

ERZEUGEN – SPEICHERN – ANWENDEN

Mobile und dezentrale Speicherintegration

1. WER redet über WAS?

Vorstellung CC IIEE

2. Was ist das Problem?

2 Hauptprobleme

Trends, Veränderungen

3. Speicher & Integration

Klassifikationen

mobiler, stationärer

Einsatz

4. Projekte

Living & Mobility

5. Fazit

Prof. Vinzenz V. Härri,

CC IIEE, Hochschule Luzern, Horw

vinzenz.haerri@hslu.ch

Übersicht



- 1. WER redet über WAS?**
Vorstellung CC IIEE
- 2. Was ist das Problem?**
2 Hauptprobleme
Trends, Veränderungen
- 3. Speicher & Integration**
Klassifikationen
mobiler, stationärer
Einsatz
- 4. Projekte**
Living & Mobility
- 5. Fazit**

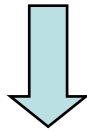
Ausrichtung Kompetenzzenter IIEE

IIEE oder " Integrale Intelligente & Effiziente Energiesysteme":



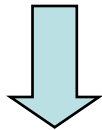
- **Integral:**

Innovation durch Synergien und Kompaktheit von Lösungen



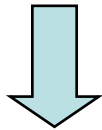
- **Intelligent:**

Leittechnik, Regelstrategien für das Energiemanagement, abgestimmte Prozesse (Fast-Prototyping)



- **Effizienz:**

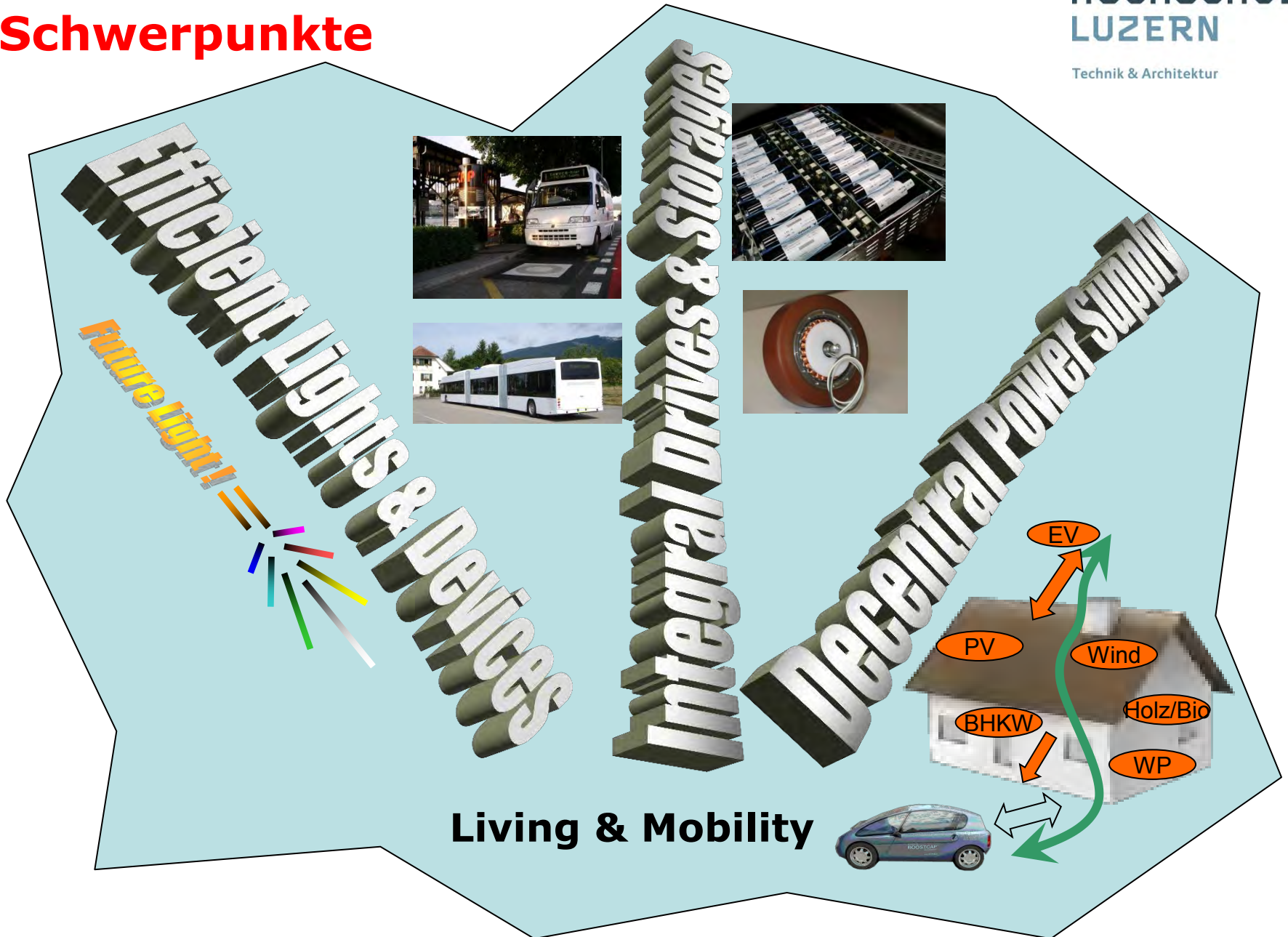
Motivation: verantwortungsvoller, ökologische und ökonomischer Umgang mit Ressourcen wie Energie



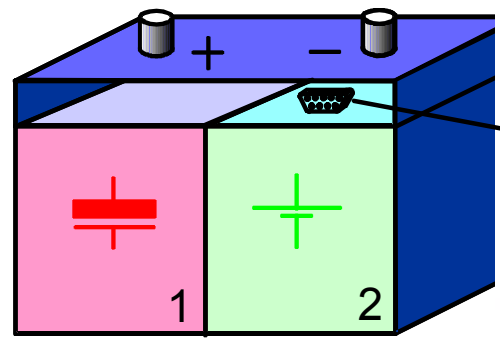
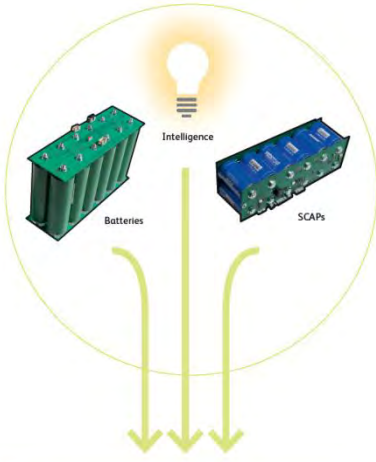
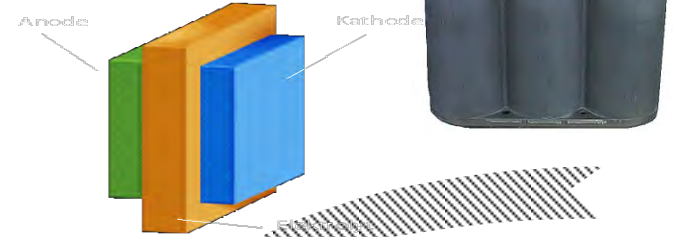
- **Energiesysteme:** Systemintegration steht im Mittelpunkt, weniger die Komponenten!



3 Schwerpunkte



Integeration Concept "SAM" Super Accumulator Module

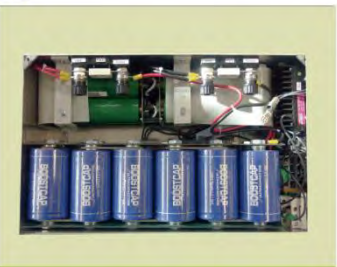


Intelligenz / Management



Copyright DISNEY ENTERPRISES

SAM



Introduction: Blue-Angel III today



2010: Blue Angel III in CC IIEE Laboratory



Battery modul for Blue Angel III



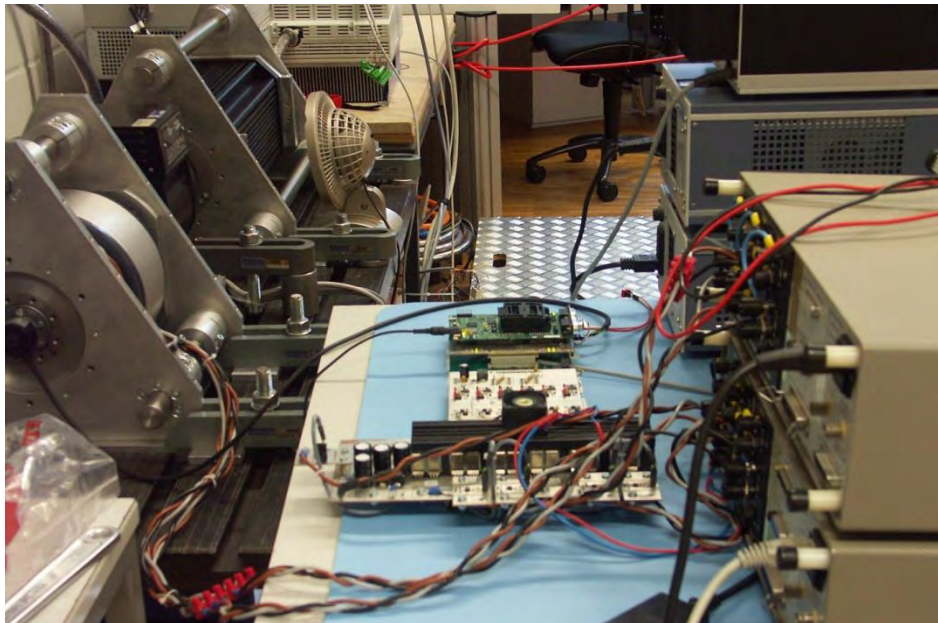
SAM box for Blue Angel III



SCAP modul for Blue Angel III

Motoren: Neue Technologien, Messungen

- Kleiner ~ 10kW, höchste Effizienz
- Permanentmagnet Normmotoren
- Umwälzpumpen
- Generatoren für regenerative Energieerzeugung.
- E-Bikes
- Prüfstände: Normmessungen

