

Batteriespeicher für Privat- und Gewerbekunden

Technik, Anwendungen und Wirtschaftlichkeit

Die Referenten



Dipl.-Ing. (FH) Jochen Kirch

- Geschäftsführer KCE Power Solutions GmbH
- öbuv Sachverständiger für Photovoltaikanlagen
- Referent in der Sachverständigenausbildung des TÜV-Rheinland
- Vorstandsmitglied des Qualitätsverband Solar- und Dachtechnik e.V. (QVSD)

Dipl.-Ing. (FH) Christian Binder

- Founder SENERGY 365
- Projektmanagement Microsoft
- Datenanalyse

- PV-Anlagen, Speichersysteme BESS, Ladeinfrastruktur
- Planung, Leistungsbeschreibungen, Definition von Abnahmekriterien
- Baubegleitung
- Abnahmeprüfungen
- Analyse und Fehlersuche
- Gutachten

Ausgangssituation

- Energiewende schreitet voran
- ca. 55% der elektrischen Energie stammt aus erneuerbaren Energiequellen
- Wind und Sonne sind volatil
- Netzbetrieb wird komplexer
- Speicherung der Energie erforderlich



Rolle von Speichern



- Speicher sind Voraussetzung für die effiziente Nutzung volatiler, erneuerbarer Energien
- Sie nehmen überschüssige Energie auf und geben sie bei Bedarf wieder ab
- Sie stützen das Stromnetz, reduzieren Spitzenlasten und helfen bei der Frequenzregelung
- Sie eröffnen neue Investitions- und Geschäftsfelder

Entwicklung des Batteriespeichers



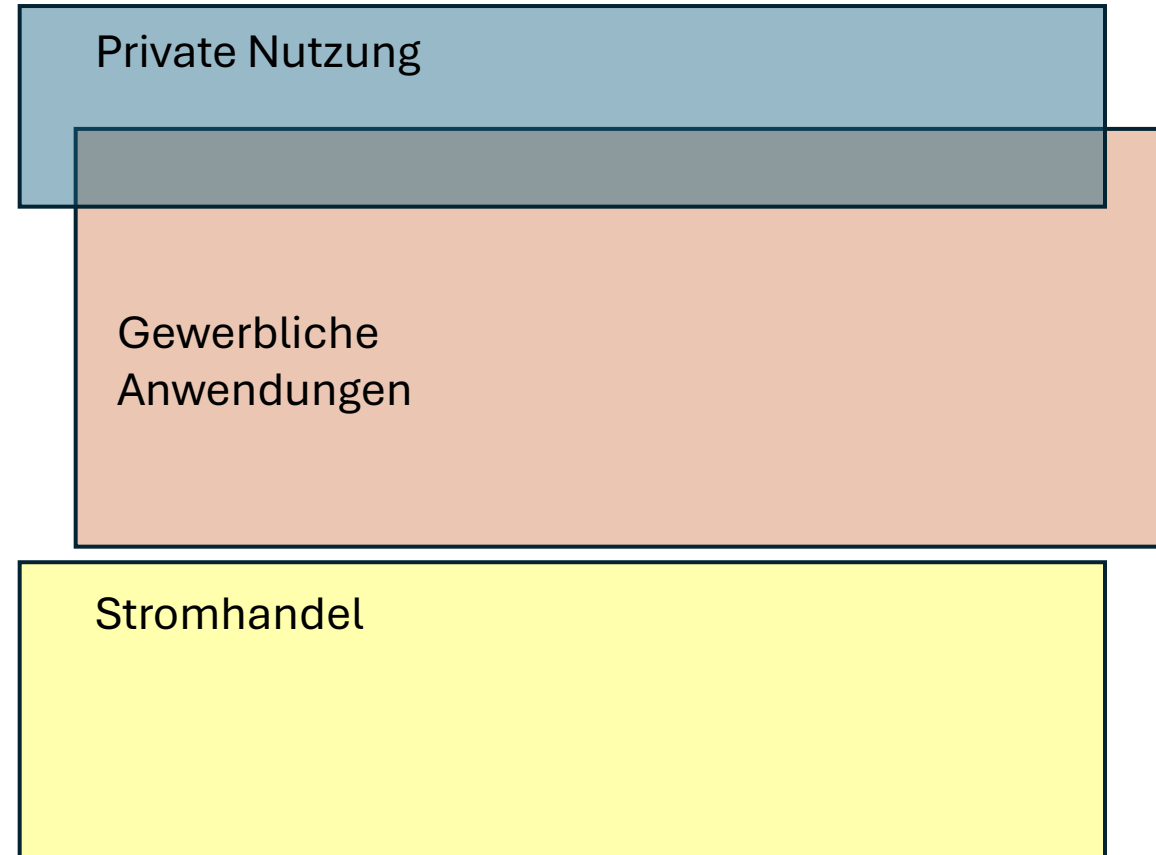
Die erste elektrische Batterie wurde von Alessandro Volta entwickelt und im Jahr 1800 vorgestellt (Zink-Kupfer).

