EMPA

Materials Science & Technology

Ökoinventare für E-Scooter

Stand des Forschungsprojekts

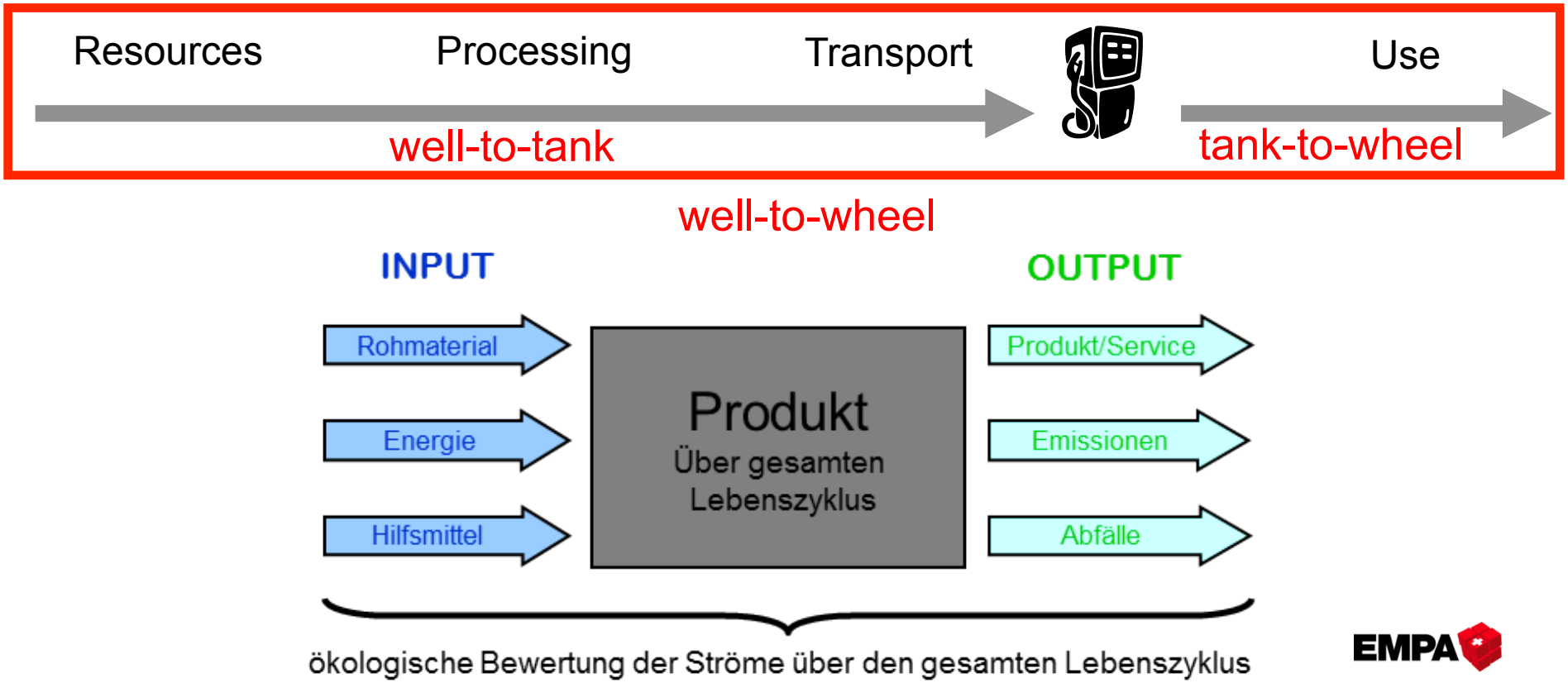
Begleitgruppen-Sitzung, Uni Bern, 09. April 2013

- Rolle Empa - Übersicht des Forschungsauftrags
- Erarbeitete E-Scooter Ökoinventare
- Werkzeugkasten zur Ausarbeitung von E-Scooter Ökobilanzen

Rolf Widmer, Marcel Gauch, Andrea Del Duce, Hans-Jörg Althaus
Empa St. Gallen, Lerchenfeldstrasse 5, 9014 St. Gallen

