



Foto: M. Puchta

Batteriespeicher und deren Potenziale

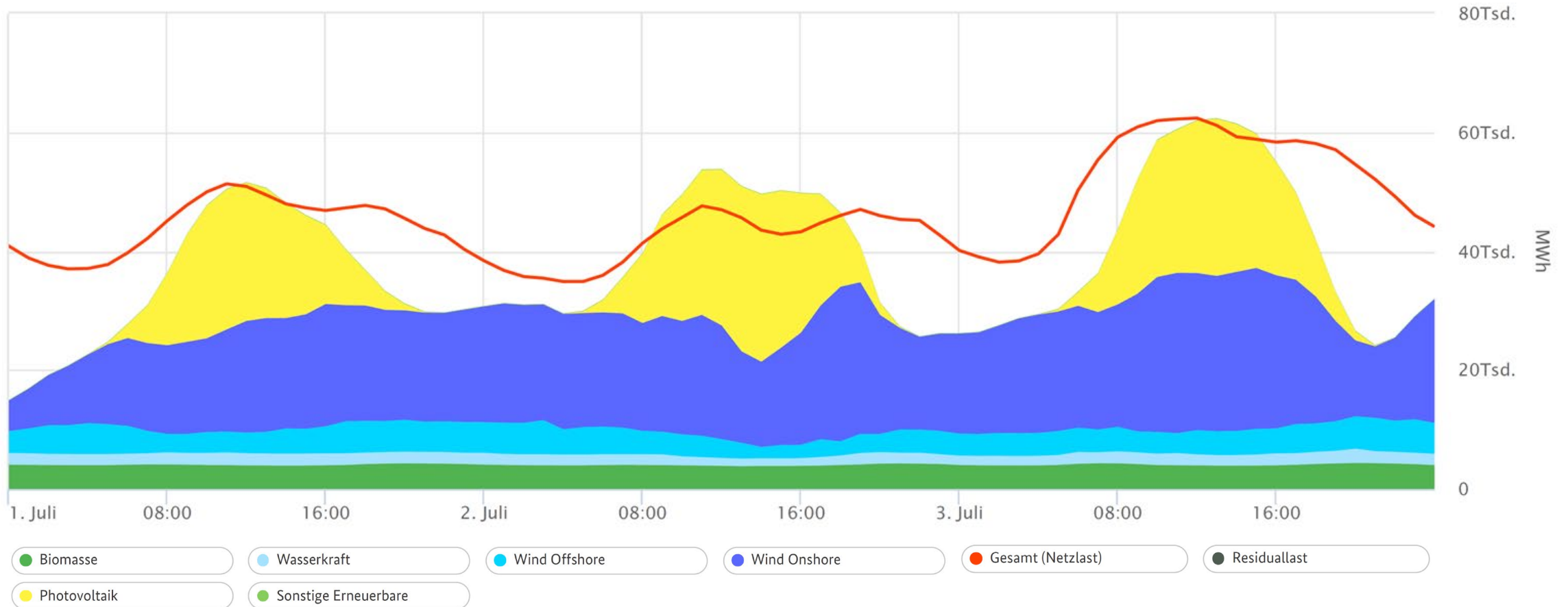
3. Energietag der Region 38, Braunschweig, 10.06.2026, Prof. Dr.-Ing. Matthias Puchta

