunterschied (GPS/Drucksensoren), Fahrzeugkonfiguration (Reifen, Licht, etc..)



# Schematischer Ablauf

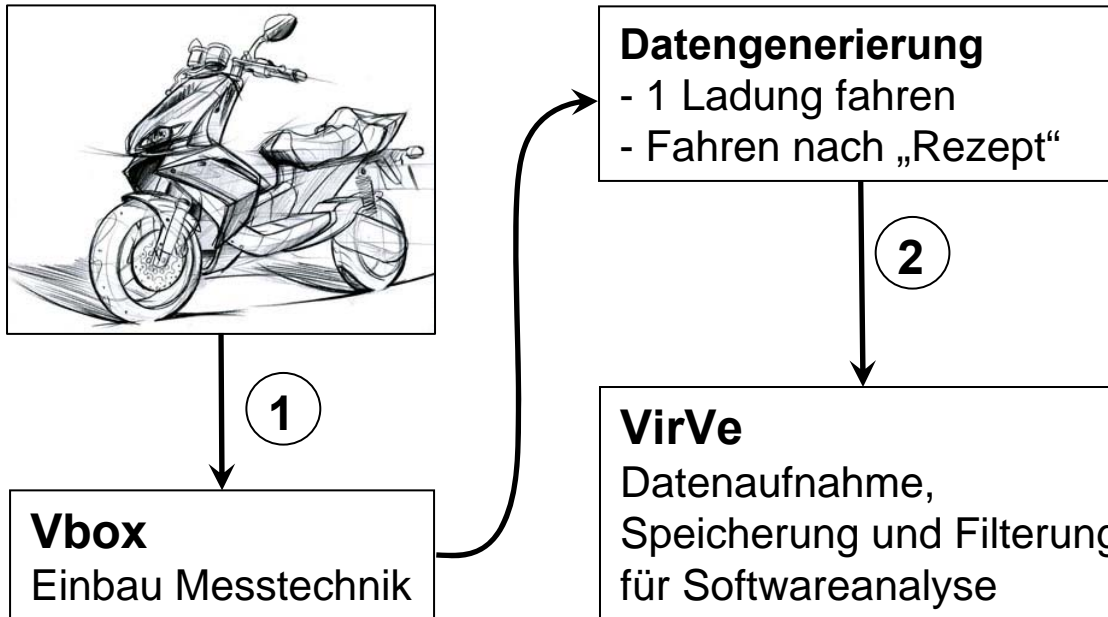


1

Messtechnik: Strom, Spannungsaufnahme, Höhenunterschied (GPS/Drucksensoren), Fahrzeugkonfiguration (Reifen, Licht, etc..)



# Schematischer Ablauf



1

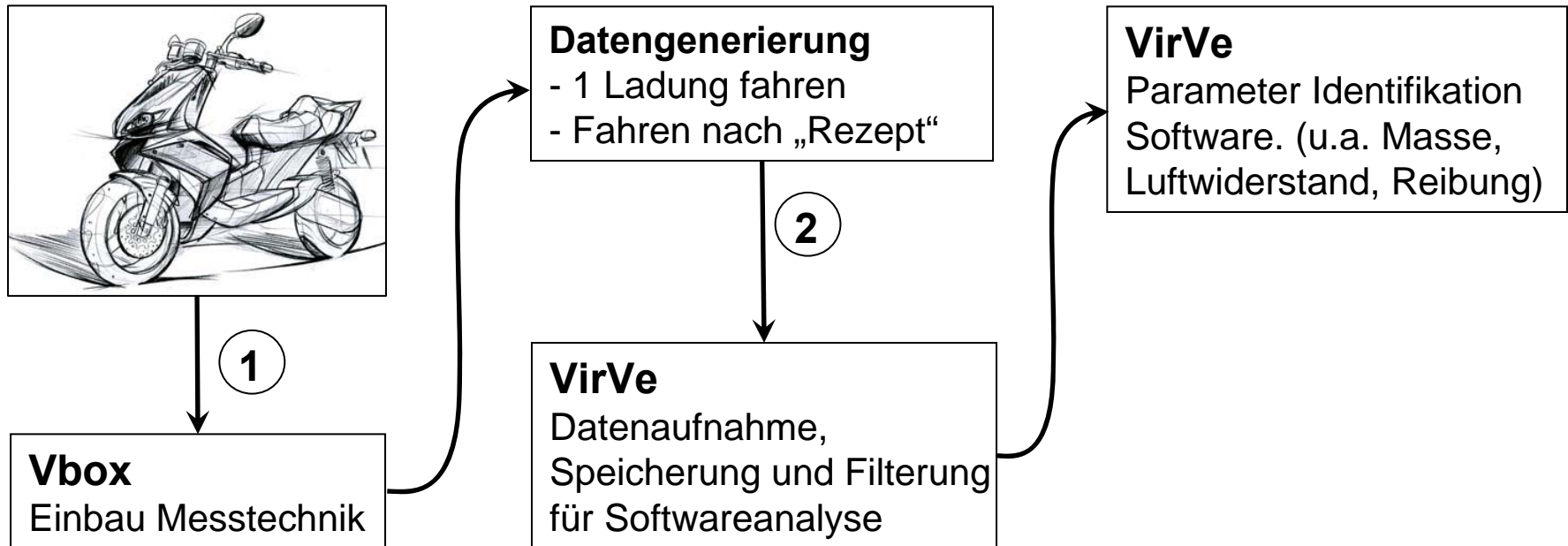
Messtechnik: Strom, Spannungsaufnahme, Höhenunterschied (GPS/Drucksensoren), Fahrzeugkonfiguration (Reifen, Licht, etc..)