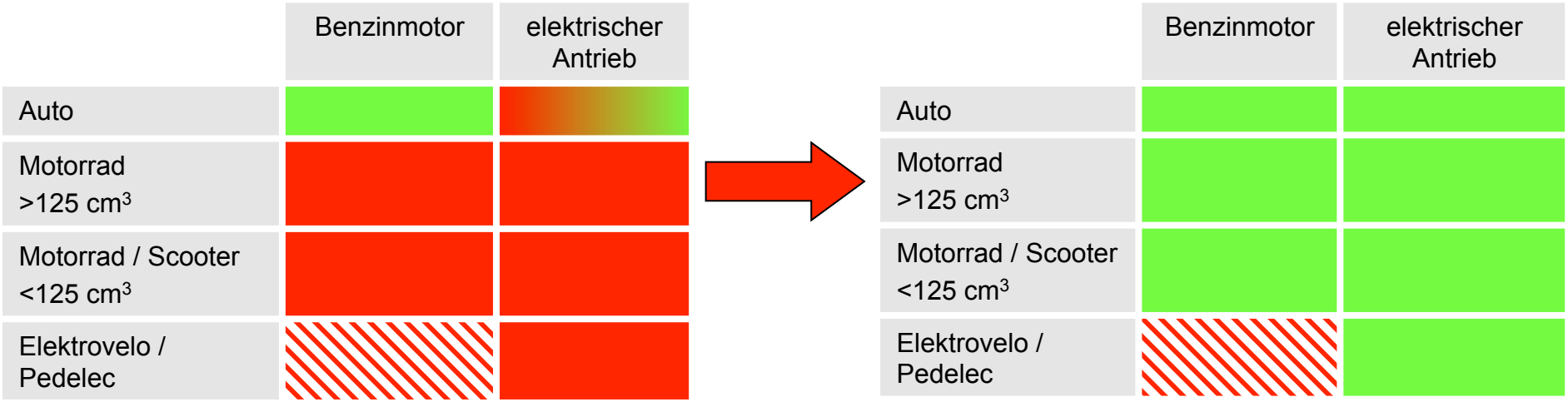
Rolle der Empa

Verbesserung des Wissens über die Nachhaltigkeit von E-Scooter bei Betrachtung des gesamten Lebenswegs