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften

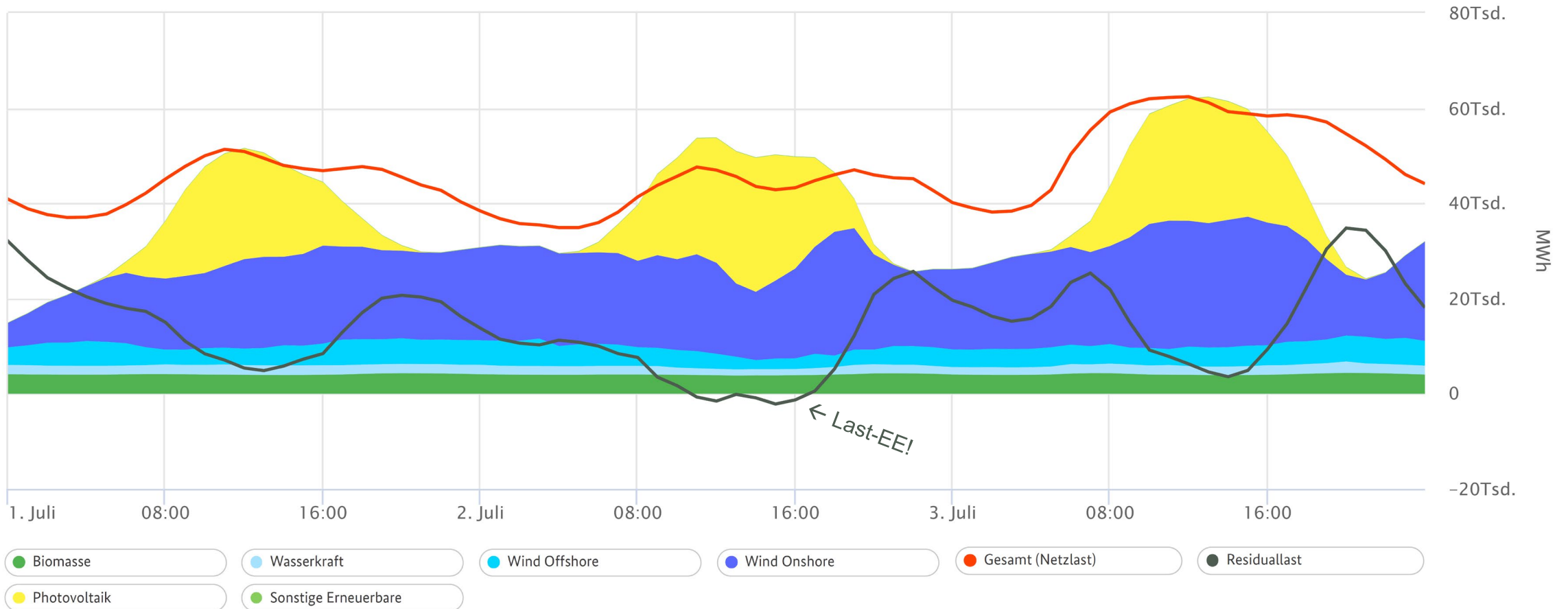
– Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel · Salzdahlumer