



*Angewandte SolarExpertise*

**Applied Solar Expertise**

## **Wichtigkeit und Hinweis für kostengünstige Stromspeicher mit Li-Ionenbatterien**

**30. Symposium Photovoltaische Solarenergie**

**Kloster Banz, 5. März 2015**

**Dr. Winfried Hoffmann – ASE**

Chairman of Supervisory Board Solarfabrik AG

Member of Supervisory Board SMA Solar Technology AG and ISFH

Member of Board of Trustees at FhG-ISE, ZSW and NEXT

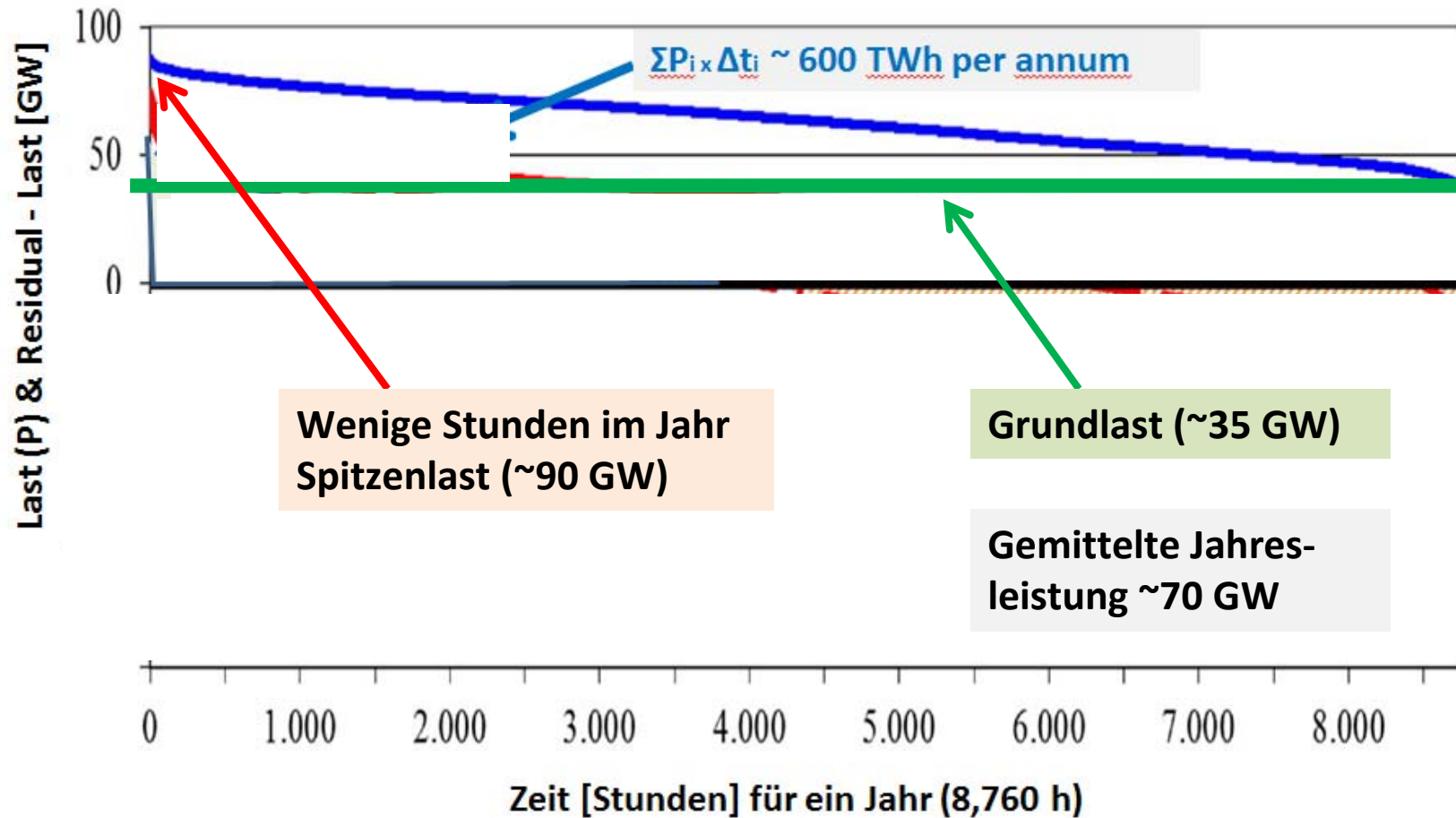
Wichtigkeit für kostengünstige Stromspeicher

Die erstaunliche Vorhersagekraft von Preis-Erfahrungskurven (PEK)

PEK für Li - Ionen Batterien

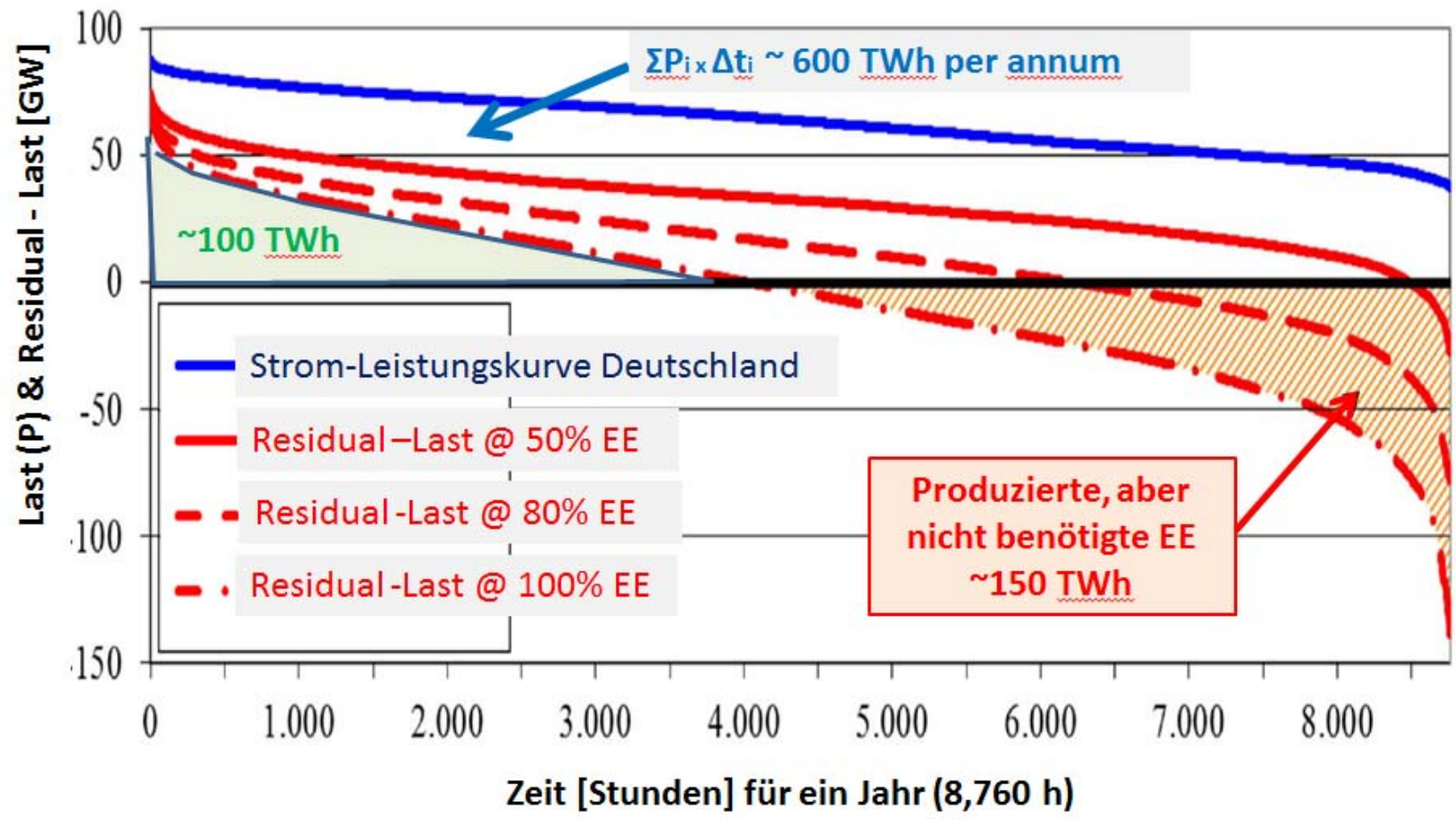
Entwicklung der Speicherkosten (€ct/kWh)

