

Webinar PV Magazine

Dr. Andreas Piepenbrink, E3/DC

11h -- 19. November 2015

- Welche Rolle spielen Wirkungsgrade bei der Einschätzung der Wirtschaftlichkeit von Batteriespeichersystemen?
- Was sind typische Werte für die Kosten einer gespeicherten Kilowattstunde und welche Entwicklung ist zu erwarten?
- Wo machen Automobilbatterien Sinn für die solare dezentrale Energiewirtschaft?



Teil I: Typen von Systemen, Unterschiede in der Architektur

Einteilung von Speichersystemen



DC – Solarwechselrichter mit Zwischenkreis zur Batterie

AC - Netzverbindung zur Batterie

Niedervolt



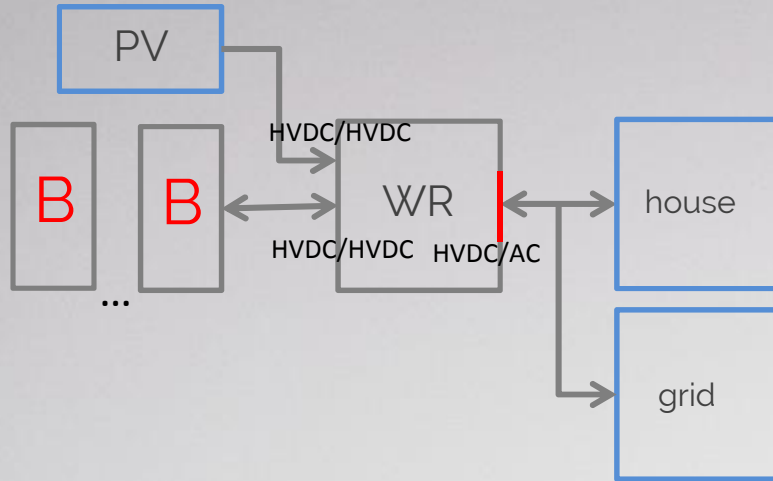
Hochvolt



Systeme



DC Hochvolt (Reihenschaltung von Batteriemodulen am PV Eingang)

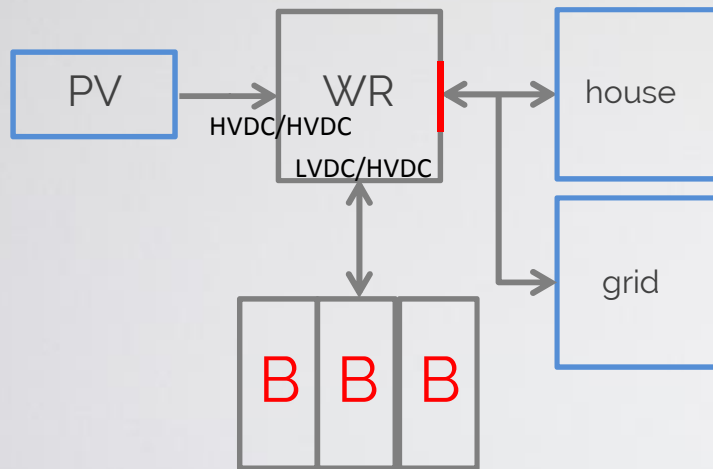


..200V ..400V ..800V?

KOSTAL **Fronius** **solar edge**
architects of energy™

Beispiele (o. Gewähr)

DC Zwischenkreissystem Nieder/Hochvolt (Seriell/Parallel geschaltete Batteriemodule am Wechselrichterzwischenkreis)