EMPA
Materials Science & Technology

Analyse der fehlenden Informationen
Auffüllen von Lücken

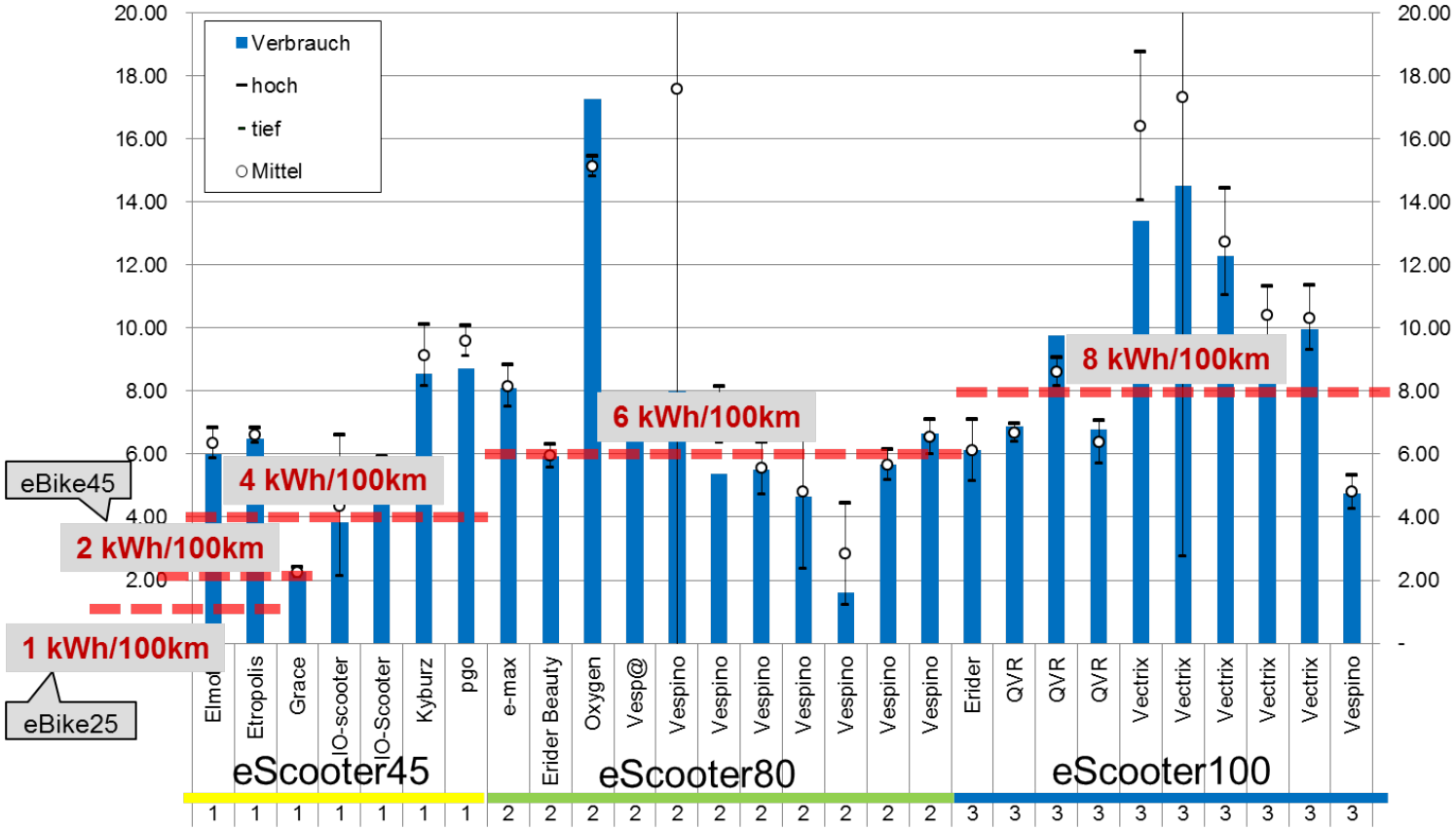


Bei Projektstart:

- Lücken zu **Energiebedarf** der Elektrofahrzeuge
- Lücken zu **Ökoinventar**, d.h. verwendete Materialien, Komponenten, Herstellungsprozesse

Energiebedarf verschiedener E-Scooter

- Prüfstandsmessungen von 3 verschiedenen E-Scooter (Empa Dü)
- Ausrüstung von Fahrzeugen mit Live-Messtechnik (Peugeot Scootelec, Post Oxygen, Post Kyburz)
- Mathematische Modellierung (Excel-Berechnungstool)
- **Auswertung von realen Fahrdaten aus E-Scooter Tagebüchern**



EMPA
Materials Science & Technology

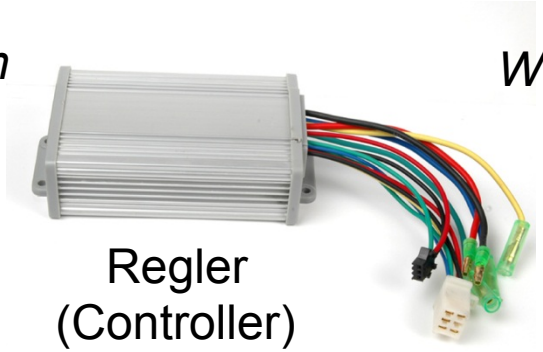
Der elektrische Antriebsstrang

Chassis
(Glider)

Li-Ionen Batterie

Gleichstrom

(DC energy)



Regler
(Controller)

Wechselstrom

(AC energy)

Motor

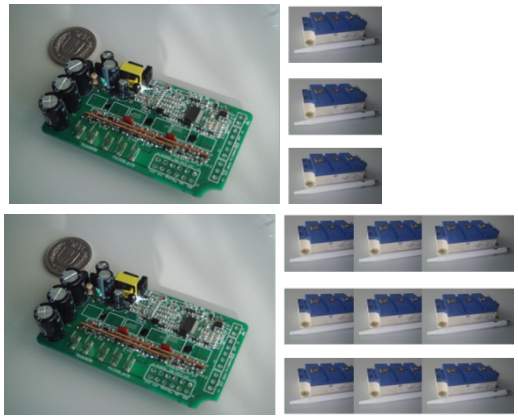
Ladegerät
(Charger)

erstellte LCI Datensätze für E-Scooter

Chassis:

Ladegeräte:

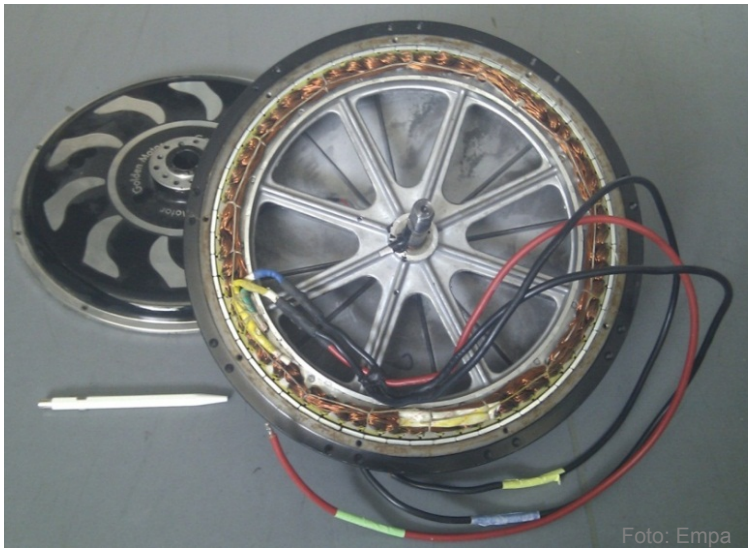
Controller:



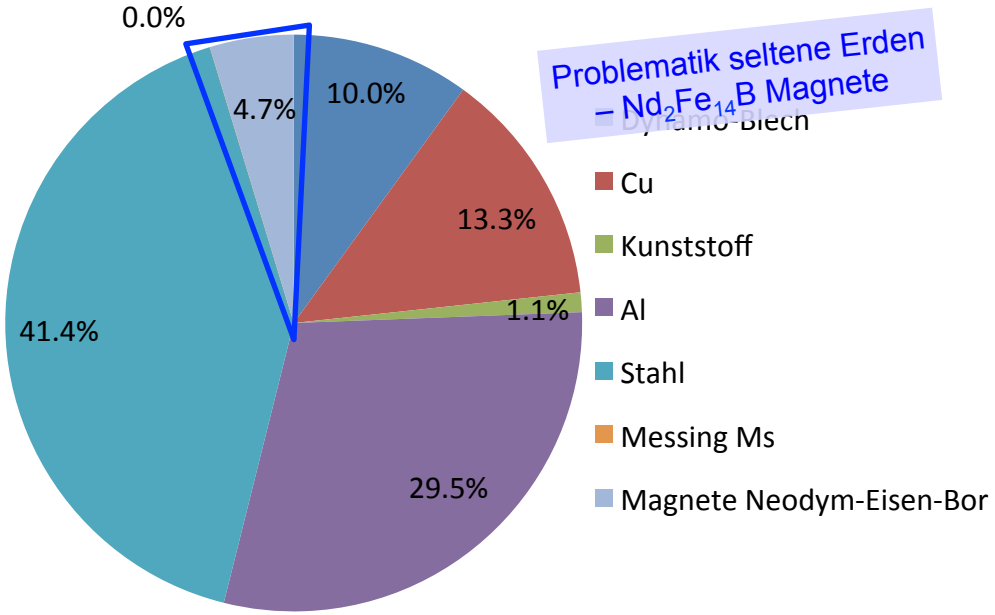
Motoren:

EMPA
Materials Science & Technology

Bsp: Zusammensetzung von Elektromotoren



Nabenmotor bis ca. 3kW Leistung, Gewicht 6.5 kg



NdFeB Legierung Produktion

Input materials for NdFeB alloy	formula	g
Neodymium oxide	Nd_2O_3	336.48
Iron oxide	Fe_2O_3	781.9
Boric oxide	B_2O_3	34.81
Dysprosium oxide	Dy_2O_3	17.41
Neobium oxide	Nb_2O_5	20.02
Aluminium oxide	Al_2O_3	11.33
		1201.95

NdFeB Magnete Produktion

Operation	Input	Amount	Reference unit
Melting	heat	1.458 MJ	kg of magnet
	vacuum	100 kWh	t of magnet
cooling	water	120 t	t of magnet
strip caster	electricity	1 kWh	t of magnet
crushing and pulverizing	electricity	4 kWh	kg of magnet
…..	….	….	…..