# Jahreslastkurve für Stromverbrauch in Deutschland



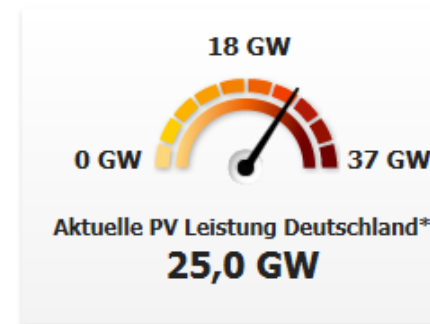
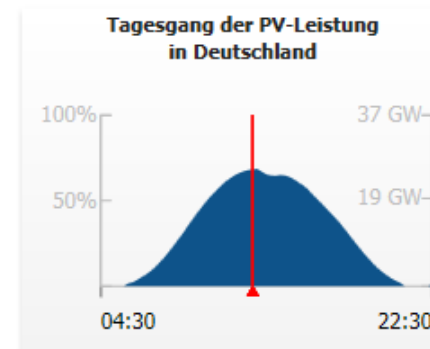
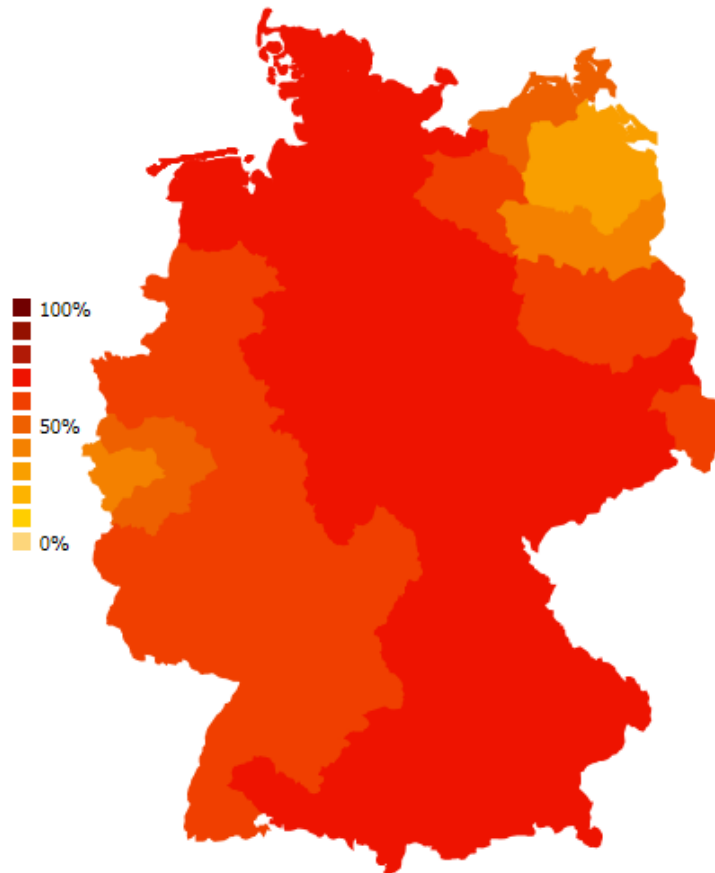
Source: Prinzipbild von Niklas Hartmann, Dissertation Uni Stuttgart (2013)

# Jahreslastkurve und Residuallast für Stromverbrauch in Deutschland



Source: Prinzipbild von Niklas Hartmann, Dissertation Uni Stuttgart (2013)

# SMA: PV Leistung in Deutschland am Mo, 9. Juni 2014



\*Hochgerechnete Leistung aller lt. Bundesnetzagentur am Stichtag 31.05.2014 installierten PV-Anlagen mit insgesamt 36,57 GW Nennleistung.

Source: SMA Solar Technology AG

# Wichtigkeit für kostengünstige Stromspeicher



Zunahme der installierten PV Leistung von heute (38 GW ~ 35 TWh) über 70 GW (~65 TWh) auf 200 GW (~180 TWh) benötigt zunehmend Speicherung (keine Abregelung!)

1) → 40 GW: an Wochenenden ist der maximale Strombedarf bei ~40 GW

2) → 70 GW: Während der Woche ist mittags der Strombedarf bei ~(70 – 90) GW

3) → 200 GW: mehr und mehr Speicherbedarf (in allen Fällen Zunahme der Eigen-nutzung des selbst erzeugten PV-Stromes!)

Heute ist LCOE für PV ~ (8-14) €ct/kWh

Heutiger Haushaltsstrom ~ (25-30) €ct/kWh und für SME's ~ (15-20) €ct/kWh

Sobald LCOS (levelized cost for storage) ~12 €ct/kWh für Haushalte und ~9 €ct/kWh für SME's erreicht, wird der Markt für PV und Stromspeicher „explodieren“!

Source: Eigene Überlegungen (2015)

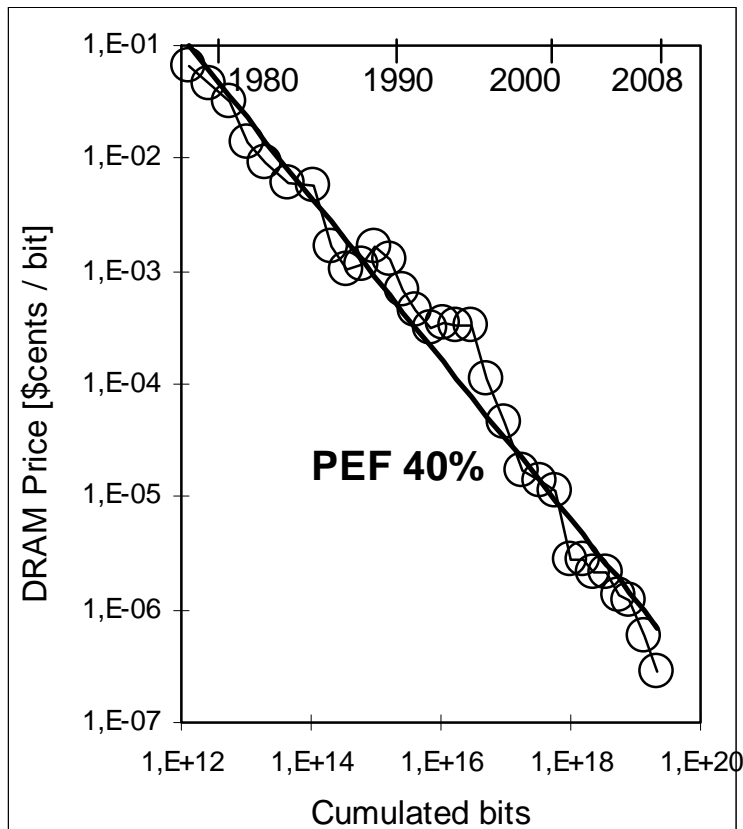
## Die erstaunliche Vorhersagekraft von Preis-Erfahrungs-Kurven (PEK):

