

PV Batterie Speicher Systeme

Franz Baumgartner

ZHAW, IEFE, Winterthur, Switzerland

www.zhaw.ch/~bauf see also www.researchgate.net

ebw Energie Bewegt Winterthur, 22.09.2016, Casino Theater Winterthur

Content

- 1. Lernrate der Photovoltaik - Kosten**
- 2. Lernrate der Li-Batterie - Kosten**
- 3. Markt der Autarkie**
- 4. Trends and Stromtarife**



Advertisement photos, such as this one that appeared in the 1956 issue of Look Magazine, show off the "Bell Solar Battery" to the American public.
Ref. L. Kazmerski, WCPSEC Kyoto, Japan 2014

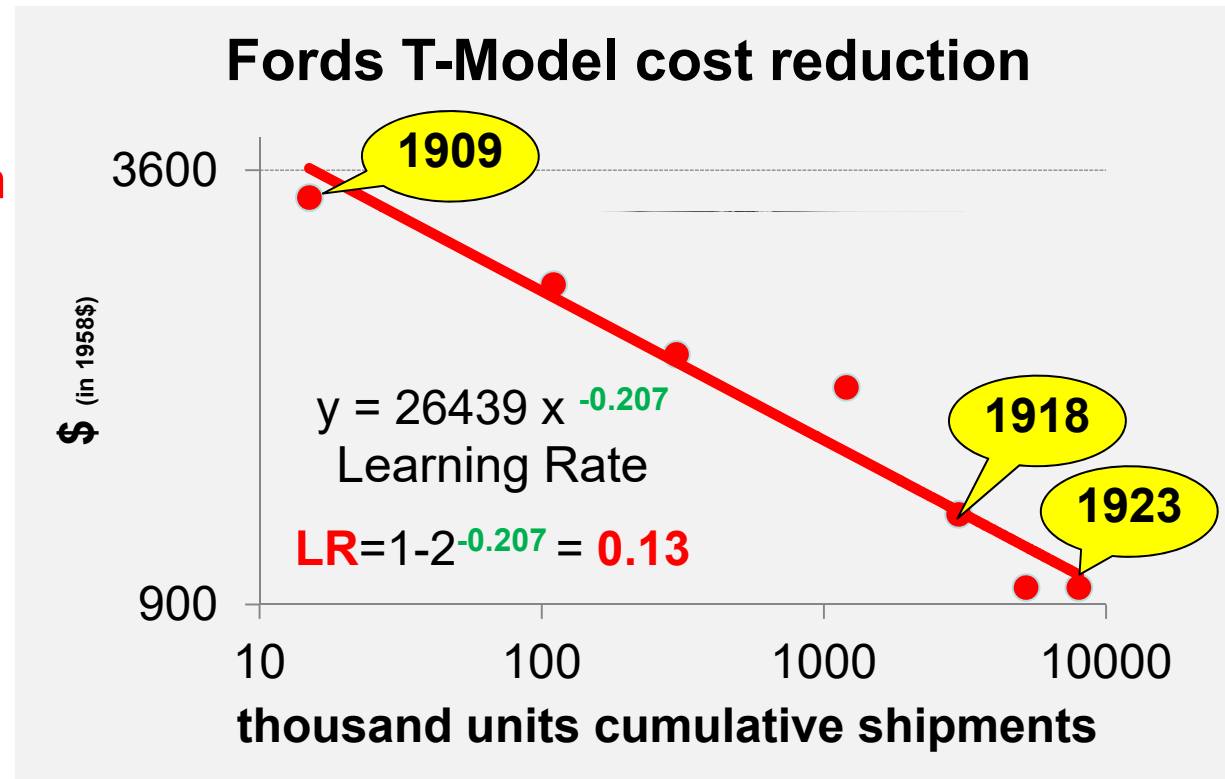
Start of the Industrialisation 100 years ago

Henry Ford: Production & Labor Innovations

Ford was dedicated to the production of an **efficient and reliable automobile that would be affordable for everyone**; the result was the **Model T**, starting in October **1908**.

Practice techniques of **mass production**

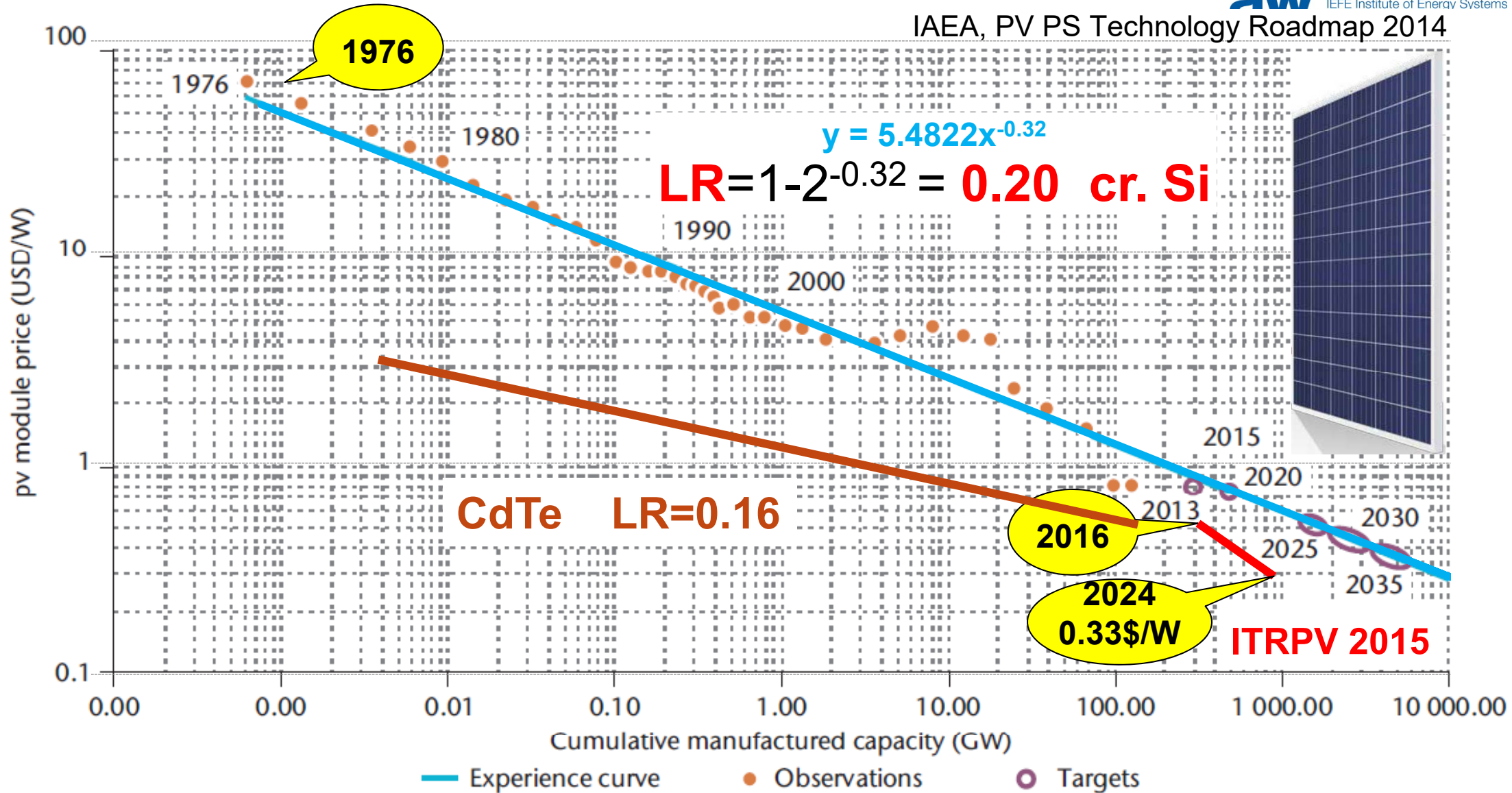
- use of large production plants
- **standardized**
- interchangeable parts
- and the **moving assembly line**



Mass production **cut down on the time** required to produce an automobile, which allowed costs to stay low. (in **1918** US market share about 50%).

Industrielle Lernrate der PV bei LR = 20%

IAEA, PV PS Technology Roadmap 2014



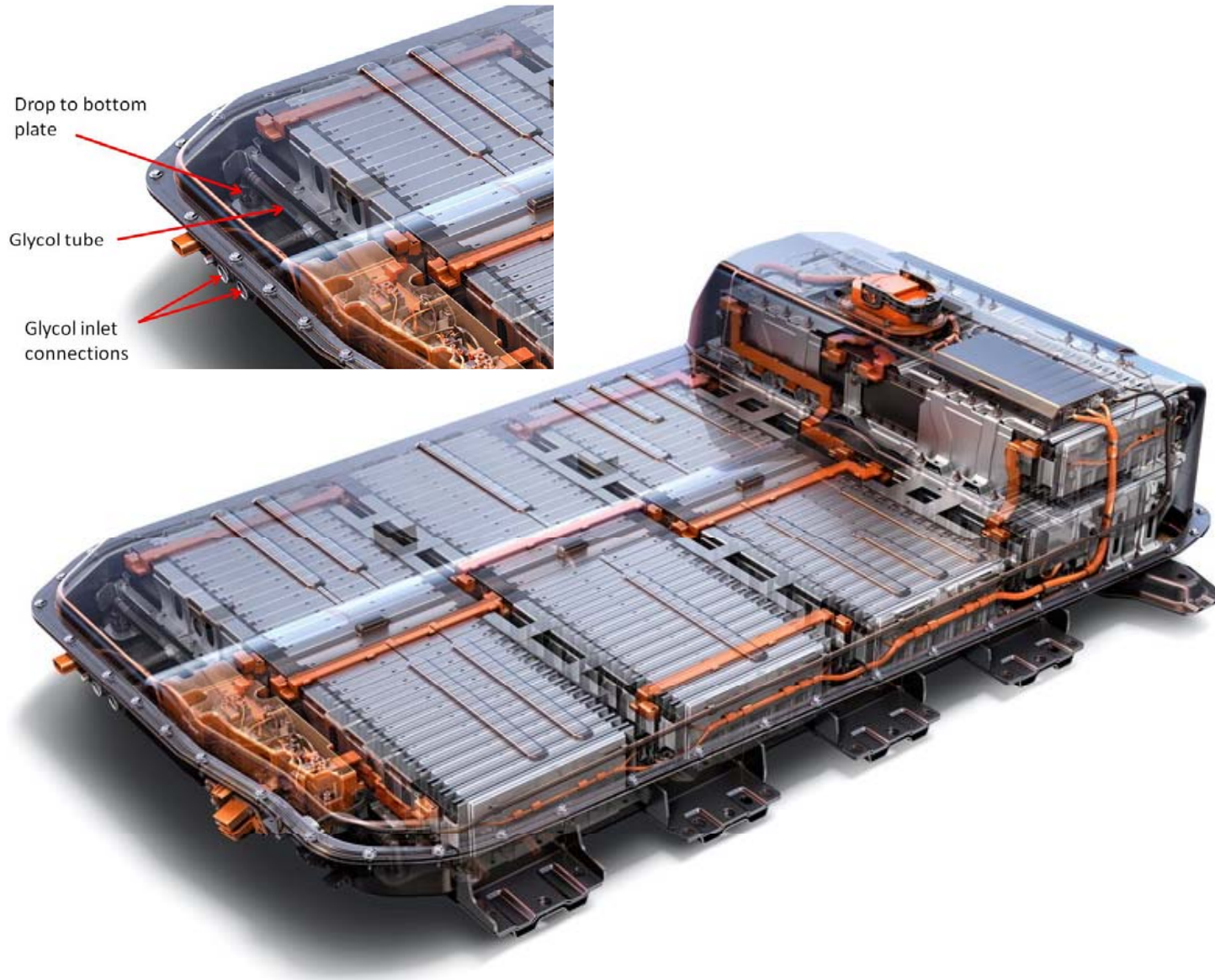
S. Nowak et al; IEA, PVPS, Technology Roadmap, Edition 2014