Str. 46/48 · 38302 Wolfenbüttel

Fakultät Versorgungstechnik

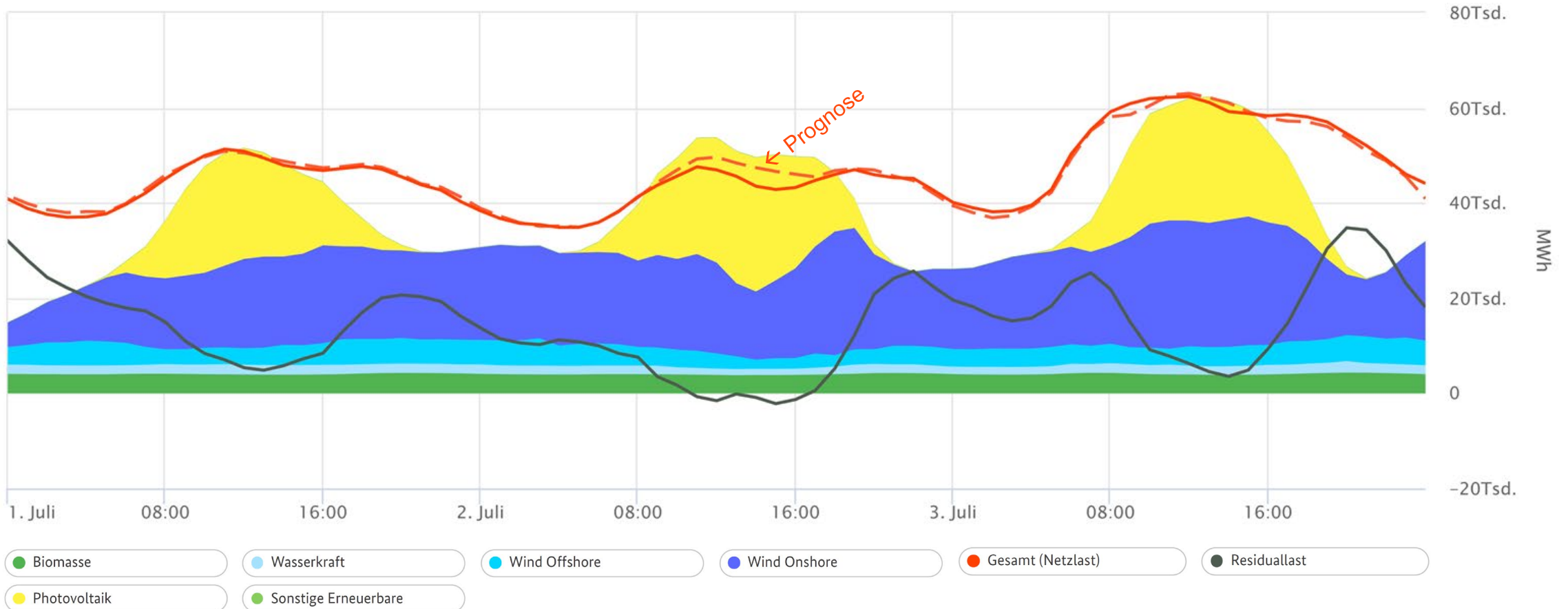
Erneuerbare Stromerzeugung und Stromverbrauch | Deutschland Juli 2023