- Halbleiter DRAM-Speicher
  - Flachbildschirme
  - PV-Module
- ... und Li-Ionenbatterien

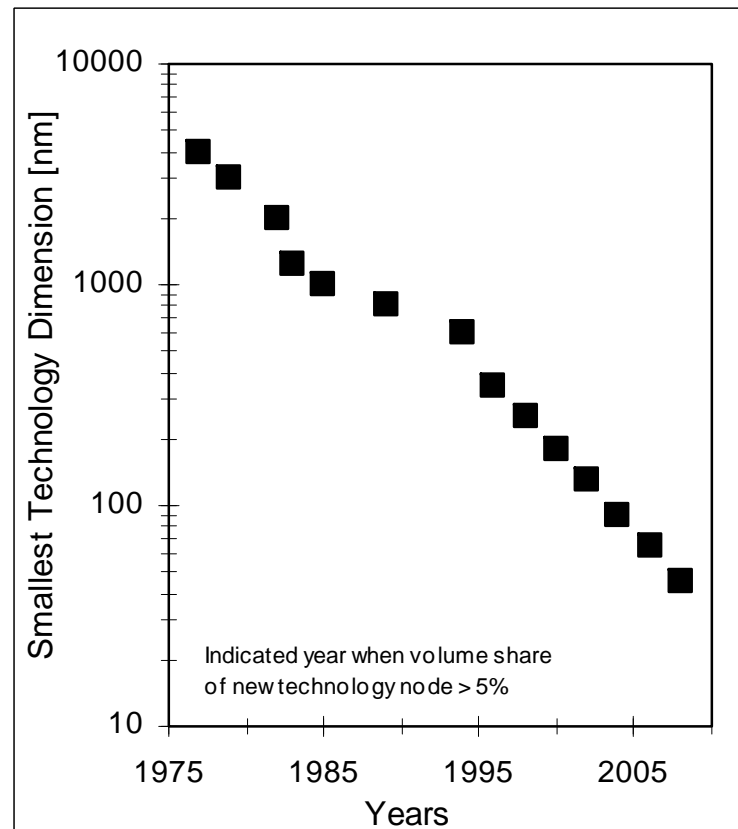
# Halbleiter-DRAM – Moore's Law



## Experience Curve



## Driven by Technology

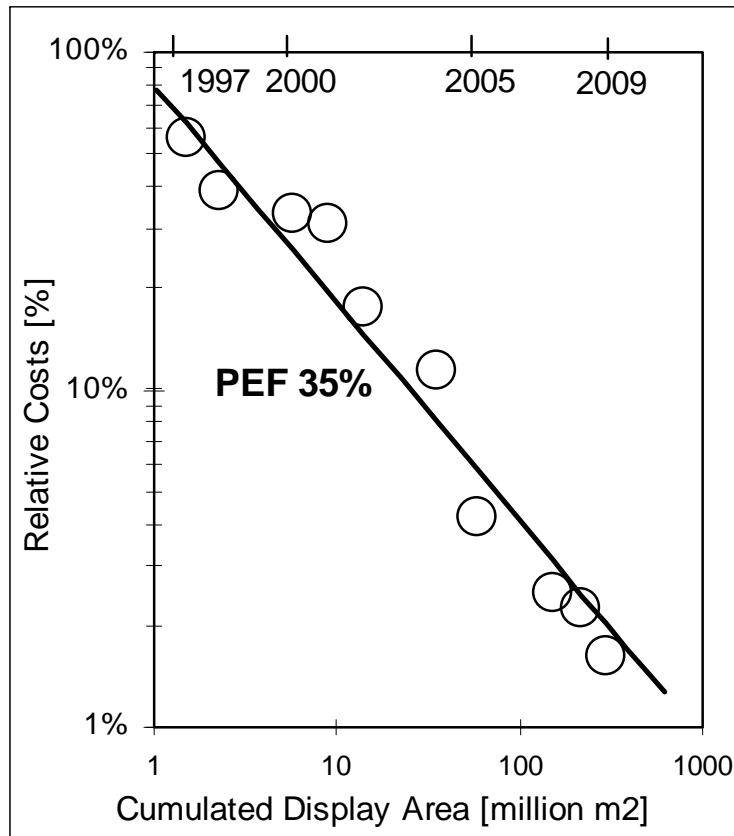




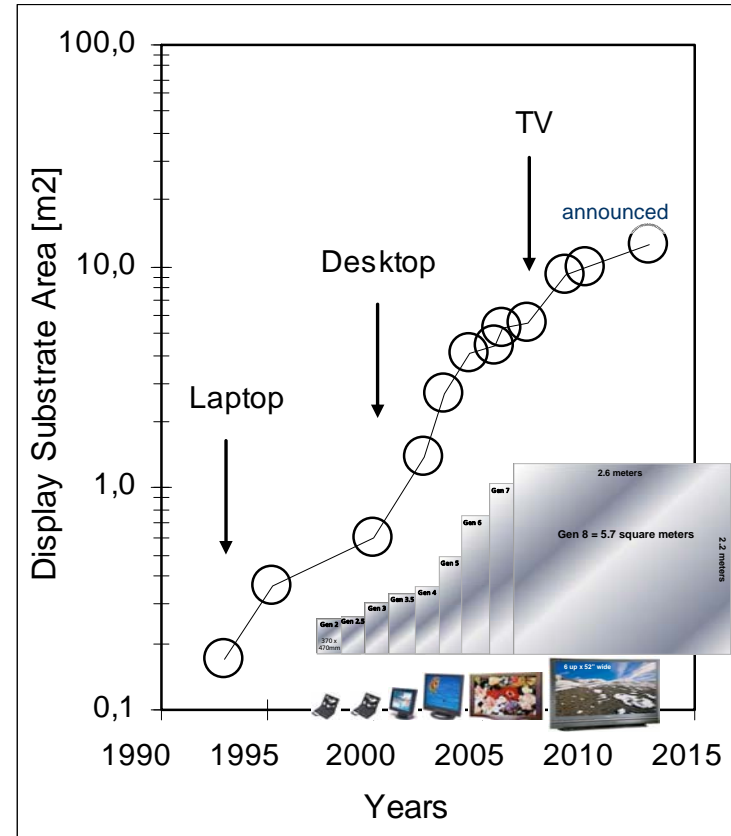
# Flachbildschirme (FPD)