Heute Batteriecontainer mit >5MWh



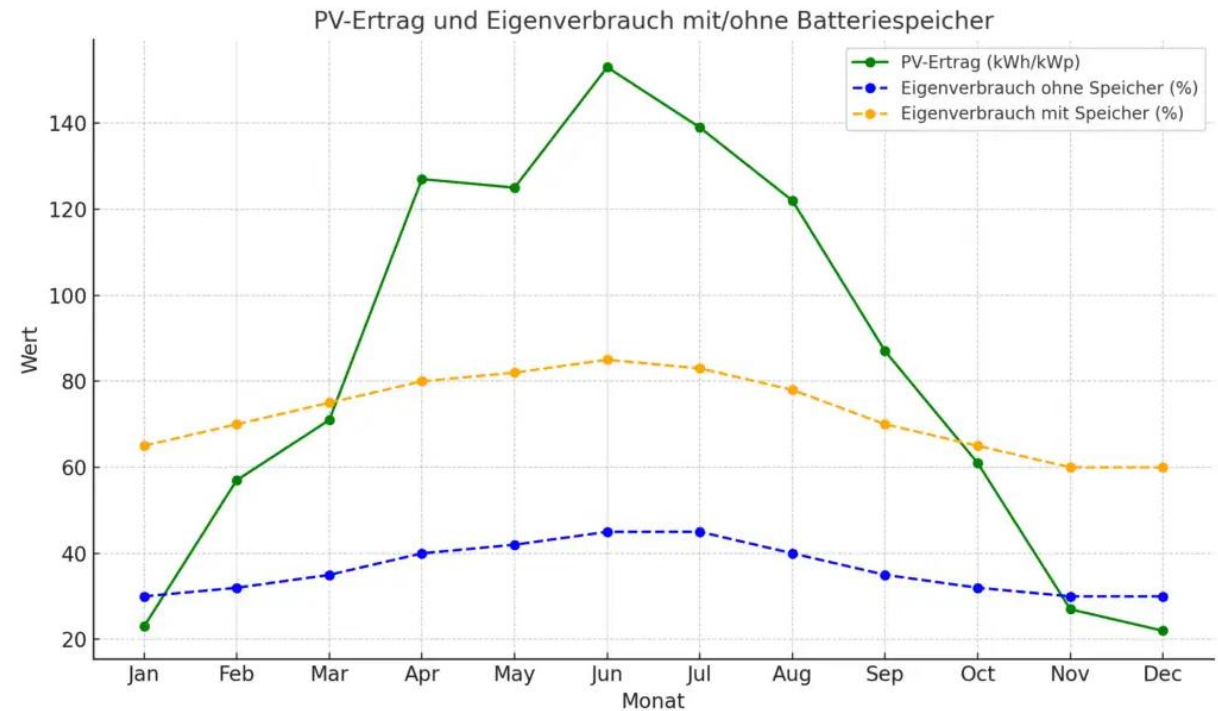
Nutzungsmöglichkeiten für Speicher

- Eigenverbrauchserhöhung
- Notstrom
- Spitzenkappung
- NAP-Booster
- Grünstromspeicher
- Graustromspeicher
- Speicher für Regelleistung
- Mischstromspeicher



Eigenverbrauchserhöhung

Der Eigenverbrauch liegt bei privaten PV-Anlagen ohne Speicher bei ca. 30%. Mit Batteriespeicher kann dieser Anteil erhöht werden (abhängig von Speichergröße ca. 60% – 80%).