2

Datenübertragung: Lokal gespeichert, manuell herunterladen oder GPRS Funktion eingeschaltet um automatisierte Real-time Datenübertragung



# Schematischer Ablauf



1

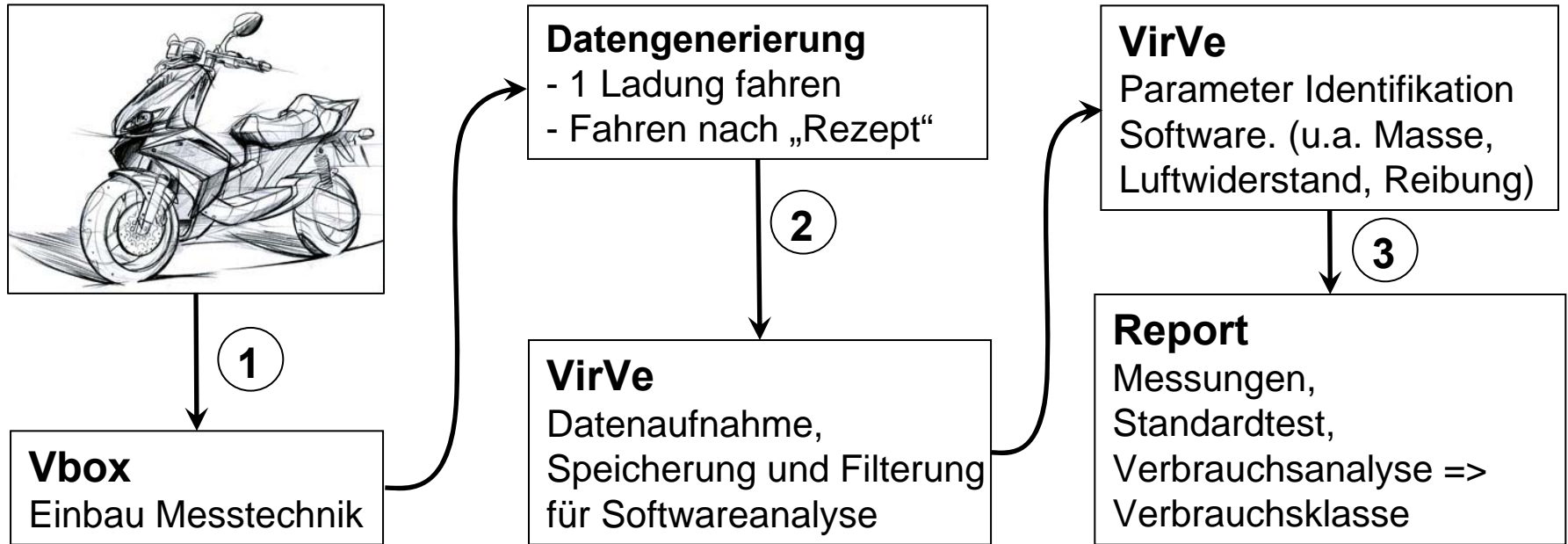
Messtechnik: Strom, Spannungsaufnahme, Höhenunterschied (GPS/Drucksensoren), Fahrzeugkonfiguration (Reifen, Licht, etc..)

2

Datenübertragung: Lokal gespeichert, manuell herunterladen oder GPRS Funktion eingeschaltet um automatisierte Real-time Datenübertragung



# Schematischer Ablauf



1

Messtechnik: Strom, Spannungsaufnahme, Höhenunterschied (GPS/Drucksensoren), Fahrzeugkonfiguration (Reifen, Licht, etc..)

2

Datenübertragung: Lokal gespeichert, manuell herunterladen oder GPRS Funktion eingeschaltet um automatisierte Real-time Datenübertragung

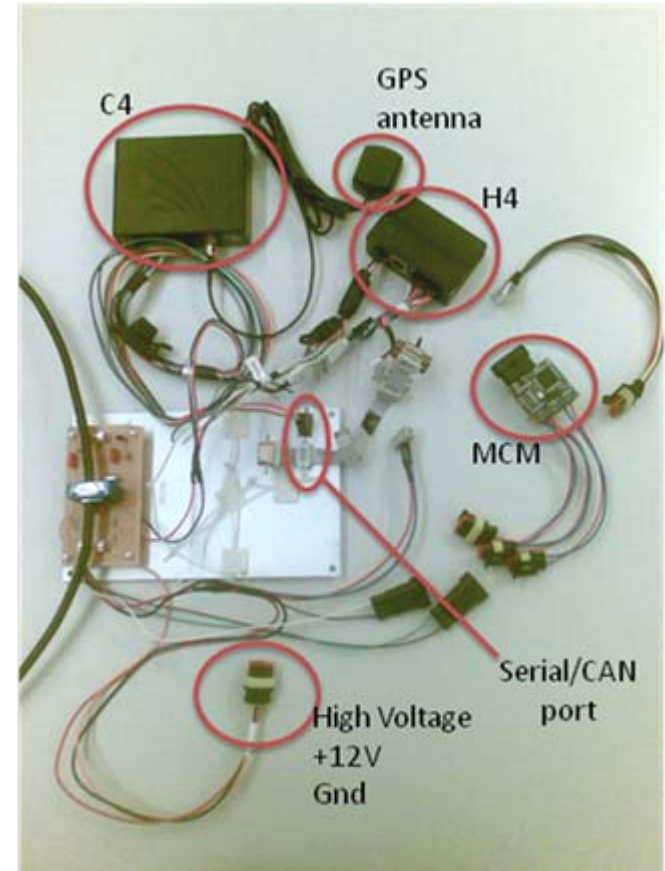
3

Analyse: Modellentwicklung, Parameterabschätzung, Mathematische Parameteridentifikation, Verbrauchsanalyse