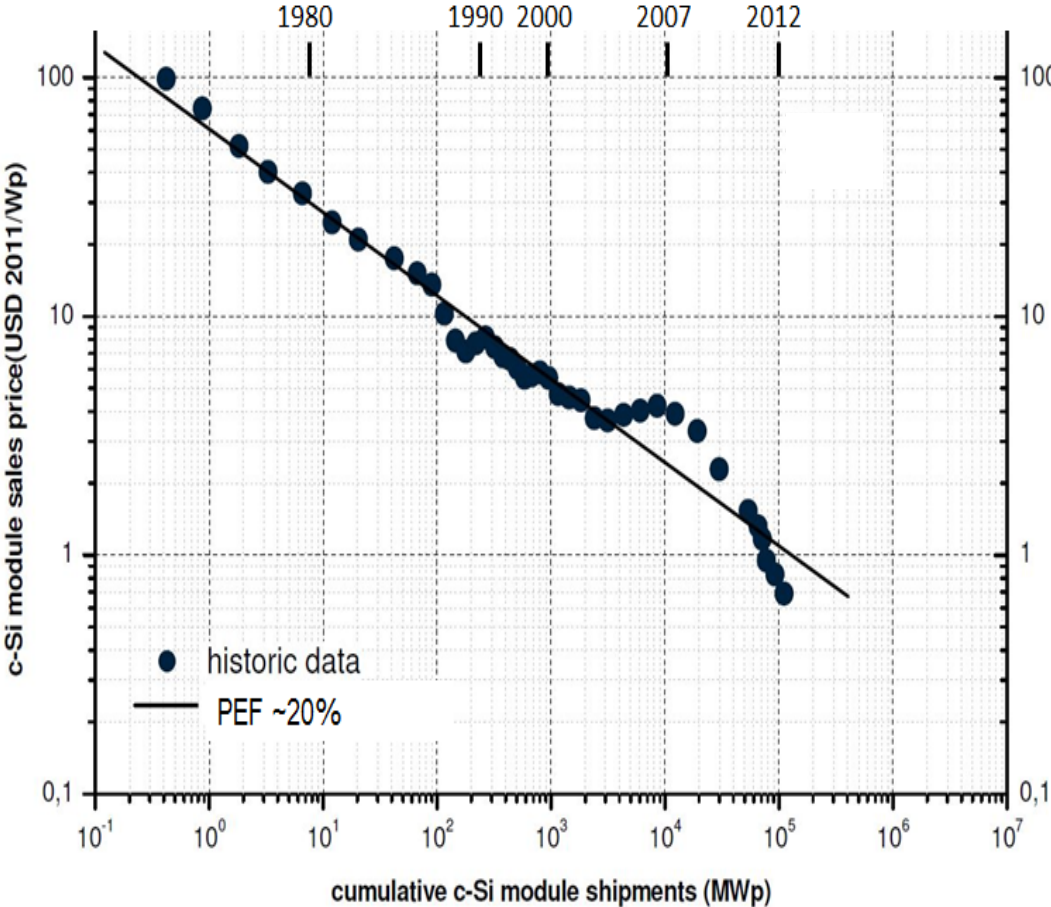
## Experience Curve



## Driven by Technology



# PV Preis-Erfahrungs-Kurve



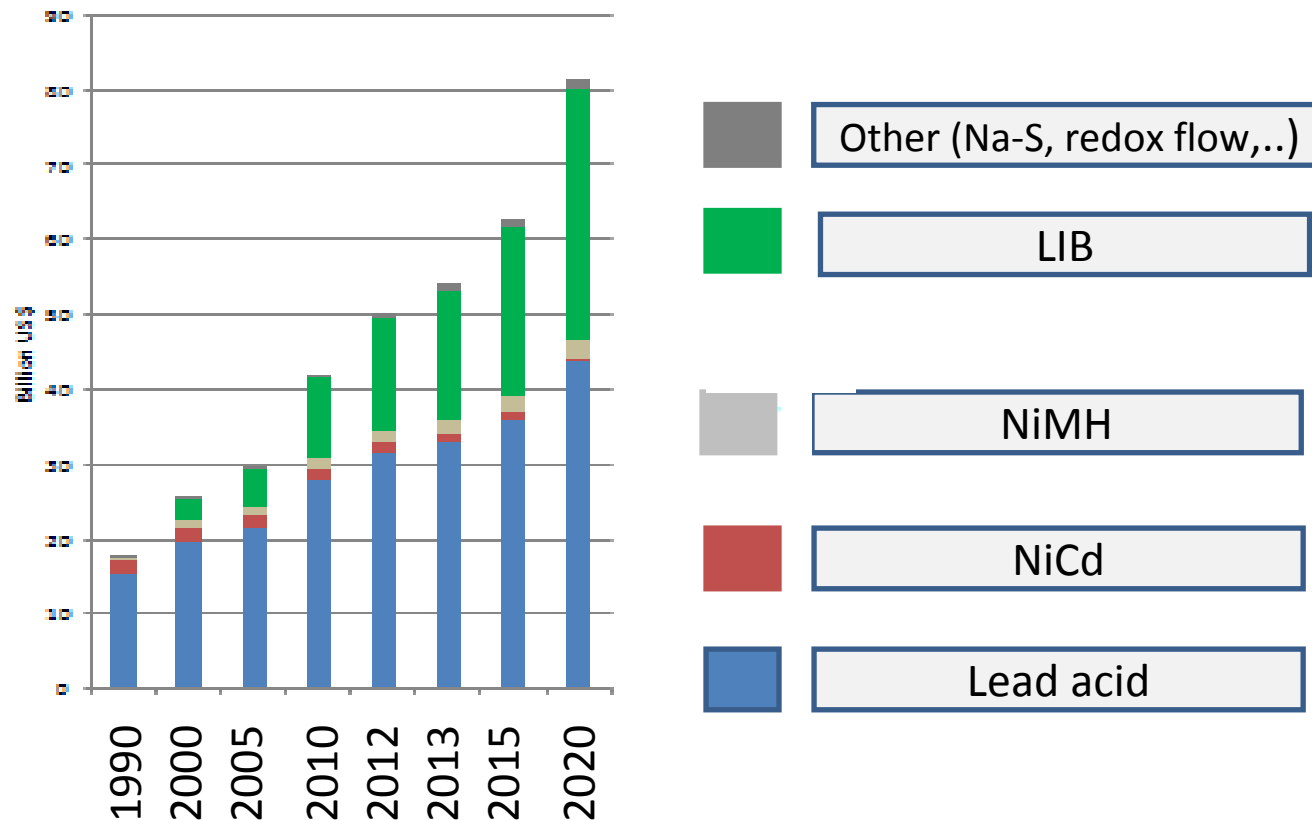
Source: ITRPV 2013

# Datenerfassung für Li-Ionenbatterien



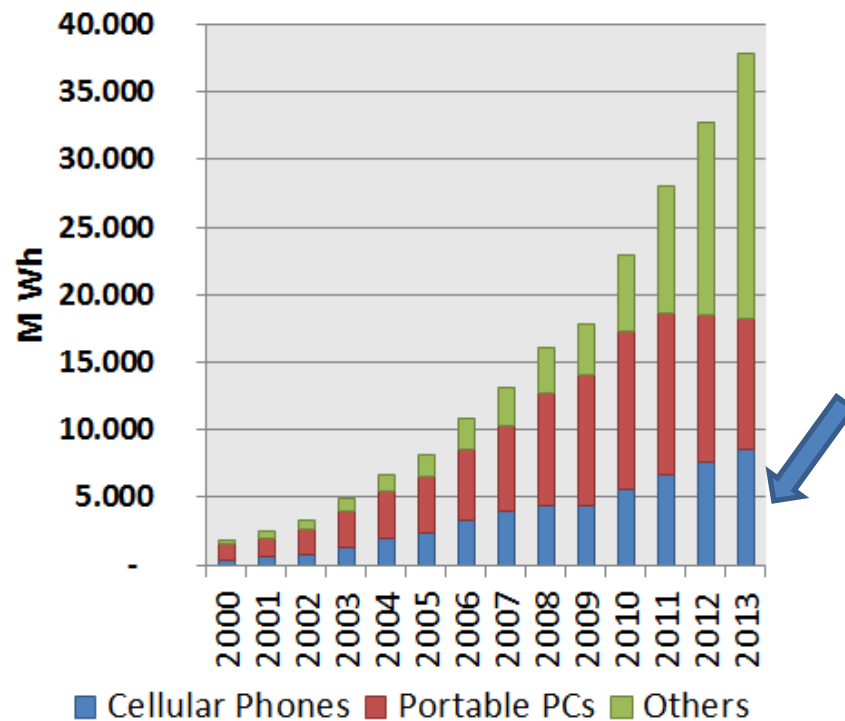
- Einordnung in gesamten Batteriemarkt
- Entwicklung der LIB-Kapazität für alle Anwendungen
  - 2 Wachstumssegmente (a) Wh-Batterien für Mobiltelefone und (b) kWh-Batterien für e-Automobile
  - Ermittlung des kumulierten Marktes für beide Segmente [MWh]
- Zugehörige Entwicklung des Umsatzes für beide Segmente