60V 48V 48V

240V

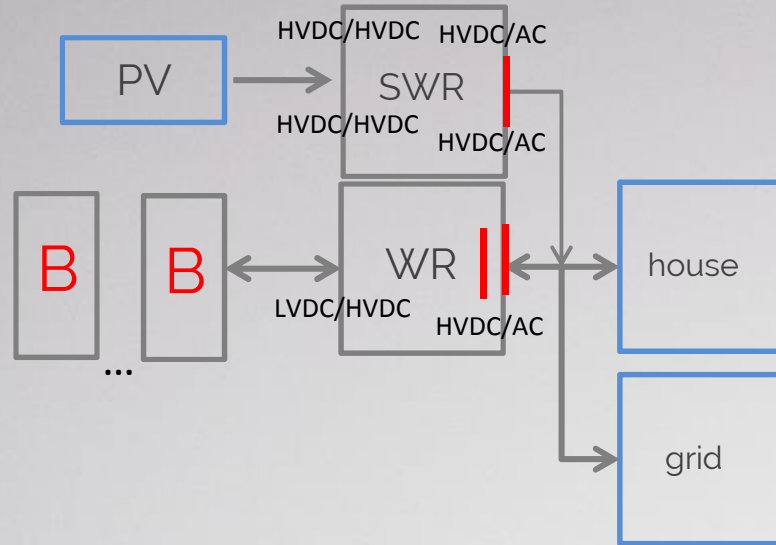
SAMSUNG **SMA** **E3/DC** **nedap**

Beispiele (o. Gewähr)

Systeme



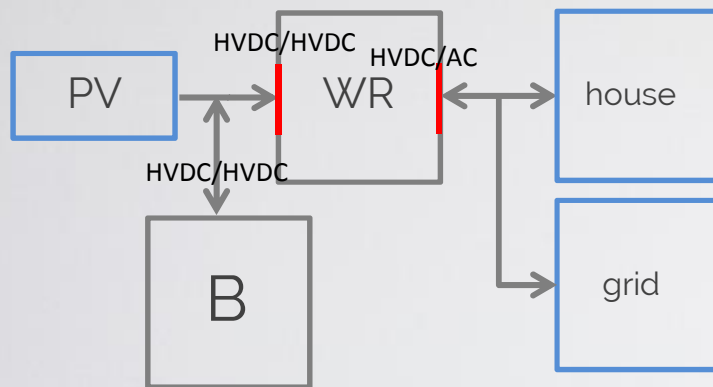
AC Systeme (AC Speicher) – 3 Netzwandlungen zum Kunden



48V
SENEC.IES
Beispiele (o. Gewähr)

