

Versorgungsanalyse zur Metropolregion Nürnberg mit dem Schwerpunkt Batteriespeichersysteme Rastergebiet: 10,625E 50,00N

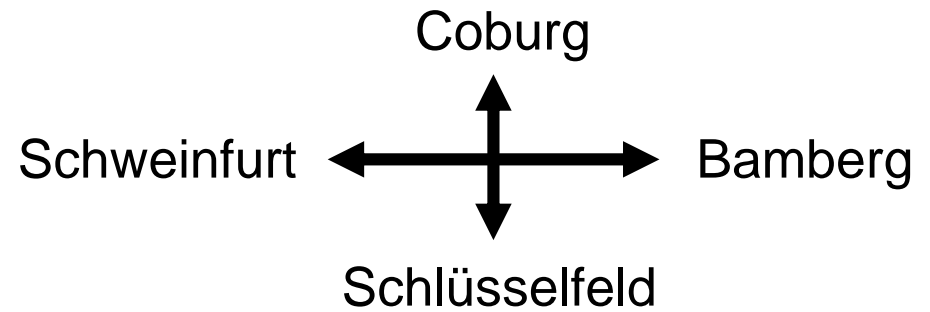
Philipp Reitz

Maschinenbau (MB6)

Inhalt

1. Untersuchungsgebiet
2. Kostensätze für Batteriespeichersysteme
3. Ausbauempfehlung
4. Kostenzusammensetzung für den Ausbau

Untersuchungsgebiet



Europäische Metropolregion Nürnberg und Aufteilung in Rastergebiete mit Angabe der Gebietsgrenzen

Energieträger

Energieträger	Gesamtinstallation [kW]	Strommenge [kWh]	Anteil Strommenge am Jahresverbrauch
Biomasse	29.464,00	203.874.527,59	11%
Klärgas	34,00	1.758,30	0%
Solar	353312,002	349191166,8	18%
Wasser	10406,11	47127946,1	2%
Wind	93422,33	166318359,6	9%

Jahresverbrauch	Mittlere Last
1.908 GWh	217.830 kW

Speichertechnologien

- Batteriespeicher
- Pumpspeicher
- Power-to-X

spezifische Herstellkosten	Größe	Ansatz	Einheit	ASD	Zins	BKF
Windenergieanlagen	sWHK	1.400	€/kW	20	5,0%	5,0%
Solarenergieanlagen	sSHK	900	€/kW	20	5,0%	2,0%
Laufwasserkraftwerke	sLHK	4.000	€/kW	50	5,0%	1,0%
Biomasseleistungsanlagen	sBHK	3.000	€/kW	20	5,0%	20,0%
Speicherladeanlagen	sSLHK	???	€/kW	20	5,0%	2,0%
Speicherentnahmeanlagen	sSEHK	???	€/kW	25	5,0%	2,0%
Maximalleistungsanlagen	sSMHK	???	€/kW	40	5,0%	2,0%
Speicherkapazität	sSKHK	???	€/kWh	40	5,0%	2,0%

Parameter für den Speicherausbau

Kapazitätskosten	Leistungskosten	Selbstentladung	Wirkungsgrad	Lebensdauer	Entladetiefe
???	???	???	???	???	???

Fazit Batteriespeichersysteme

Batterie	Lithium-Ionen	Bleisäure	Natrium-Schwefel	Redox-Flow
Kriterium				
typische System Größen	ab 1 kWh	ab 1 kWh	ab 50 kWh	ab 10 kWh
Wirkungsgrad	sehr hoch	hoch	mittel	hoch
Lebensdauer	mittel bis hoch	niedrig bis mittel	sehr hoch	sehr hoch
Anwendung	Heimenergie, Systemdienstleistungen	Heimenergie, Systemdienstleistungen	Systemdienstleistungen	Saisonal Speicher, Systemdienstleistungen
energiespezifische Kosten	mittel bis hoch	niedrig	mittel	mittel

Quelle: Böttcher & Nagel, Batteriespeicher - Rechtliche, technische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen, 2018