## ■ Peugeot, elektrischer Antrieb



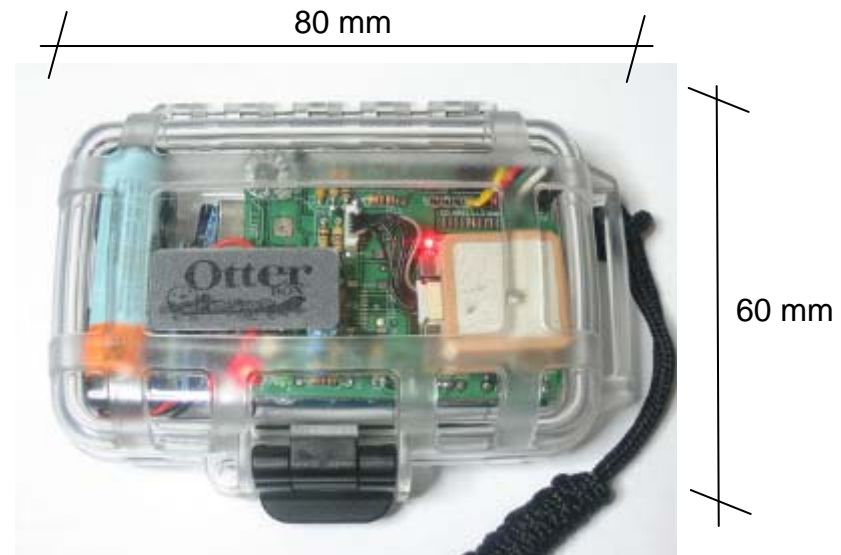
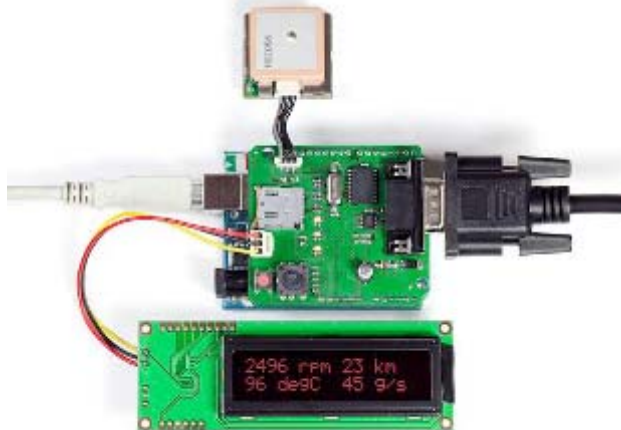
## ■ Quantya, EVO 1





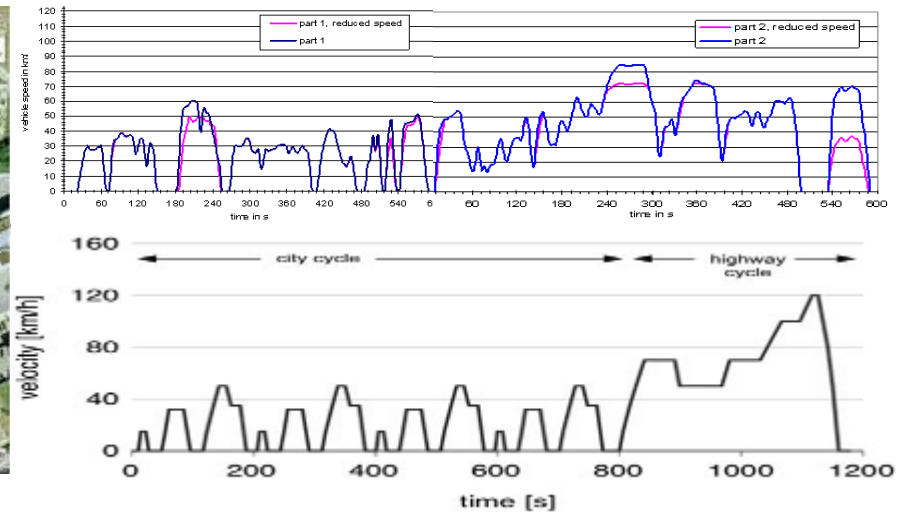
# VBox – Series 1

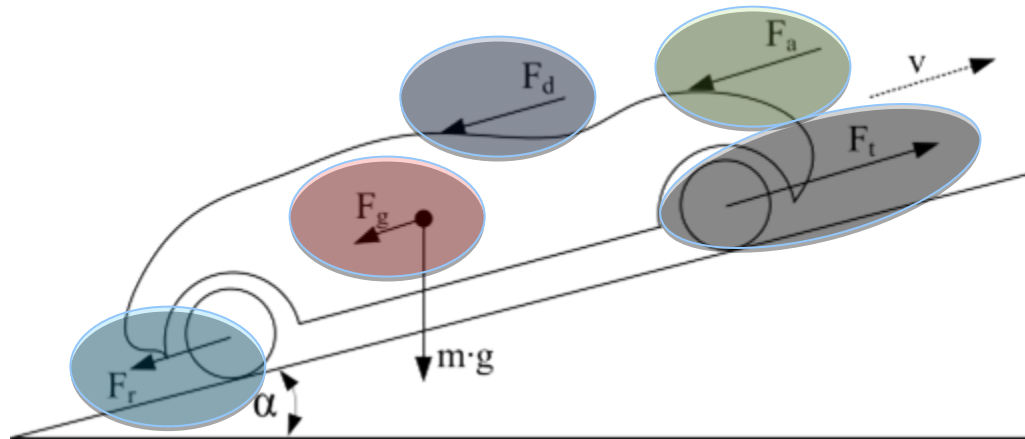
- Microcontroller, 16MHz
- Betriebsspannung 5 V (Input 6..20 V)
- GPS
- CAN Schnittstelle
- Ev. Digitaler Display
- Flash 128 kB





- Standardstrecke: Massgeblich, Wiederholbar, Anerkannt.
- Virtuelle Fahrt möglich, da Parametern nun bekannt.
- EMPA, WMTC, NEDC Testzyklus – Einheitliche Vergleichsbasis





**Bewegungsgleichung**  $m_v \frac{d}{dt} v(t) = F_t(t) - (F_a(t) + F_r(t) + F_g(t) + F_d(t))$

Aerodynamik
Gravität
Rollreibung
Wind, etc..
Antriebskraft (netto)

$$F_a(t) = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot A_f \cdot c_d \cdot v^2$$