Quelle: energysion.com

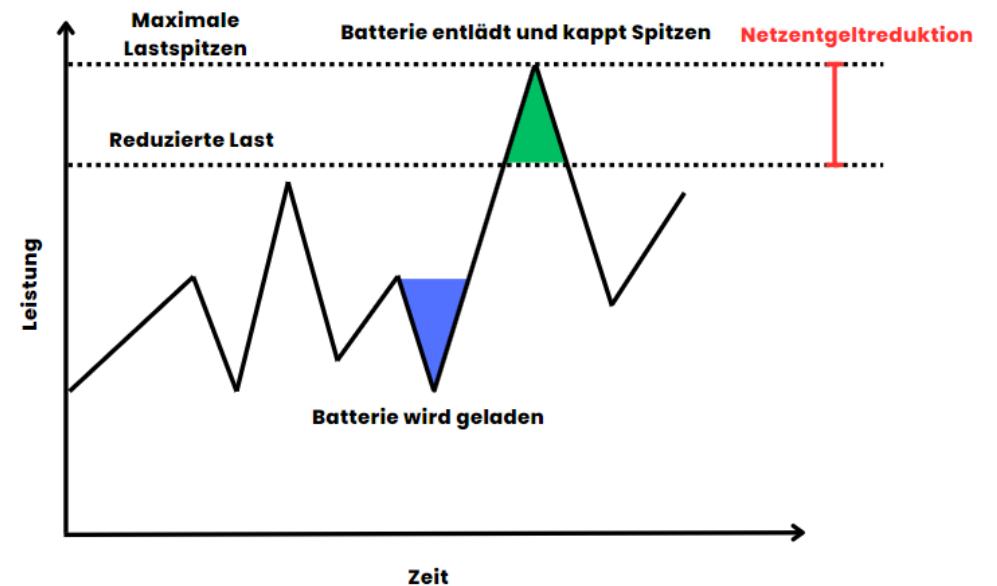
Notstromfunktion



- Bei Netzausfall wird die Energieversorgung über die Batterie aufrechterhalten
- Die für den Notstrombetrieb erforderliche Energiereserve muss ständig vorgehalten werden
- Notstrom und EV-Erhöhung widersprechen sich

Peak Shaving (Spitzenkappung)

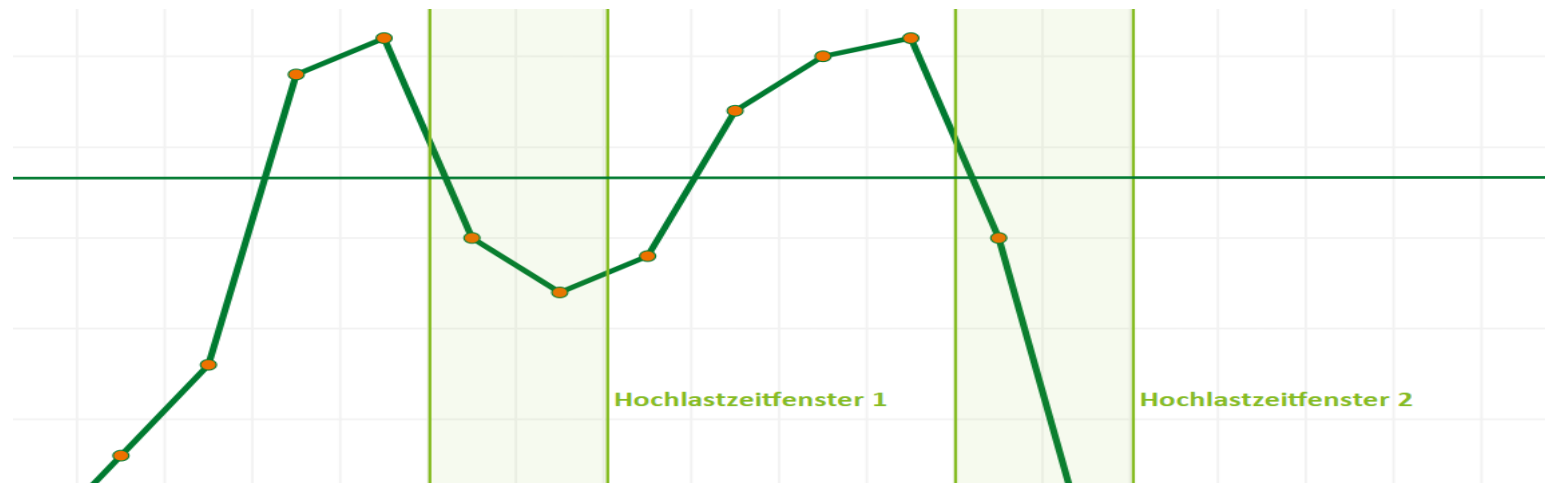
- Bei Verbrauchern mit einem Bezug >100.000 kWh bestimmt die höchste gemessene Lastspitze eines Jahres den Leistungspreis (Netzentgelt)
- Durch Batteriespeicher können Lastspitzen gekappt und das Netzentgelt reduziert werden
- Interessant für Kunden mit hohen Lastspitzen