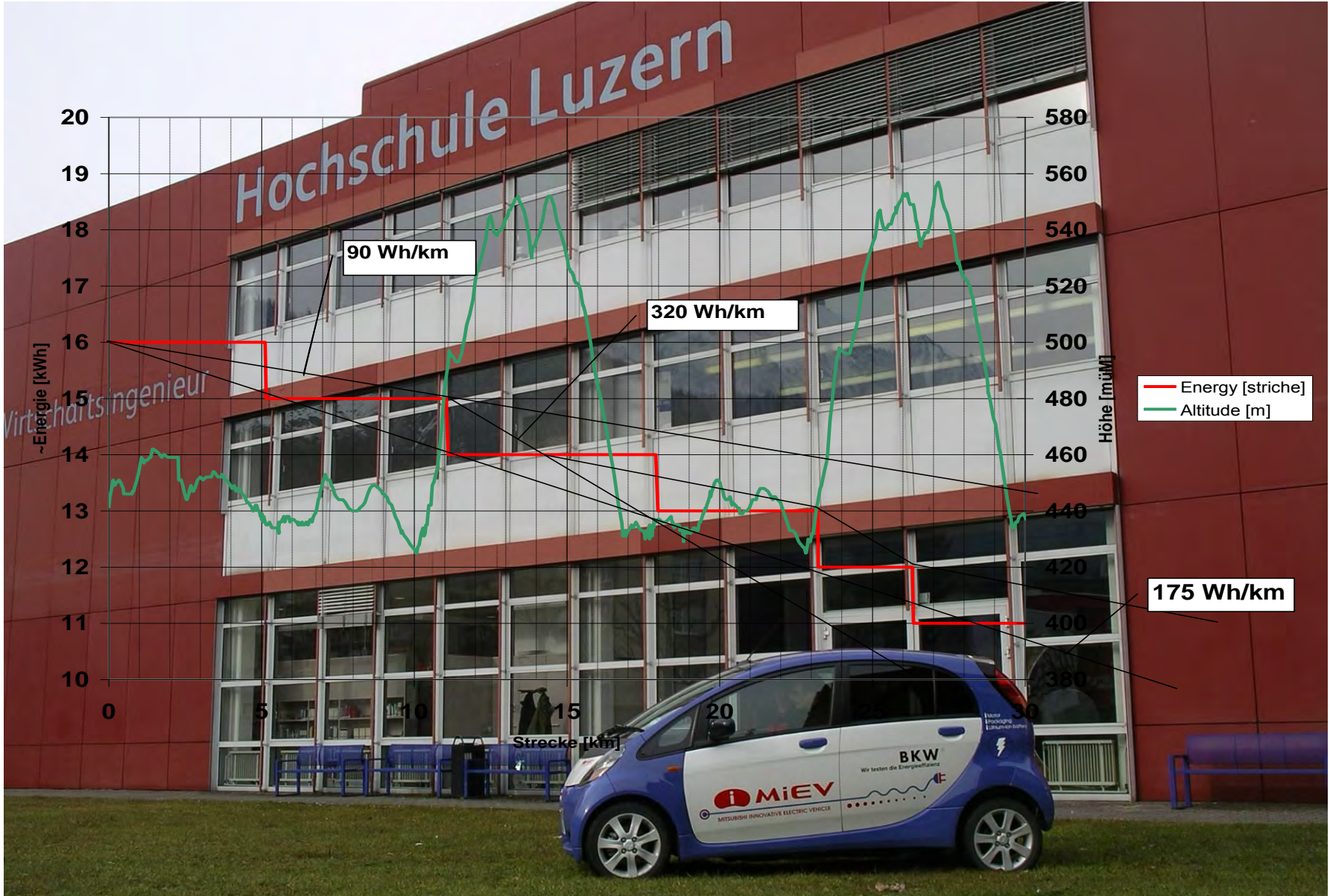


Demonstrationen: Swiss Ecco-Tour 1994: Top of Furka



- Suche nach dem 3L Fahrzeug !

Mitsubishi IMIEV tested in Lucerne 2009



Übersicht



1. **WER redet über WAS?**
Vorstellung CC IIEE
2. **Was ist das Problem?**
2 Hauptprobleme
Trends, Veränderungen
3. **Speicher & Integration**
Klassifikationen
mobiler, stationärer
Einsatz
4. **Projekte**
Living & Mobility
5. **Fazit**

Klimaveränderungen – Planet?



Klimawandel: Mobilität, Energie, Wohnen

→ Ökologisch:

- Klimawandel wird schnell Veränderungen bewirken, die durch Kreativität zu gut sozial abgefederte Massnahmen führen. Die langfristige Sorge um den Planeten Erde steht im Mittelpunkt.

→ Technisch:

- Lösungen sind bereit und die Innovationsrate sehr hoch, es hängt nur noch von der Gewichtung der Kriterien ab, wie schnell sich etwas verändert. Vieles ist auch schon geschehen.

→ Sozial:

- Einsichten wachsen schnell und werden gemeinsam getragen, wobei länderspezifische Unterschiede eine Herausforderung darstellen. Community Gedanke nicht nur auf Facebook sondern bald auch bei autonomer Energieversorgung z.B. Quartier, Car-Sharing? Modalsplit? Mobilität ist breiter: öV, Ebike, **Raumpolitik**,...

→ Wirtschaftlich

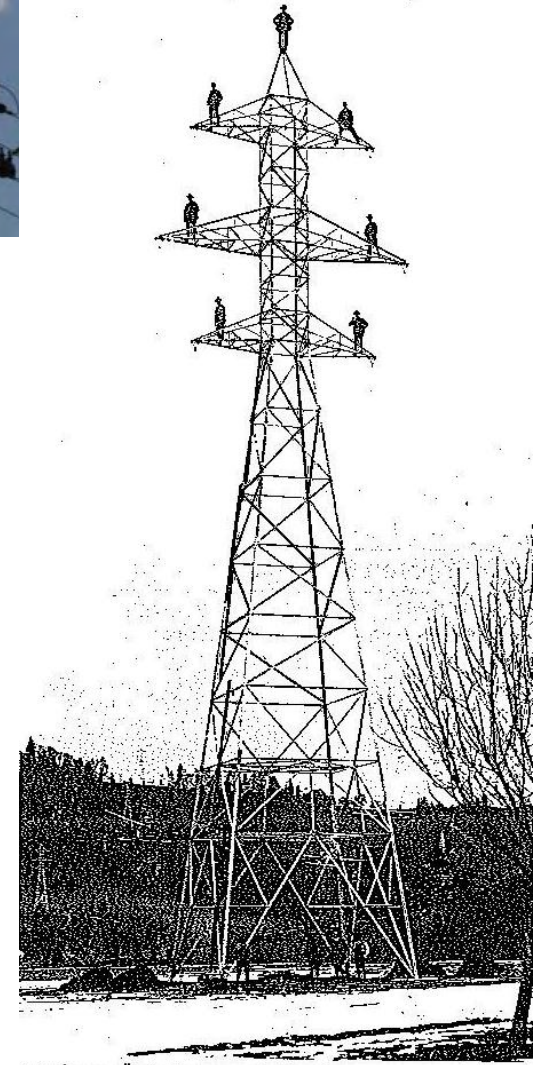
- Wirtschaftlichkeit ist Türöffner, Bedeutung könnte aber gemäss oben abnehmen!

Also 2 Hauptprobleme



Klimawandel und Ressourcenknappheit führen zu folgenden Hauptproblemen:

1. Energie und Mobilität: je besser der Speicher, desto schneller Ersatz als Effizienzbeitrag
2. Viel wichtiger als die Aufrüstung der erneuerbaren Energien sind Ausbau der Infrastruktur und Speicherung im HS- und Verteilnetz (vgl. Nordseesturm und Windparks)!

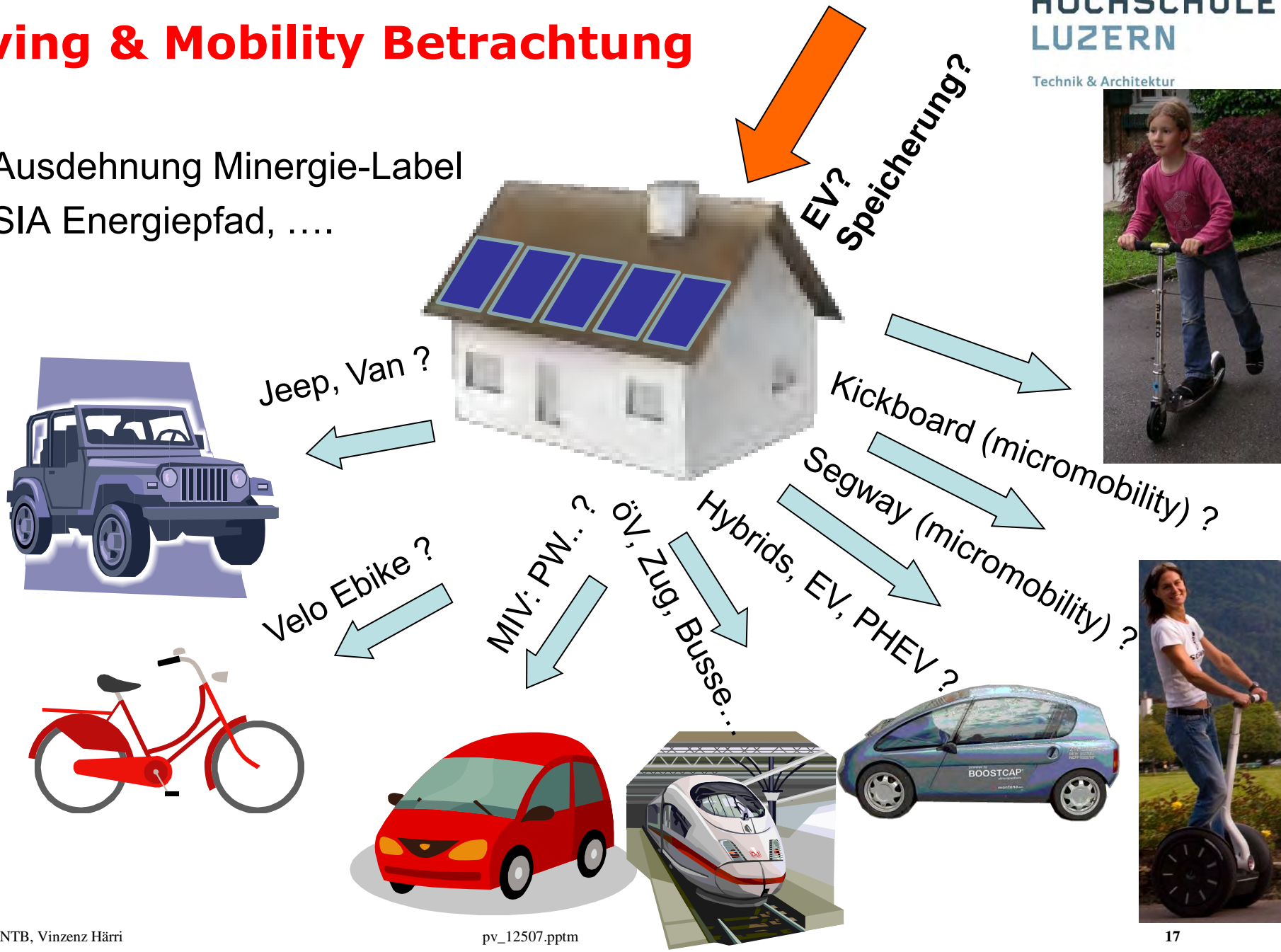


Bedeutung für PV und Batterien

- All das Gesagte hat Einfluss auf die Auslegung PV und Batterien im Kleinen (Haus, Quartier)
- Eher autonome Regionen als autonome Häuser?
- Für Grossanlagen andere Speichertechnologien wie Druckluftwerke und PSW, aber auch Elektro-Grosspeicher wie Redox-Flow