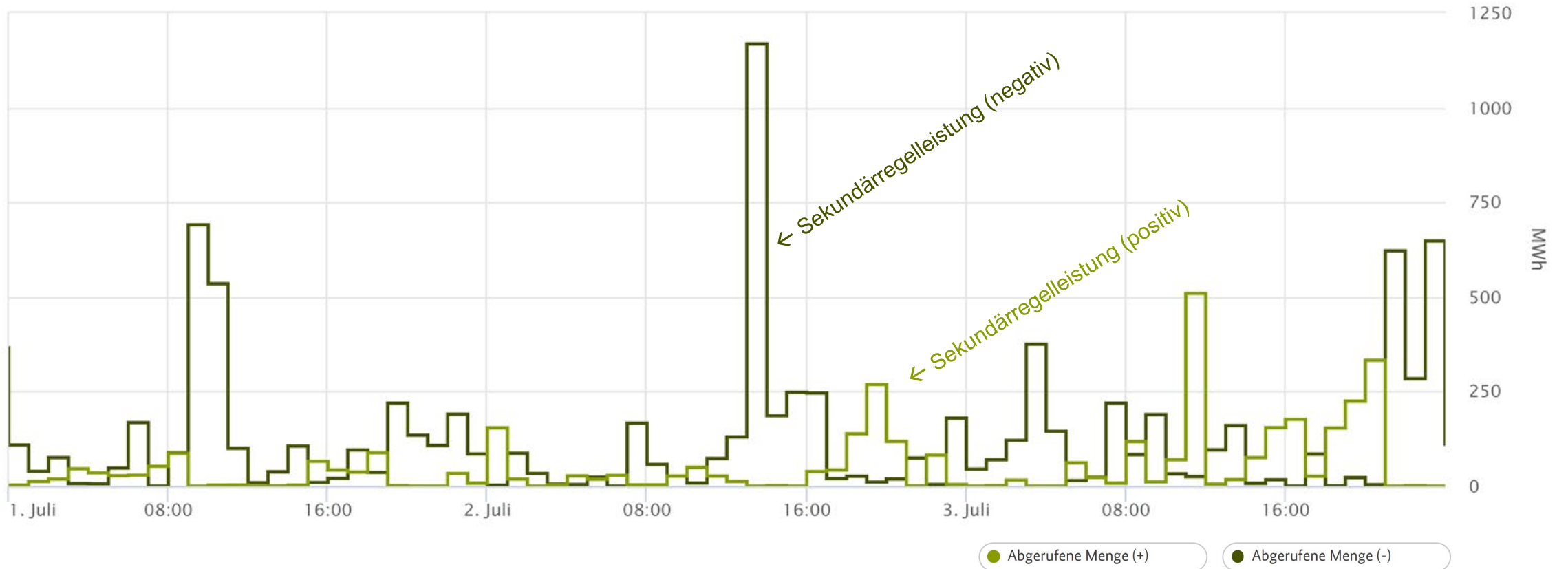
Residuallast | Deutschland Juli 2023



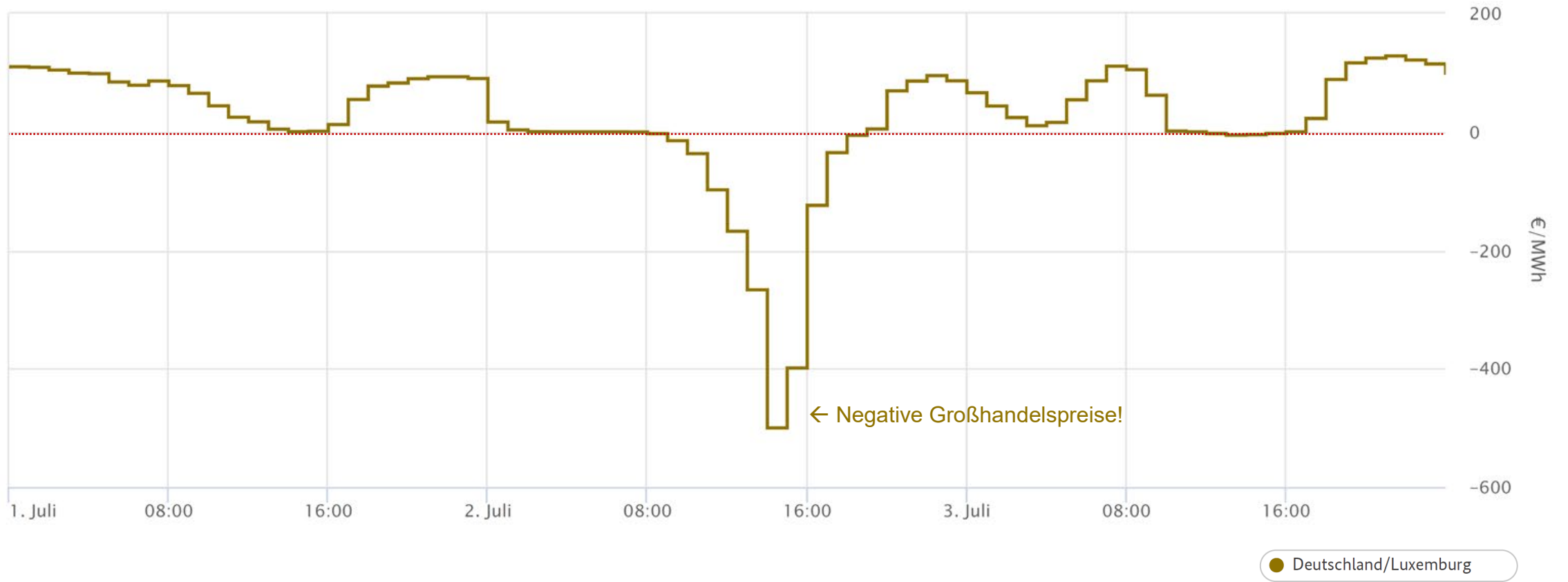
Verbrauchsprognose | Deutschland Juli 2023