  - Ermittlung des jeweiligen spezifischen Preises [\$/kWh]
  - Erstellung einer Preis-Erfahrungs-Kurve (PEK)

# Entwicklung des globalen Batteriemarktes für alle Technologien



Source: until 2013 real data, afterwards estimates, graph from C. Pilot (2014), avicenne

# Entwicklung der Batteriekapazität (MWh) für alle Li-Ionen Batterien

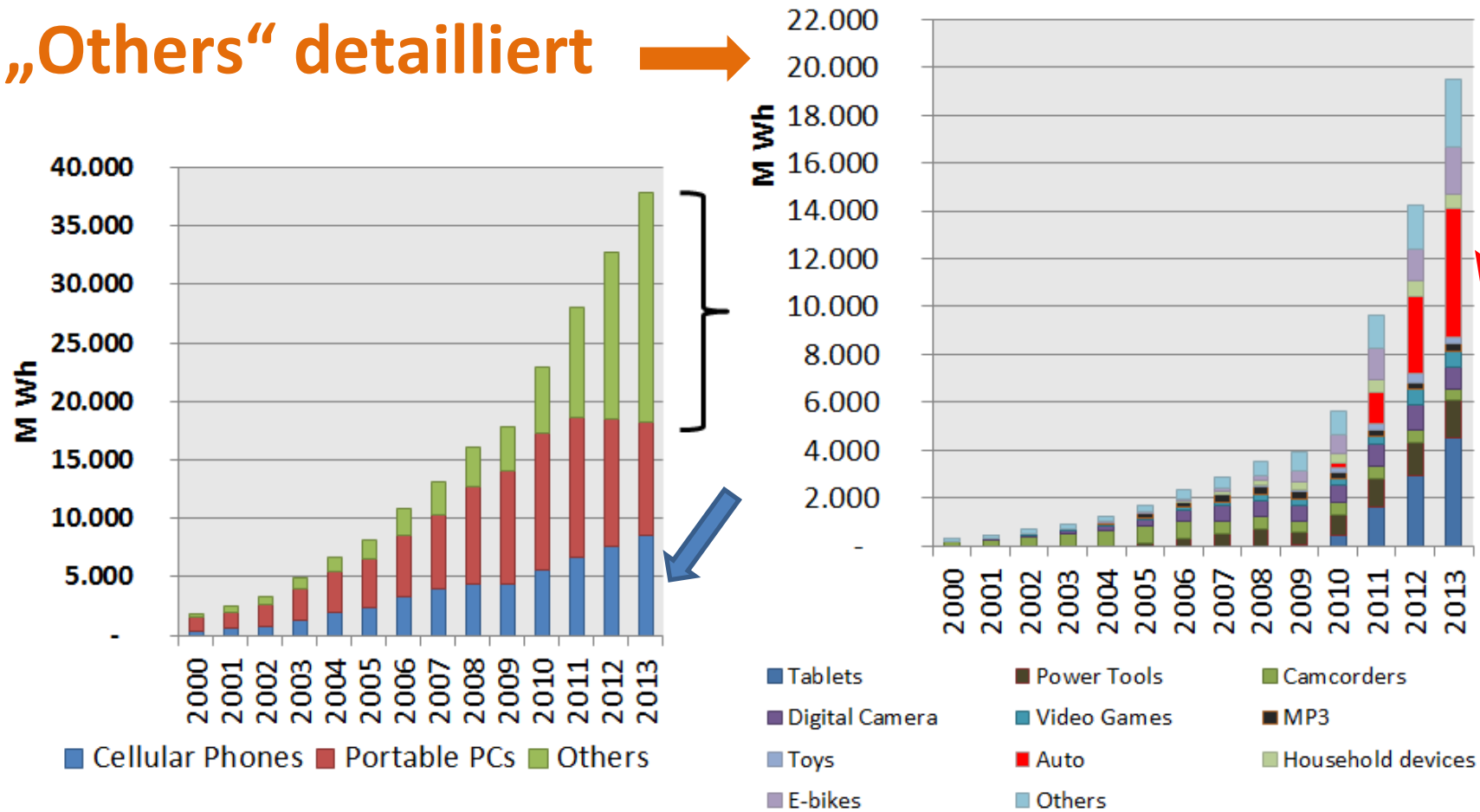


Source: C. Pillot, avicenne (2014)

# Entwicklung der Batteriekapazität (MWh) für alle Li-Ionen Batterien

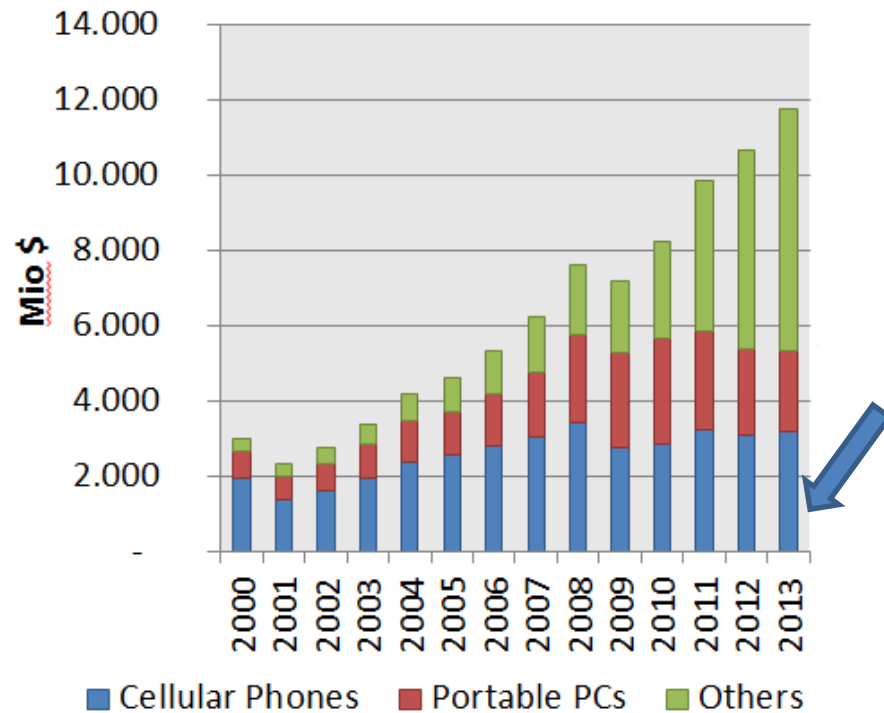


„Others“ detailliert →



Source: C. Pillot, avicenne (2014)