Quelle: enerionic.de

Peak Shifting (Lastspitzenverschiebung)

- Strombezugskosten sind abhängig von der Netzauslastung (variable Preise)
- Durch Peak Shifting wird der Strombezug auf Zeiten niedriger Bezugskosten verlagert. Der Verbrauch wird dabei nicht gesenkt



NAP-Booster



- Batteriespeicher unterstützen den Netzanschlusspunkt (NAP). Dadurch kann eine höhere Leistung umgesetzt werden, als über den NAP bezogen/eingespeist wird
- Netzanschlusskosten werden reduziert

Anwendung

- Ladestationen: schnelles Laden auch an schwachen NAP, Energie wird zwischengespeichert und bei Bedarf abgegeben
- EE-Anlagen: Die installierte Erzeugungsleistung wird höher dimensioniert als die Anschlussleistung am NAP. Der Speicher nimmt Überschüsse auf und speist diese zeitversetzt ein

Grünstromspeicher



- Als Grünstromspeicher werden Batteriespeicher bezeichnet, die ausschließlich mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen wie Windkraft, Photovoltaik oder Wasserkraft geladen werden
 - Erhöhung des Eigenverbrauchs
 - Vermeidung von Abregelung bei Netzüberlastung
 - Erhält EEG-Förderung in Kombination mit EE-Anlage
 - Kann nur bedingt am Stromhandel teilnehmen, da Grünstromspeicher keinen Strom aus dem Netz beziehen
 - Der Großteil dieser Speicher wird Behind-the-Meter (BtM) betrieben

Graustromspeicher



- Als Graustromspeicher werden Batteriespeicher bezeichnet, die ausschließlich mit Strom aus dem öffentlichen Netz geladen werden (Stromhandel)
 - Direkt an das Netz angeschlossen, um Netzstabilisierung, Regelenergie und Stromhandel zu betreiben
 - Unabhängig von der lokalen Erzeugungssituation
 - Stromhandel am Day-Ahead oder Intraday-Markt (Strombörse)
 - Operieren im FTM-Modus (front of the meter)
 - Regelleistung: Sowohl Primärregelleistung (FCR) als auch Sekundärregelleistung (aFRR) in positive wie negative Richtung

Mischstromspeicher



- Als Mischstromspeicher werden Batteriespeicher bezeichnet, die sowohl aus Grünstrom wie auch aus Netzstrom geladen werden
 - Soll über die Marktintegration von Speichern und Ladepunkten der Bundesnetzagentur bis spätestens 30. Juni 2026 eingeführt werden
 - Die EEG-Förderung bleibt anteilig erhalten
 - Flexible Mischung aus EE-Einspeisung und Netzbezug
 - Teilnahme am Regelmarkt und Stromhandel
 - Netz- und Grünstromanteile müssen exakt abgegrenzt werden

Zelltechnologie

- Li-Ion
 - LFP Lithium-Eisenphosphat LiFePO_4
 - NMC Nickel Mangan Cobalt
 - NCA Nickel Cobalt Aluminium
- Na-Ion
- Redox-Flow-Batterien (RFB)
- Festkörper-Batterien (SSB)



Zelltechnologie



LFP

- geringere Energiedichte
- hohe Zyklenzahl (> 6.000 Zyklen)
- hohe Sicherheit (geringe Brandgefahr)

Typische Anwendung

- Stationäre Heimspeicher und große Netzspeicher
- Elektrofahrzeuge

Zelltechnologie



NMC / NCA

- höchste Energiedichte
- empfindlicher und teurer
- erhöhte Zellalterung

Typische Anwendung

- Elektroauto mit hoher Leistung und Reichweite
- Elektrowerkzeuge, Smartphones, E-Bikes