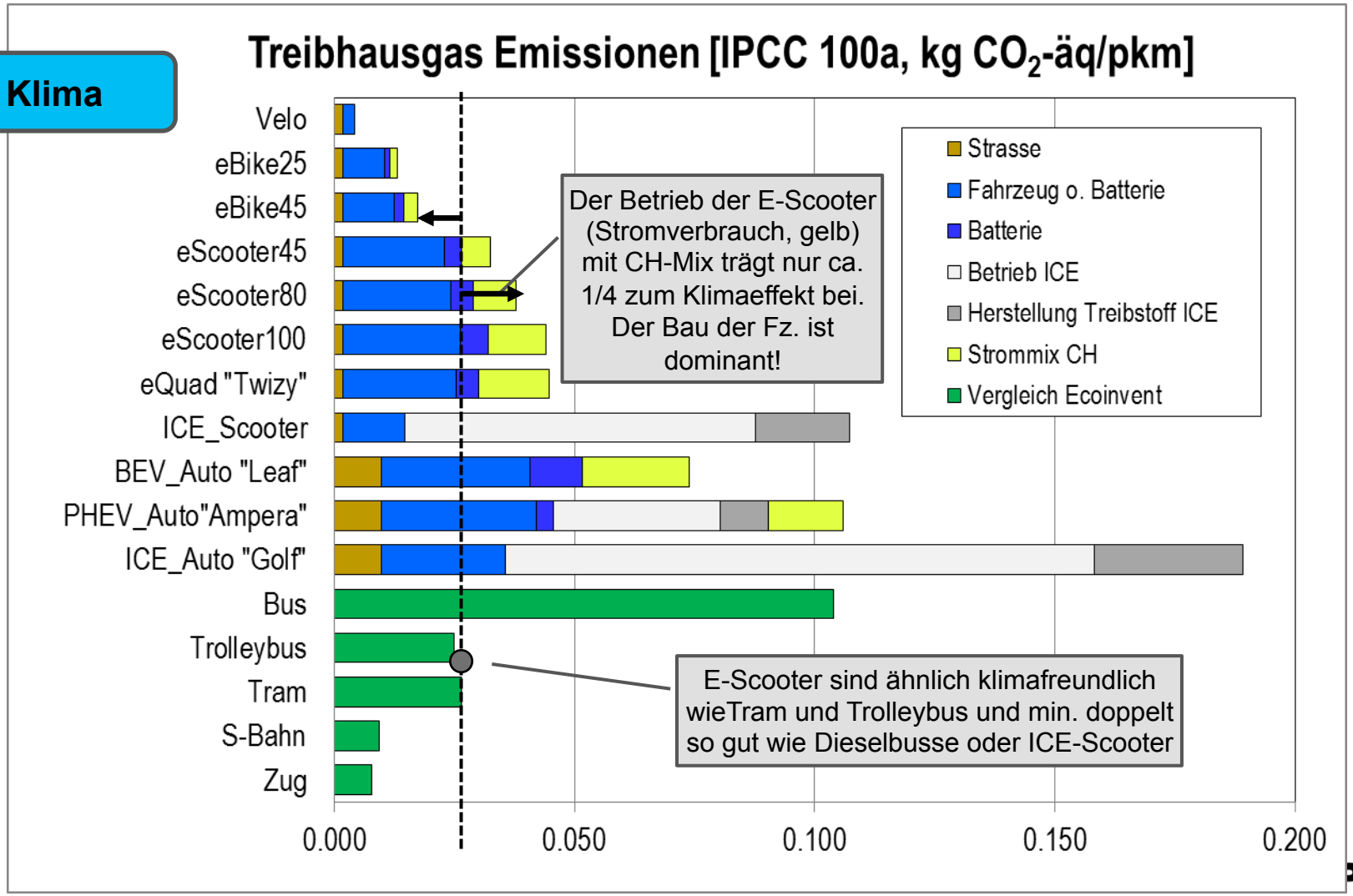
source: Photo und Berechnungen Empa

EMPA
Materials Science & Technology

Ökobilanzen von Scooters: Bsp. GWP–IPPC 2007

Klima | **Gesundheit** | **Ökosystem** | **Ressourcen**

Klima



Materials Science & Technology

Schlussfolgerungen

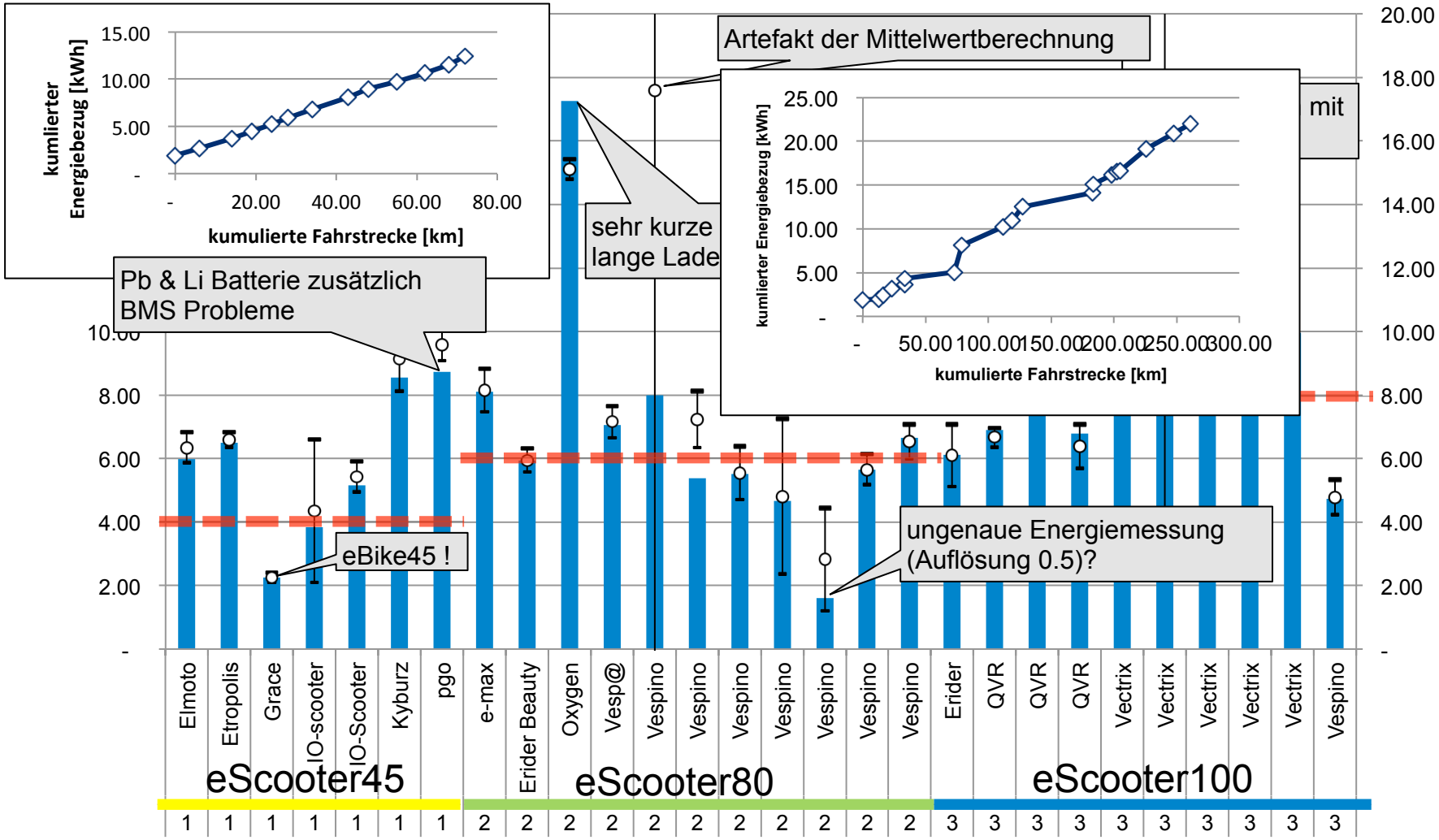
- Ökoinventare sind erstellt und stehen zur Auswertung bei der Empa (Simapro) zur Verfügung.
- Einige Inventare stehen heute bereits öffentlich zur Verfügung (Ecoinvent Datenbank v2.2).
- Bis Herbst 2013 werden restliche Analysen gemacht mit dem Ziel, sämtliche für E-Scooter relevanten Inventare öffentlich zugänglich zu machen (Ecoinvent Datenbank, zukünftige Version v3).