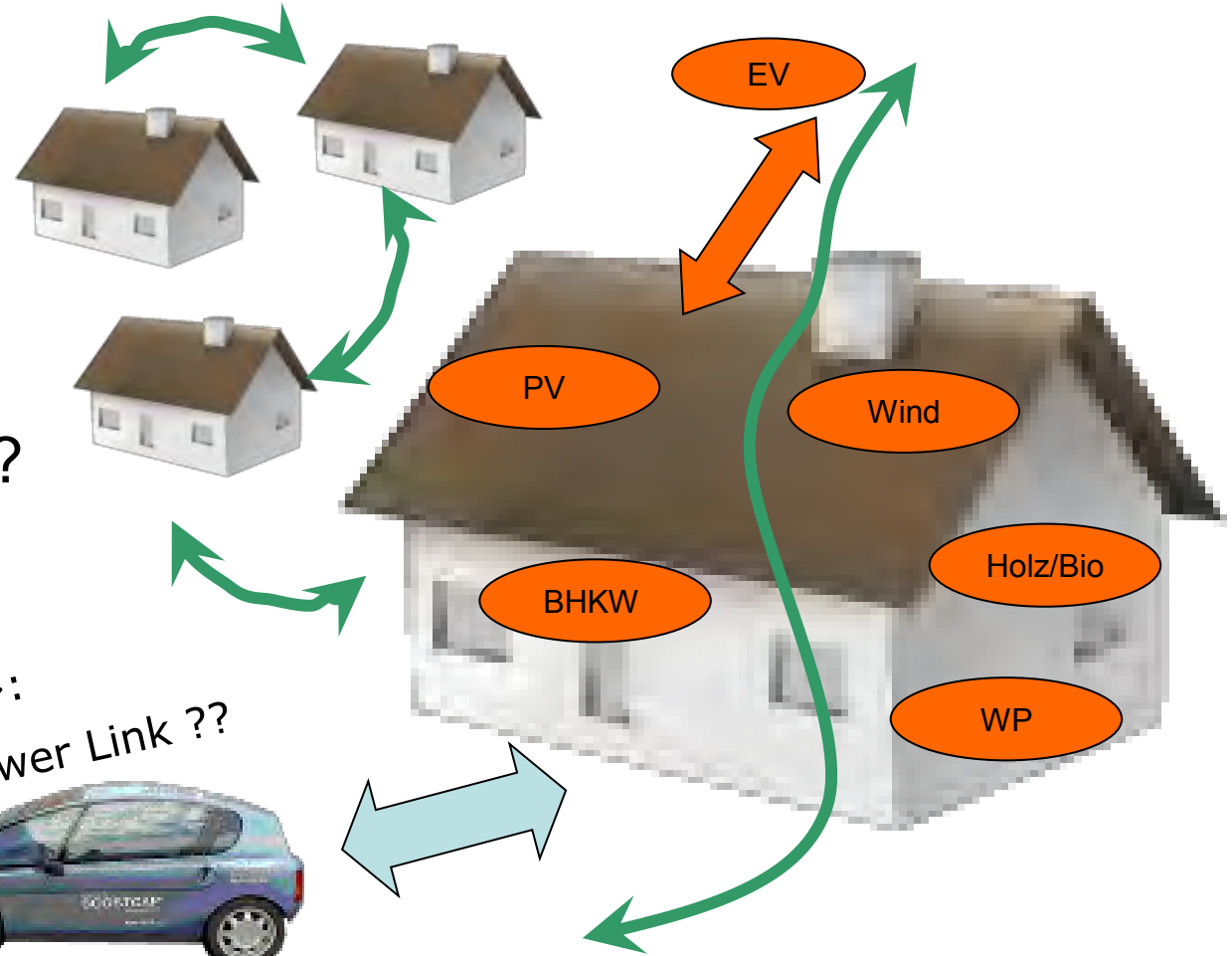
Living & Mobility Betrachtung

- Ausdehnung Minergie-Label
- SIA Energiepfad,



Vernetzung, Dimensionen

- different Sources
- mobility to grid
- grid stability
- building, quarters, region
- today, tomorrow..?
- Short / long term



PHEV at «Minergie Haus»:
3x400V oder 3x230V Power Link ??



with supercap fast storage

Paradigmenwechsel «neues Zeitalter»?

Batterien zu PV laufen parallel zu Emobilität,

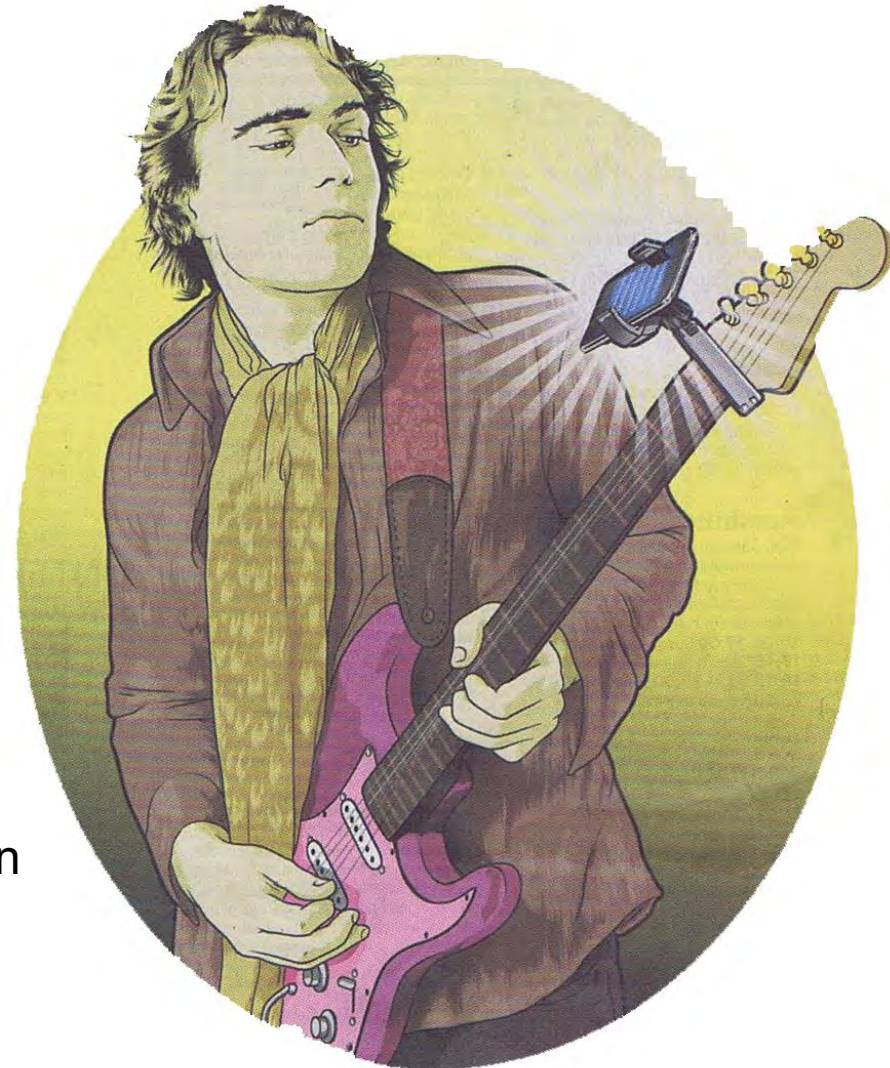
Mobilitätsentwicklungen laufen z.B. parallel zu anderen Entwicklungen..,

- Erdöl ↔ Elektro ?
- Nur Fahren ↔ Vernetzt: GPS, Telematik
- Nur Tacho ↔ Apps!
- Nur Fahren ↔ V2G...?
- Nur Fahren ↔ «Dienste»
- Besitz ↔ Sharing?
- Grosse Reichweite ↔ Kleine Reichweite?
- Tankstelle ↔ Eigenerzeugung Energie
- Preis bestimmt ↔ Politik bestimmt
- Kosten = Benzin? ↔ Kostentransparenz



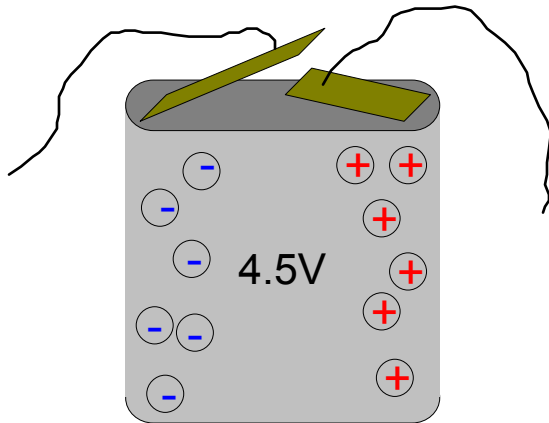
Parallele Trends berücksichtigen

- Alles mit Apps!
 - Überall alles können, also auch weitere Zusatzdienste im Auto
 - Ebikes sind trendy:
 - Auf User zugeschnittene Einsatzarten,
 - Communities, «Spontact»
 - Mehrwert liegt oft im Kundenspezifischen
 - Global vernetzt und systemischer Einsatz
 - Wohnen, Mobilität, Energie gehören neu gleich zusammen wie Multimedia, Gebäudeautomation und Telekommunikation
 - Plädoyer für Systembetrachtung
 - Synergienutzung von technischen Errungenschaften
- Beispiel: ÖV Verkehrssysteme, V2G



NLZ 16. Oktober 2011: Zum Aufrüsten von SmartPhones

Übersicht



- 1. WER redet über WAS?**
Vorstellung CC IIEE
- 2. Was ist das Problem?**
2 Hauptprobleme
Trends, Veränderungen
- 3. Speicher & Integration**
Klassifikationen
mobiler, stationärer
Einsatz
- 4. Projekte**
Living & Mobility
- 5. Fazit**