Zelltechnologie



Na-Ion

- gute Rohstoffverfügbarkeit
- geringere Energiedichte
- hohe Sicherheit
- tiefenentladbar
- geeignet für tiefe Temperaturen bis -40 °C

Typische Anwendung:

- Stationärspeicher

Zelltechnologie



Redox-Flow

- Anode und Kathode flüssig, Separator fest
- Kapazität und Leistung getrennt skalierbar
- extrem hohe Lebensdauer (sehr viele Zyklen)
- geringe Energiedichte → großer Platzbedarf

Typische Anwendung:

- große Gewerbe- und Netzspeicher

Zelltechnologie



Festkörper

- Fester Elektrolyt
- hohe Energiedichte
- hohe Sicherheit
- schnellladefähig

Typische Anwendung

- aktuell noch in Entwicklung

Zelltechnologie Übersicht



Zellchemie	Energiedichte in Wh/kg	Thermische Stabilität bis °C	Zyklen	Lebensdauer in Jahren	Kapazitätsverlust pro Jahr in %
LFP	120 - 160	260	3.000 – 5.000	10 - 20	1.0 - 2.0
NMC	200 - 250	150	1.500 – 2.500	8 - 15	2.0 – 3.0
NCA	250 - 300	130	1.000 – 1.500	8 - 12	2.0 – 4.0
Na-Ion	100 - 160	200	1.000 – 3.000	8 - 15	2.0 – 4.0
RFB	20 - 50	-	10.000 – 20.000	15 - 25	0.5 – 1.5

Faktoren für höhere Lebensdauer



- Tiefenentladungen vermeiden
 - Nicht dauerhaft auf 100% laden
 - Lagerung bei ca. 50 % Ladestand
 - Optimale Betriebstemperatur 15-30 °C
 - Grenztemperaturen des Herstellers beachten
-
- Die Einhaltung der zulässigen Betriebsbedingungen wird durch das Batteriemanagement (BMS) sichergestellt

Batteriemanagementsystem (BMS)

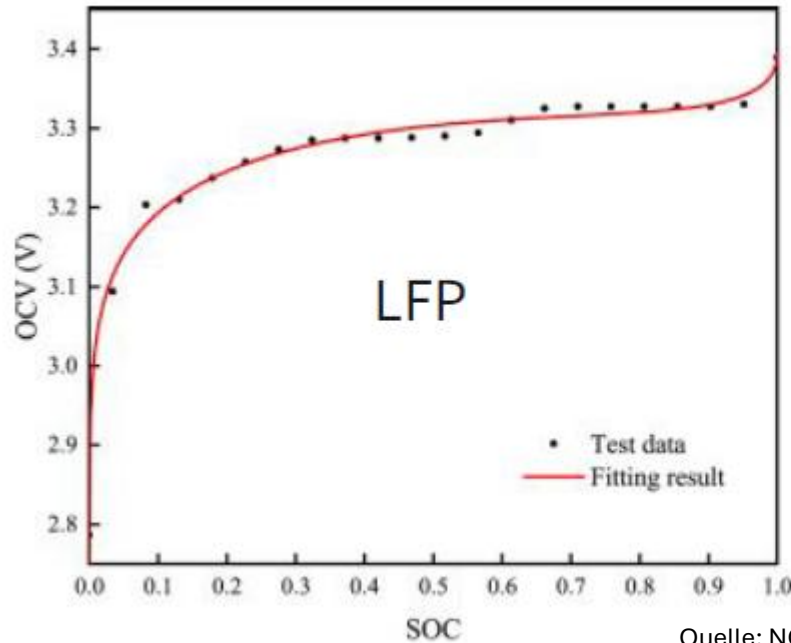


Das BMS ist ein elektronisches Sicherheits- und Steuerungssystem. Es überwacht, regelt und schützt die Zellen.