G.C. Nemeth, 2006, Energy Policy (34), p3218; discussed LR 0.17 and 0.26

C. Harmon, 2010, IASA Laxenburg Austria, Interim Report IR-00-014, Experience Curves of Photovoltaic Technology

P. Verlinden, CTO Trina, EUPVSEC 2016, parallel session IEA PVPS (CdTe data)

Die Antriebsbatterie

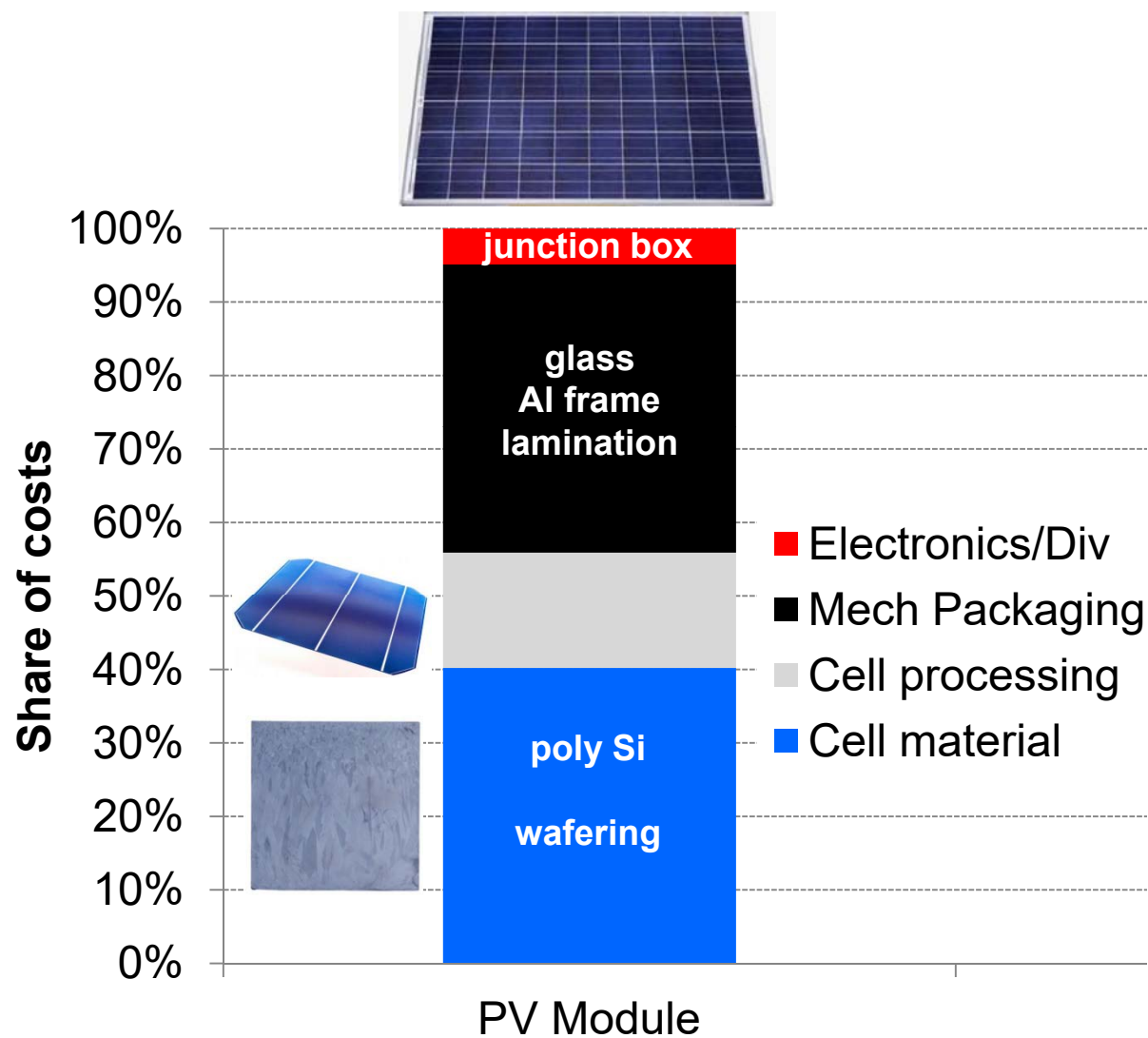


1. Chevrolet Bolt EV

Price: \$37,500

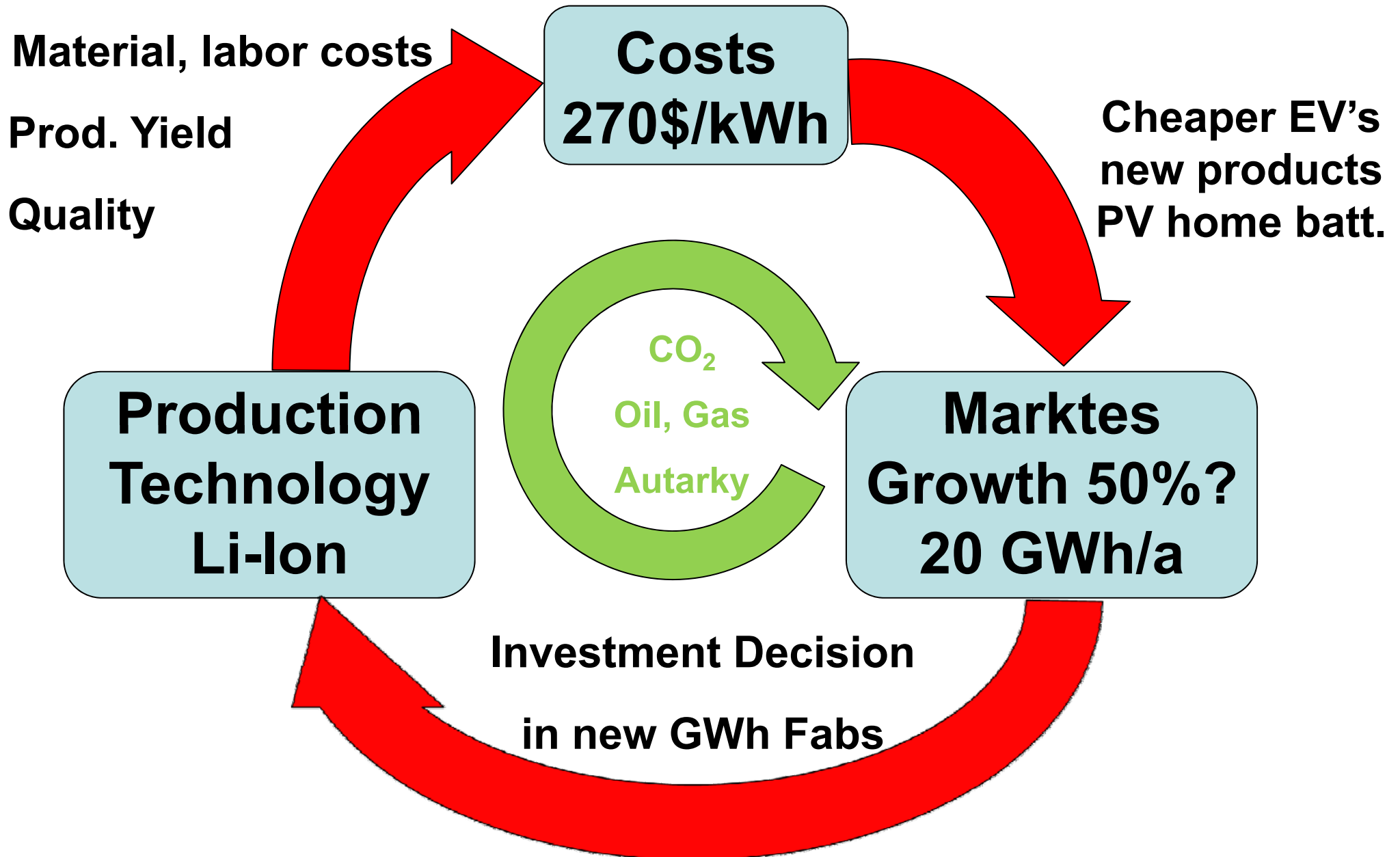


Kostenaufteilung der Komponenten PV Modul versus Li-Batterie

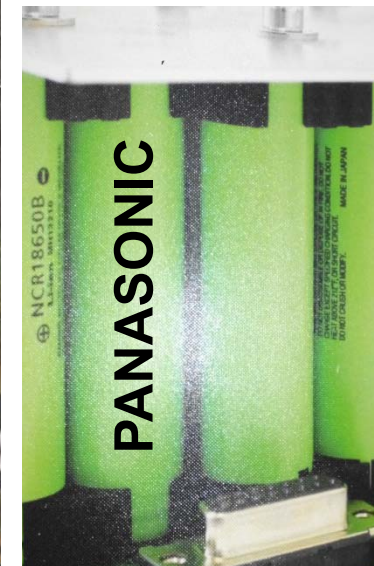


6 inch poly cr. Si Module, 0.51\$/Wp prize (20% margin?)
2016 june, <http://pvinsights.com/>