Kostenbestandteile



Anwendungen und Wirtschaftlichkeit sowie Auswirkungen auf die elektrischen Netze

$$\text{Kosten des Speichers} = \text{Kapazität} \times \text{kapazitätsspezifische Kosten} + \text{Leistung} \times \text{leistungsspezifische Kosten}$$

ETG

VDE

Bildquelle: <https://shop.vde.com/de/vde-studie-batteriespeicher-in-der-nieder-und-mittelspannungsebene-3>

Kostenbestandteile

kapazitätsspezifische Kosten:

- Zellen
- Verbinder
- Batteriemonitoringsysteme
- Sensorik
- Mechanische Integration (Gehäuse oder Regale)

Leistungsspezifische Kosten:

- Umrichter
- Schütze
- Leistungsschalter
- Mittelspannungsschaltanlagen (bei MW Systemen)
- Trafos

Kostenbestandteile

vernachlässigte Kosten:

- Installation
- Projektierung
- Netzanschlusskosten
- Gebäude
- Etc.

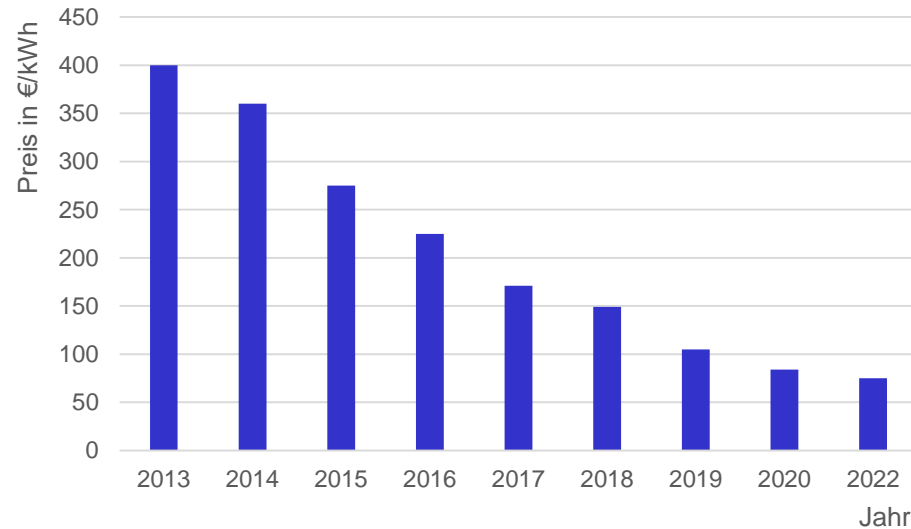
Lithium-Ionen- Batterien vs. Bleisäure-Batterien

Kostenarten	2015	2020	2025
Li-Ionen-Zellen [€/kWh]	190-380	150-210	110-180
Li-Ionen-System MW-skale [€/kWh]	450-600	280-420	150-250
Li-Ionen-System PV- Speicher [€/kWh]	750-1250	430-680	250-500

Kostenarten	2015	2020	2025
Blei-Säure-Zellen [€/kWh]	150-200	95-140	80-100
Blei-Säure-System MW-skale [€/kWh]	175-250	140-180	100-150
Blei-Säure-System PV-Speicher [€/kWh]	500-700	260-370	150-220

Quelle: Thomas Aundrup, EFZN; Andreas Becker, EFZN (2015): BATTERIESPEICHER IN DER NIEDER- UND MITTEL SPANNUNGSEBENE. Anwendungen und Wirtschaftlichkeit sowie Auswirkungen auf die elektrischen Netze.

Weltweite Preisentwicklung für Lithium-Ionen-Batterien von 2013 bis 2022



Datenquelle: <https://de.statista.com>

Leistungselektronik

Kostenarten	2015	2020	2025
Leistungselektronik [€/kW]	100-150	75-110	60-90

Quelle: Thomas Aundrup, EFZN; Andreas Becker, EFZN (2015): BATTERIESPEICHER IN DER NIEDER- UND MITTEL SPANNUNGSEBENE. Anwendungen und Wirtschaftlichkeit sowie Auswirkungen auf die elektrischen Netze.