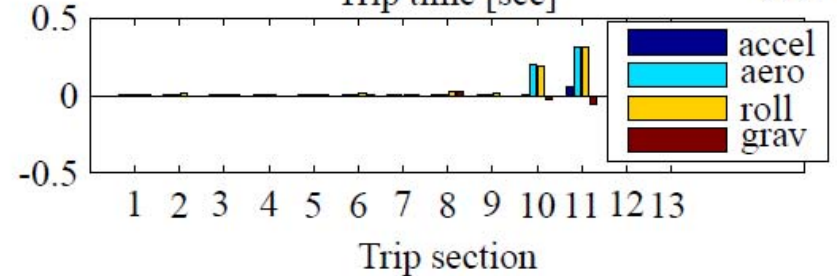
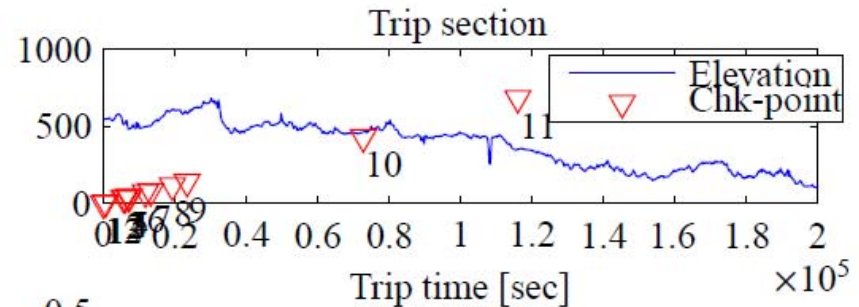
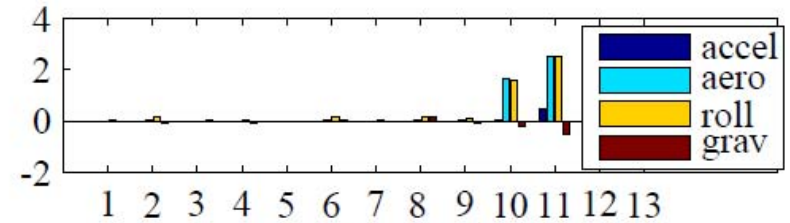
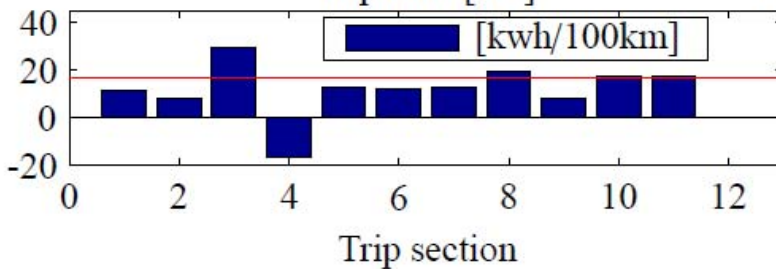
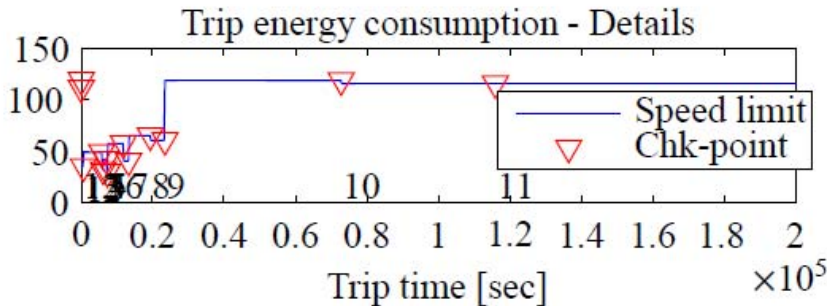
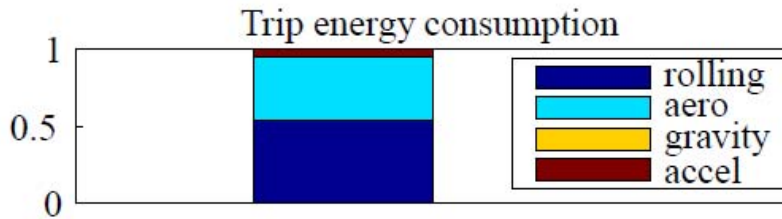
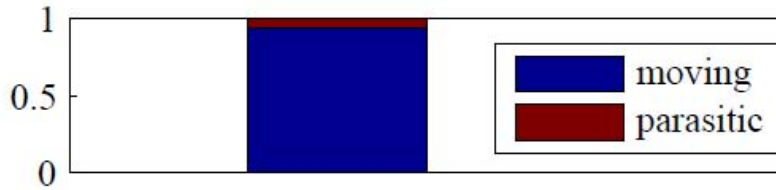
$$F_g(t) = -m_v \cdot g \cdot \sin(\alpha)$$