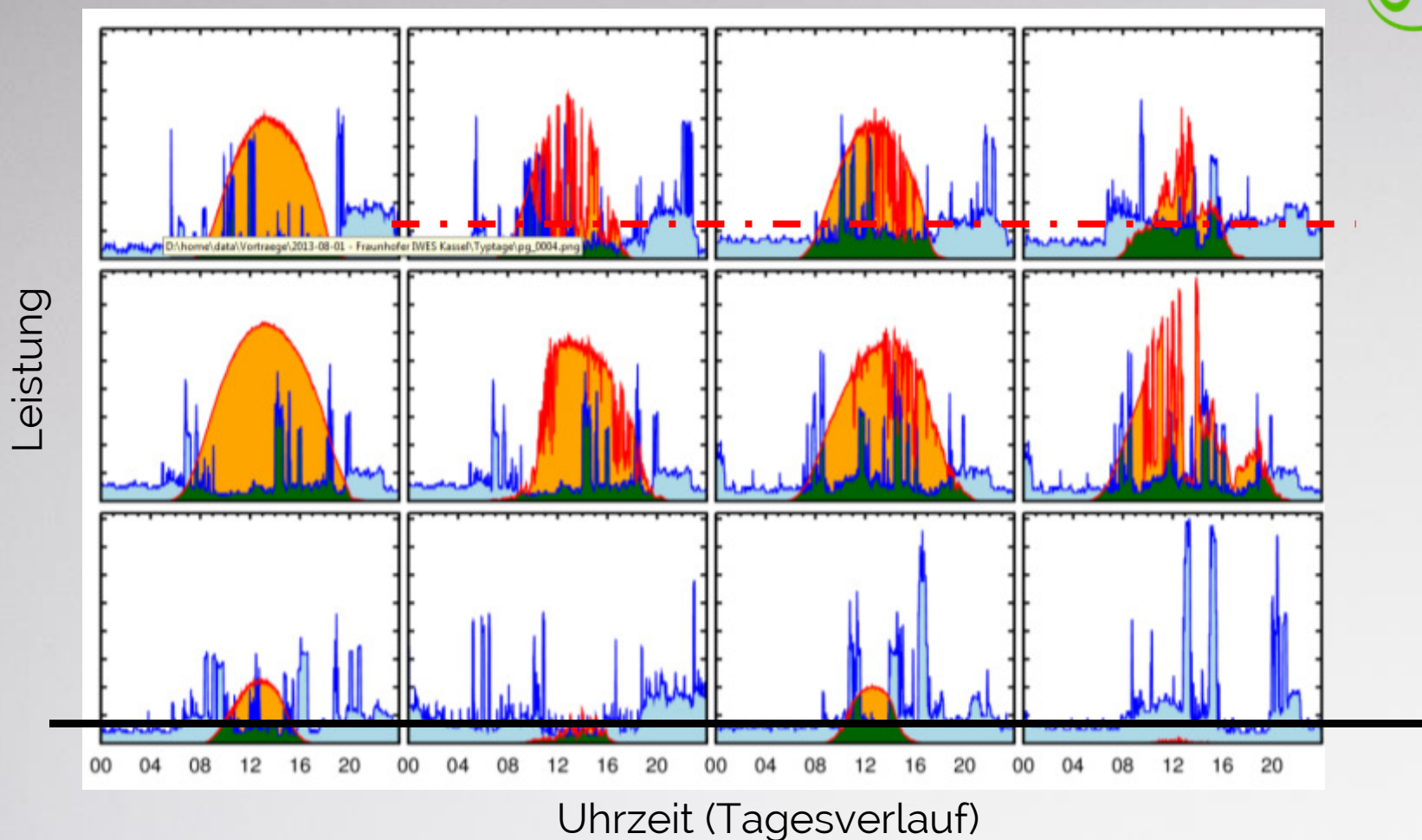
48V
**SONNEN®
BATTERIE**

„String Speicher“ DC Hochvolt am PV Eingang (Batterie zwischen Solarmodul und PV Eingang)



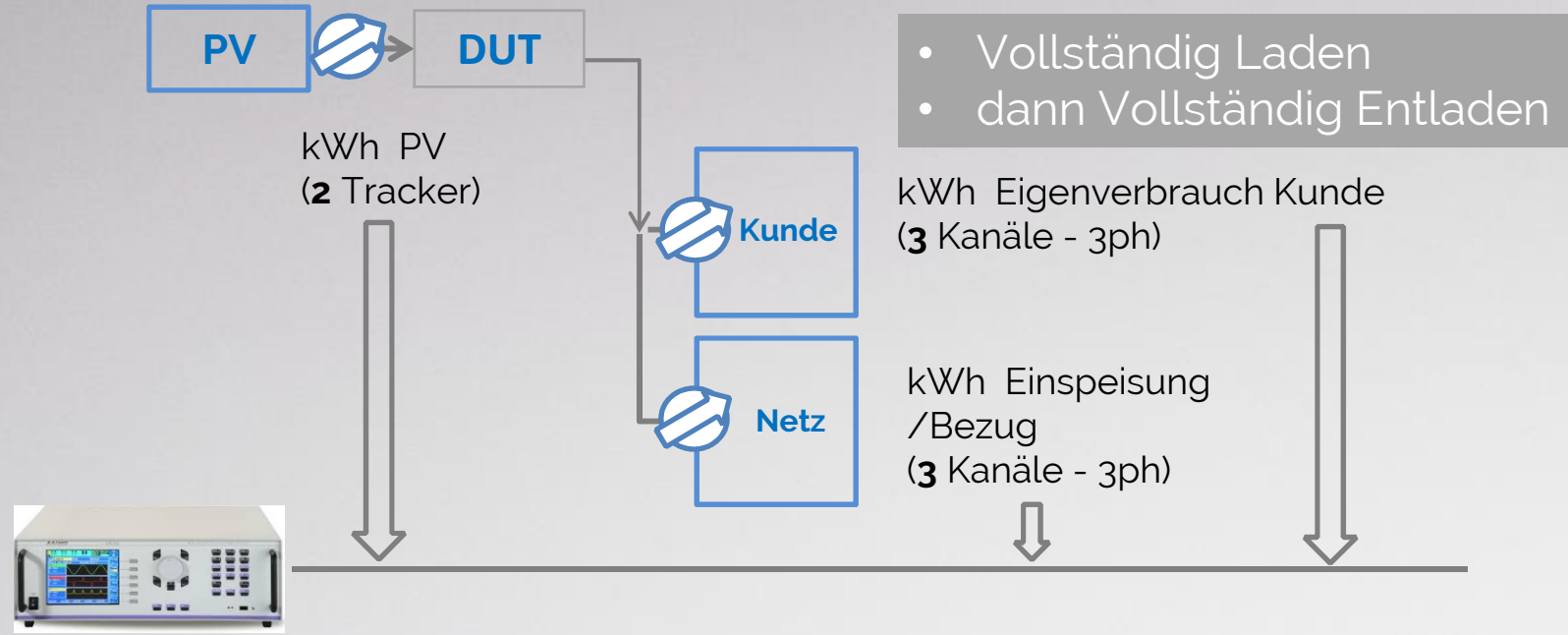
200-400V
SOLARWATT™
Speicherlösungen
Beispiele (o. Gewähr)