Vernachlässigte Parameter:

- Trafo
- Schaltanlagen
- Schütze

Parameter für Lithium-Ionen-Batterien	Lithium-Ionen-Batterien	Bleisäure Batterien
	2020 (prognostiziert)	2020 (prognostiziert)
Wirkungsgrad Zelle	95%-99%	85%-95%
Gesamtwirkungsgrad inkl. Umrichter	85%-90%	78%-85%
Energiedichte (Zelle)	800-1.000 Wh/l	50-130 Wh/l
Leistungsdichte (Zelle)	100 – 5.000 W/l	10 – 1.000 W/l
Zykluslebensdauer	3.000-10.000W/l (Vollzyklen)	1.500-5.000W/l (Vollzyklen)
Kalendarische Lebensdauer	10 bis 30 Jahre (abhängig von Temperatur und Ladezustand, SOC)	10 bis 20 Jahre (abhängig von Temperatur und Ladezustand, SOC)
Entladetiefe	90 – 100% (je nach Optimierungsziel: Kosten oder Lebens-dauer)	80%
Selbstentladung	2% pro Monat	2% pro Monat

Quelle: Thomas Aundrup, EFZN; Andreas Becker, EFZN (2015): BATTERIESPEICHER IN DER NIEDER- UND MITTEL SPANNUNGSEBENE. Anwendungen und Wirtschaftlichkeit sowie Auswirkungen auf die elektrischen Netze.

Parameter für den Speicherausbau

Parameter für den Speicherausbau auf Basis von Lithium-Ionen-Batterien

Kapazitätskosten	Leistungskosten	Selbstentladung	Wirkungsgrad	Lebensdauer	Entladetiefe
350 [€/kWh]	110 [€/kW]	2% pro Monat	85%	10 bis 30 Jahre	90-100%

spezifische Herstellkosten

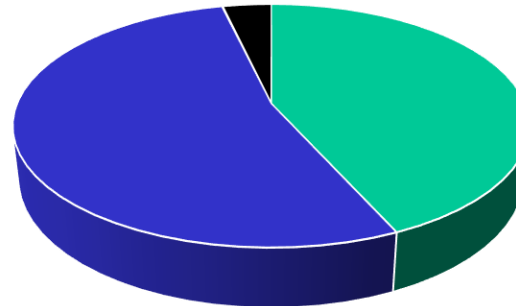
spezifische Herstellkosten	Größe	Ansatz	Einheit	ASD	Zins	BKF
Windenergieanlagen	sWHK	1.400	€/kW	20	5,0%	5,0%
Solarenergieanlagen	sSHK	900	€/kW	20	5,0%	2,0%
Laufwasserkraftwerke	sLHK	4.000	€/kW	50	5,0%	1,0%
Biomasseleistungsanlagen	sBHK	3.000	€/kW	20	5,0%	20,0%
Speicherladeanlagen	sSLHK	0	€/kW	20	5,0%	2,0%
Speicherentnahmeanlagen	sSEHK	0	€/kW	25	5,0%	2,0%
Maximalleistungsanlagen	sSMHK	110	€/kW	40	5,0%	2,0%
Speicherkapazität	sSKHK	350	€/kWh	40	5,0%	2,0%

Aktueller Ausbaustand auf Landkreisebene



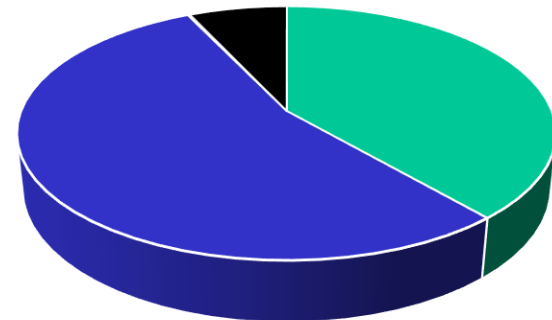
Quelle: eigene Bildmontage auf Bildhintergrund aus Google Earth