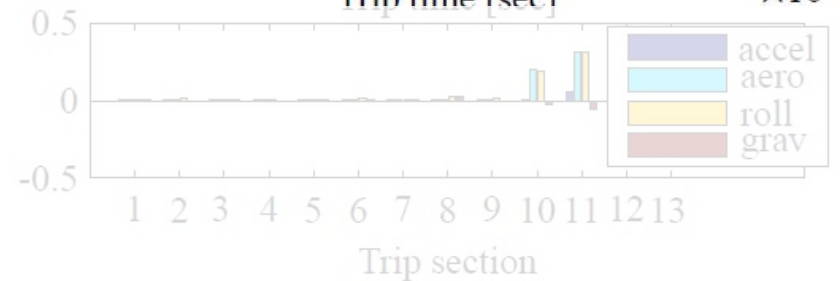
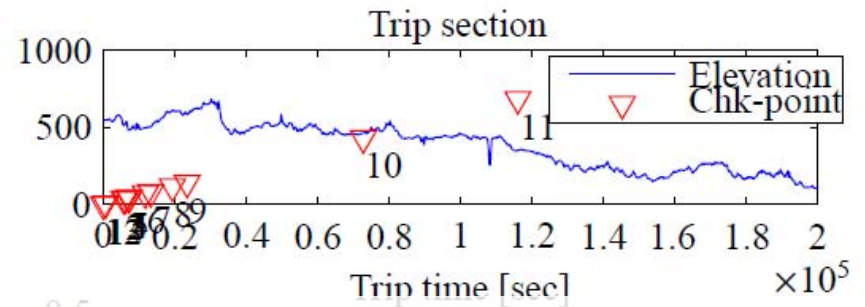
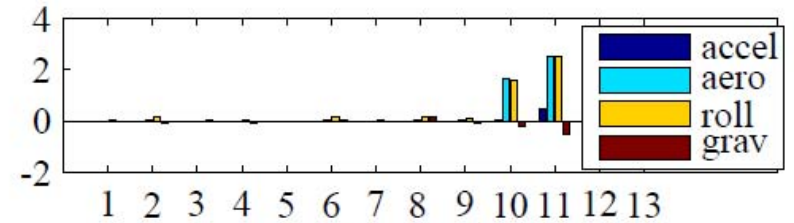
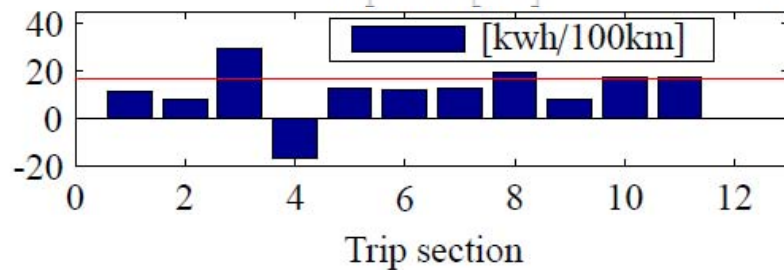
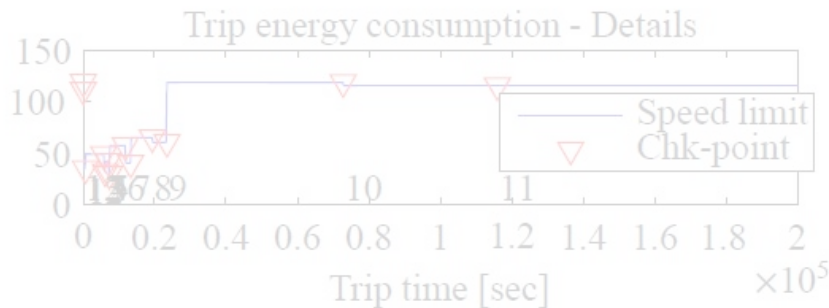
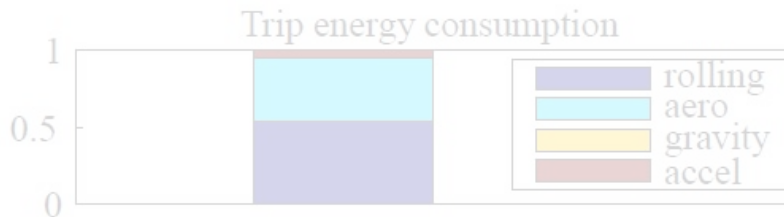
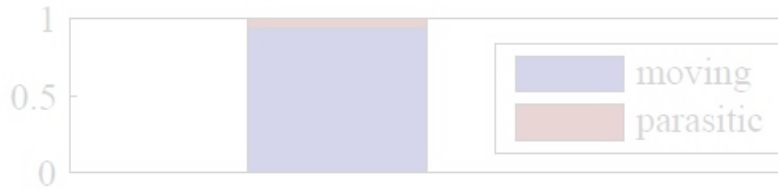
$$F_r(t) = c_r(v, p_t, \dots) \cdot m_v \cdot g \cdot \cos(\alpha), v > 0$$

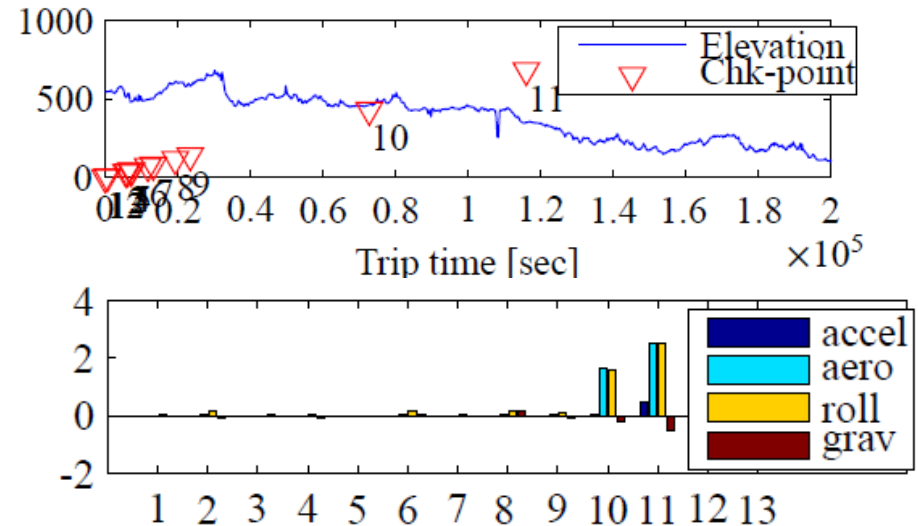
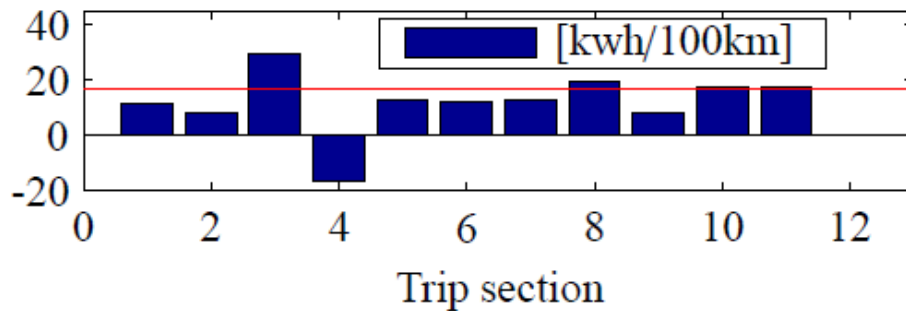
$$F_d(t) = \text{dist.}$$