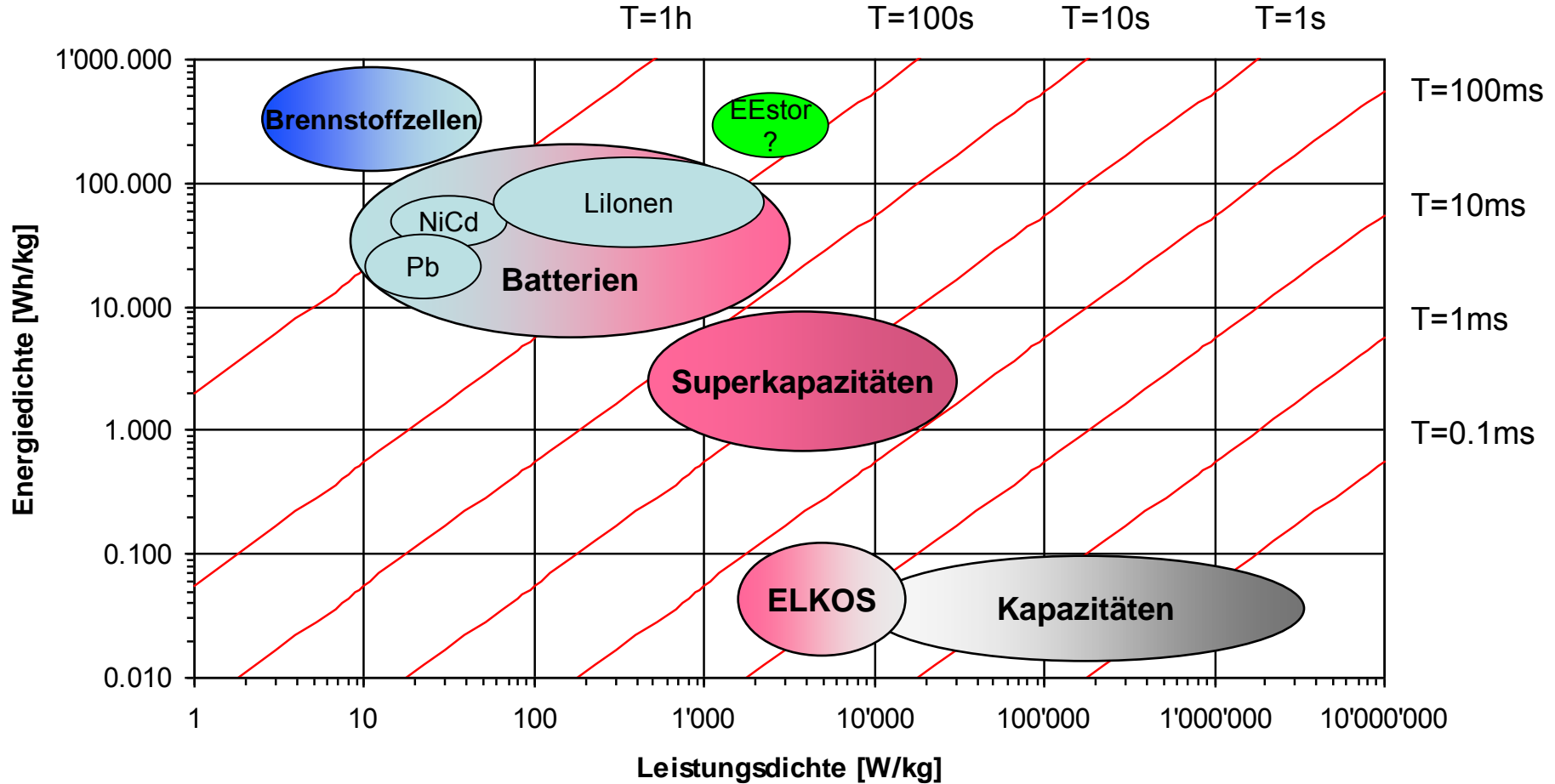
Stromspeichertechnologien

Stromspeichertechnologien im Vergleich					
	Konden- satoren	Spulen (supraleitend)	Schwungrad bisher	Schwungrad neu	Batterie
Leistung (kW)	< 10	< 7.000	< 15.000	< 50.000	< 500
Lebensdauer (Zyklen)	> 1 Mio.	ca. 1 Mio.	ca. 1 Mio.	ca. 1 Mio.	< 1.000
Effizienz (%)	> 95	ca. 90	85-90	90-95	70-85
Verluste Selbstentladung	0,1-0,2 %/h	-	3-20 %/h	< 1-10 %/h	< 0,01 %/h
Kosten (T Euro/kWh)	10-20	30-200	5	1 (Ziel)	0,08

Weitere Informationen enthält das BINE-Projektinfo 11/03.

Quelle: BINE-Projektinfo 11/03, via Wikipedia

Ragone Plot: Energie vs. Leistung

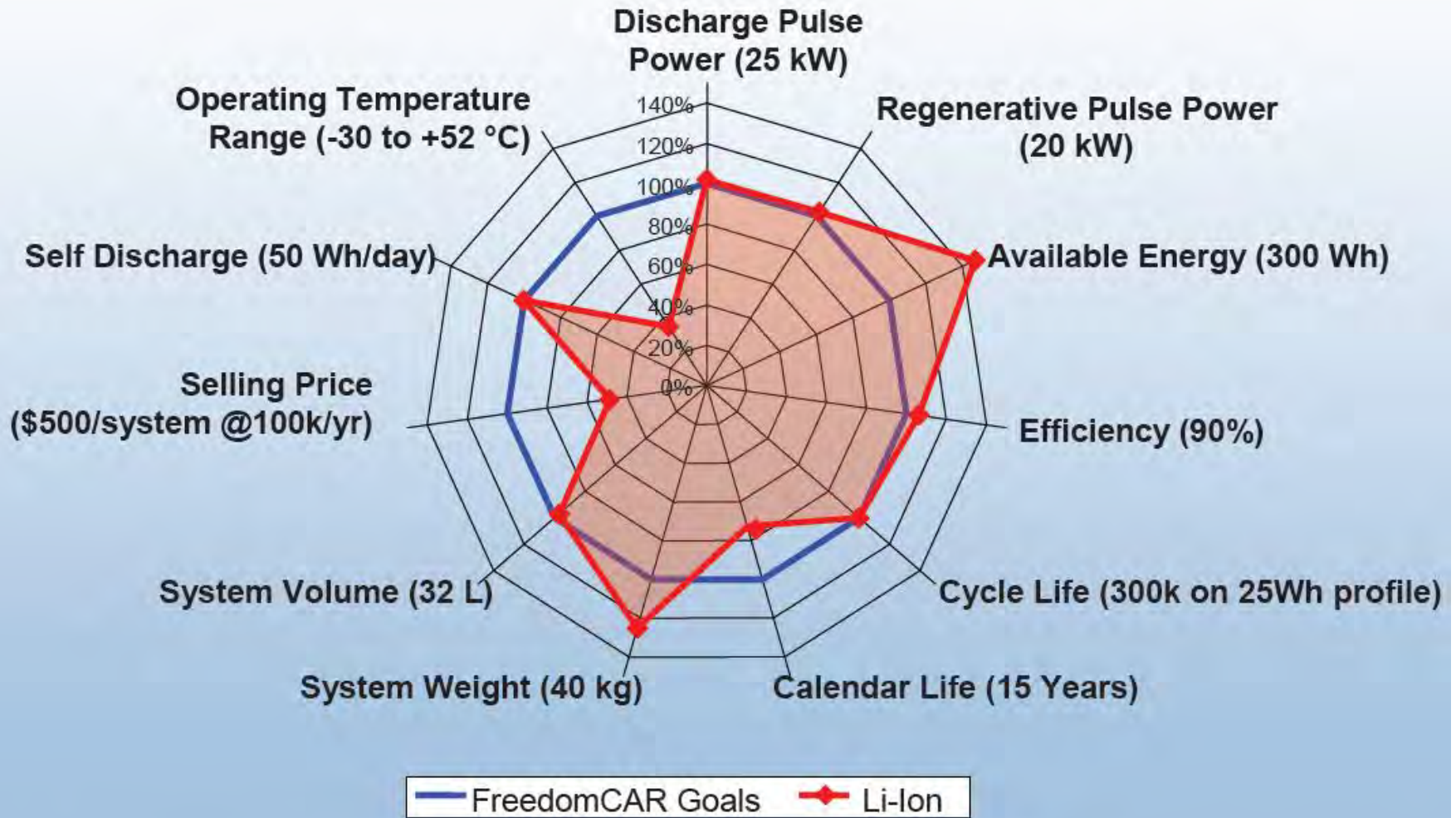


Speichertklassifikationen

- Verwendungszweck: Energie mitnehmen, ausgleichen, zum bessern Zeitpunkt einsetzen
- elektrisch – andere (H₂, Druckluft, thermisch)
- von der Kugelschreiber-Feder zum Pumpspeicherkraftwerk
- Örtlich: mobile Speicher, dezentrale Speicher, zentrale Speicher, EFH – Quartier – Ort – Region – Land
- Integrationsstandard: Boardbatterie – ZEBRA – Redox-Flow
- Grösse: Eckdaten Leistung, Energie in Verbindung mit Zyklen
→ Wirtschaftlichkeit

Charakterisierung im Detail

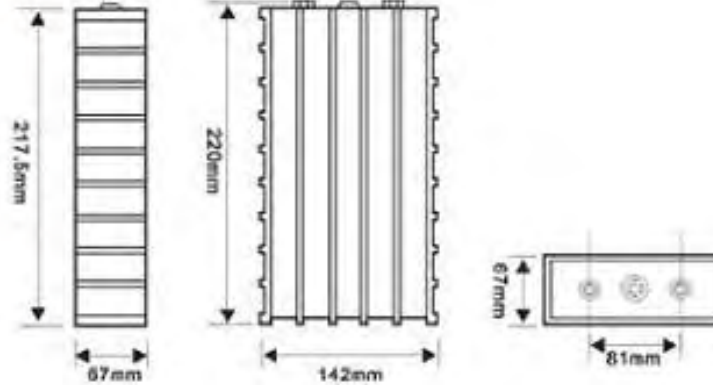
LiIonen für HEV (NREL)



Source: FreedomCAR Energy Storage R&D Plan

Batterien-Facts: Wo stehen wir?