Saisonale solare Verteilung beim Privatkunden



- Entladeleistung **liegt abends <250W (zu 90%) im Mittel und schwankt nicht stark**
- **Ladeleistung schwankt sehr stark nach Jahreszeit**

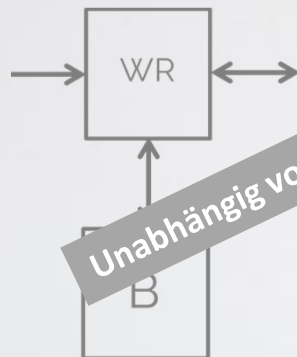
Einfachstes Meßverfahren „AE8“ – All Easy 8 Channel - - alle Typen, 1/3ph, inkl. PV WR



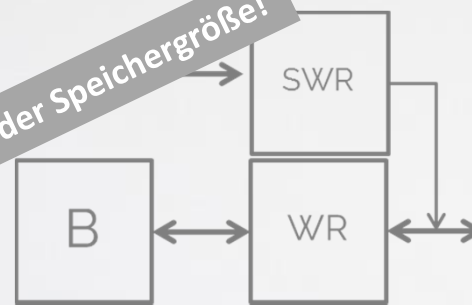
DUT HV DC



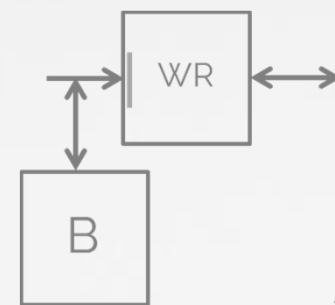
DUT DC



DUT AC



DUT String DC



Unabhängig von der Speichergröße!

Interne Messungen von E3/DC (keine Gewähr)



Klasse	1ph Speicher-Systeme			3ph Speicher-Systeme		
Name	Korea TOP Brand	German Technology Brand 1ph	AC 1ph TOP Brand	German Technology Brand 3ph	Korea TOP Brand	3ph AC
Typ	DC	DC	AC	DC	DC	AC
1000W Laden/ 1000w Entladen	75%	79%	67%	73%	70%	Fehlt
1000W Laden/ 250W Entladen	65%	71%	59%	62%	48%	Fehlt

- Es gibt große Unterschiede beim Ladewirkungsgrad je nach System
- Kleine Leistung (Abend) deutlich schlechter, teilweise <50% -- doppelte Beladungskosten (insbesondere bei Bleibatterien)

Fazit:

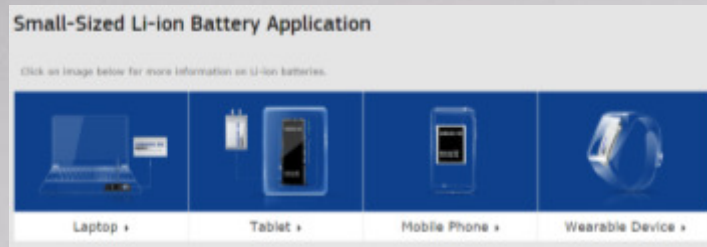
- Die Wechselrichter entscheiden wesentlich über die Effizienz vom Speicher – **DC Systeme sind für Neuanlagen überlegen, da 1 Wandlung zum Netz fehlt**
- Der mittlere Jahreverlust eines Stromspeicher liegt bei mindestens 25%-35% der Ladeenergie, d.h. es muss mindestens 25%-35% mehr PV Leistung vorhanden sein – bei Bleibatterien noch wesentlich mehr
- Die Beladungskosten müssen mindestens mit Faktor 1.3 – 2.0 angesetzt werden, je nach Jahrezeit
- Entscheidend ist der Speicher abends, wo sehr wenig Strom verbraucht wird – gerade hier gibt es große Unterschiede der Systemarchitektur

Teil II: Kosten der kWh im Speicher, Batterietrends, Nutzbarkeit von Automobilbatterien für Häuser

Heimspeicherbatterien (basierend auf Consumer und Industriezellen)



bio\$ Markt – Consumer

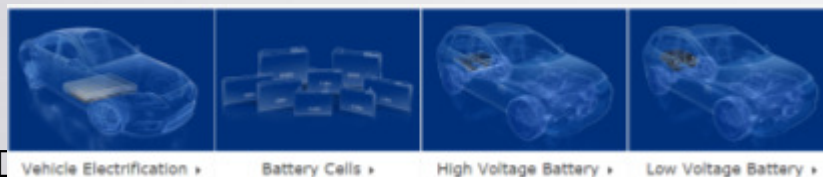


Mio\$ market – Industriebatterien



- 350€/kWh Komplettsset (ca. 0,3C)
- Haltbarkeit kalendarisch 10-20J
- Zyklen eher unkritisch (ins. bei PV)

Multi bio\$ Markt – Hybrid+Elektroautos



Quelle: Fraunhofer IPA, 2015

Automobil Batterie – Hochleistungszellen



Renault ZOE EV



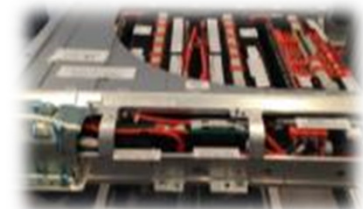
BMW i3 EV



Tesla Model S (18650)



Daimler S500 Hybrid



Toyota Prius III PHEV

Energy (1c)

Power (>>2C)

EV	PHEV	HEV
<p>Leadership in high energy density</p> <ul style="list-style-type: none"> 60Ah-Class Industry's highest volumetric energy density Durable design for a long-term performance stability In series production for European, US OEMs 	<p>Balanced performance for high power and energy</p> <ul style="list-style-type: none"> 26Ah (PHEV1), 28Ah (PHEV2) Industry's highest volumetric power and energy density Compact, stackable design facilitates simple packaging and cell modularity In series production for European OEMs 	<p>Outstanding power performance and durability</p> <ul style="list-style-type: none"> 5.2Ah World's most compact and powerful cell 5.9Ah (VDA size) Industry's highest power density In series production for mild hybrid SUVs, hybrid supercars
<p>60Ah 63Ah</p>	<p>26Ah 28Ah</p>	<p>5.2Ah 5.9Ah</p>



Große Zellen senken Preise
(keine kleinen Zellen!)