Treiber der Kostenreduktion von Batterien



2020 TESLA's full capacity to be reached



Web visited Juni 2016 - <https://www.teslamotors.com/gigafactory>


Tesla broke ground on the Gigafactory in June 2014 outside Sparks, Nevada, and we expect to **begin cell production in 2017**. **By 2020, the Gigafactory will reach full capacity** and produce more lithium ion batteries annually than were produced worldwide in 2013. **more than 35 GWh of battery cells and 50 GWh of battery packs**, but CTO JB Straubel, 2015



Investments in battery fabs

Investment cumulated till 2015, Ref. Roland Berger, 2016 and others

- **\$ 1.60 bn** / 500 000? EVs (35GWh/a)/ Panasonic → Tesla
 (Ref: Feb. 9, 2016, www.businessinsider.com; Model S @ 90kWh, Model 3 @ 60kWh); ?
 5\$/kWh invest cells over 10 years depr.
- **\$ 1.50 bn** / 420 000 Evs (?10GWh) / ASEC → Nissan/Renault
- **\$ 0.85 bn** / 400 000 EVs / LG Chem → GM, Daimler
- **\$ 0.50 bn** / (25GWh/a) /Daimler Kamiz /(LG Chem) → Mercedes
 (Ref: Mar. 3, 2016, A. Rueckemann, Daimler, Bad Stafelstein, OTTI)



18 500€
 +Li Battery Leasing
 Germany 2016
 7.6€cent/km or **0.43€/kWh**


Company	Capacity	Evs equivalent capacity (@70kWh)	Production start	Location
Panasonic/ Tesla	35GWh	500k	2016	Nevadam US
LG Chem	7GWh	100k	2016	Nanjing, China
	1.6 GWh	22.8k	Expansion	Michigan, US
Foxconn	15GWh	214k	2016	Anhui, China
BYD	20GWh	286k	2020	various, China
Boston Power	10GWh	143k	2020	various, China
Samsung	1.5GWh	21.4k	Expansion	Ulsan, South Korea
	Combined		Expansion	Xian, China

Goldman Sachs Global Investment Research Nov 2015

REPORT Oct 8th 2015 at 10:01AM

GM says li-ion battery cost per kWh already down to \$145

EV Battery Costs May Approach Tesla's Levels By 2020



OK for battery cells not for battery pack

Globale EV Marktprognose – BEV&PHEV

in 2016 über 1Mio EV's im Einsatz (ca. 0.1%) // BEV +1%/a Neuwagen

Table 3 • Electric car stock targets to 2020 based on country commitments

Countries with announced targets to 2020 or later	2015 EV stock (thousand vehicles)	2020 EV stock target (million vehicles)	EV share of all cars sold between 2016 and 2020	EV share in the total 2020 stock	Source
Austria	5.3	0.2	13%	4%	BMVIT, 2012
China*	312.3	4.6	6%	3%	State Council, 2012
Denmark	8.1	0.2	23%	9%	ICCT, 2011
France	54.3	2.0	20%	6%	MEEM, 2011
Germany	49.2	1.0	6%	2%	IA-HEV, 2015
India	6.0	0.3	2%	1%	LBNL, 2014
Ireland	2.0	0.1	8%	3%	SEAI, 2014
Japan	126.4	1.0	4%	2%	METI, 2016
Netherlands**	87.5	0.3	10%	4%	EVI, 2016a
Portugal	2.0	0.2	22%	5%	IA-HEV, 2015
South Korea	4.3	0.2	4%	1%	MOTIE, 2015
Spain	6.0	0.2	3%	1%	MIET, 2015
United Kingdom	49.7	1.6	14%	5%	EC, 2013 and CCC, 2013
United States***	101.0	1.2	6%	2%	IA-HEV, 2015
Total of all markets listed above	814.1	12.9	7%	3%	

0.7% EV/Neuwagen

10% EV/Neuwagen

0.7% EV/Neuwagen

ca. 13 Mio EV's global im Betrieb prognostiziert für 2020

ca. 2Mio BEV's Neuwagen im Jahr 2020

Neue Elektroautos



Future: Tesla Model 3

Price: \$35,000



1. Chevrolet Bolt EV

Price: \$37,500



2. Volkswagen e-Golf

Price: \$29,815 - \$36,415



3. Ford Focus Electric

Price: \$30,045

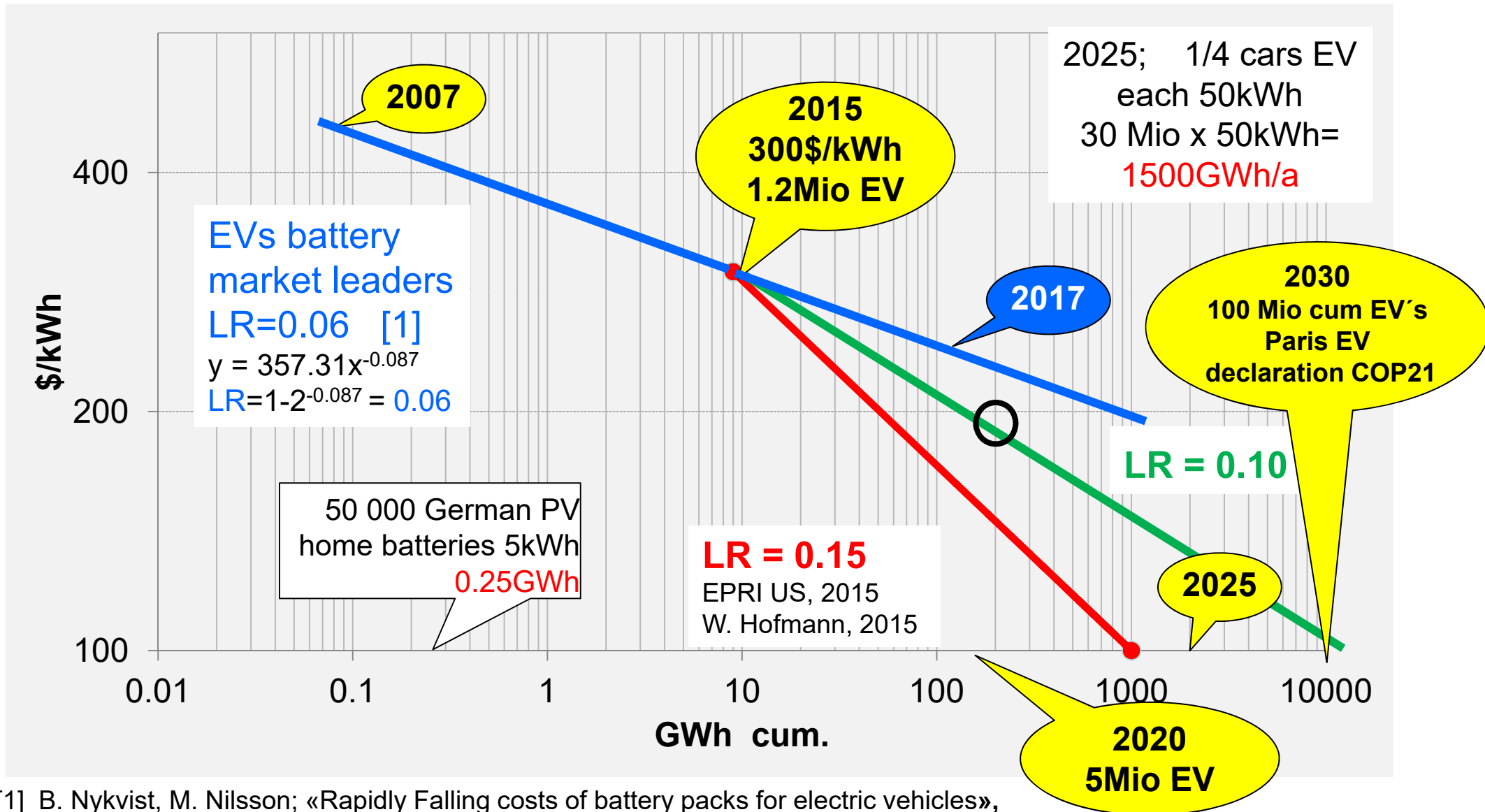
- **VW will** ab 2025 ca. **2 bis 3 Mio EV** verkaufen, 30 Modelle) **>200GWh**
2025 soll 20 bis 25% des Umsatzes elektrisch sein (FAZ 2016-06)
- Ford aktuelle 6 EVs bis 2020 dann 20 EVs im Angebot
4 500 Mio \$ Investition angekündigt
- GM BOLT 37 500\$ /383km, Markteinführung 2016!
bisher VOLT/Ampera EV-Hybrid
- Tesla Model 3; 35 000\$ / 346km, Markteinführung 2017e!

Press, 15. Sept 2016

Frankfurter Allgemeine

The New York Times

Learning Curve Li-Ion Battery Packs



[1] B. Nykvist, M. Nilsson; «Rapidly Falling costs of battery packs for electric vehicles», Stockholm Environment Institute & KTH Royal Institute of Technology, Stockholm; Nature Climate Change; 9th Feb 2015