CALB LiIonen LiFePo4



→ ~ **100 Wh/kg**

Parameter	Wert
Ladungsinhalt, Spannung	100Ah / 3.6V
Entladestrom, Ladestrom	4C, 3C
Zyklen, 0.3C,80% DoD	2000
Masse, Grösse (cm)	3.2kg, 14.2 x 67 x 220

Technologien: z.B. Zebra 48TL200



Elektrische Eigenschaften

Nennspannung	48 VDC
Leerlaufspannung	51.6V
Spannungsbereich Bus	53 bis 59 V
Nennkapazität	200 Ah bei C4 bis 42V
Nennenergie	9600 Wh bei C4 bis 42V
Energiedichte Gewicht	91 Wh / Kg - 41 Wh / lb
Energiedichte Volumen	108 Wh / Liter
Max. konstanter Entladestrom	100 A
Faradayscher Wirkungsgrad	100%

Betriebsbedingungen

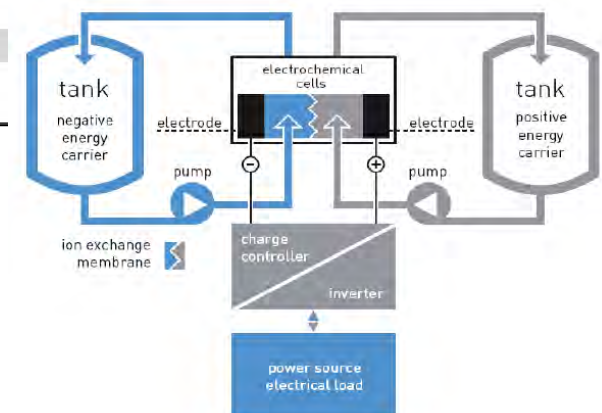
Betriebstemperaturbereich	-20°C / + 60°C - -4°F / 140°F dauerhaft
Aufwärmzeit bis Betriebsbereitschaft	< 14 h
Wärmeverluste in Betrieb	105 W
Anzahl der Zyklen	> 2000 Zyklen bei 80% Entladetiefe (DoD)
Schutzart	IP55

Kommunikation

Protokoll der Datenschnittstelle	RS 485 / USB / Ethernet / CAN-bus
Potentialfrei Kontakte NO / NC	230 Vac / 2 A

CellCube, Redox Flow (BALSWISS/Gildemeister)

Power and Energy*		
AC max charge power	200 kW	
AC max. discharge power	200 kW	
Energy capacity nominal	400 kWh (useful energy depends on app)	
Battery and System Voltage		
Output Voltage	400 Vac	
Monitoring		
Status collection via remote request email	SOC, avail Energy, Charge/Discharge power	
Roundtrip efficiency		
Charge/Discharge cycle	up to 70%	
Multi Stage Operation	reduces self-discharge losses at small load power request	
Discharge times at nominal power rating **		
	kW DC-Battery power	kW AC-Inverter power
1 h	220	200
2 h	140	130
3.5 h	110	100
5 h	80	70
Self discharge		
self discharge at Cold Standby **	< 100 W	
self discharge at tank	negligible (< 1% per year)	
Size and weight		
Dimensions L x W x H	6.000 x 2438 x 5792 mm	
empty weight (w/o fluid)	20,000 kg	
Gross weight (w/ fluid)	55,000 kg	
climatic environmental conditions		
Operational temperature inside the battery remains between 20°C (68F) and 35°C (95F)		
Suitable Insulation (for heating or cooling) allows deployment in all climate zones		



→ ~ 20 Wh/kg,

aber Gewicht als stationärer Speicher unwichtig!

Nano-Lithium Titanat , Nano-Safe?

Altairnano (USA):

- **Lässt sich innerhalb von nur sechs Minuten aufladen**
- **ist außerdem dreimal so leistungsfähig und**
- **100-mal so langlebig wie die heute verwendeten Akkus**

Entladetemperatur -60°C bis $+75^{\circ}\text{C}$

max. Entladestrom 100C

max. Ladestrom 50C (bei -30°C 20C)

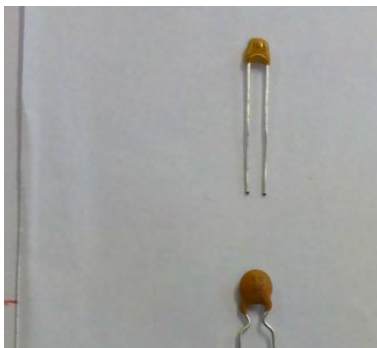
Lebensdauer 20 Jahre

Ladezeit für 80% Kapazität ca. 1 min.

Zyklenzahl 15.000 (min. 85% Kapazität)

Leistungsdichte 4000 W/kg





1. Wert 2pF, Einheit: 1
(Referenz)

2. Wert 10pF, Einheiten: 5

3. Wert 2nF, Einheiten: 1000

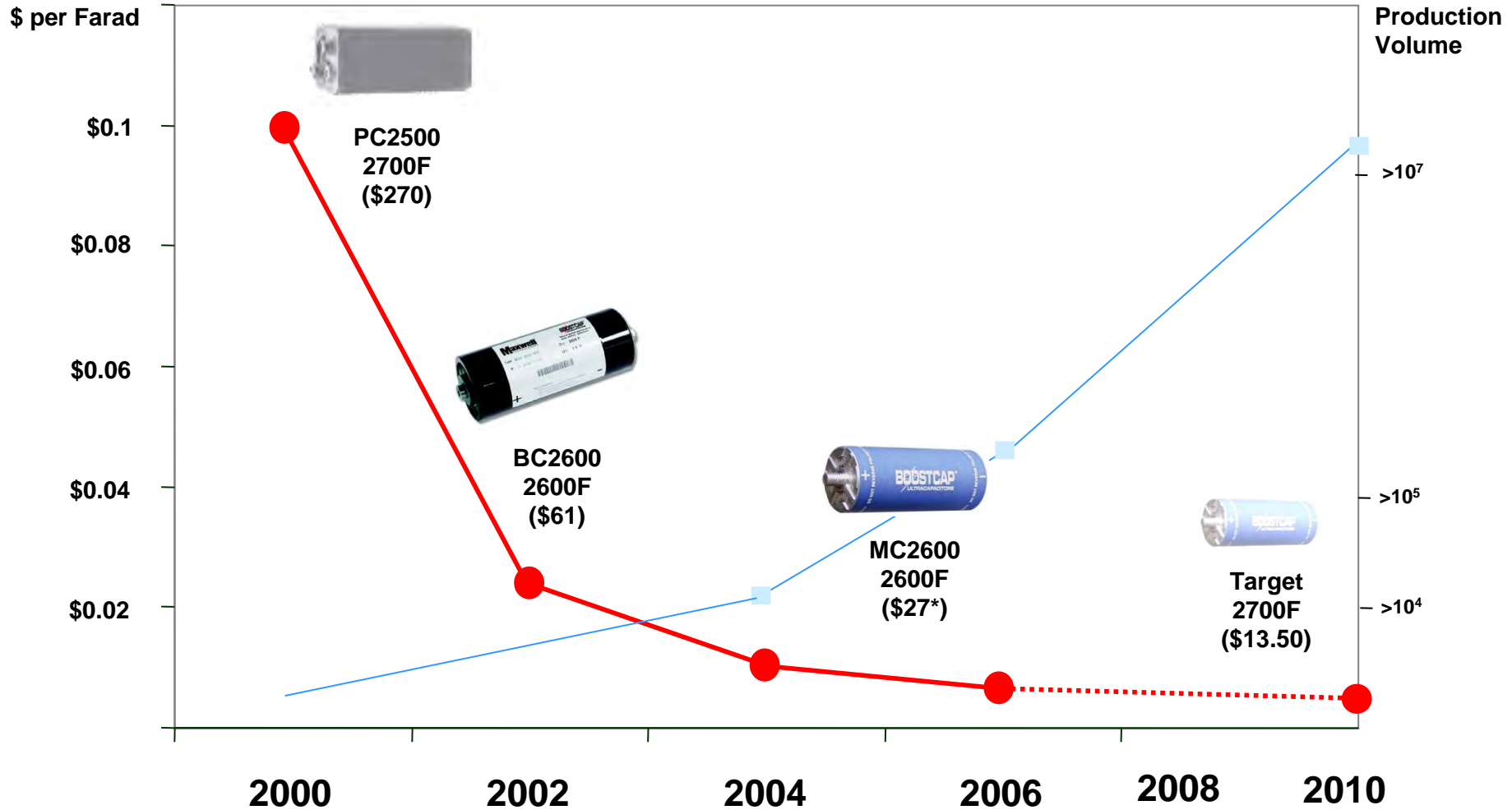
4. Wert 1 μ F, Einheiten: 500'000

5. SCAP 2000F, Einheiten: 1'000'000'000'000'000

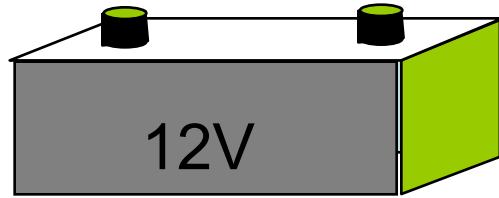


→ Also interessant für Energiespeicherung mit sehr hoher Leistung !

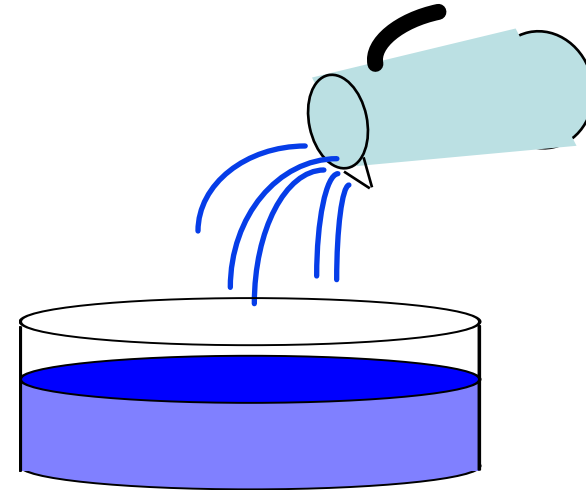
Kostenentwicklung ermutigt



Vorteil Supercaps: hohe Leistung !!



energy spread out



whole energy is taken

Andere Ansätze: „Second-Life“-Batterien (Nissan: 4R)

Joint Venture für Wiederaufbereitung ausgedienter Akkus zwischen 4R:

- Bis 2020 jährlich 50'000 Batterieeinheiten!
- Konzept 4R: Reuse, Resell, Refabricate, Recycle