- Mit den neuen Ökoinventaren können nun genaue Ökobilanzanalysen gemacht werden, zum Beispiel Vergleiche von E-Scooter mit öffentlichem Verkehr.

Merci

andrea.delduce@empa.ch
Rolf Widmer, Marcel Gauch, Andrea Del Duce, Hans-Jörg Althaus
Empa St. Gallen, Lerchenfeldstrasse 5, 9014 St. Gallen

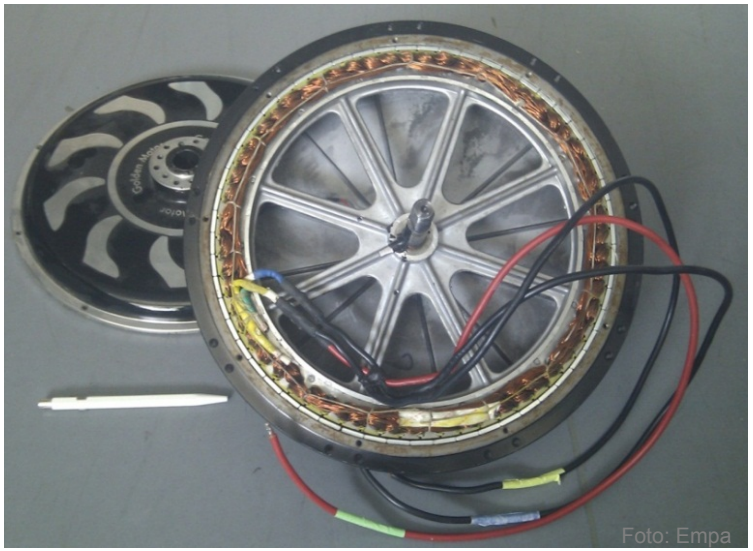
Durchschnittsverbräuche [kWh] der Teilnehmer