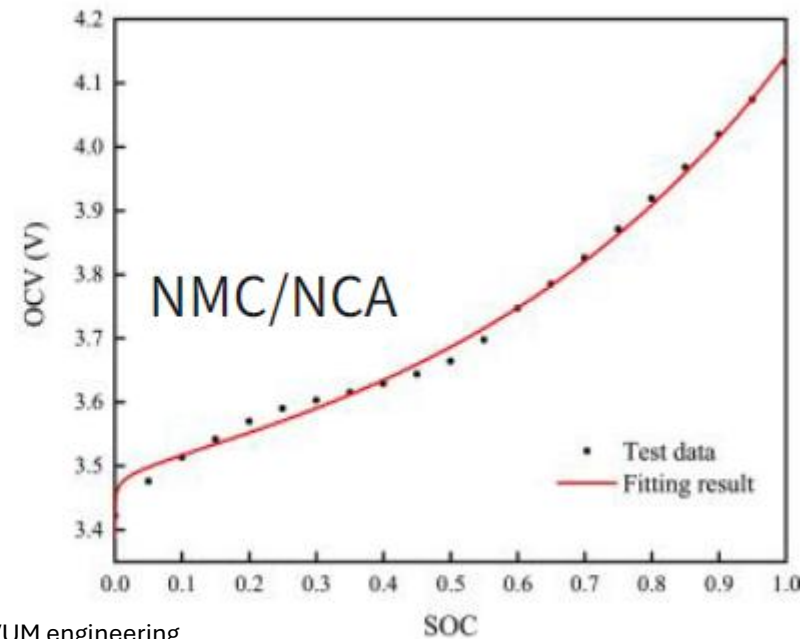
- Überwachung der Stromstärke, Spannung, Ladezustand, Temperatur
- Verhindert unsichere Zustände wie Überladung, Tiefenentladung, und Überhitzung
- Gleicht Zellspannungen aus (Balancing)
- Überwacht die verfügbare Batteriekapazität
- Optimiert Lade- und Entladezyklen
- Bietet Fehlererkennung
- Ermöglicht Fernüberwachung

SOC-Bestimmung und Kalibrierung

LFP-Systeme haben keinen eindeutigen Zusammenhang von Ladestand (SOC) und Zellspannung (OCV)



Quelle: NOVUM engineering



Kalibrierung und Balancing



- Bei der Kalibrierung einer Batterie (LFP) wird der tatsächliche Ladezustand durch einen kontrollierten Ladevorgang ermittelt
- Beim Balancing gleicht das Batteriemanagement die SoC-Unterschiede einzelner Zellen aus
- Während Balancing und Kalibrierung kann die Batterie nicht genutzt werden

Bauformen

- Rundzellen (Cylindrical Cells)
 - Hohe Stabilität durch Zylinderform und Metallgehäuse
 - Kosteneffizienz in der Produktion
 - Geringere Packungsdichte im Verbund (Zwischenräume)
- Prismatische Zellen (Prismatic Cells)
 - Optimale Raumnutzung
 - Gute Kühlung
 - Höhere Produktionskosten
- Pouch-Zellen (Pouch Cells)
 - Extrem leicht, sehr flach und flexibel in der Formgebung
 - Hohe Energiedichte
 - anfällig für mechanische Beschädigungen



Brandrisiko von Batteriespeichern



- Batteriespeicher stellen ein zusätzliches Brandrisiko dar
 - Risiko der Brandentstehung
 - Erhöhung der Brandlast
- Risikofaktoren: Betrieb außerhalb der zulässigen Parameter
- Brandentstehung möglich durch Dendritenbildung und interne Kurzschlüsse
- Batteriebrände sind sehr selten

Anforderungen an Batteriespeicher



Musterbauordnung MBO

- Die Aufstellung in notwendigen Fluchtwegen ist unzulässig (§35 MBO)
- Keine Installation in Gängen oder Treppenhäusern, auch nicht in Einfamilienhäusern
- Keine Installation in Wohnräumen

Anforderungen an Batteriespeicher



VDE-AR-E 2510-2

- Batterien sind in geschützten Bereichen unterzubringen
- Herstellerangaben sind sicherheitsrelevant und müssen berücksichtigt werden
- Zum Auffangen von Chemikalien müssen geeignete Behälter installiert sein
- Der Batterieraum muss nach DIN EN 50272-2 (VDE 510-2) bzw. Herstellerangaben belüftet sein
- Das Batteriesystem darf nicht in feuer- und explosionsgefährdeten Bereichen aufgestellt werden
- Der Aufstellort sollte nicht in der Nähe von leicht brennbaren Materialien sein

Anforderungen an Batteriespeicher



Muster einer Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen (MEltBauV)