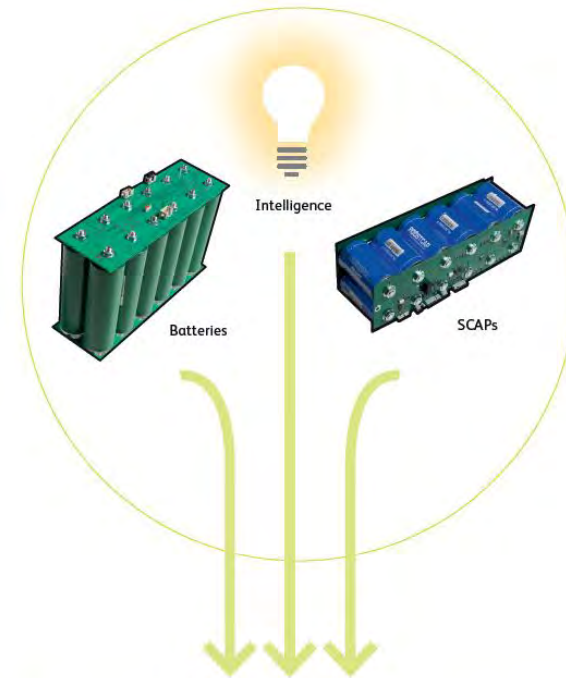
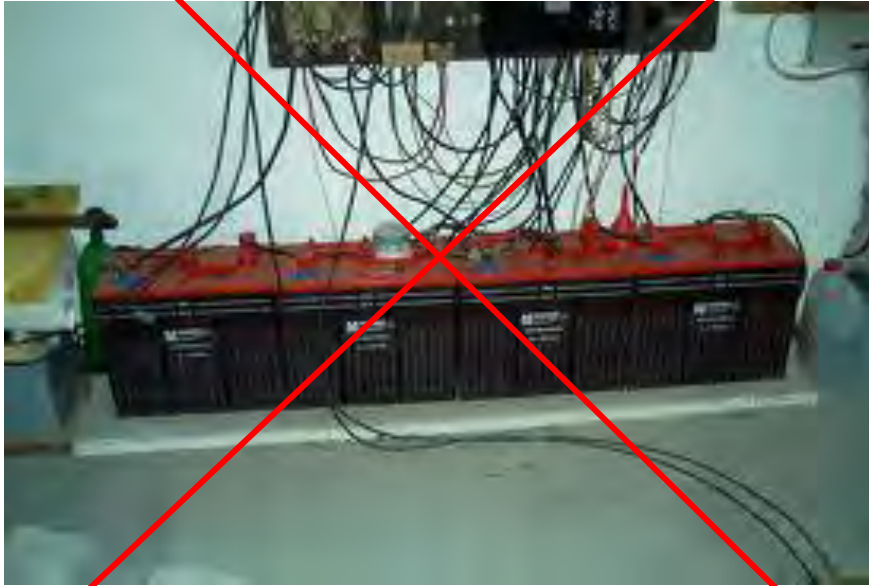
Reuse (Wiederverwendung): Zweiter Einsatz gebrauchter Batterien mit hoher Restleistung; Resell

(Wiederverkauf): Vertrieb der gebrauchten Akkumulatoren an verschiedene Interessenten

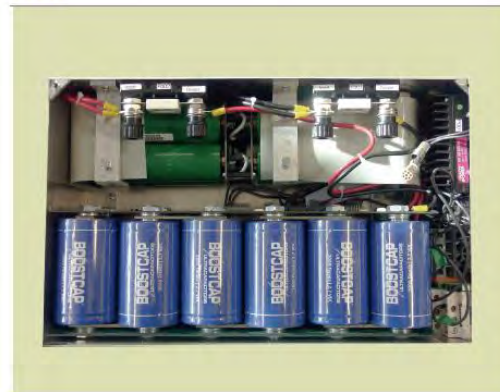
Refabricate (Aufbereitung): Zerlegen und Neukonfiguration der gebrauchten Batteriestapel für verschiedene Alternativ-Applikationen

Recycle (Wiederverwertung): Umsetzung eines Recyclingprogramms für Altbatterien zur Wiedergewinnung der wertvollen Rohstoffe

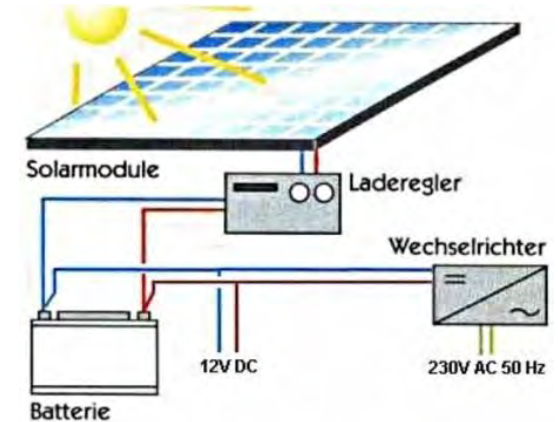
Integration - alles andere als banal!



SAM



Keine Emobilität und Energieversorgung ohne Energiespeicher



z.B. Pumpspeicherkraftwerk

z.B. Batterien auch für PV wichtig...

Einfluss auf nachhaltiges bauen, aber auch Implikationen mit Mobilität und Tourismus! Technologien, Kosten, Amortisation

Wann machen Batterien für PV Sinn? (1)

- Inselbetrieb Kleingeräte:
Strassenleuchten, Bojen



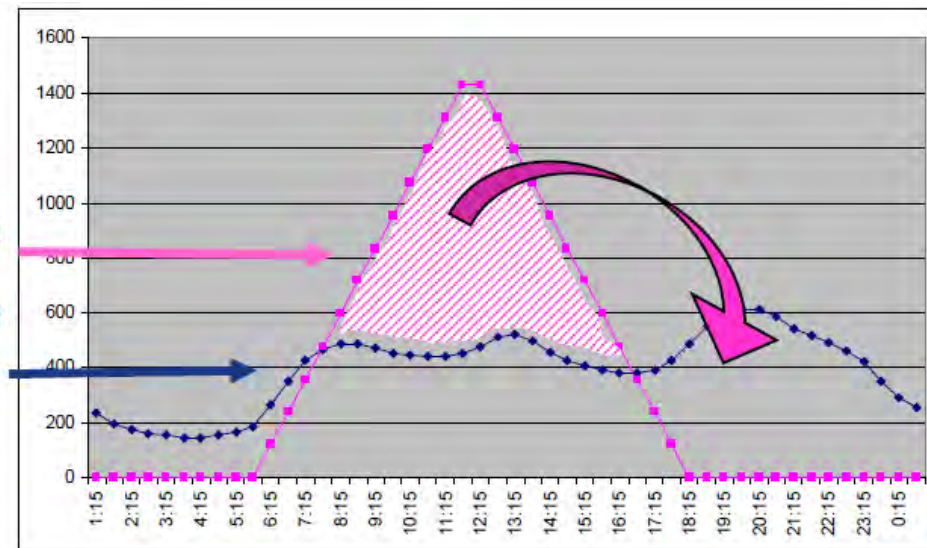
- Abgelegener Inselbetrieb von
Anlagen, generell

- Autonomie: politisch,
Versorgungssicherheit



Wann machen Batterien für PV Sinn? (2)

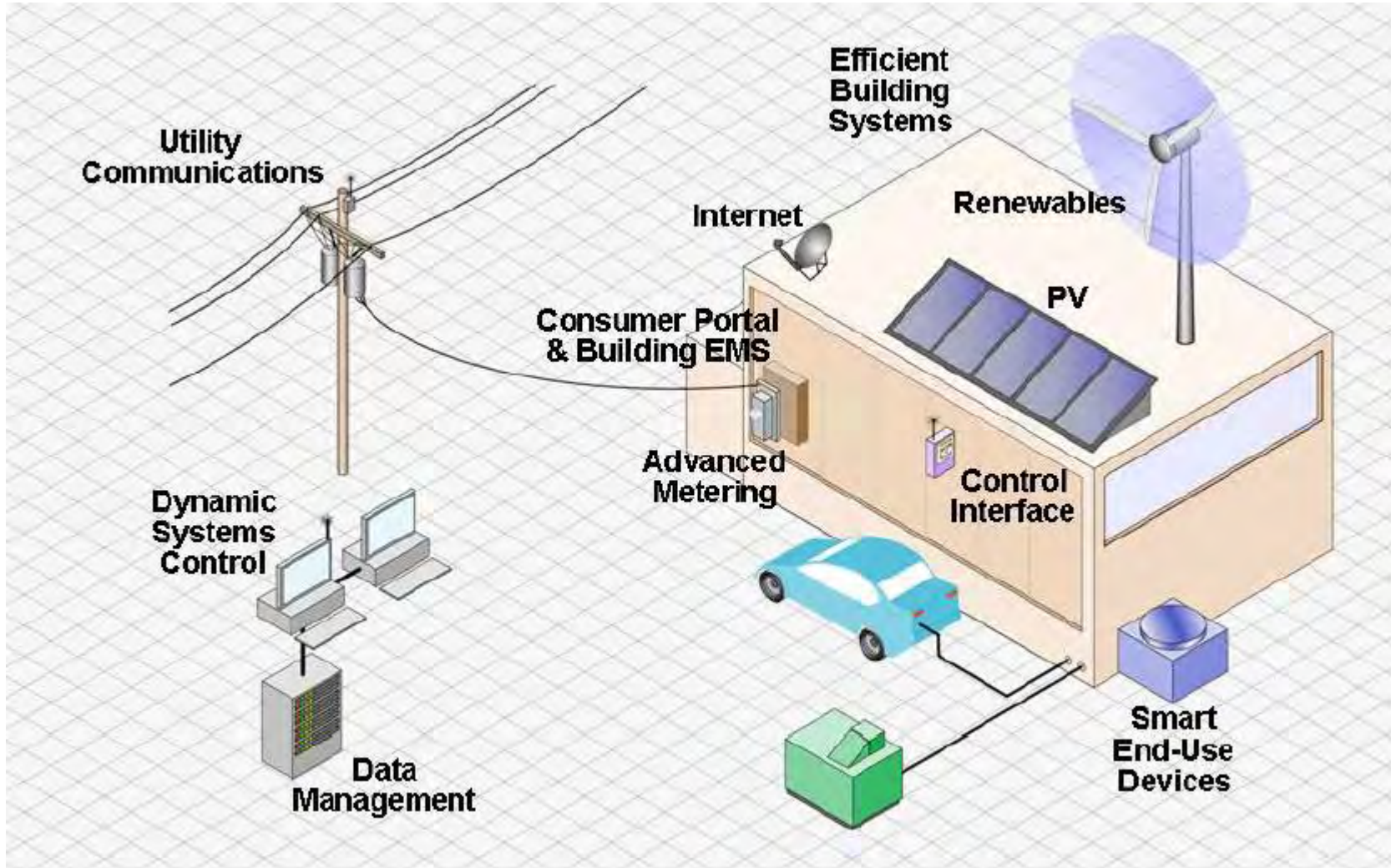
PV-Energieproduktion
Energienachfrage



Quelle: SAFT Batterien

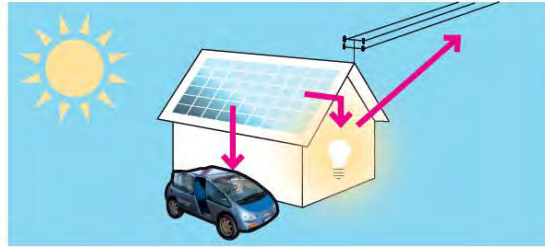
- Peak Shaving
- Energiemarkt
- Zukunft, aber mit «??»: beste Tarife?
NB: Nur für Kurzzeitspeicherungen (ca. 1 Tag)
- Problem Netzinfrastrukturausbau entschärfen!
→ Aber Interessenslager?