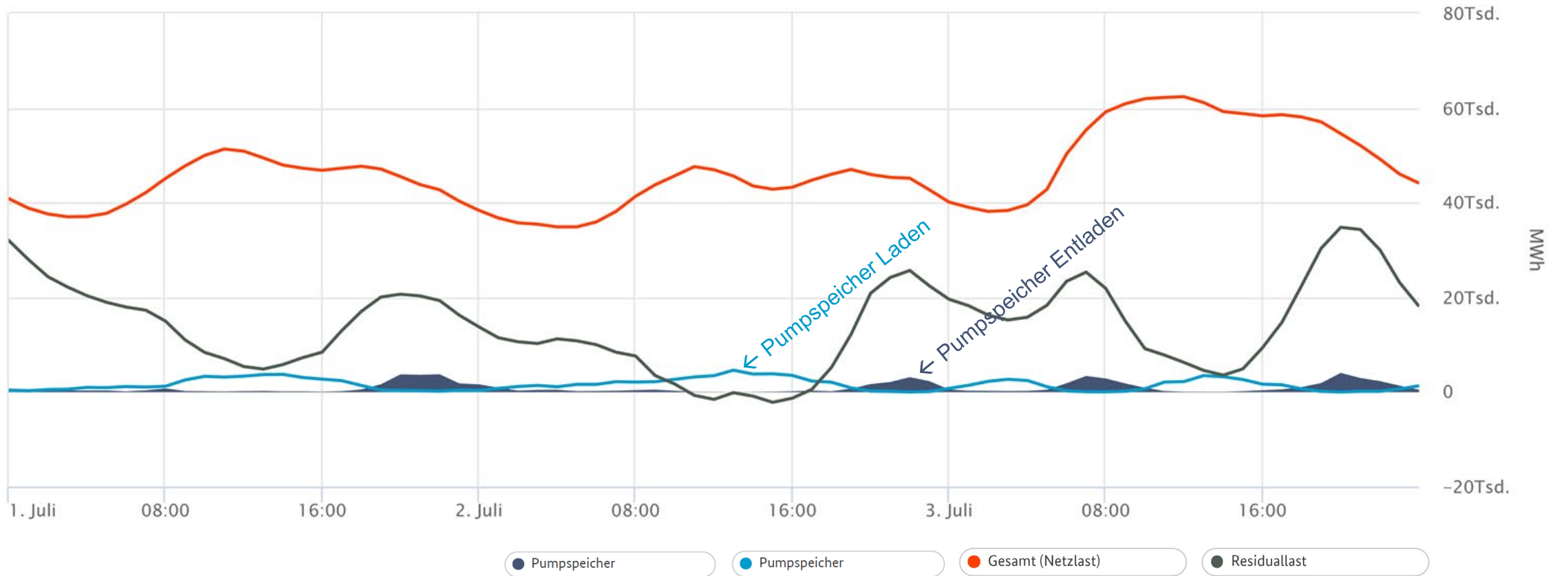
Sekundärregelleistung | Deutschland Juli 2023



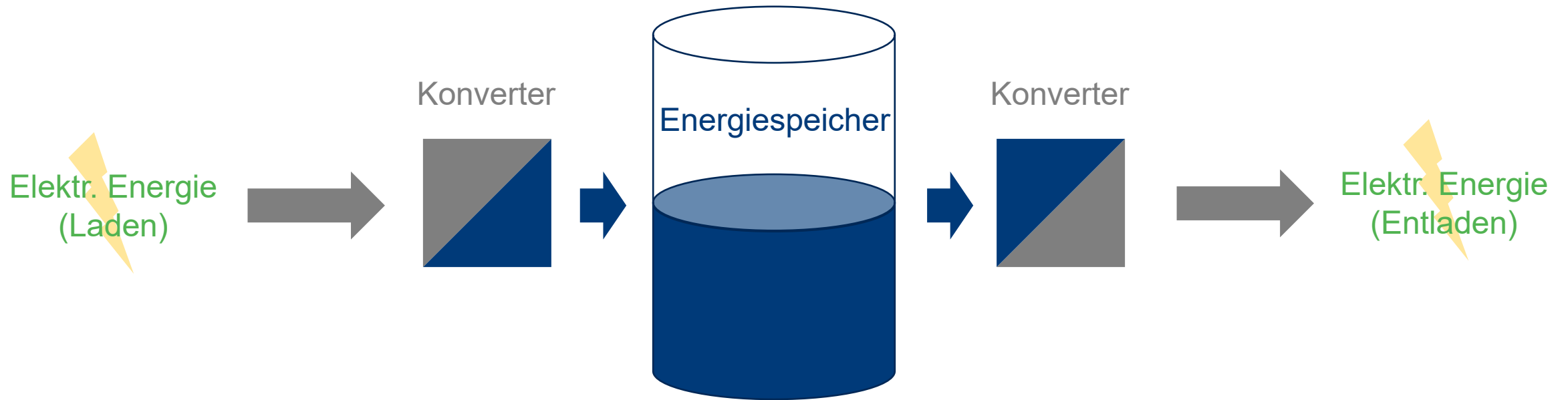
Großhandelspreise | Deutschland Juli 2023