# Umsatzentwicklung (Mio \$) für alle Li-Ionen Batterietypen

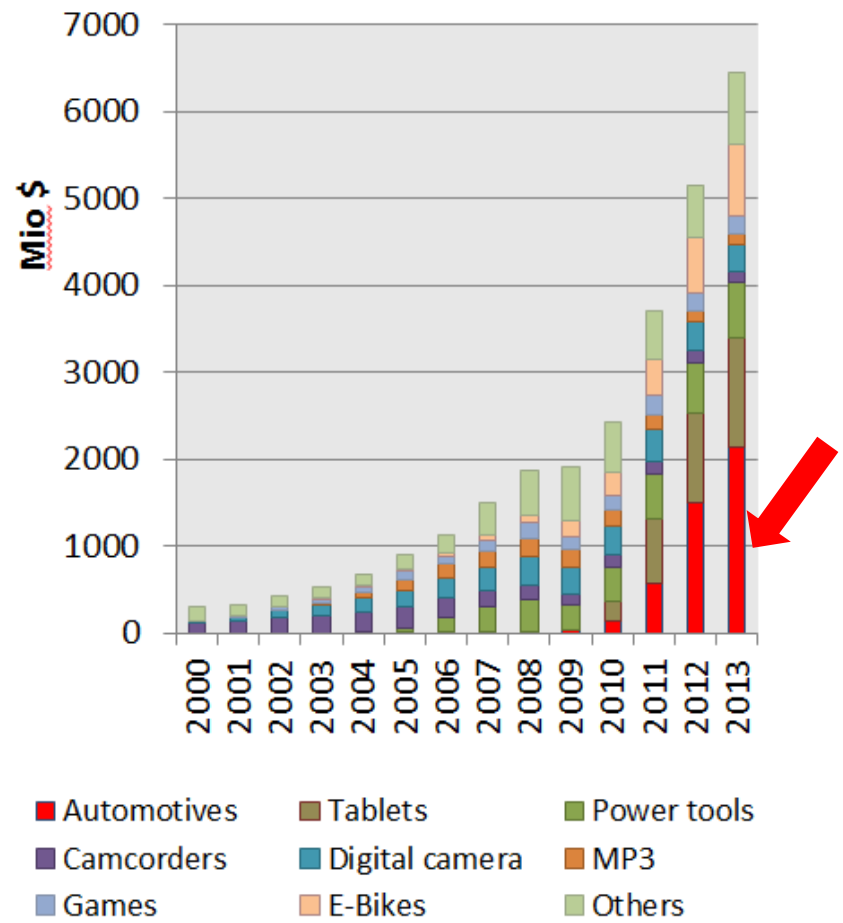
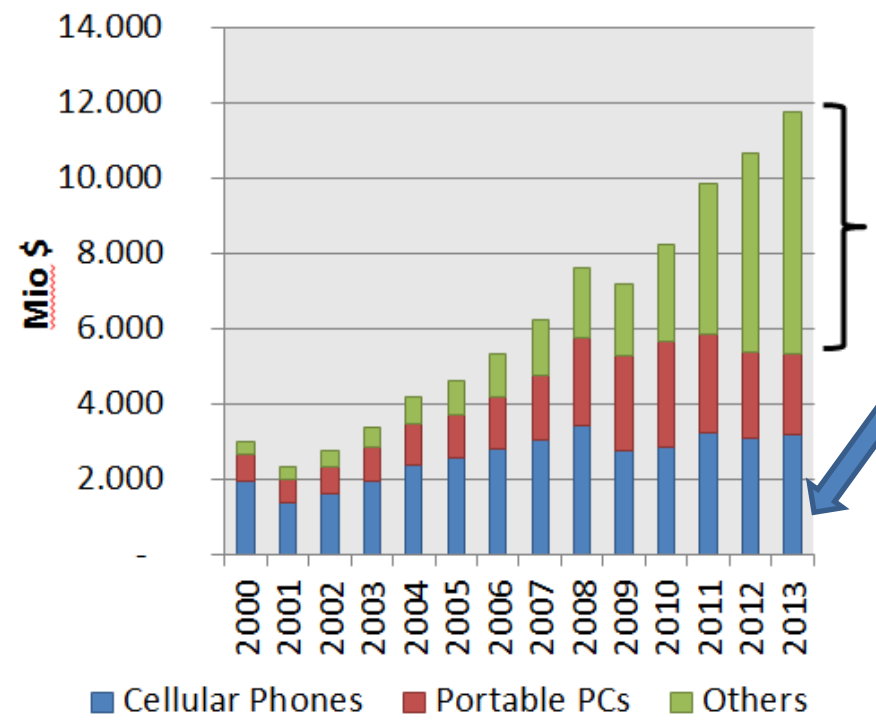


Source: C. Pillot, avicenne (2014)