Smart Metering und Smart Grids



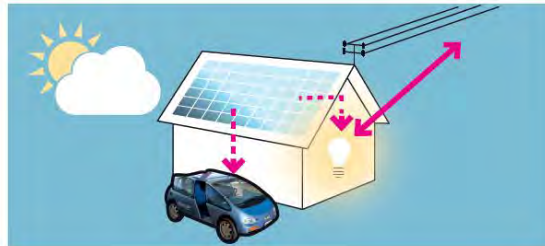
EPRI 1016905

Idee V2G



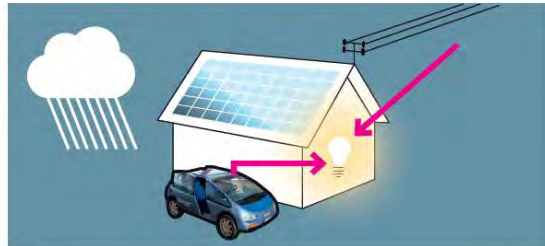
sunny day:

- PV charges Blue Angel
- PV powers electrical appliances of building
- PV feeds back to grid



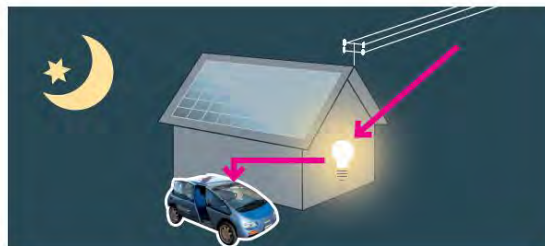
cloudy day:

- PV charges Blue Angel intermittent
- PV powers electrical appliances intermittent
- PV feeds back to grid when possible
- grid feed when needed



rainy day:

- no PV energy
- V2G: Blue Angel provides power to building to reduce peak loads on the grid

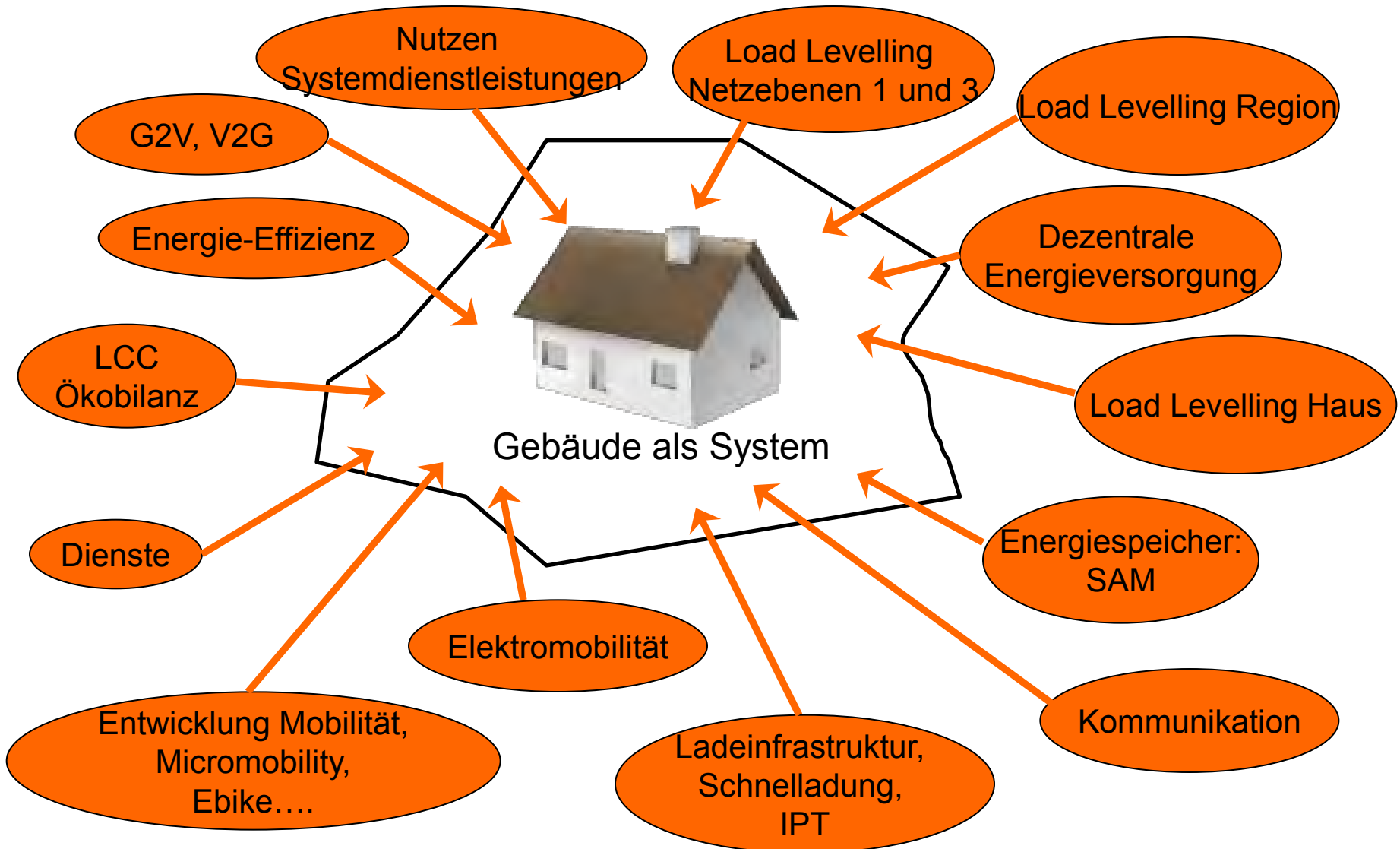


at night:

- no PV energy
- building supplied by grid
- Blue Angel battery charged from grid in off-peak time

Systemaspekte „Living & Mobility“,

→ Speicher ist nur Teil des Systems



Übersicht



Blue-Angle 1992-1997,
94: 2.4l/100km, ULEV and 97: 1st with SCAPs

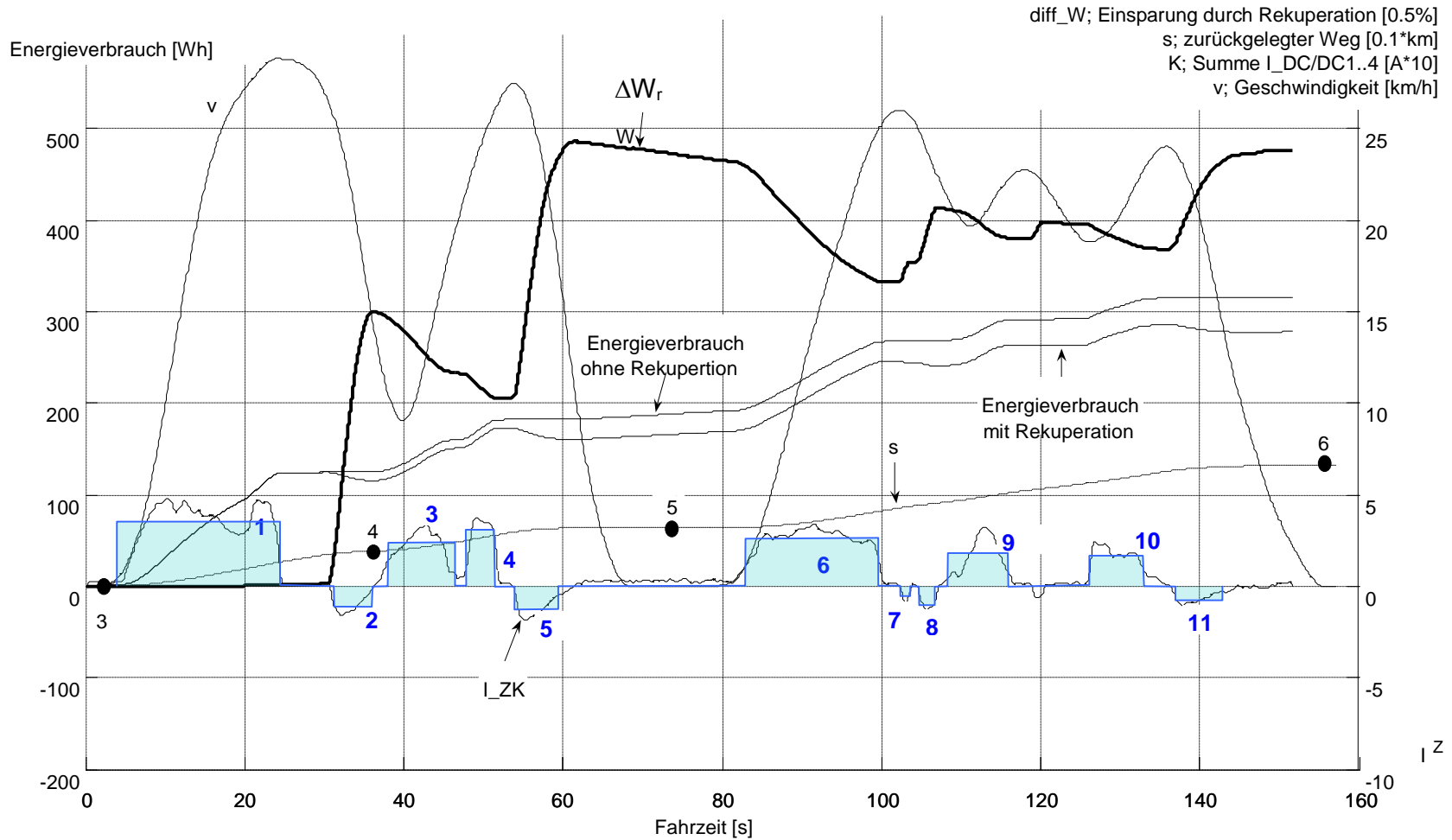
- 1. WER redet über WAS?**
Vorstellung CC IIEE
- 2. Was ist das Problem?**
2 Hauptprobleme
Trends, Veränderungen
- 3. Speicher & Integration**
Klassifikationen
mobiler, stationärer
Einsatz
- 4. Projekte**
Living & Mobility
- 5. Fazit**

z.B. 1: TR-Bus: Synergie Supercaps, IPT → Profil ist wichtig



Auswertung SCAP Verluste

Genaue Auslegung wird also komplex!