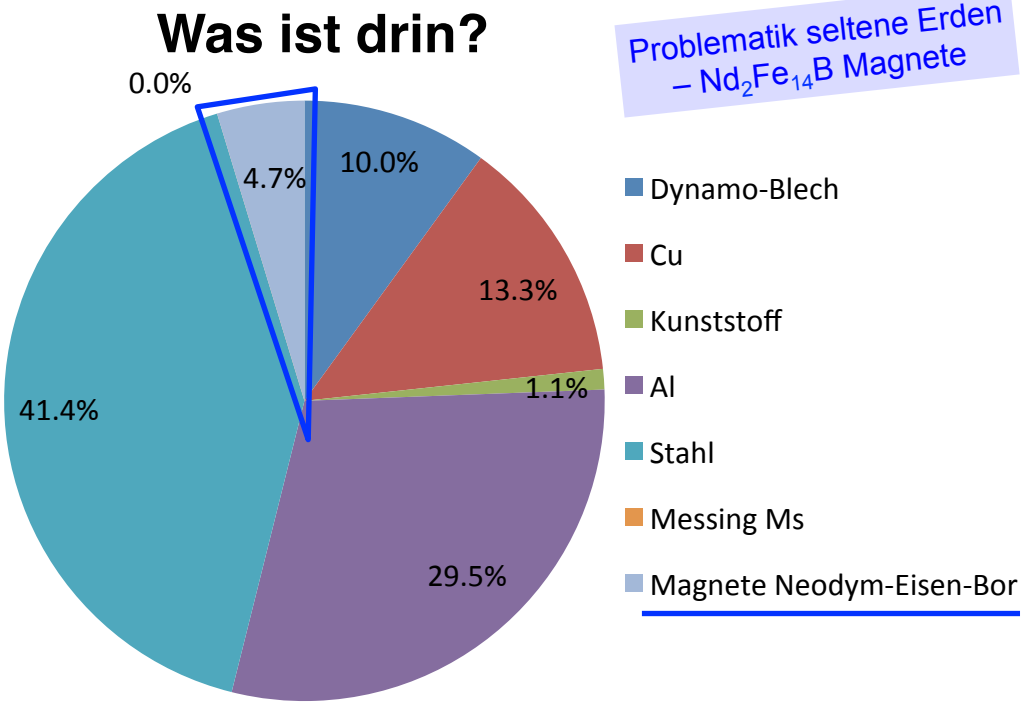
EMPA
Materials Science & Technology

E-Scooter Ökoinventare

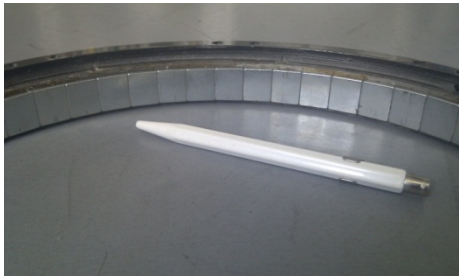
Bsp: Zusammensetzung von Elektromotoren



Nabenmotor bis ca. 3kW Leistung, Gewicht 6.5 kg



Problematik seltene Erden – $Nd_2Fe_{14}B$ Magnete



Rotor mit ca. 300g Permanentmagneten (Wert ca. USD 40.-)

Motor Designation		Hub-Motor 30 - 45 km/h class					
kW cont./max (air/watercooled)		1 / 4					
Nm cont/max (air/watercooled)		?					
Volt range		48 - 90					
approx. total weight			kg		6.5		
Composition		ecoinvent composition	Unit	%	kg	factor waste	amount ecoinvent
Dynamo-Blech		steel, low-alloyed, at plant	kg	10.0%	0.650	1.250	0.813
Cu		copper, at regional storage	kg	13.3%	0.865	1.250	1.081
Kunststoff		Polyphenylene sulfide, at plant/GLO U	kg	1.1%	0.072	1.100	0.079
Al		Aluminium, production mix, at plant/RER U	kg	29.5%	1.918	1.250	2.397
Stahl		steel, low-alloyed, at plant	kg	41.4%	2.691	1.250	3.364
Messing Ms			kg	0.0%	0.000	1.250	0.000
Magnete Neodym-Eisen-Bor		see below for composition	kg	4.7%	0.306	1.100	0.336
TOTAL			kg	100.0%	6.5		8.068

source: Photo und Berechnungen Empa

EMPA Materials Science & Technology

Aufbau Öko-Inventar von $Nd_2Fe_{14}B$ Magneten

NdFeB Legierung Produktion

Input materials for NdFeB alloy	formula	g	Ecoinvent input material	kg
Neodymium oxide	Nd_2O_3	336.48	Neodymium oxide, at plant/CN U	0.280
Iron oxide	Fe_2O_3	781.9	Pig iron, at plant/GLO U	0.651
Boric oxide	B_2O_3	34.81	Boric oxide, at plant/GLO U	0.029
Dysprosium oxide	Dy_2O_3	17.41	Lanthanum oxide, at plant/CN U	0.014
Neobium oxide	Nb_2O_5	20.02	Lanthanum oxide, at plant/CN U	0.016
Aluminium oxide	Al_2O_3	11.33	aluminium oxide, at plant	0.010
		1201.95		1

NdFeB Magnete Produktion

Operation	Input	Amount	Reference unit	Source
Melting	heat	1.458 MJ	kg of magnet	calculation
	vacuum	100 kWh	t of magnet	estimation
cooling	water	120 t	t of magnet	www.ulvac.com/other/fmi.asp
strip caster	electricity	1 kWh	t of magnet	estimation
crushing and pulverizing	electricity	4 kWh	kg of magnet	calculation
comparting	electricity	30 kWh	t of magnet	www.x-magnet.net/Machinery
sintering 1	heat	1.166 MJ	kg of magnet	calculation
sintering 2	heat	0.950 MJ	kg of magnet	calculation
cooling	water	240 t	t of magnet	estimation
grinding and slicing	electricity	1 kWh	t of magnet	estimation
coating	electricity	1 kWh	t of magnet	estimation
Solenoid charging	electricity	2 kWh	t of magnet	estimation

Problematik seltene Erden – $Nd_2Fe_{14}B$ Magnete

Einige Zahlen:

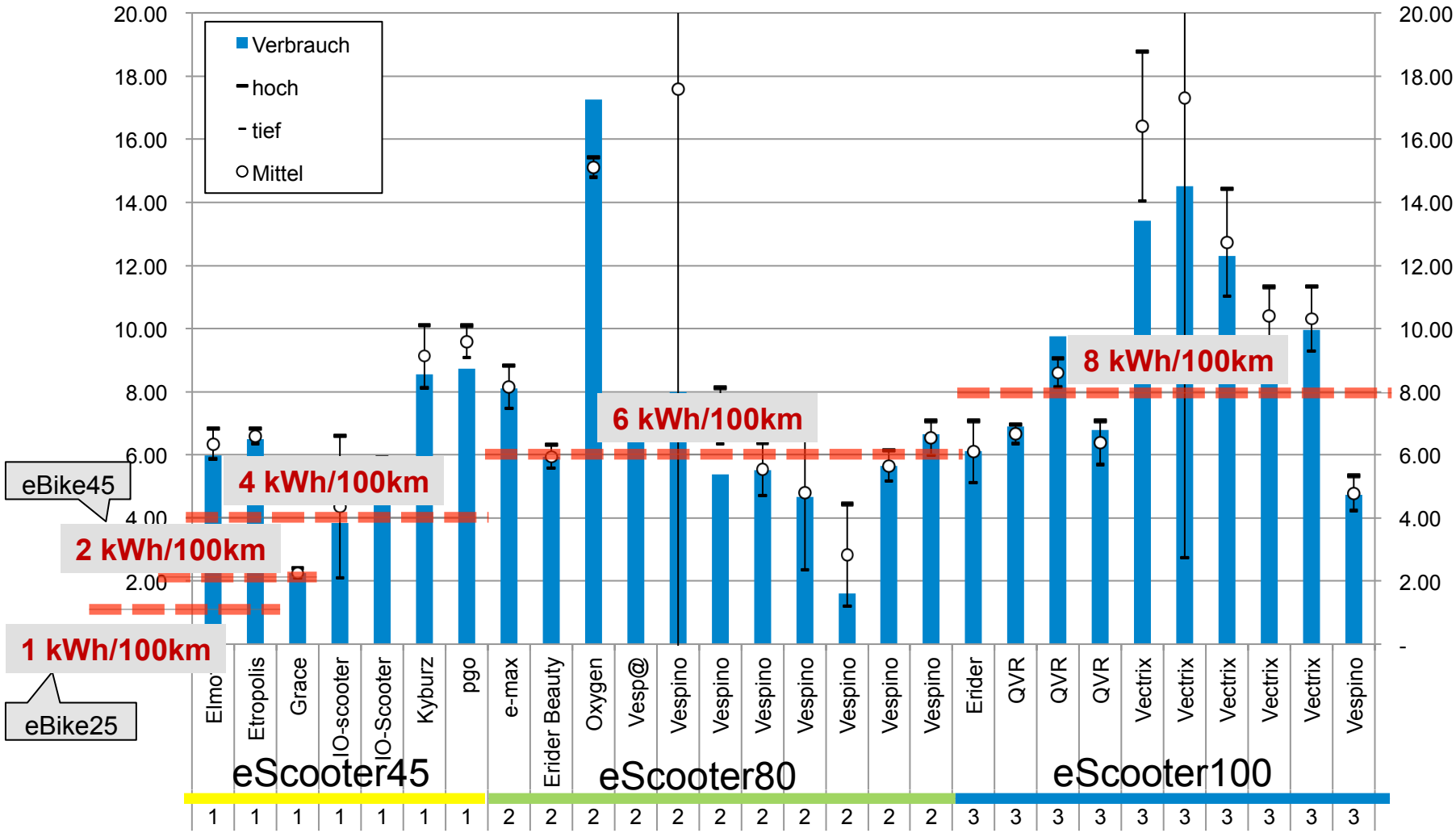
- 1kg Nd-Metall kostet z.Z. ca. 400US$ (100 – 500US$)
- Magnete enthalten ca. 280g Nd/kg Magnet
- eScooter benötigt ca. 300g Magnete, d.h. ca. 85g Neodym für ca. 40US$

- Nd ist zwar ein ‘Selten-Erden Metall’, aber etwa so häufig in der Erdkruste wie Kupfer
- Auch der Umweltimpact für die Produktion von Nd liegt etwa auf dem Niveau von Kupfer

EMPA Materials Science & Technology

Energiebedarf aus E-Scooter Tagebüchern

- Energiebedarf ab Steckdose [kWh/100km] und kommunizierbare Mittelwerte



Sommer/Winter: KEIN Unterschied im Verbrauch
(Reichweiteneinfluss möglich durch tiefere Spannung)

EMPA
Materials Science & Technology