Intersolar June 2016



PV Battery
Mercedes



PV Battery
China
BYD

17 years battery
manufacture experience
LiFePo

0.3GWh MWh

Batteries service in
EVs, Buses and ESS
z.B. China Southern
Grid 3MW/12MWH



Intersolar Juni 2016

EV und PV Battery

BMW u Solarwatt – the same owner Klatten



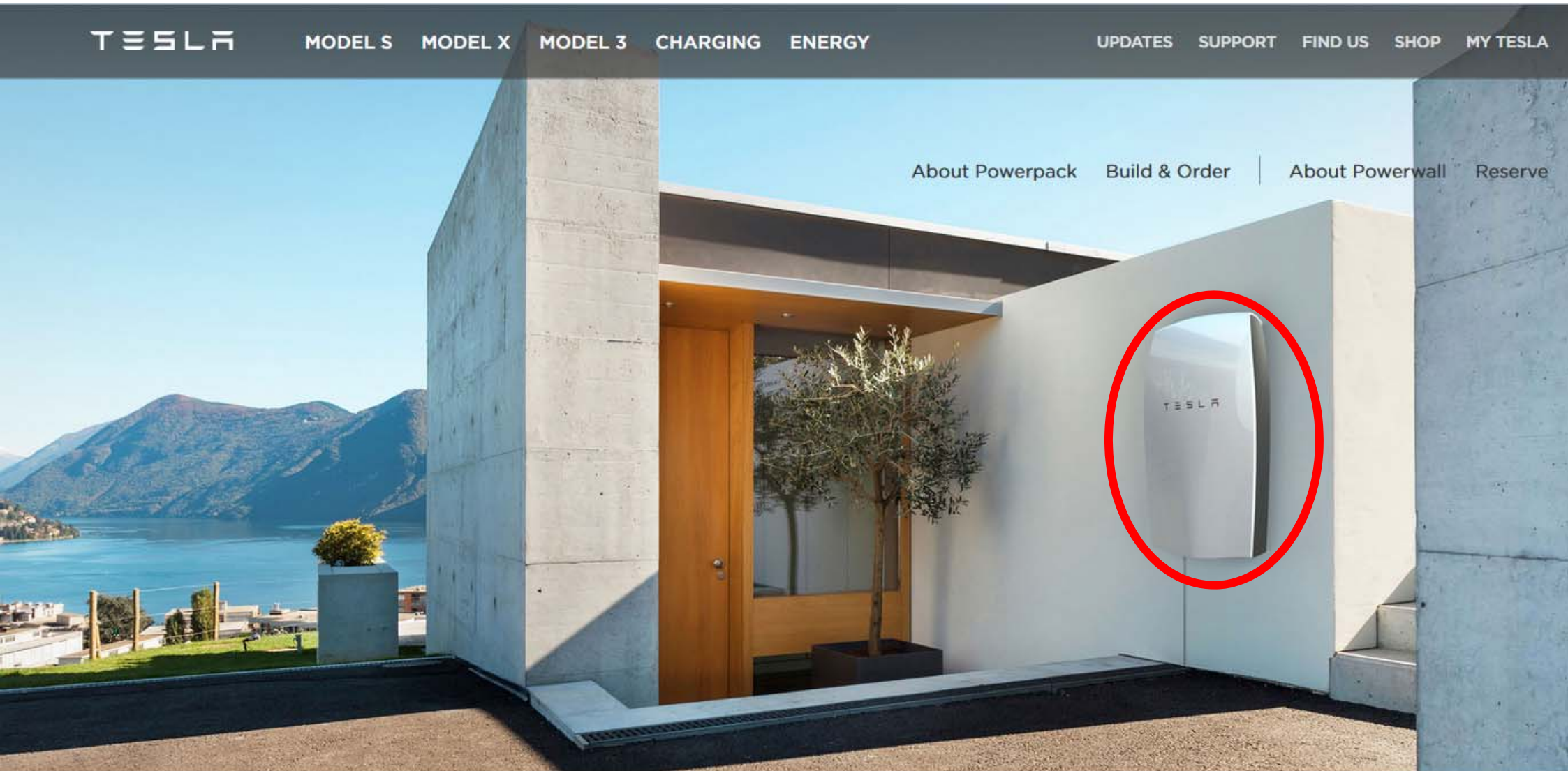
Selling price inc. taxes

5500€ / 4.4kWh =

1250 €/kWh

no inverter – mounting?