# Umsatzentwicklung (Mio \$) für alle Li-Ionen Batterietypen



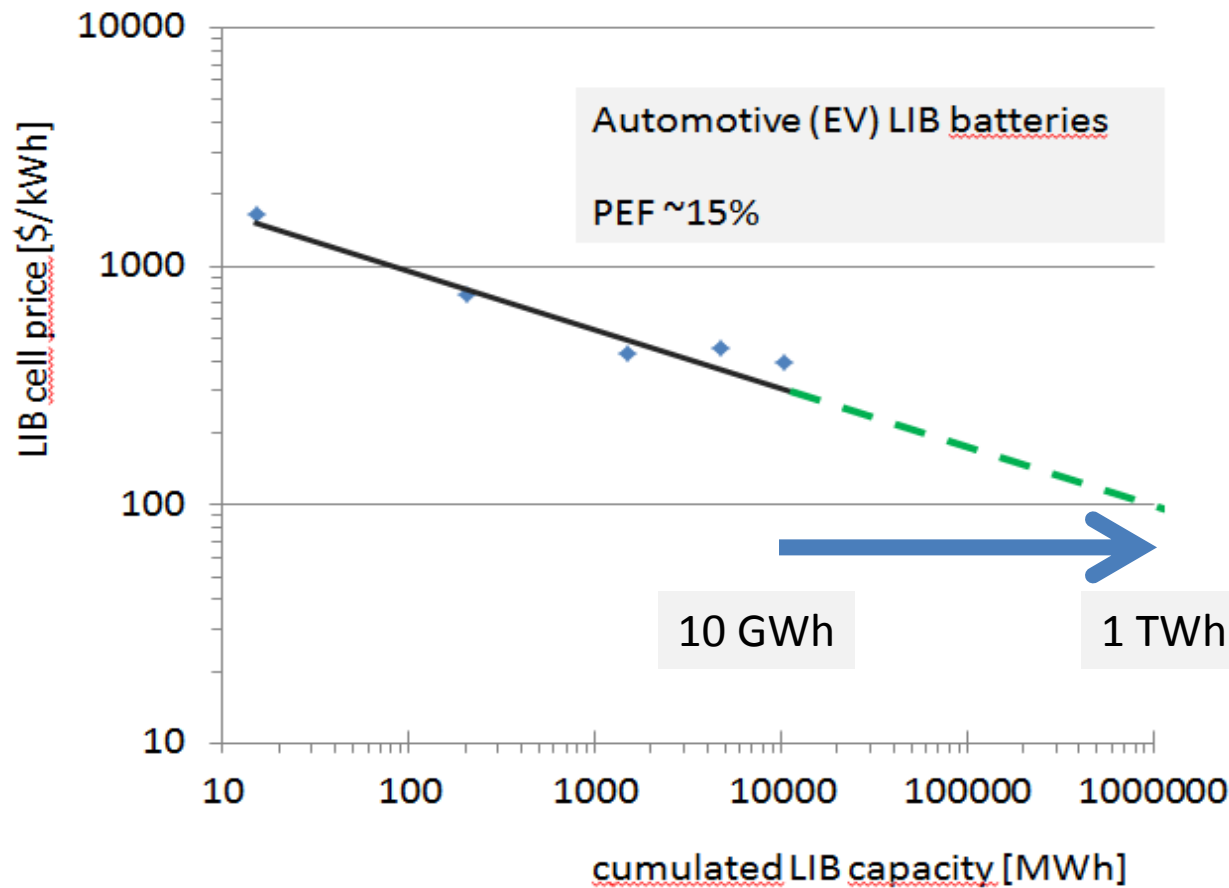
„Others“ detailliert →



Source: C. Pillot, avicenne (2014)



# PEK für LIB's in e-Automobilen

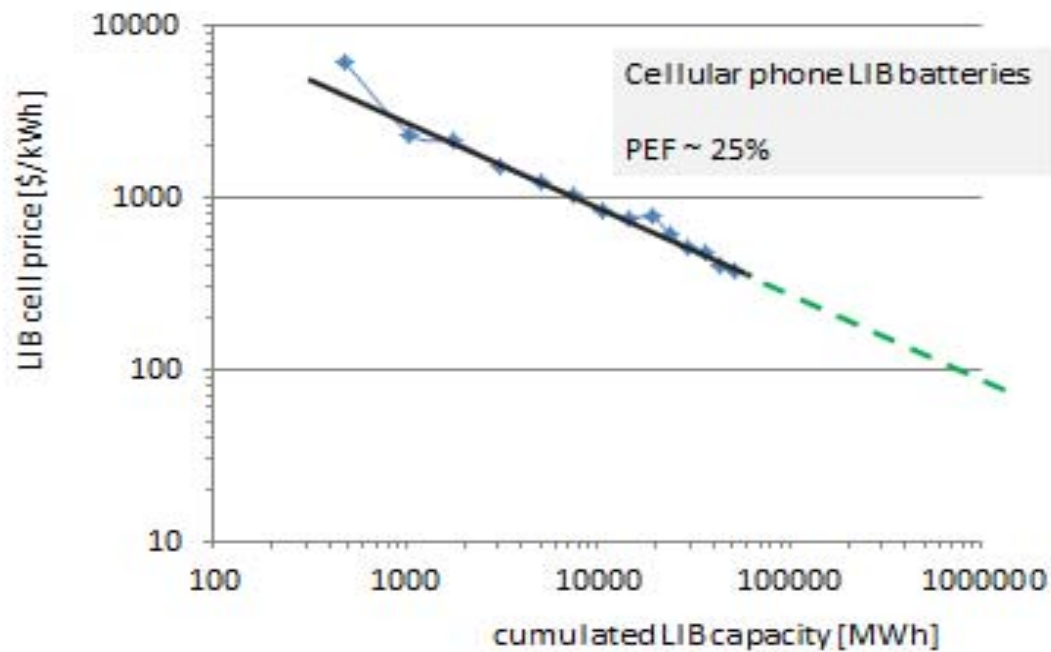


For comparison:  
PV between 2000  
and 2010 had  
CAGR (cum) of 41%

CAGR (cum. Vol.) =  
31 p.a. for 2030

Source: Raw data from personal communication C. Pillot (2014), avicenne; PEC curve constructed by author

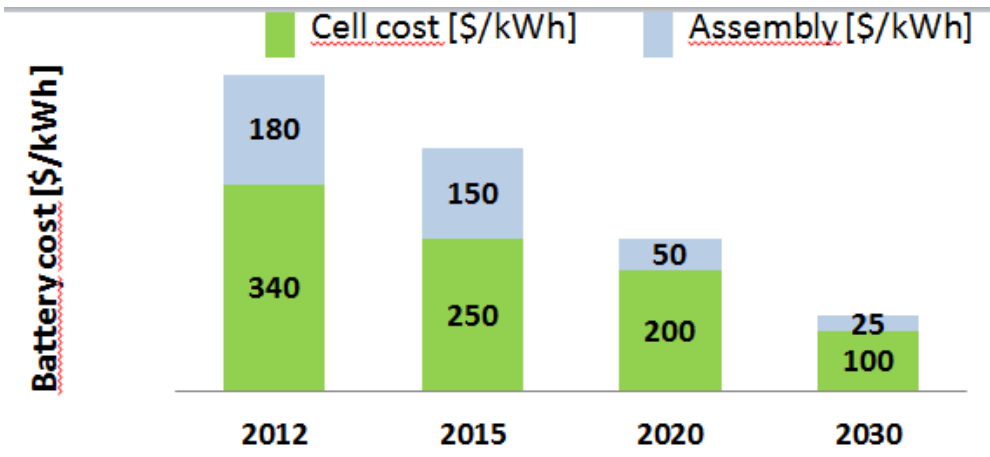
# PEK für LIB's in Mobiltelefonen



green dotted line is extrapolation of past PEC

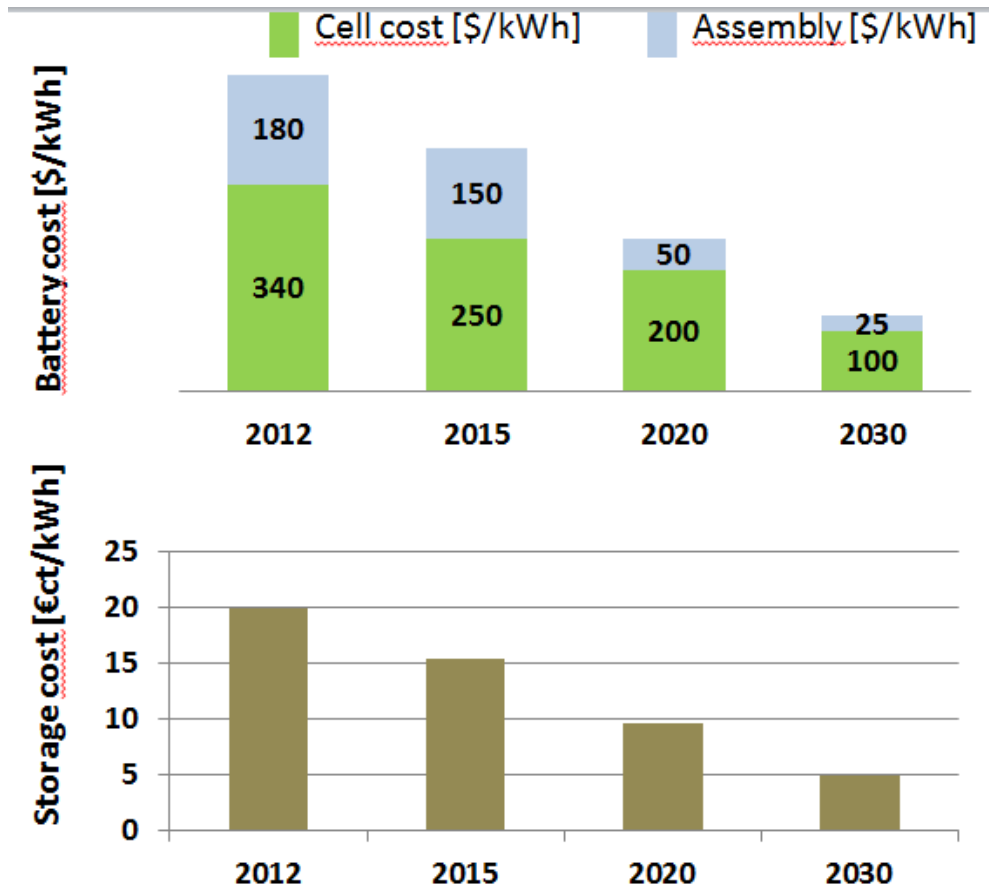
Source: raw data from personal communication C. Pilot