VW GTE Passat
(26Ah Cell)

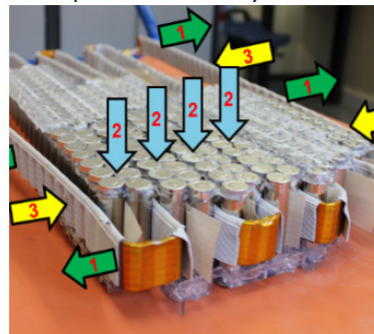


- <300€/kWh >2018 (neue Generation) bei großen Batterien!
- Hoher Standbyverbrauch
- Große Kapazität (Reichweite) – wird sich verdoppeln
- Zyklen eher kritisch (ins. bei PV)

Quelle: AABC Conf. 2015

MODULE - MECHANICAL STRUCTURE

- Cells are pressed and glued into plastic trays
- Plastic trays are glued to side frames (plastic and Aluminum extrusion part)
- Thin plastic covers serve as touch protection and help to avoid short circuit in case of a coolant leakage
- Robust module structure achieved without any standard fixation elements (screws, bolts, nuts)
- High amount of (different types of) glue used
- Manual Kapton tape application required
- Complex assembly of cooler in between cells



potential assembly sequence
for cooling tube



top plastic tray with glued
module pole interface plate



Aluminum side frame,
plastic top/bottom cover

Public

Volker Hennige | DSB | 15 December 2014 | 22

- Aufwändiger Aufbau mit Wasserkühlung
- Aufwändige Verklebung
- Hohe Energiedichte (wenig Zyklen – Model S: max. 1000)
- C-Rate gering (nur für Sekunden $>1C$, Dauerhaft $<0,5C$)

Quelle: AVL AABC Conf. 2015

Standards – ein Vergleich (Quelle: Internet)

Volkswagen Standard

Zelle

Kabel

Leistungszelle mit viel Energie

Housing

(BMC)

- ▶ Bruttoenergie: 10 kWh (2018: 20kWh)
- ▶ Zelle : **28 Ah (10C)**
- ▶ Kühlung: Luft
- ▶ Leistung (peak/cont): **102/10 kW**

-> 1500-2000
Zyklen, max.
2500

Tesla Standard

Energiezelle mit wenig Leistung

- ▶ Bruttoenergie 7-10 kWh
- ▶ Zelle : 18650 (<<1C)
- ▶ Kühlung: **Wasser**
- ▶ Leistung(peak/cont): **2 kW**