Pumpspeicherbetrieb | Deutschland Juli 2023



Funktionsprinzip eines Stromspeichers



Speichertechnologien

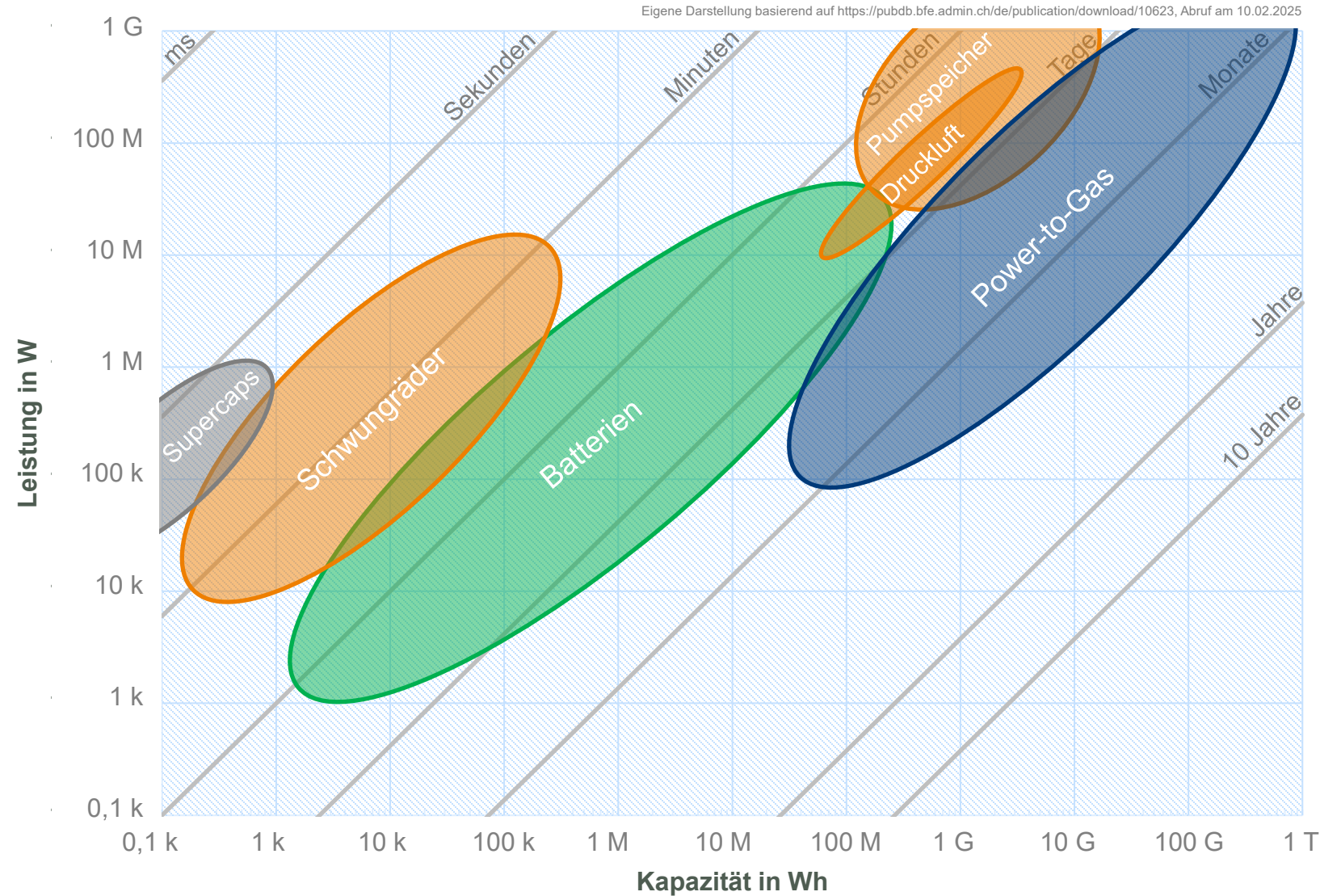
Bis 2045 werden 515 GWh
Speicherkapazität aus
Batterien und PSW benötigt.*

Größter Bedarf in HB/NL.**

- Mechanische Energiespeicher
- Chemische Energiespeicher
- Elektrochemische Energiespeicher
- Elektrische Energiespeicher

*aus mobilen & stationären Batterien sowie Pumpspeichern in Deutschland; Szenario Referenz aus Brandes, Julian, Markus Haun, Daniel Wrede, Patrick Jürgens, Christoph Kost, and Hans-Martin Henning. "Wege zu einem Klimaneutralen Energiesystem. Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen." Fraunhofer ISE, - 1, 2021. <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/416755>.