- Speichersysteme > **20kWh** müssen in eigenen Betriebsräumen untergebracht sein
- Betriebsräume müssen leicht erreichbar sein
- Raumabschließende Bauteile mindestens feuerhemmend, abhängig von Gebäudeklasse
- Heizung / Kühlung, soweit erforderlich
- Entrauchung
- Selbstständige Löschanlage bei Speicherkapazität >**100 kWh**

Auslegung von Speichersystemen



Private Nutzung, Eigenverbrauchserhöhung

- Sinnvolle Speicherkapazität definieren
 - Richtwert: Anpassung an den Nachtbedarf
 - Richtwert: 1,5 kWh Batteriekapazität pro 1000 kWh Jahresverbrauch
 - Richtwert: ca. 1 kWh Batteriekapazität pro 1kWp PV-Leistung
- Auslegung über Simulationstool, z.B. HTW Berlin
<https://solar.htw-berlin.de/rechner/unabhaengigkeitsrechner/>
- Zu große Batterien können nicht vollständig genutzt werden und senken die Wirtschaftlichkeit

Notstromfunktion



Private Nutzung, Notstrom

- Bei Netzausfall wird die Energieversorgung über die Batterie aufrechterhalten
- Umfang der Energieversorgung definieren:
 - Notstrom-Steckdose (z.B. für Heizung, Hebeanlage, ...)
 - Einphasig
 - Dreiphasig
- Erforderliche Kapazitätsreserve definieren
- Ladung der Batterie über PV-Anlage während des Notstrom-Betriebs prüfen
- Der Energiebedarf für Notstrom muss ständig vorgehalten werden und auf den Energiebedarf für Eigenverbrauchserhöhung addiert werden