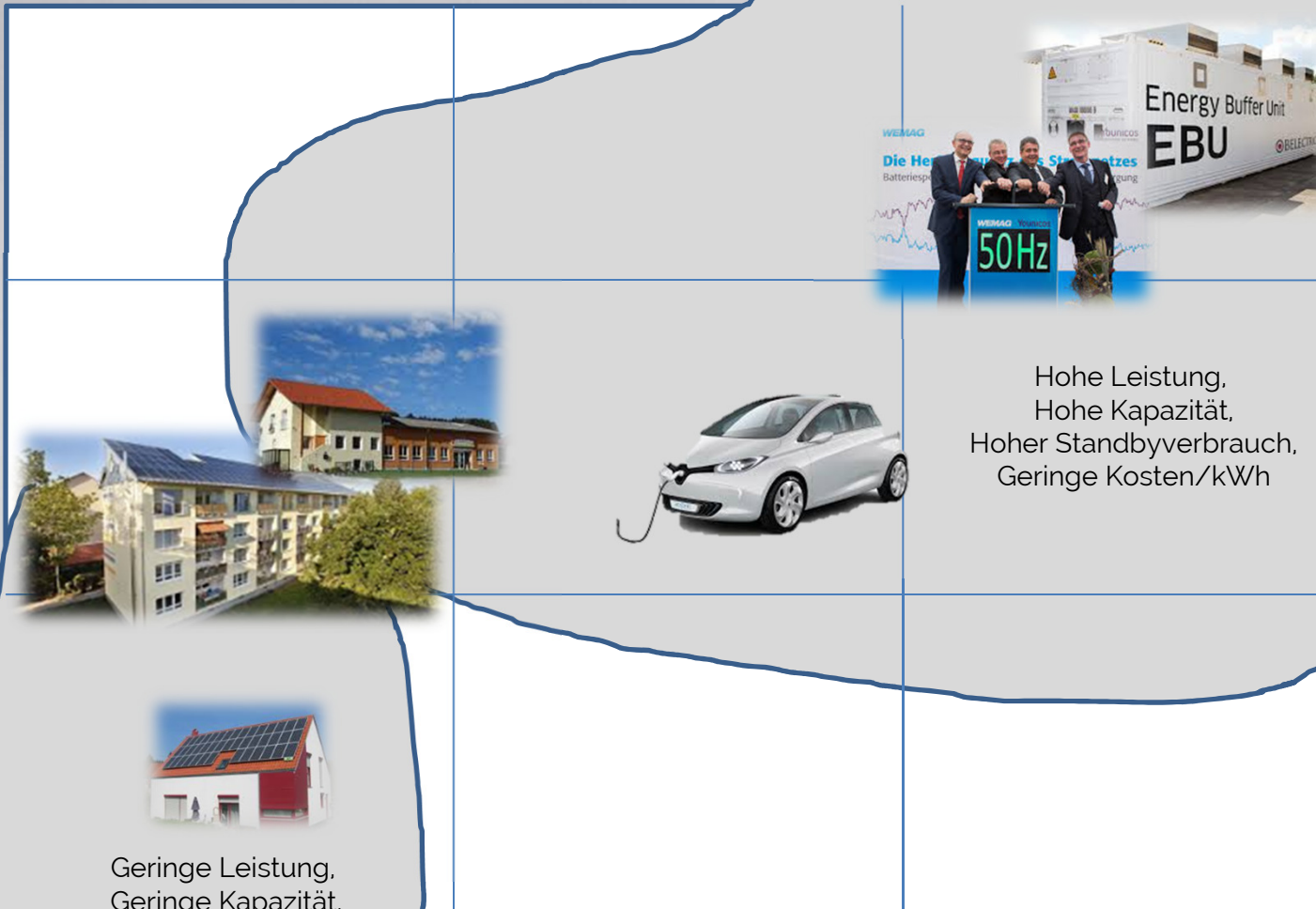
Märkte für Stromspeicher

1MWh

100kWh

Kapazität
(Energie)

10kWh



Hohe Leistung,
Hohe Kapazität,
Hoher Standbyverbrauch,
Geringe Kosten/kWh

Geringe Leistung,
Geringe Kapazität,
Höhere Kosten/kWh

1

Leistung
(C-Rate)

3-10

Quelle: E3/DC



Kosten der kWh

kWh :=

gesamte Investkosten inkl. gesamte Beladungskosten / kWh garantierter output

Beispiel:

- A: **Kosten Speicher** 10kWh Tesla Powerwall (3500€)
- B: **Kosten WR + Installation + Bruttomarge** ~ 4500€
- C: **Lebensdauerenergie** 18600kWh garantiert (Powerwall)* -- Annahme (keine Gewähr!)
- D: 75% PV **Beladungswirkungsgrad** -- Annahme
- E: PV **Produktionskosten** @ 0,08€/kWh (auf 20 Jahre)