Marketing der Tesla Powerwall



Powerwall

Tags - laden
Nacht - entladen

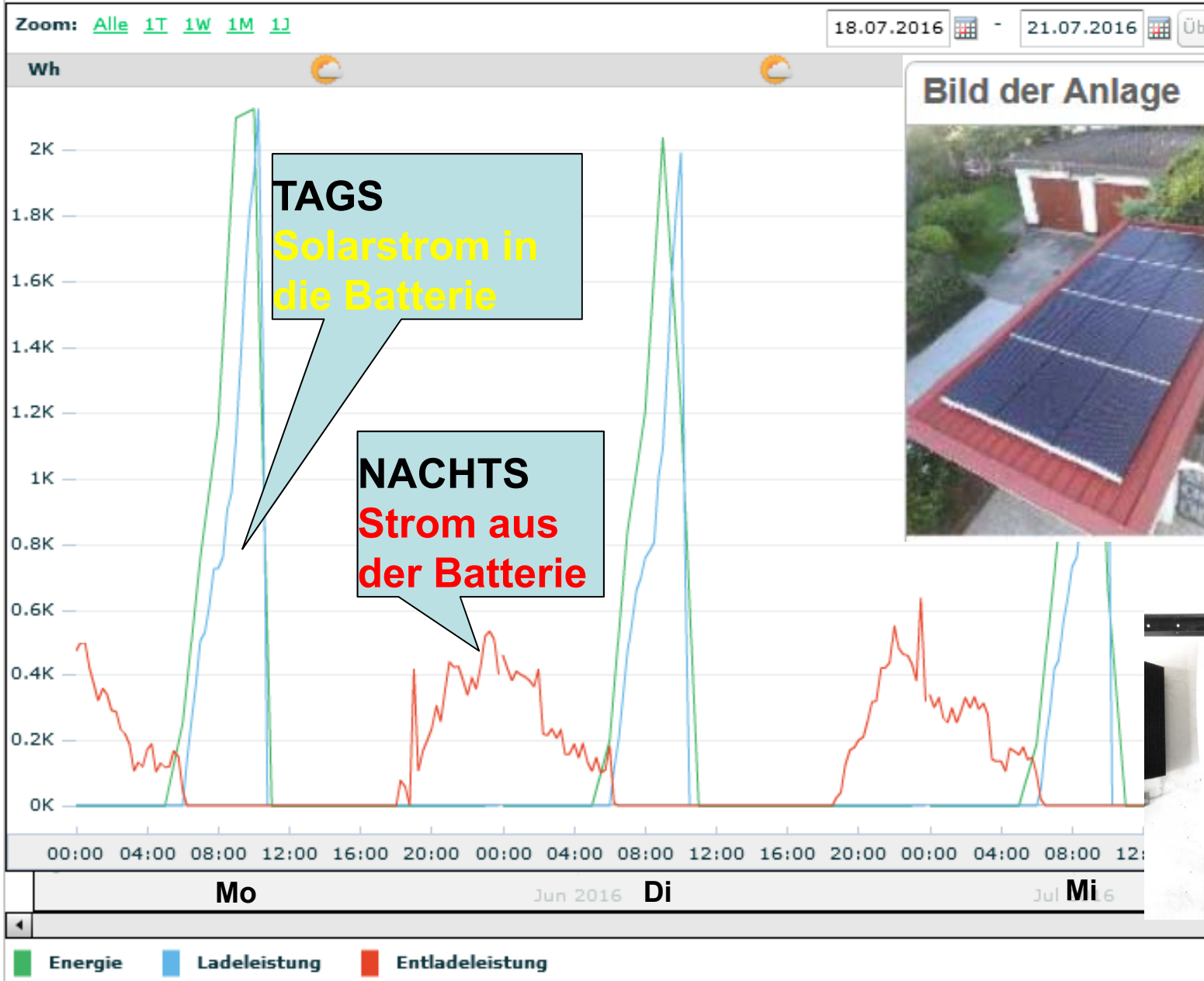


Bild der Anlage



Nur 6% des Wochenstroms kommt vom Netz

14.07.2016 - 21.07.2016

Produktion: **179,73 kWh**

Verbrauch: **87,35 kWh**



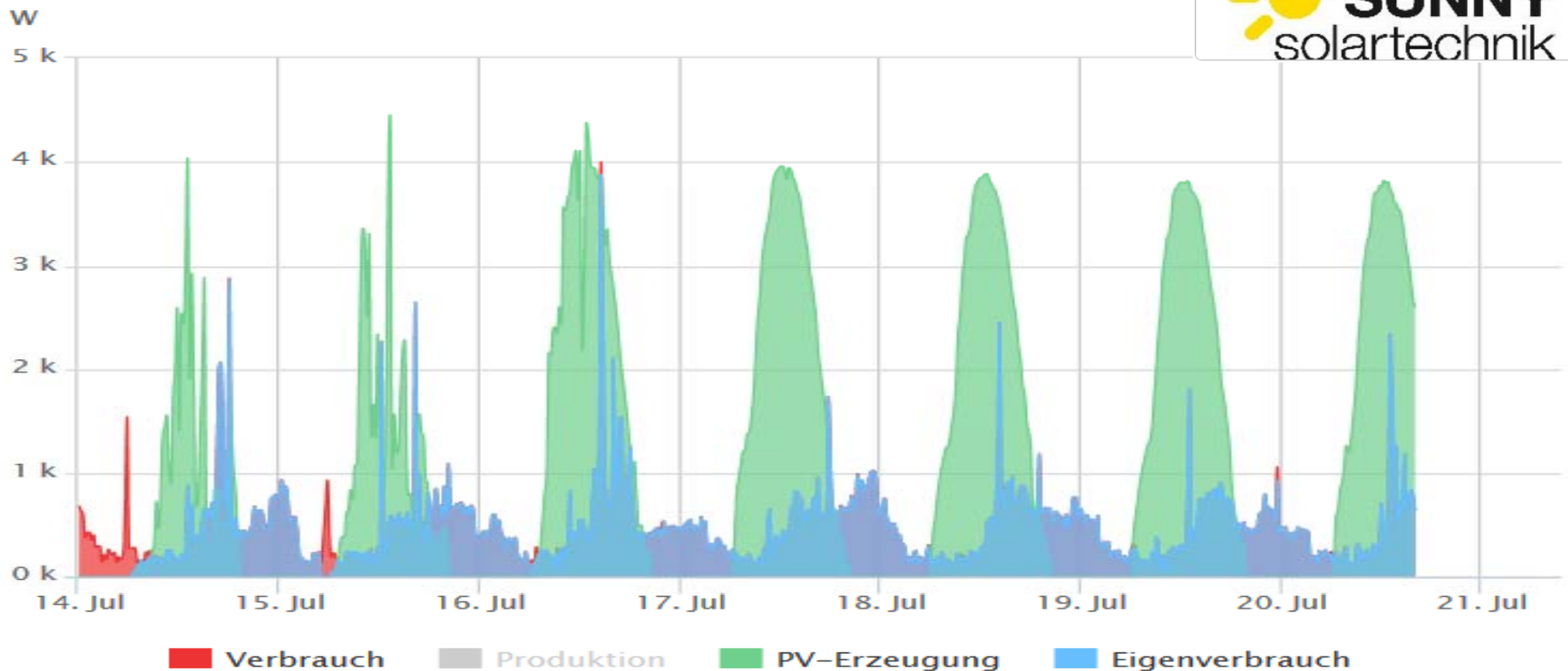
Eigenverbrauch:
81,99 kWh

Einspeisung:
97,74 kWh



Eigenproduktion:
81,99 kWh

Zukauf:
5,37 kWh



22% des Juni-Stroms kam vom Netz

01.06.2016 - 30.06.2016

Produktion: **721,33 kWh**

Verbrauch: **449,91 kWh**

49% 51%

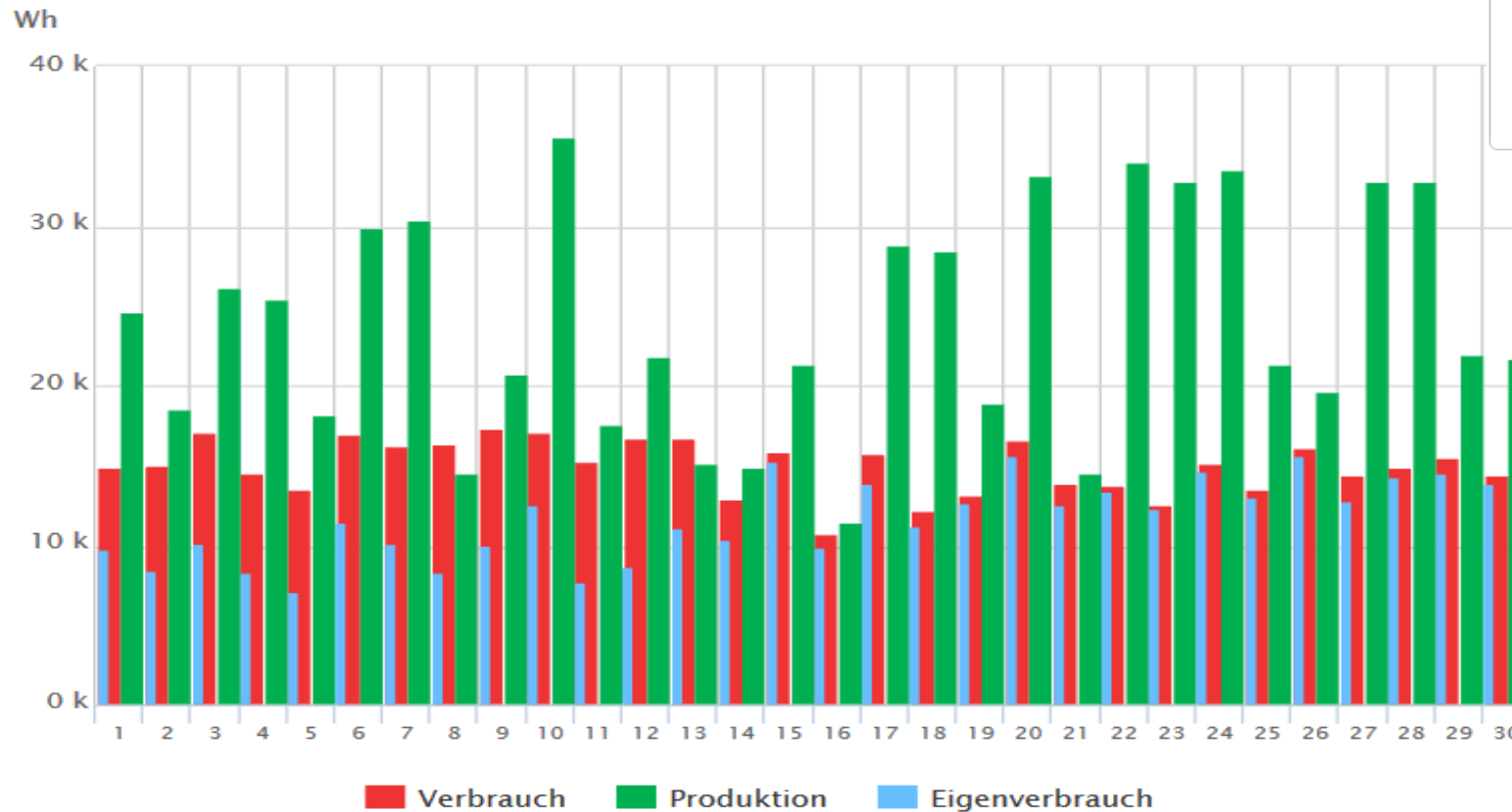
78% 22%

Eigenverbrauch:
350,92 kWh

Einspeisung:
370,41 kWh

Eigenproduktion:
350,92 kWh

Zukauf:
98,99 kWh

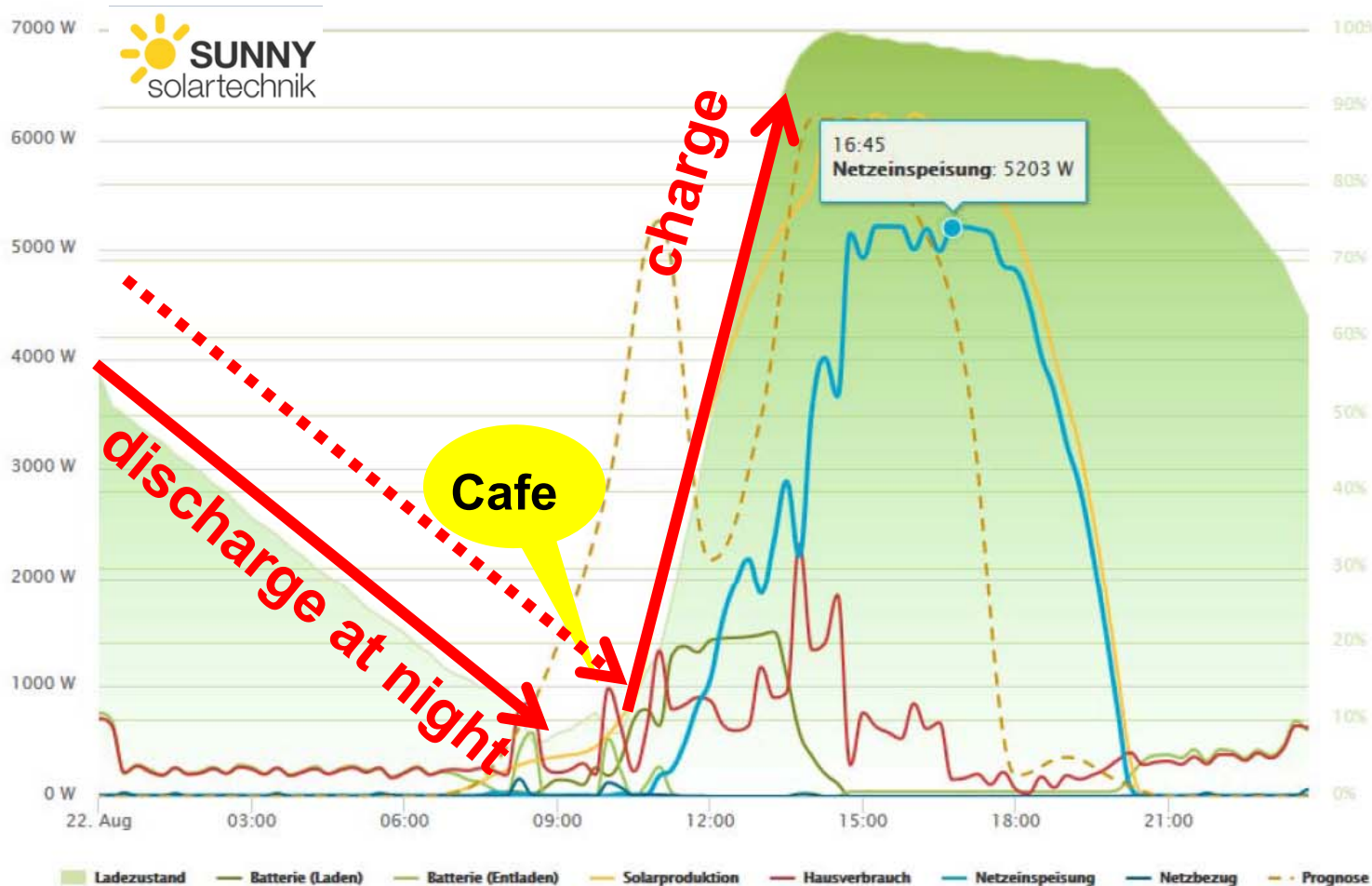


Jun 2016 Übernehmen

◀ Vormonat | Nächster Monat ▶

Measurements in Aug 2015 – sunny day

4.6kWh Li-Speicher, 8kWp PV, lake of Constance, D



	Self cons. cons./PV
Standard 5 5000kWh	20% to 35% 1.1 - 1900kWh
Heat pump hot water	+16% +900kWh _{el}
Heat pump room heat.	-
Battery kWh/kWp	+22% 1200kWh
E-vehicle 2000kWh 10 000km/a	+9% to +25% 500-2000kWh

Fig. 3-25 Monitoring data of daily characteristics of the 22th Aug 2015 with a 8kWp PV roof top system (PV production this day $E1+E2+E3=45.0\text{kWh}$ with $E1=30.93\text{kWh}$ feed into public grid) is shown together with the state of battery charge (green area $E3=4.6\text{kWh}$ loaded and $E4=4.3\text{kWh}$ discharged this day) and red the total electricity consumption ($E4+E5+E6=10.8\text{kWh}$ this day and 4500 kWh annually demand) for a single family