# LIB Zell- und Batteriepreise und resultierende Speicherkosten



Source: LIB cost 2012, 2015 and 2020 from C. Pillot (2014), avicenne; 2030/35 LIB cost, storage cost and conclusions are own estimates

# LIB Zell- und Batteriepreise und resultierende Speicherkosten



Vereinfachte Berechnung der Kosten für eine gespeicherte kWh einer LIB Batterie:

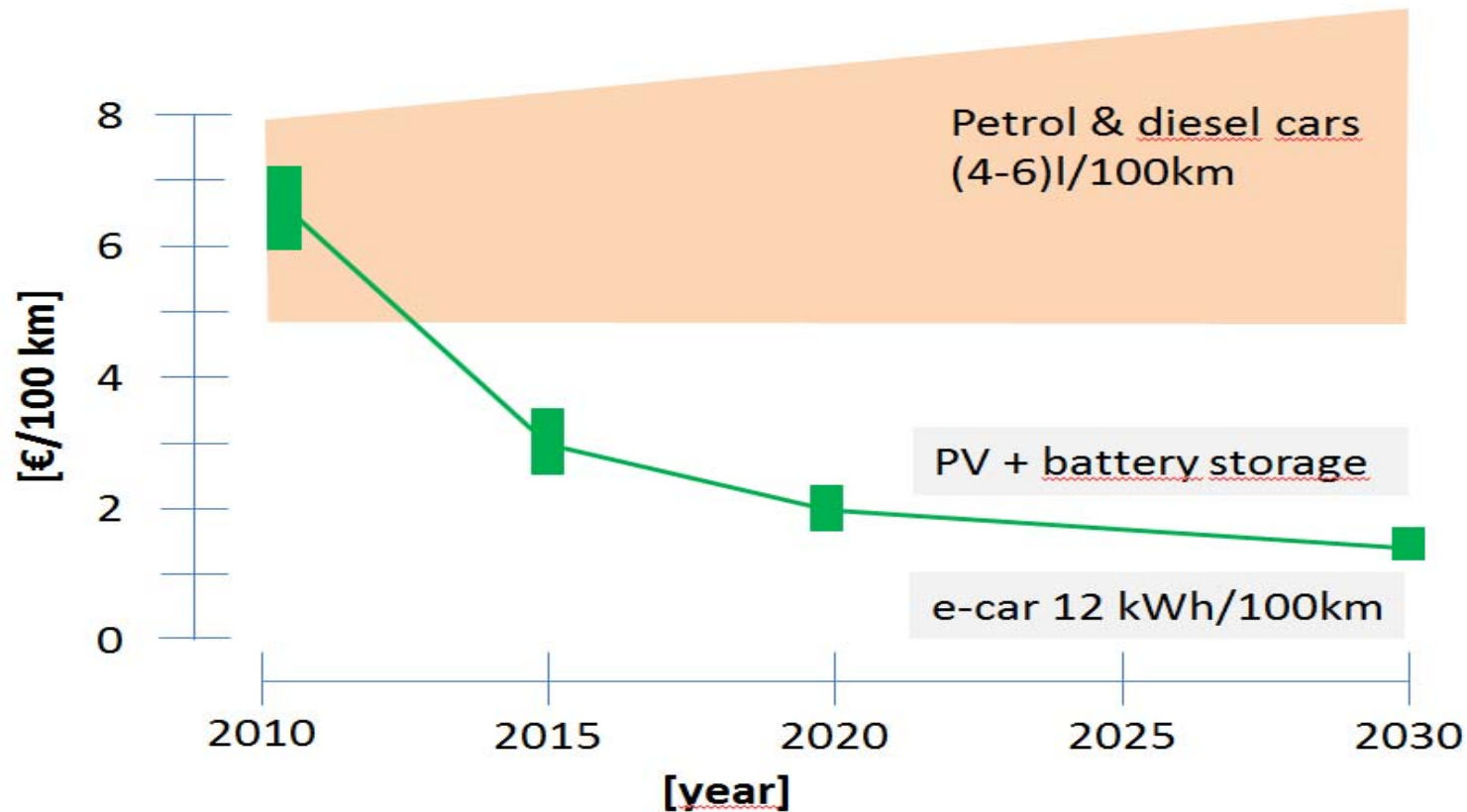
- Lebensdauer 5,000 Zyklen
- Finanzierungskosten ~ vergleichbar zu Investition
- Kapazität pro Zyklus ~80%

Kosten pro kWh =  $(I \times 2) / (5,000 \times 0.8)$

Die gezeigten Speicherkosten gelten für Systeme ohne BOS (e-Auto); für die Installation in Gebäuden müssen 50-100% BOS addiert werden

Source: LIB cost 2012, 2015 and 2020 from C. Pillot (2014), avicenne; 2030/35 LIB cost, storage cost and conclusions are own estimates

# Fuel cost per 100 km for conventional cars and electricity & storage cost for e-cars



BSC [€/kWh]	40	15	10	5
PV [€/kWh]	10-20	7-14	5-10	4-7

# Strompreise Ende der 2020er Jahre



Own	Technology	LCOE in today's currency [\$ct/kWh]
Traditional (...Preise ab Kraftwerk!)	Clean coal with CSS	>~10
	Nuclear fission	>~10
Photovoltaics (im NS-Netz)	Southern areas (~2 kWh/W <sub>PV</sub> )	3 – 4
	Northern areas (~1 kWh/W <sub>PV</sub> )	6 – 8
Wind (im Verteilernetz)	On-shore (~2 kWh/W <sub>wind</sub> )	3 – 4
	Off-shore (~4 kWh/W <sub>wind</sub> )	4 – 5
Storage	Small (~kWh+)	5-10
	Large (~MWh)	<~ 5

Source: Own data



**Angewandte SolarExpertise**

**Applied Solar Expertise**

Danksagung:

Danke an Christophe Pillot von AVICENNE ENERGY (Paris) für die Benutzung seiner recherchierten Marktdaten für Batterien

C. Pillot, AVICENNE ENERGY, *Li-ion battery material market review and forecasts 2012-2025*, (2013),

<http://www.sdle.co.il/AllSites/810/Assets/c%20pilot-avicenne.pdf>