TR-Bus: storage losses of supercaps for this section only about **0.4%** !

Resultat: Berechnung Wirtschaftlichkeit

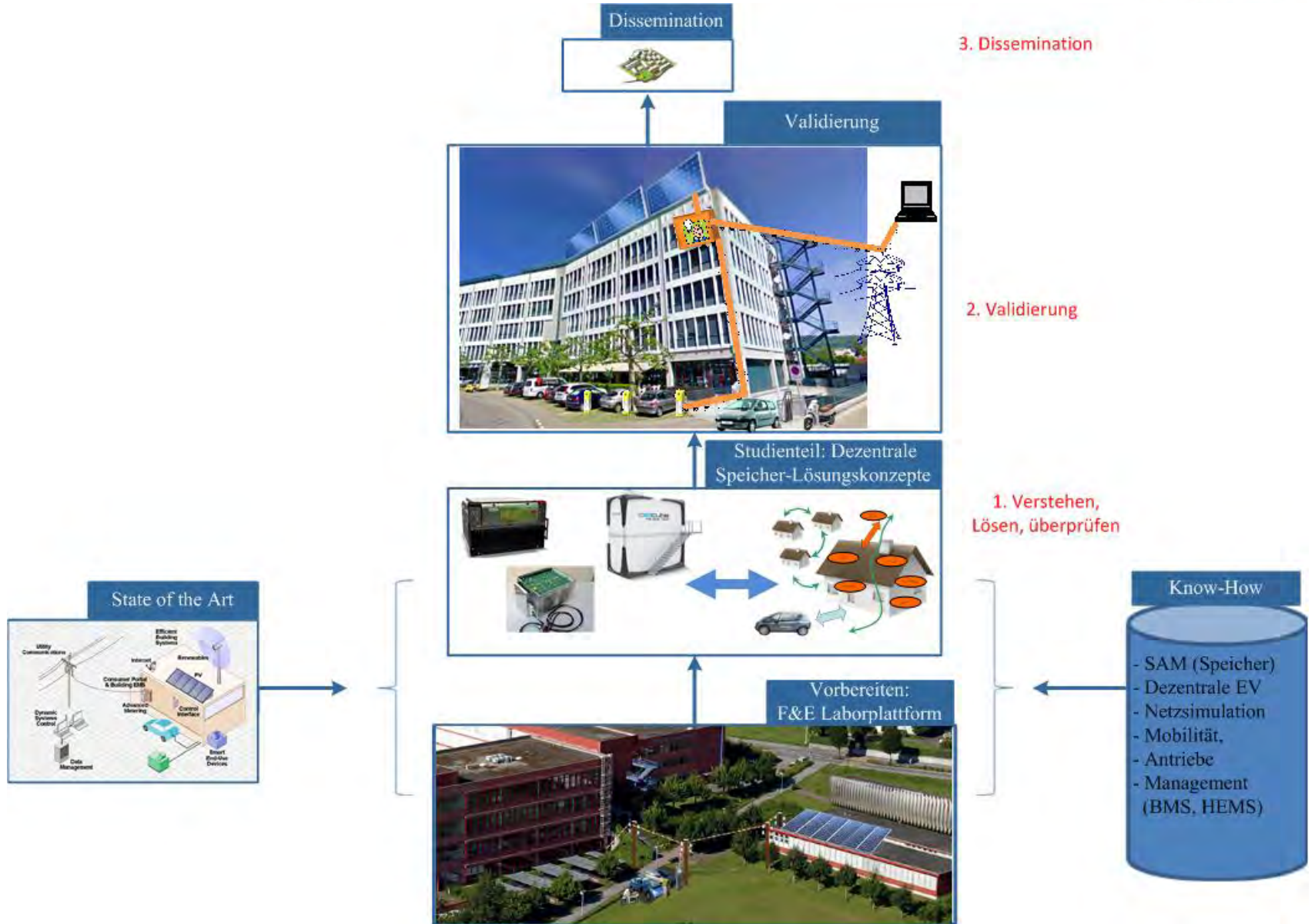
vgl. Beilage BFE Bericht TR-Bus (www.iiee.ch)!

Speicher-Kosten: Erfassung der Zyklen, hochrechnen auf Lebensdauer!

Z.B. für SCAPs:

Variante	Fzg. Masse [kg]	Energiespeicher Wechsel [Tage]	Energiekosten pro Tag [sFr]	Bemerkungen
Supercaps	5025	16'667, 45.7 J (theoretisch)	1.66 bis 7.5	≈ Endlos, begrenzt durch Kalenderlebensdauer ≈ 10 Jahre, deshalb 2. Kostenwert
Blei, Tagesbedarf)	10109	300	85.63	Gewicht unrealistisch
Blei, Gewicht wie SCAPs	5025	58	48.14	Zu häufiger Batteriewechsel, 25min Fahrpausen
Blei, viel nachladen	4654	20	56.86	Wechsel Batterien betrieblich völlig unrealistisch
ZEBRA, Tagesbedarf	5180	1000	62.53	Gut, nur Kosten sind viel zu hoch
ZEBRA, 1x Nachladung	4881	1000	59.64	Machbar, aber gegenüber "ZEBRA Tagesbedar" nur unwesentlich günstiger

Projektinhalte Living & Mobility 31.8.12



Fragen für das Management

Intelligenz /



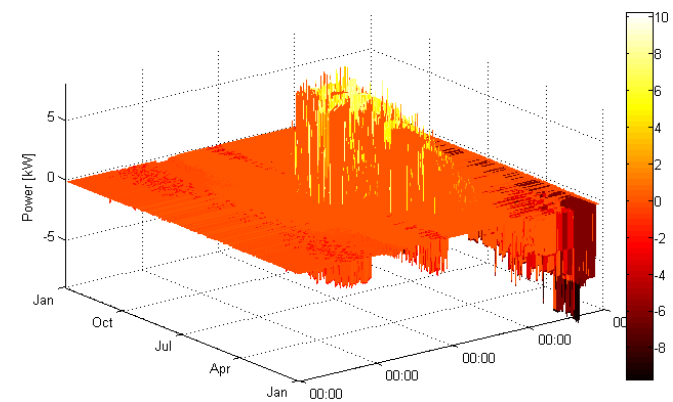
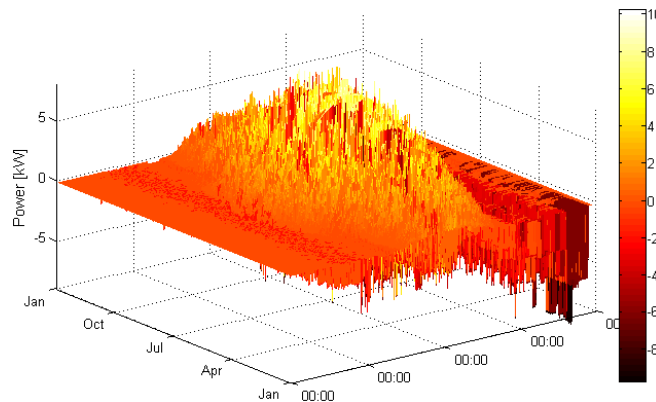
Copyright DISNEY ENTERPRISES

- Optimierungskriterien?
- Betrachtung: Gebäude, Quartier, Stadt, Region
- Wer gleicht wen aus?
- Entwicklung des Pricing-Systems; Angebot-Nachfrage, Auktionen..
- **Grad des Automatismus...**
- **Trend in welche Richtung...?**
- Hardware für die Intelligenz, Zugänglichkeit, Sicherheit, Zuverlässigkeit
- Sind lokal autonome Regelstrecken überregional regelbar und wie?

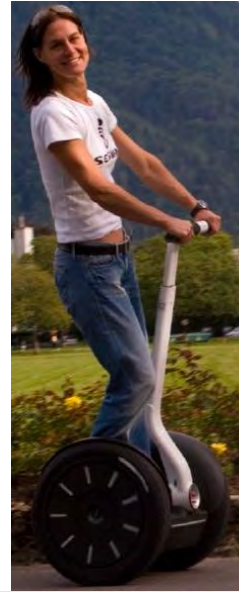
Projekt: Speicher im EFH oder Quartier

- Auslegung und Regelstrategien sind entscheidend
- Die Planung ist aber hochkomplex,
- weil viele Randbedingungen bestehen
- und zukünftige Entwicklungen im bereich Smart-Grids noch nicht so klar sind.

→ Grosser Forschungsbedarf!

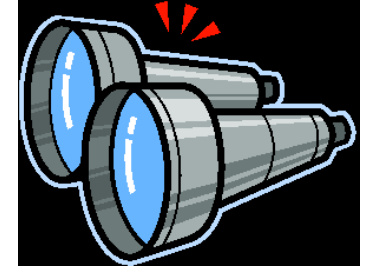


Übersicht



1879: Berliner Gewerbeausstellung: 1. el. Bahn

1. **WER** redet über **WAS?**
Vorstellung CC IIEE
2. **Was ist das Problem?**
2 Hauptprobleme
Trends, Veränderungen
3. **Speicher & Integration**
Klassifikationen
mobiler, stationärer
Einsatz
4. **Projekte**
Living & Mobility
5. **Fazit**



Fazit

1. Ist Ausgangspunkt Klima (2050), Öl, EVs: Speicher wichtiger als neue Erneuerbare!
2. Das neue Zeitalter ist längst Realität, aber wie genau ist noch **unklar...!?**
3. Energiespeicher sind wichtig: im Grossen (PSW) oder im Kleinen (PV und Batterie, EVs..)
4. **Genaue Zielsetzung für Nutzen Speicher z.B. für PV nötig! Trends verfolgen! Grosser Forschungsbedarf!**
5. Speicherklassifikationen: Grösse, Einsatz, Ort, Kosten
6. **Systeme im Auge behalten: „Living & Mobility“ (Gebäude, Infrastruktur, V2G Aspekte, Smart-Grid, etc. ...)**
7. Regelungsprobleme, Kommunikation sind hier wichtig!