PV + Hausbatterie

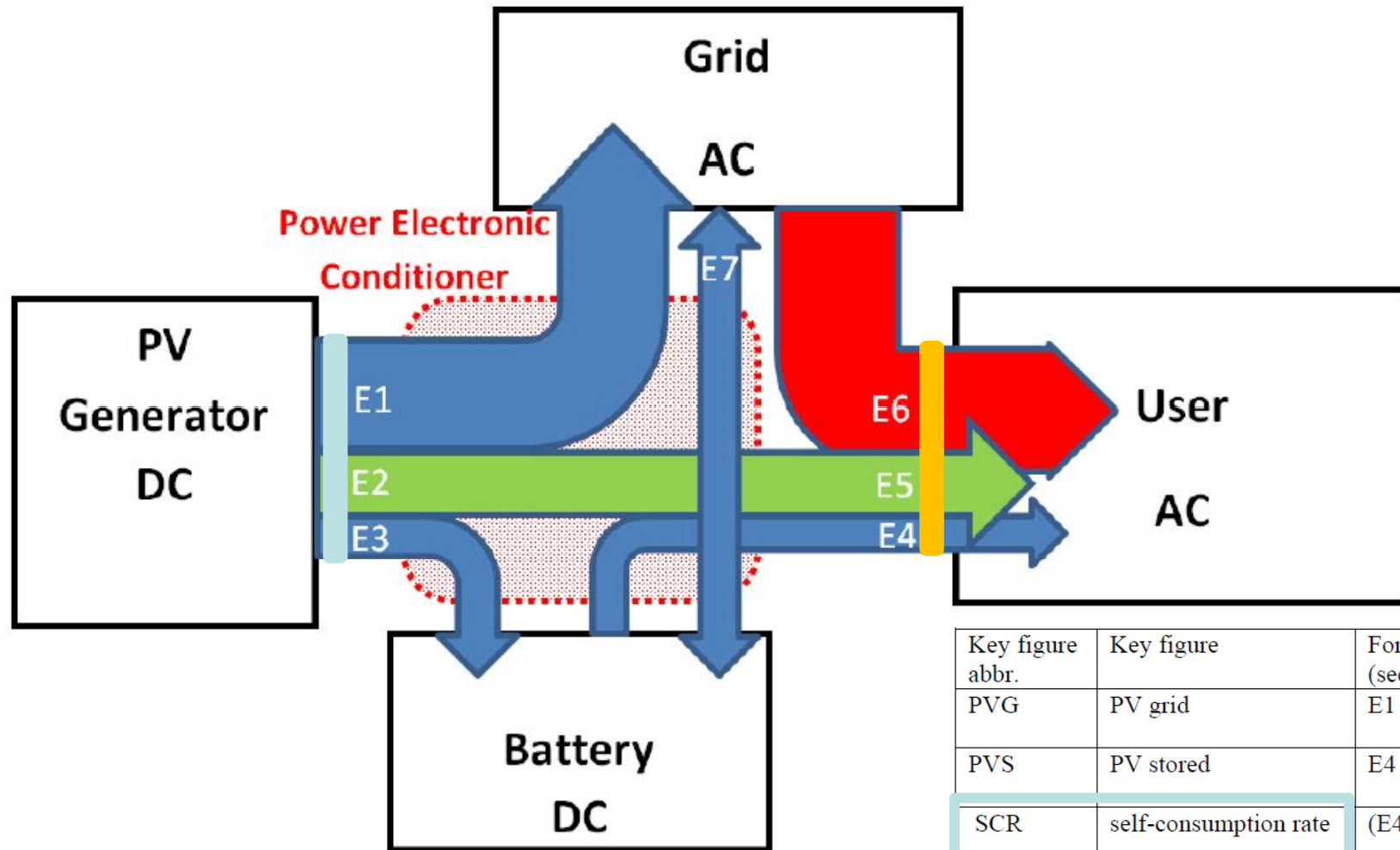
hohe Autonomie im

Apr, Mai, Jun, Jul, Aug, Sep

Grobe Kostenabschätzung relevante Parameter

- Investitionskosten **pro kWh** Nennkapazität
1000 Fr
- Von Batterie pro kWh Nennkapazität
bei **250 Jahres Vollzyklen**
gelieferter kWh pro Jahr 250kWh
- geliefert über 10 Jahre 2500kWh
- Kostenanteil ohne Zins, Betrieb
1000Fr/2500kWh = **0.4Fr/kWh**

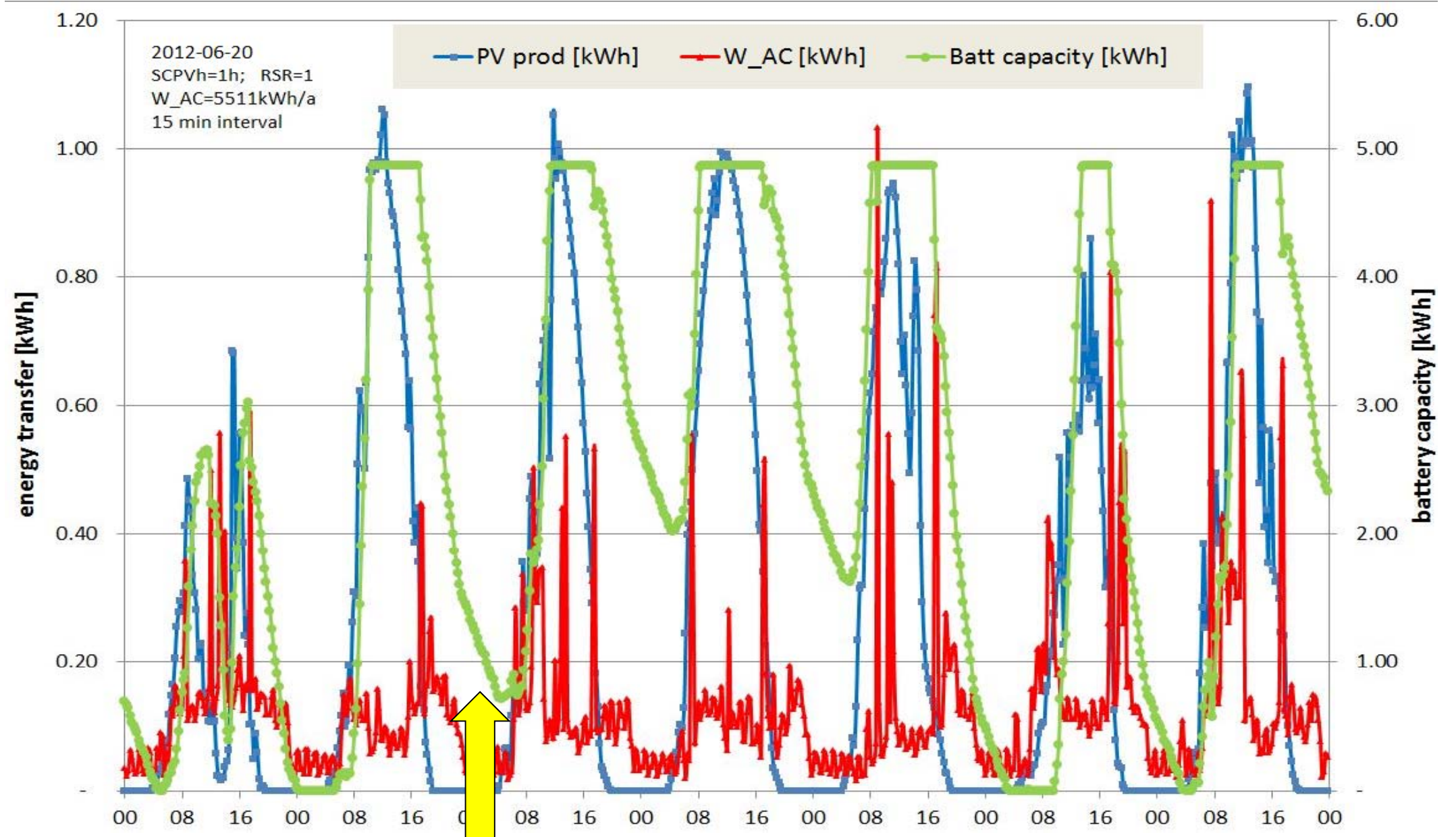
Energieflüsse und Kennzahlen



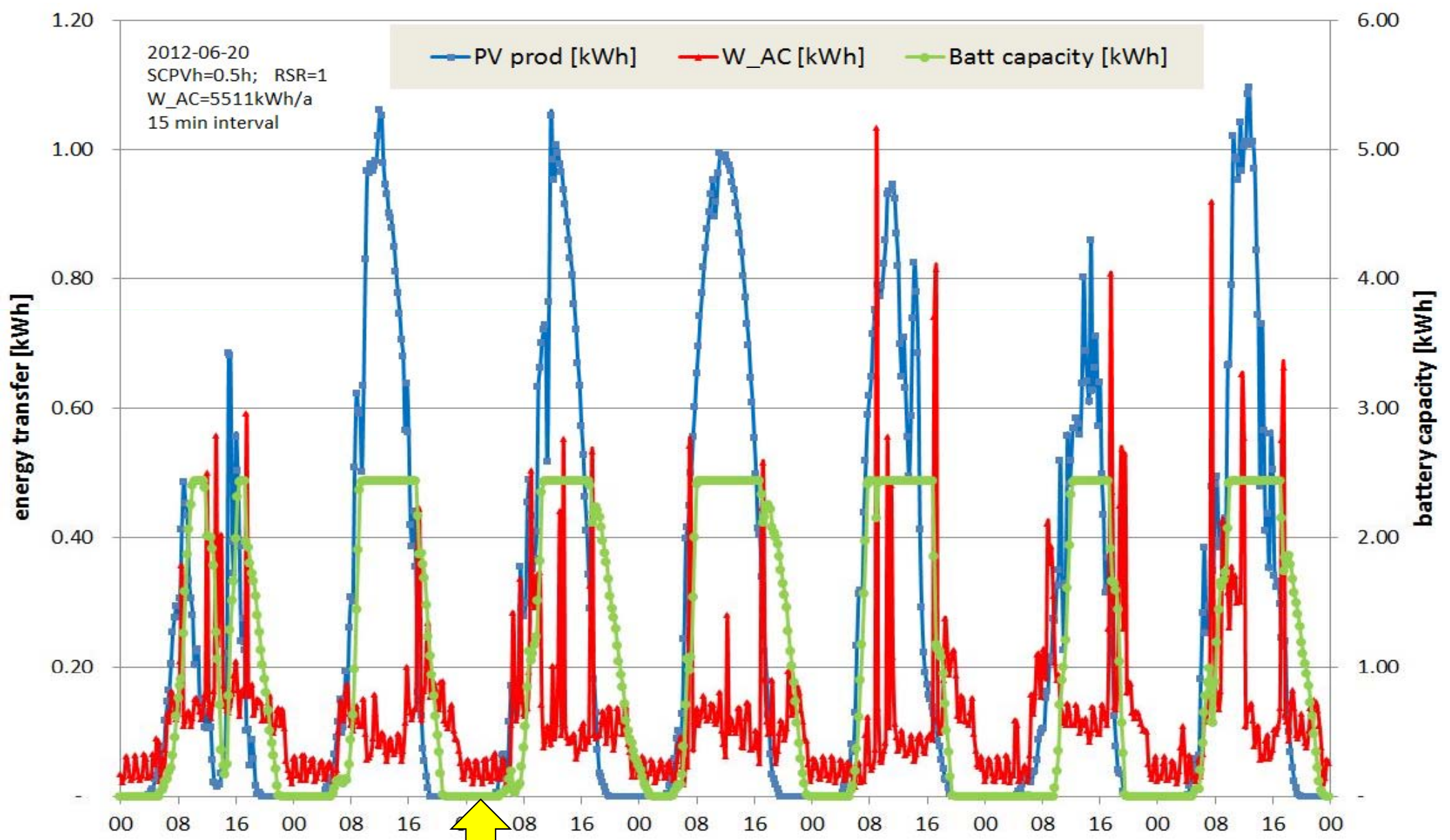
Key figure abbr.	Key figure	Formula (see Fig. 24)
PVG	PV grid	E1
PVS	PV stored	E4
SCR	self-consumption rate	$(E4+E5)/(E1+E2+E3)$
ISCR	immediate self-consumption rate	$E5/(E1+E2+E3)$
SSR	self-sufficiency ratio	$(E4+E5)/(E4+E5+E6)$
PSR	prosume ratio	$(E1+E2+E3)/(E4+E5+E6)$
SCPVh	storage capacity PV hours	C / P_n [kWh/kWp] , [h]

F. Baumgartner, chapter 6, PV BOS components inverter
Pearsall, N. (Scheduled for 2016 publication)
*The Performance of Photovoltaic Systems:
Modelling, Measurement and Assessment*, London, Elsevier.