$$F_t(t) = \text{powertrain}$$

# Ueberblick Resultate



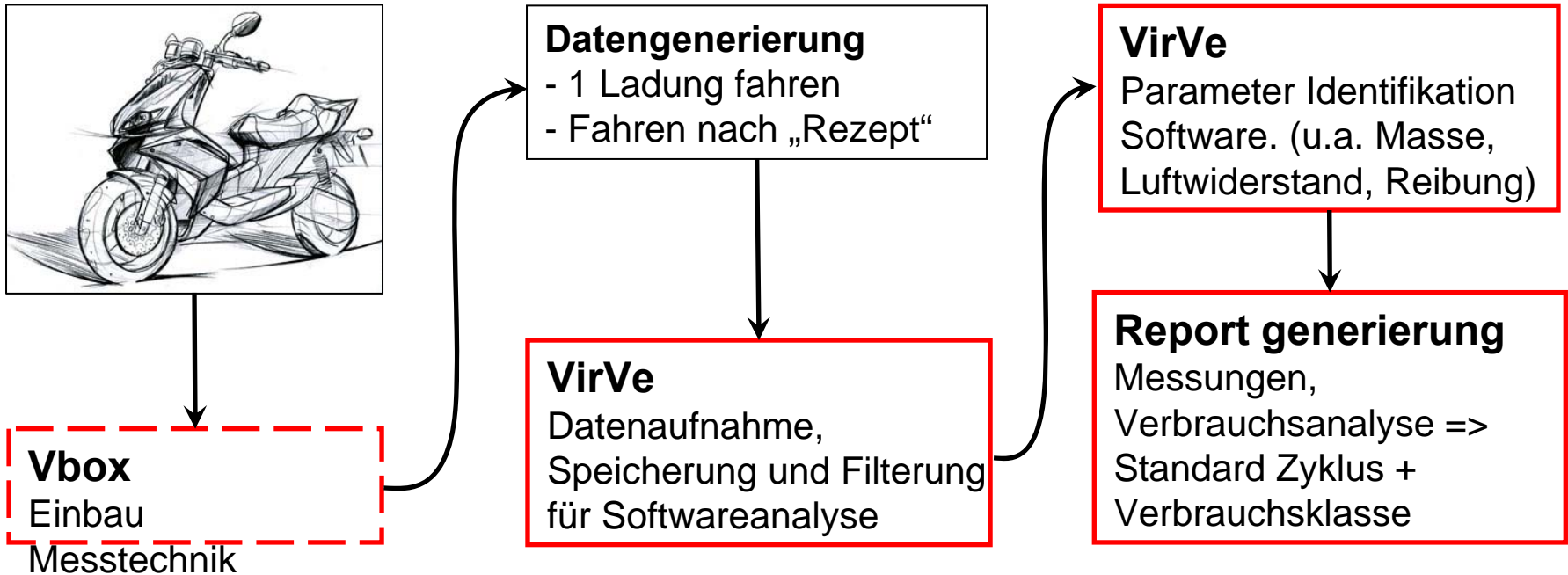




- Spezifischer Verbrauch pro Teilstrecke. Die Einflüsse auf dem Verbrauch sind in Masse, Aerodynamik, Rollreibung und Trägheit gegliedert.
- Die Analyse ist in einen Report zusammengefasst:
  - Messdaten sind zur Verfügung gestellt
  - Fahrzeugparametern sind identifiziert
  - Verbrauch ist auf Standardzyklus bezogen.
  - Verbrauchsklasse ist abgeleitet



# Schlussbemerkungen



VirVe kann die gezeichnete Services anbieten.. dazu

- 10x Kostengünstiger als Rollenprüfstand
- Reale Messdaten generieren relevante Verbrauchskennzahlen
- Einheitliche Vergleichsbasis dank Standard Fahrzyklus

# LadeEnergie - wer misst misst Mist

- kleines Einmaleins der Energiemessung
- Resultate unserer Versuche
- Empfehlungen



# Eindrücke







# Kleines EnergiemessEinmaleins (E-1x1)



## ■ Konfusion zwischen Energie und Leistung

- Energie (E) kann Arbeit verrichten
- Leistung (P) ist Energie pro Zeit ( $P=E / t$ )

## ■ Einheiten:

- E:  $1\text{J} = 1\text{Ws} = 1\text{Nm}$  (d.h.  $1\text{kWh} = 3.6 \cdot 10^6 \text{Ws}$ )
- P:  $1\text{J/s} = 1\text{W} = 1\text{Nm/s}$



## Beispiel:

Ein Blitz ist schnell ( $150'000\text{km/h}$ ), heiss ( $30'000^\circ\text{C}$ ) und stark ( $1 \text{GW}$ ) aber kurz ( $10\mu\text{s}-50\text{ms}$ ) und rar ( $9/\text{km}^2 \text{yr}$ ) aber hat er auch viel Energie?

$$E_{\text{Wolke}} = \text{ca. } 300\text{kWh (ca. } 30\text{l Benzin)}$$

$$E_{\text{Boden}} = \text{ca. } 15\text{kWh (ca. } 1.5\text{l Benzin)}$$

Energiefluss (Nord CH):

$$E_{\text{Blitze}} = \text{ca. } 0.0025 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ Jahr)}$$

$$E_{\text{Sonne}} = \text{ca. } 1'000 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ Jahr)}$$

## ■ Konfusion bei elektrischer Leistung

- bei DC (Gleichstrom) gilt:

$$P = U \cdot I$$

- bei AC (Wechselstrom) gilt:

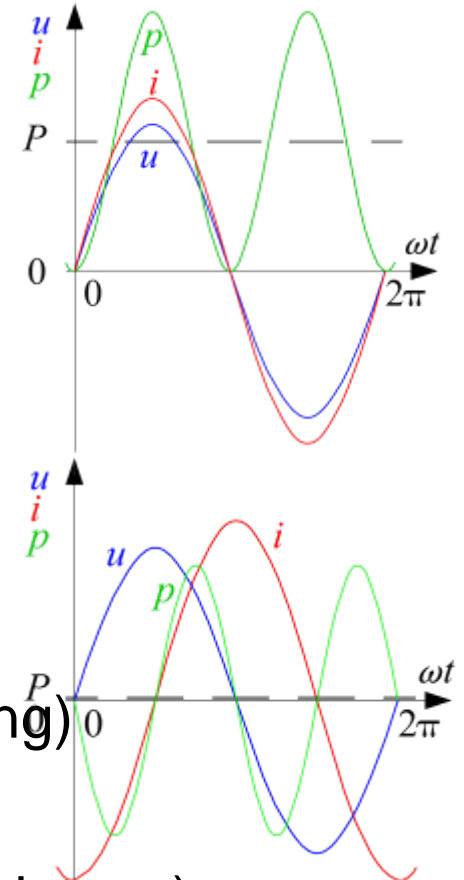
$$p(t) = u(t) \cdot i(t) \text{ (Momentanleistung)}$$

- bei stationärem AC Betrieb gilt:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) \cdot dt \text{ (durchschnittliche Wirkleistung)}$$

$$S = U \cdot I = U_{rms} \cdot I_{rms} = \sqrt{u(t)^2} \cdot \sqrt{i(t)^2} \text{ (Scheinleistung)}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \text{ (Blindleistung)}$$



- (Nur) die **Wirkleistung**, arbeitet und kostet
  - Einheit ist W (Watt) oder mW, kW, MW, GW, ...
- **Scheinleistung** erhält man, wenn man den Strom misst und mit der Netzspannung multipliziert ...
  - ... bei ohmscher Last (Glühbirne) =  $P$ 
    - Einheit ist VA (VoltAmpère) oder ..., kVA, ...
- **Blindleistung** ist nicht nutzbar
  - ... bei ohmscher Last (Glühbirne) = 0 !
    - Einheit ist var (VoltAmpère reaktiv) oder ..., kVar, ...

■ Für EV - Verbrauch nur Wirkleistung messen !!!

- für sinusförmige Spannungen und sinusförmigen Strom

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

- bei linearer Last U Stromspitzenwert und Phasenwinkel messen!!!

- für sinusförmige Spannungen & nicht sinusförmigen Strom

$$P = U \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$$

$$S = U \cdot \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots}$$

$$Q_{tot} = U \cdot \left( I_1 \cdot \sin \varphi_1 + \sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots} \right)$$

- bei starrem Netz nur Stromgrundwelle messen !!!

# Alleskönner Energy Meter Chips



Proprietary analog-to-digital converters (ADCs) and digital signal processing (DSP) provide high accuracy active (Watt), reactive (var), and apparent energy (volt-ampere (VA)) measurement <0.1% error on active energy over a dynamic range of 1000 to 1 <0.5% error on reactive energy over a dynamic range of 1000 to 1 <0.5% error on root mean square (rms) measurements over a dynamic range of 500 to 1 for current (Irms) and 100 to 1 for voltage (Vrms). The devices are available in 64-lead LQFP packages and are **priced at \$3.49 per unit** in 1,000-piece quantities.

- Neue Systems on Chip (SoC) können
  - komplizierte Berechnungen durchführen
  - Schnell und genau messen
  - die ganze Peripherie bedienen (Tasten, LCD, ...)
- Sie sind billig da zu Millionen produziert
- Sind das die Chips die wir in den Energiekostenmeter finden? können diese ebenso meisterlich P messen?

## ■ Migros DO IT: Power Monitor

ArtNr 6120.499, CATII, Typ: MP-A084SW1 230VAC 50Hz, max. 10A / 2300W. Misst A, W, VA, V, kWh, h, Hz, PF. Keine techn. Angaben gefunden. Der Mess-Chip ist hochintegriert und bedient auch das HMI (Tasten + LCD)

## ■ Tchibo: TCM

ArtNr. 234775, CATII, 220-240VAC 50Hz, max. 10A. Misst Uhrzeit und Stromkosten (nach Eingabe), V, A, A\_max, W, W\_max, W\_overload, kWh, Betriebszeit

## ■ Interdiscount: Brennenstuhl PM230

ArtNr 1 50621 2, 230VAC 50Hz, max. 10A / 2300W. Misst V, Hz, A, cos phi, W, Wmax, t (Wmax), t, kWh(total), kWh(Tarif1), kWh(Tarif2), h, CHF, CHF/kWh.

## ■ Coop: Stromkostenmessgerät PM30

(wie Brennenstuhl, scheint die gleiche Hardware zu enthalten)

## ■ EMU 1.24 (alt)

Misst V, A, W, kWh

## ■ EMU 1.28K (neu)

Misst V, A, W, VA, kWh, kVAh, Hz, PF

## ■ SAIA: ALD1D5F10KA3A00

(nicht in die Versuche integriert, da die Geräte ausschliesslich für Schaltschrankeinbau zu nutzen sind)





## ■ Ladegerät Quantya:

Das Ladegerät zeigt die Ladespannung, abgegebene Ah, kWh und Ladezeit an. Es verfügt über einen Controller der den Ladevorgang steuert.

## ■ Batterie Quantya

Eigenproduktion mit Kokam LiPo Zellen (14s) und einem integrierten BMS. Die max. Kapazität beträgt etwa 2kWh.