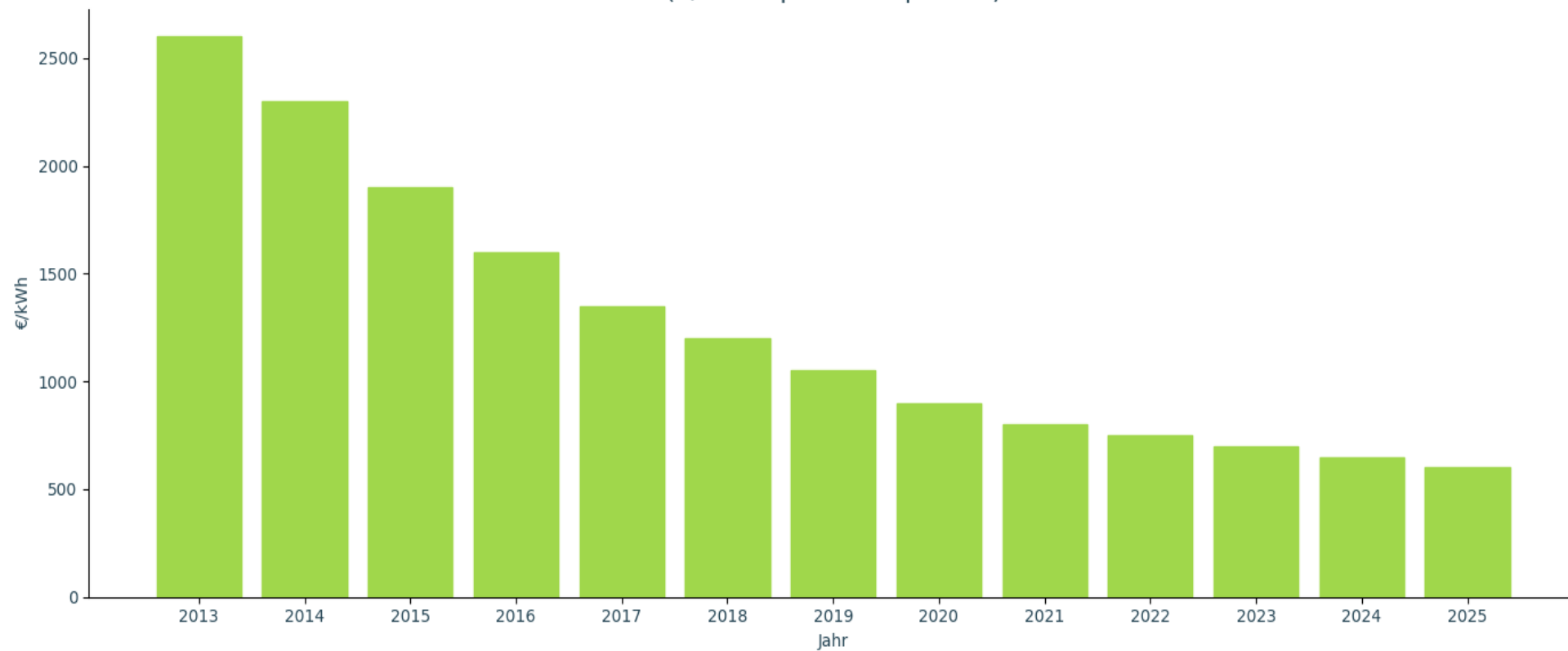
Kostenentwicklung



- Die Kostenentwicklung von PV-Heimspeichern war in den letzten 10 Jahren sehr dynamisch mit stark fallenden Preisen
- 2016 lag der Preis für eine installierte kWh noch bei 1.000 € bis 1.800 €
- 2026 liegt der Preis für eine installierte kWh bei 350 € bis 800 €
- Diese Entwicklung lässt sich hauptsächlich auf den LFP-Massenmarkt zurückzuführen und spiegelt sich in den Verkaufszahlen wider

Kostenentwicklung

Entwicklung der Kosten für Heimstromspeicher
(€/kWh Speicherkapazität)



Quelle: Energie-experten.org

Speicherkosten Beispielrechnung



Private Nutzung:

- Kosten Speicher: ca. 500€/kWh
 - Nutzung: ca. 250 Vollzyklen pro Jahr
 - Kalendarische Lebensdauer: ca. 15 Jahre
-
- Gesamtenergieumsatz (Lebensdauer): 3.750 Vollzyklen = 3.750 kWh
 - Speicherkosten pro kWh = $500\text{€} / 3.750\text{kWh} = 0,13 \text{ €}/\text{kWh}$

Speicherkosten Beispielrechnung



Peak Shaving:

- Speicher: 100 kWh
 - Investitionskosten: ca. 75.000 €
 - Spitzenkappung: 75 kW
 - Leistungspreis: 160 €/kW
 - Einsparung: 12.000 €/a
-
- Amortisationszeit ca. 7 Jahre

Speicherkosten Beispielrechnung



Grauspeicher:

- Speicher 2MWh
- Investitionskosten (CAPEX) ca. 1.200.000 €
- Erlöse Arbitrage und Regelenergie: ca. 250.000 €/a
- Amortisationszeit ca. 5 Jahre

Alternativen zum Stationärspeicher



- Modulierende Wärmepumpe: PV-Überschuss wird für Wärmepumpe genutzt
- Heizstab: Wandelt PV-Energie direkt in Wärme um
- E-Auto: PV-Überschussladen
- E-Auto: Bidirektionales Laden

Elektroauto Integration



- Die Systemintegration von Elektroautos (bidirektionales Laden) wird die Stromnetze entlasten und Energiesystemkosten senken
 - Vehicle-to-Home (V2H): Überschüssiger Solarstrom wird im Auto gespeichert
 - Vehicle-to-Grid (V2G): Das E-Auto stützt das öffentliche Stromnetz
- Bidirektionale Wallboxen sind bereits verfügbar, stecken jedoch oft noch in der frühen Marktphase
- Das Elektroauto muss bidirektionales Laden unterstützen
- Erfordert die Einhaltung spezifischer technischer und regulatorischer Vorgaben am jeweiligen Standort (VDE-AR-N 4105 / VDE-AR-N 4100)

Zukünftige Entwicklung



- Die Zukunft des Stromnetzes wandelt sich fundamental von einem zentral gesteuerten System mit wenigen Großkraftwerken hin zu einem dezentralen Netzwerk aus vielen Kleinkraftwerken und Speichern
- Energie wird zunehmend dort gespeichert, wo sie erzeugt oder verbraucht wird
- Stationäre Batteriespeicher und E-Auto-Batterien (bidirektionales Laden) dienen als Puffer
- Regionalisierung der Strompreise

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

KCE Power Solutions GmbH
Dipl.-Ing.(FH) Jochen Kirch
Lindenweg 18
86925 Fuchstal
08243 8939020
mail@kce-power-solutions.com