1 Stunden Batterie : 6kWh bei 6kWp PV



1/2 Stunden Batterie : 3kWh bei 6kWp PV



Energieflüsse und Kennzahlen - Kosten

PV sizing	battery sizing	self PV consumption	from storage	self-sufficiency	Annual usage	Invest. 1300€/kWh costs
PSR	SCPVh [h]	ISCR	SCR-ISCR	SSR	battery cycles	storage €/kWh
1	1	34.2%	22.3%	56.5%	253	0.51
1	2	34.2%	28.9%	63.1%	163	0.80
1	0.5	34.2%	13.6%	47.8%	307	0.42
2	1	20.3%	16.8%	74.2%	190	0.68
2	0.5	20.3%	12.6%	65.8%	286	0.46
0.8	2	39.8%	31.7%	57.2%	179	0.73
1.2	0.5	30.0%	13.5%	52.2%	305	0.43
1	20	34.2%	34.8%	69.0%	20	6.50

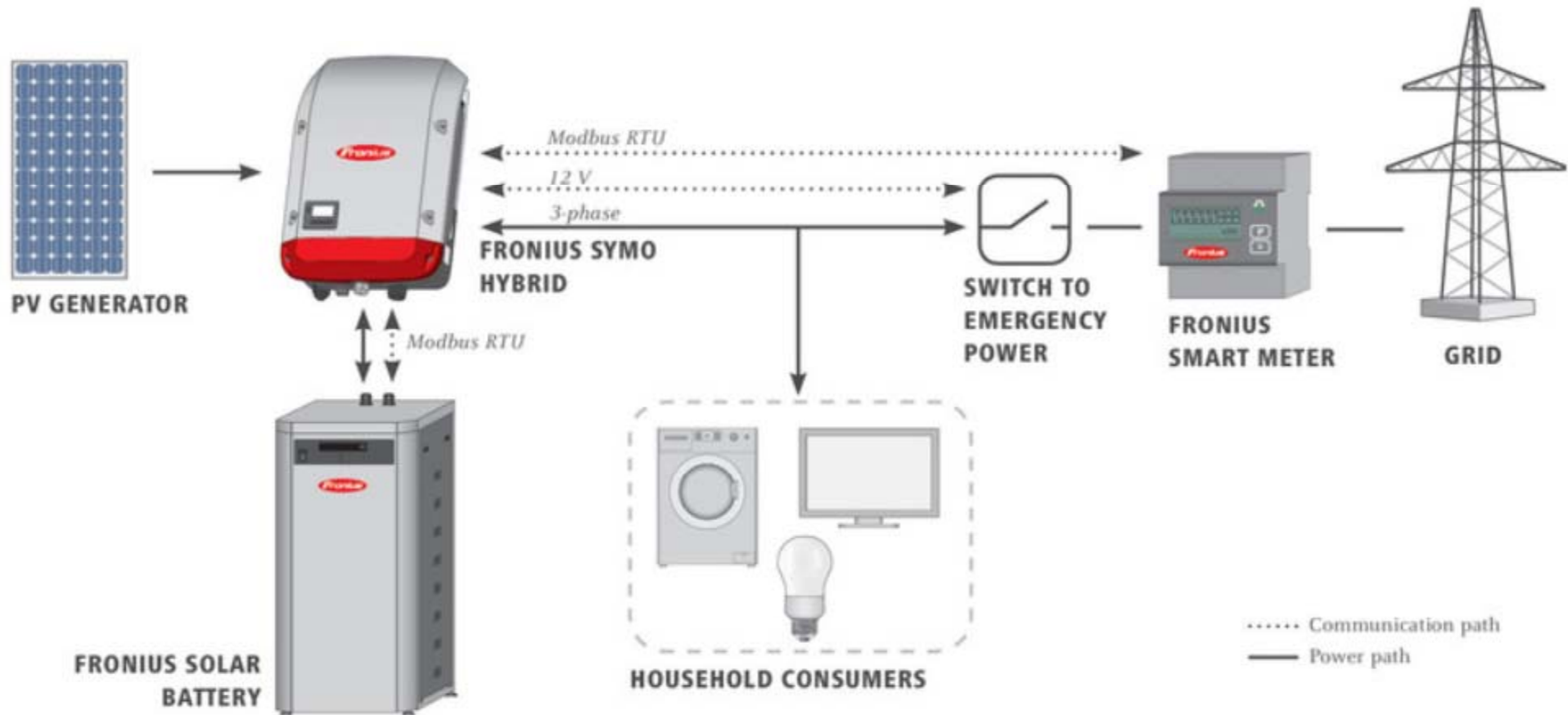
SCR	self-consumption rate	$(E4+E5)/(E1+E2+E3)$
ISCR	immediate self-consumption rate	$E5/(E1+E2+E3)$
SSR	self-sufficiency ratio	$(E4+E5)/(E4+E5+E6)$
PSR	prosume ratio	$(E1+E2+E3)/(E4+E5+E6)$
SCPVh	storage capacity PV hours	C / P_n [kWh/kWp] , [h]

F. Baumgartner, N. Pearsall, PV Performance, Wiley, 2016

Will ich auch haben,
wenn der Preis stimmt!

Fronius Symo Hybrid PV+Storage

ist gleichzeitig Photovoltaik- und Batteriewechselrichter, 3phasig für, 3, 4 bis 5kW



4 von 4



Multi Flow Technology is a comprehensive approach to energy flow control, with which the inverter becomes an intelligent control centre for all current flows.

http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_international/hs.xsl/83_20054_ENG_HTML.htm?inc=108602.htm#.VexktEa6ThE

PV home battery – cost estimation per kWh

Single Family house solution: PV Li-battery + Power Electronics – inverter + installation

F. Baumgartner, June 2016 in Germany

Typ. 850€/kWh Li-Battery 6kWh+ Inverter (price hardware for installer)

remaining Battery price about 700€/kWh (about twice of Tesla Powerwall 350\$/kWh pricing)

annual full cycles 250, 10 years of operation; component **-10%/a**

per kWh , per kW	costs 2016	costs 2020	costs 2025
Li-battery + BMS @ 6kWh	300 €	197 €	122 €
housing	100 €	66 €	41 €
power electronics	100 €	66 €	41 €
Total hardware	500 €	328 €	204 €
Overhead, software, sales (20%)	200 €	66 €	41 €
components price at factory gate	700 €	394 €	244 €
site installation	200 €	163 €	133 €
total costs incl. Installation (-5%/a)	900 €	557 €	377 €
economic rating cap. v. PVn / per kWh	0.36 €	0.22 €	0.15 €

0.08€/kWh

Plug in

AC battery

supermarket,

internet

PV Inverter 150€/kW <20kW, LR 0.19% from 1990 to 2013;

www.agora-energiewende.de , FhG ISE, 059/01-S-2015/EN; Publication: February 2015

Li-Battery, cost reduction 8%/a, P. Nyquist, Nature, Feb 2016

725 \$/kWh NEC all inclusive @ 200kWh

NEC Rolls Out Its Low-Cost Behind-the-Meter Battery System



Sept 2016

NEC Energy Solutions

modular storage system the

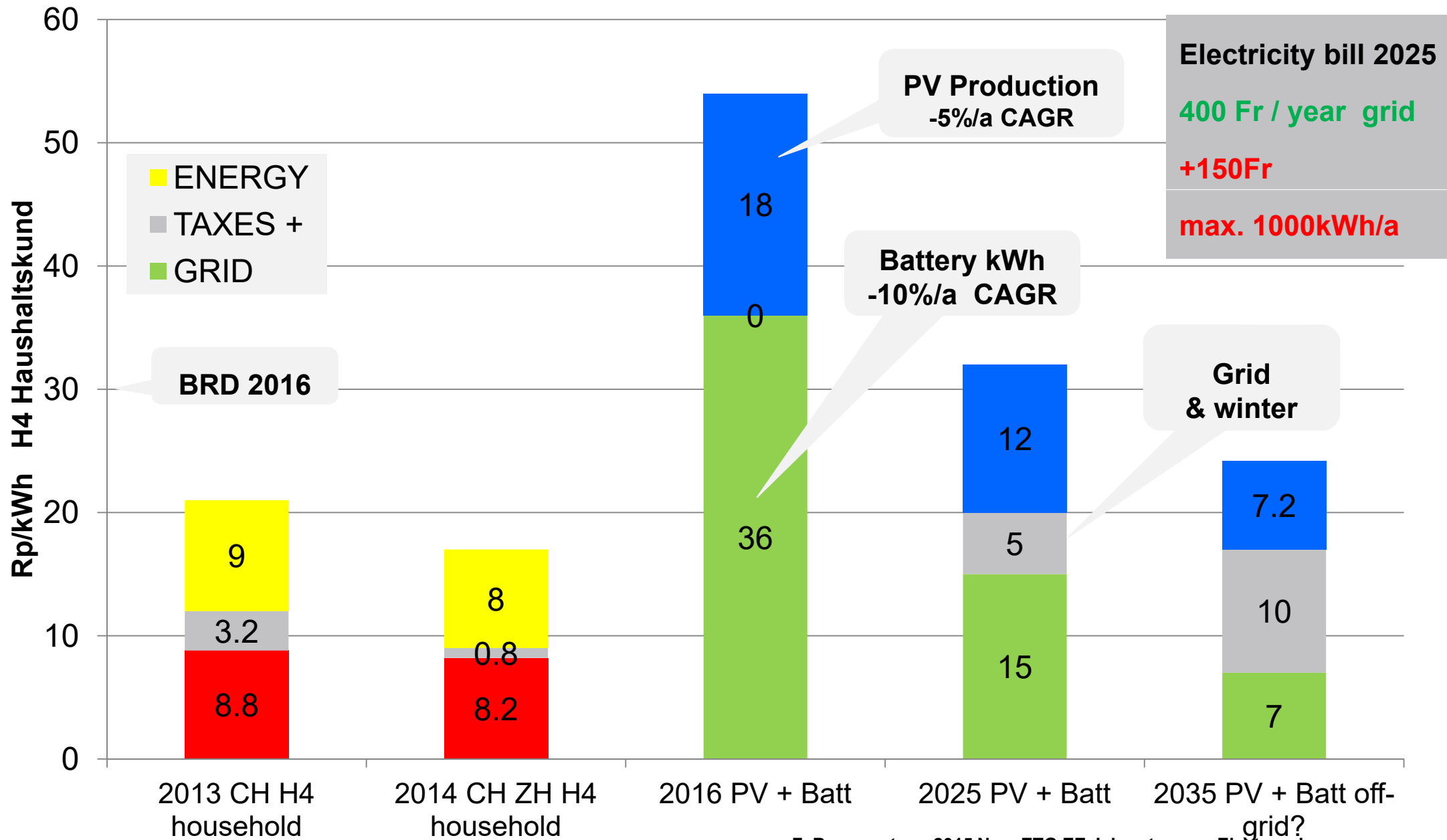
Distributed Energy Storage Solution
(DSS). 50 to 200kWh

Combining batteries, inverters and
control systems in modular systems
that can be installed and operated
in a standard way across multiple
sites.