Nutzbare Speicherkapazität [kWh]



- Lithium-Ionen-Batterie
- Bleisäure Batterien
- Sonstige

Bruttoleistung [kW]



Zusammensetzung des Versorgungssystems

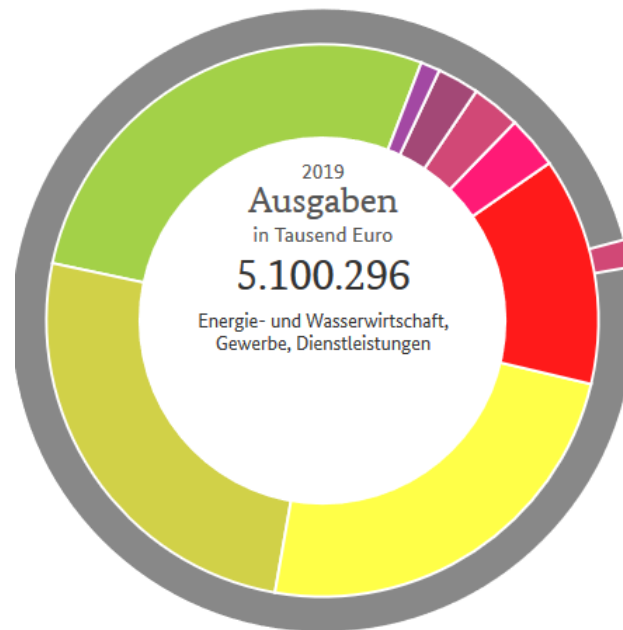
Zeichen	Größe	Batteriespeicher	Power-to-Gas Speichersystem	Pumpspeicher
iWi	Windanteil	50,00%	65,00%	63,00%
iSo	Solaranteil	50,00%	35,00%	37,00%
FA	Anteil fluktuierend	265,30%	162,30%	121,30%
LA	Laufwasseranteil	2,00%	2,00%	2,00%
BA	Biomasseleistungsanteil	11,70%	11,70%	11,70%
SLL	Speicherladeleistung	245,00%	149,89%	141,00%
VR	Versorgungsreserve	116,08%	13,89%	22,63%
KB	Kapazitätsbedarf (tiefste Entladung)	54,48(= 2,27 TL)	277,7 (= 11,57 TL)	286,0 (= 11,92 TL)
KV	vorzuhaltende Kapazität	59,9(= 2,50 TL)	305,4(= 12,73 TL)	314,6(= 13,11 TL)

Kosten für den Zubau

spezifische Herstellkosten	Einheit	Wert Batterie	Wert P2G	Wert Pumpspeicher
Wind	€/kW	5.587	4.147	2.872
Kosten Wind	€	995.765.411	739.125.924	511.816.792
Solar	€/kW	10.484	3.108	2.476
Kosten Solar	€	1.624.431.870	481.592.781	383.609.435
Laufwasser	€/kW	219	141	147
Biomasse und Sonstiges	€/kW	445	351	351
Kosten für Wind- und Solarkraftanlagen	Mrd. €	2,6	1,2	0,9
Speicherladung	€/kW	0	3.747	282
Speicherentnahme	€/kW	0	1.422	283
Speichermaximalleistung	€/kW	270	150	283
Speicherkapazität	€/kW	20.973	305	6.292
Kosten für Speicher	Mrd. €	4,6	1,2	1,6
Mittlere Last	kw	217.830	217.830	217.830
Bestand Solar	kw	353.312	353.312	353.312
Bestand Wind	kw	93.422	93.422	93.422
Kosten gesamt	Mrd. €	7,2	2,4	2,5

Vergleich mit Bundeshaushalt

Größe	Einheit	Wert Batterie	Wert P2G	Wert Pumpspeicher
Kosten gesamt	Tausend Euro	7.247.485	2.446.040	2.450.745



Quelle: <https://www.bundshaushalt.de/#/2019/soll/ausgaben/funktion/6.html>

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**