## ■ Ref Messgerät ZES LMG500

(ZES Zimmer Electronic Systems) Mehrkanal Leistungsmessgerät

## ■ Stromzange F65

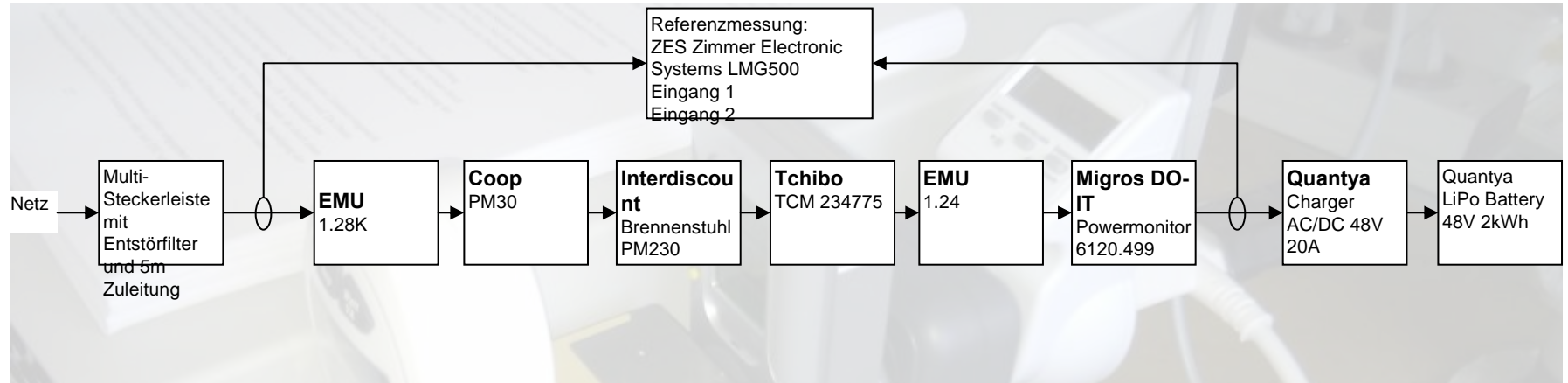
Chauvin Arnoux (True RMS mit wählbarem Filter für Harmonische)

## ■ Multimeter Digitec DT 80000

Multimeter mit 10A AC/DC Messeingang, es ist nicht klar, ob dies trms misst oder nicht



# Resultate



Bemerkungen / Zeit	Messgrößen		Referenz	Testgeräte						Referenz	Messgrößen	Ladegerät
				ZES LMG500 Eingang	EMU 1.28K	Coop PM30	Interdiscount Brennenstuhl PM230	Tchibo TCM 234775	EMU 1.24			
Batterie laden nach ca. 23 min	Strom	I [A]	6.93	6.95	3.76	3.83	3.28	6.95	6.97	6.91	[A]	20
	Spannung	U [V]	223.5	224	222	229	227	222	227	222.2	[V]	47.4
	Leistung	P [kW]	1.068	1.06	0.415	0.445	0.194 / 0.680	1.05	1.07	1.05	[h]	0.4
	Blindleistung	Q [kvar]	1.122							1.12	[Ah]	9
	Scheinleistung	S [kVA]	1.55	1.55						1.54	[kWh]	0.6
	Powerfactor cos phi	PF [-]	0.69	0.69	0.5	0.51			0.67	0.68	P_DC [V*A=W]	0.948
	Frequenz	f [Hz]		50	50	50			49.9		eta [-]	90.3



# ... Resultate Zusammenfassung



Messgrößen		Referenz	mittlere Abweichungen zu ZES (worst case)						Referenz
			ZES LMG500 Eingang	EMU 1.28K	Coop PM30	Interdiscount Brennenstuhl PM230	Tchibo TCM 234775	EMU 1.24	
Strom	I [A]	6.98	0.3%	-45.9%	-45.0%	-52.9%	0.3%	0.6%	-0.3%
Spannung	U [V]	224	-0.1%	-0.7%	2.4%	1.9%	-0.9%	1.2%	-0.7%
Leistung	P [kW]	1.124	-0.6%	-61.5%	-59.3%	-68.3%	-1.1%	1.9%	-1.8%
Blindleistung	Q [kvar]	1.134							-0.3%
Scheinleistung	S [kVA]	1.565	-0.1%						-0.8%
Powerfactor cos phi	PF [-]	0.69	0.2%	-27.4%	-26.9%			-2.3%	-1.0%
Wirkenergie	[kWh]			-59.2%		-57.7%	0.6%	4.5%	

1. Messkampagne um brauchbare Geräte zu identifizieren
  - definierter Messaufbau und -ablauf
  - definierte, realistische, reproduzierbare Lasten
  - Sponsor gesucht ...
2. Integration in Reichweitenmessgerät
  - Messtechnik permanent am Bord
  - einfach bei eingebautem Ladegerät
  - zusätzliche Kabel bei externem Ladegerät
3. Weglassen? was gehört überhaupt zum Verbrauch?
  - Verbrauch: Ab aufgeladener Batterie (Reichweite) oder ab Stromzähler (Kostenabrechnung)?
  - eigenes Ladegerät? fremdes?
  - geleaste Batterie für V2G?
  - Zwischenspeicher in Ladestation? Batterie? Speichersee?
  - etc.

**Merci, Ihr Feedback ist willkommen!**



source: unknown

**rolf.widmer@empa.ch, marcel.gauch@empa.ch,  
r.bornatico@virve.ch**

**Technology and Society Lab @ EMPA Switzerland  
www.empa.ch/tsl**

- **Optionen**
  - 'Rolle' oder 'Cockpit'?
- **Technologie, Einbau, Kenntnisse**
  - Gerätearten, Ausstattung?
  - Integration im Fahrzeug (Kabel, Speisung, ...)?
  - Genauigkeit, Wiederholbarkeit?
- **Ablauf / Service Modell**
  - Selbstversuch anstatt MFK?
  - Datensicherheit, Datenschutz?
  - Diebstahlschutz?
- **Zukünftige Entwicklung**
  - Integriertes Cockpit - Rangeforcasting?
  - Batterieleasing – Fernüberwachung?