Start 2017 spring in US

[2016-09-06 http://www.greentechmedia.com/articles/read/nec](http://www.greentechmedia.com/articles/read/nec)

PV Batterie Kosten und Ausblick- Schweiz



<https://weiterbildung.zhaw.ch/>

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

zhaw

**School of
Engineering**

Weiterbildungen im Bereich Energie

- Weiterbildungskurs (WBK)
Solarstromerzeugung, Speicherung
und Eigennutzung in optimierten
Stromnetzen

- Photovoltaik und Batteriespeicher
- Netze – Smart Grid
- Bewirtschaftungskonzepte



/ School of Engineering

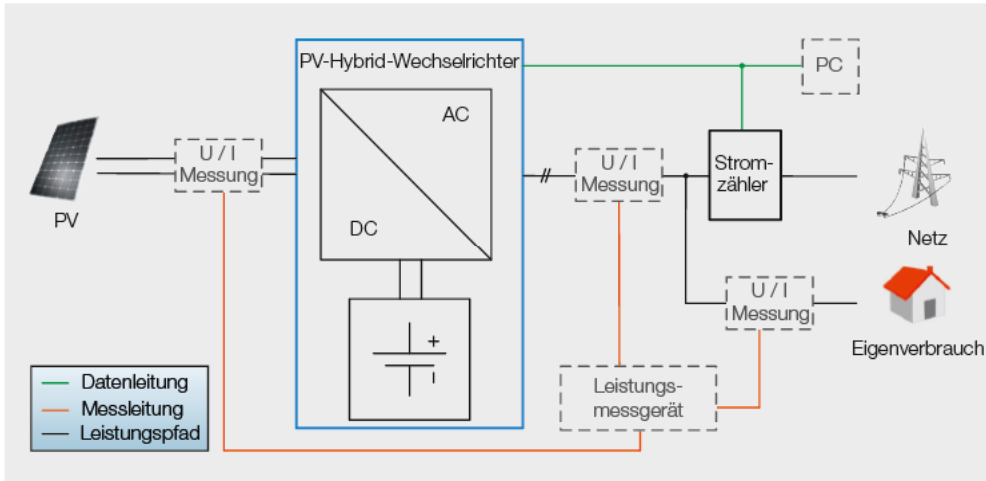
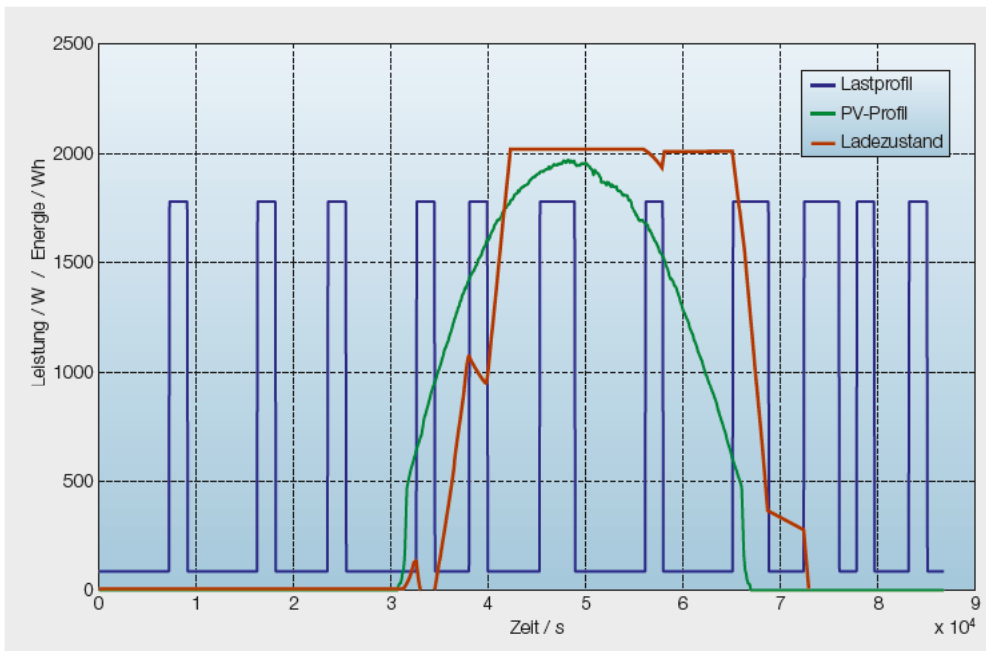


Bild 2 Übersichtsdiagramm des Messaufbaus für die Gesamtenergiebilanz.



Franz Baumgartner, 22.06.2016; EUPVSEC Munich; www.zhaw.ch/~bauf/



Bild 1 Am Renewable-Electrical-Energy-Lab des IEFE, ZHAW.

Messwert	Prüfling 1	Prüfling 2	Prüfling 3	Referenz
PV Erzeugung PQ	13 915 Wh	14 019 Wh	14 035 Wh	14 025 Wh
AC Einspeisung PAC	12 017 Wh	12 143 Wh	13 438 Wh	13 066 Wh
Gesamtwirkungsgrad	86,3 %	86,4 %	95,7 %	93,2 %
Haushaltsverbrauch	12 923 Wh	12 485 Wh	12 605 Wh	12 892 Wh
Netzbezug	7,5 kWh	5,4 kWh	6,7 kWh	8,8 kWh
Netzeinspeisung	6,7 kWh	5,1 kWh	7,5 kWh	8,9 kWh
Eigenbedarfsdeckung	42,0 %	56,7 %	46,8 %	31,7 %

Tabelle 3 Messergebnisse Lastprofil 1.

Sicherheit – wird zentral sein nicht nur Preis

Normen / Vorschriften / Leitfäden

- DIN EN 62619 für nur Li-Ionen- Batterieteil nicht Power Electr.
- DIN EN 50272 für Blei- und Nickel-Cadmium Batterien entw.
- DIN EN 62109, PV Power electronics incl. PV System
- BRD Projekt SAFTEYFIRST: KIT Karlsruhe, ISE Freiburg, ZSW Stutt.
- Sicherheitsleitfaden aus 2014 von BRD, BSW, KIT...

http://www.pv-magazine.de/fileadmin/uploads/PDFs/Checklisten/Sicherheitsleitfaden_Li-Ionen_Hausspeicher.pdf



Franz Baumgartner, 22.06.20



1 / 12 In der Altstadt von Steckborn brannten mehrere Häuser. Kapo TG

Galaxy Note 7 zu gefährlich

ZÜRICH. Wer mit einem Samsung Galaxy Note 7 einen Flieger der Swiss betritt, muss das Telefon künftig sofort komplett ausschalten und darf das Smartphone während des Fluges auch nicht mehr aufladen. «Aus Sicherheitsgründen untersagt Swiss die Nutzung des Samsung Galaxy Note 7 an Bord ihrer Flugzeuge», schreibt die Airline in einem Communiqué. Zudem dürfen die Geräte nicht im aufgegebenen Gepäck, sondern nur im Handgepäck transportiert werden. Diese Regelung gelte für alle Flüge der Lufthansa Group, teilt die Swiss mit. Ab heute würden alle Fluggäste im Rahmen der regulären Bordansagen auf das Nutzungsverbot aufmerksam gemacht. Samsung hat eine globale Rückrufaktion wegen Brandgefahr angekündigt, nachdem bei mehreren Galaxy Note 7 der Akku explodiert war. Inzwischen rät das Unternehmen, die Geräte überhaupt nicht mehr zu nutzen und komplett ausgeschaltet zu lassen. BEE

VW-Skandal: EU droht untätigen Ländern

BRÜSSEL. Nach dem Abgas-Skandal bei VW hat die EU-Kommission Vertragsverletzungsverfahren gegen Mitgliedstaaten angekündigt, die bei Verstößen gegen die Emissionsvorschriften nicht gegen die verantwortlichen Autobauer vorgegangen sind. «Sie werden sicherlich Vertragsverletzungsverfahren erleben», sagte Industriekommissarin Elzbieta Bienkowska vor dem Ausschuss des Europaparlaments, der die Verantwortlichkeiten für den Skandal aufklären soll. SDA

Slide 32

20 Minuten, Schweiz am 2016-09-14

Fazit und Ausblick

Batterien ist die Schlüsseltechnologien für den globalen Elektroautomarkt

- think BIG not local , die Masse senkt Preise!

- PV hat die Kostensenkung in den letzten Jahrzehnten demonstriert
- Einige Halbleiter-Technologie-Konzerne sind gescheitert –
Si Dünnschicht (Oerlikon, Toyo El., AMAT mit larger jumbo sizes!)
- Giga-Wh Fabs für Batterien sind nötig (Panasonic-Tesla, LG Ch)
Risiko (ramp up, Finanzen, Qualität...A123 ist gescheitert!)
- Heute könnte die günstige Autobatterie den PV Markt anreizen und zu einer höheren Unabhängigkeit im Gebäude führen
- Getrieben wird die Kostenreduktion der PV Home Batterie
 - 1) von Massenproduktion Autobatterie – PV ist Tritt-Brett-Fahrer
 - 2) Reduktion der BOS Kosten (BMS, Gehäuse, Elektro, Montage..)
- Kaufen wir also mehr EVs ! - Reichweiten über 250km sind verfügbar
- Die PV Homespeicher sind dabei lachende Dritte
- CO₂ Emission der Li-Batterie in der Gebäudebilanz wird verbessert werden (PV)

Danke für die Aufmerksamkeit

find more www.zhaw.ch/~bauf and reasearchgate.net

PV plants built in collaboration with ZHAW IEFE Winterthur



60kWp, AXA Winterthur



650kW, Lonza AG, Waldshut



50kW - LE / dhp



10kW, EKZ



60kW, Werkhof, Winti
Solarpar, Klimafond



60kW, Solar Wings, Tenna



90kW, Solar Wings

Unabhängige Beratung für PV home batterie Systeme bei: Bruno Aeschbach, Franz Baumgartner, www.prosumtec.ch