2015: Speicherkosten (kWh) :=

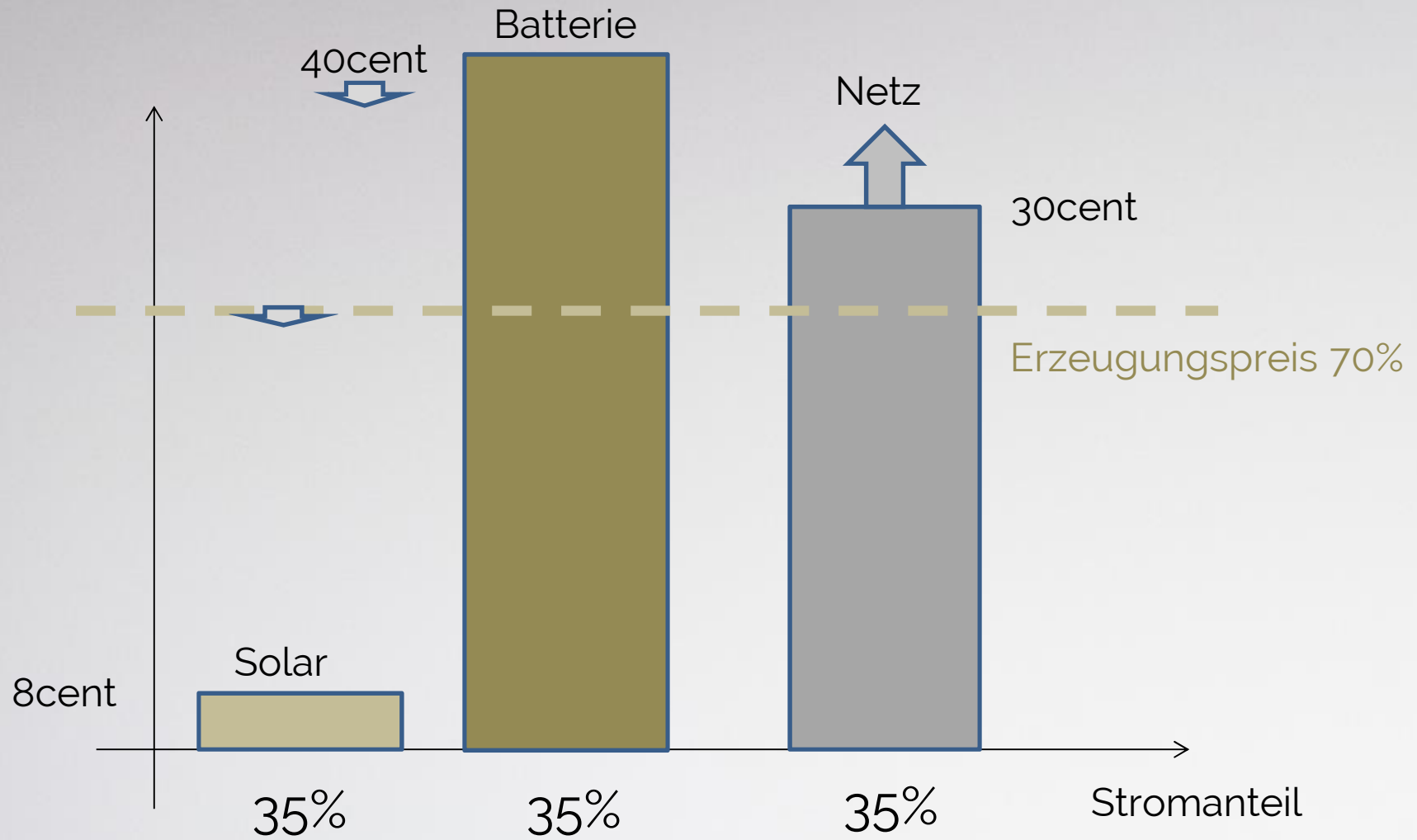
$(A+B)/C+E/D := 0.43€/kWh + 0.11€/kWh = \mathbf{0.54€/kWh}$

Annahme (2018-2020): A~1800€, B~3500€, C~25000kWh

2020: Speicherkosten (kWh) :=

$0.21€/kWh + 0.11€/kWh = \mathbf{0.32€/kWh}$

Geschäftsmodell Einfamilienhaus (funktioniert!)



Fazit:

- **Autobatterien werden in Stückzahl die Stückzahlen von Heimspeichern deutlich übertreffen (ab 2018) – daher werden diese Batterien den Energiemarkt auch stark beeinflussen**
- **Speicherkosten für Heimspeicher müssen korrekt berechnet werden** und liegen bei ca. 30-40cent/kWh – zusammen mit günstigsten solaren Erzeugungskosten liegt der **Strompreis für Eigenerzeugung deutlich unter Netzpreis**
- **Autobatterien sind für Einfamilienhäuser nur sehr bedingt geeignet** (Hochvolt, eher teuer, viel Kapazität, wenig Lebensdauerenergie im direkten Vergleich zu Heimspeicher-Batterien)
- Die **Speicherpreise werden im Automobil deutlich sinken, weil sich die Kapazität ab >2018 ggf. verdoppelt** – Ein Einsatz ist nur für bestimmte Märkte (Mehrfamilienhäuser, KMU und größere Speicher der EVU's sinnvoll). Es ist fraglich, ob die Preise vom Hersteller weitergegeben werden, da hohe Entwicklungskosten auf Stückzahl umgelegt werden.