**https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/presseinformationen/2022/1022_ISE_d_PI_Grossspeicher.pdf, Abruf am 10.02.2024



Batterien

Typ. Anwendungen:

- Regelleistung & Netzbooster
- PV-Heimspeicher & E-Kfz
- **Energiehandel (Arbitrage)**

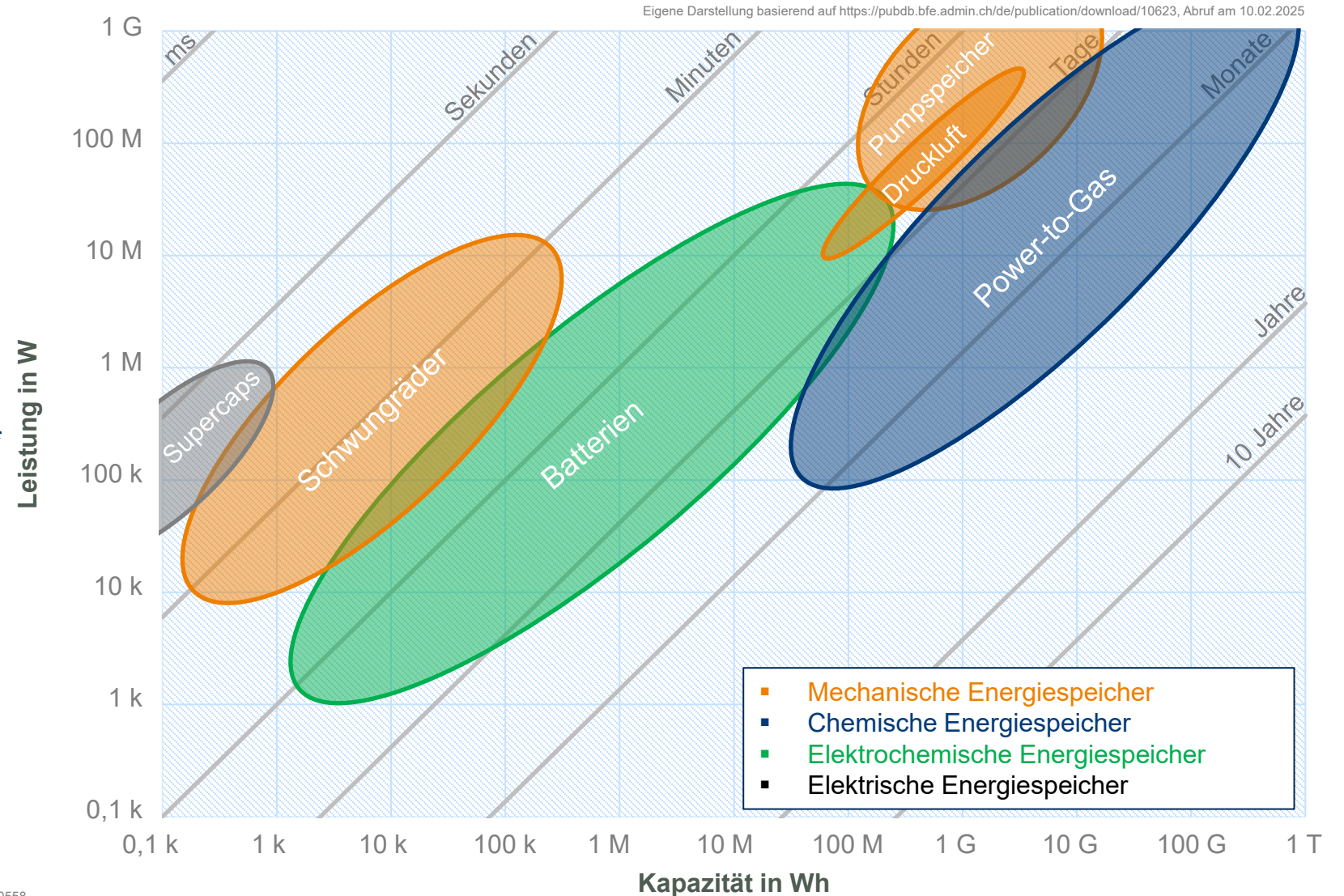
Stand der Technik

- Kommerziell, **Trend** ↑
- 27x in NI; 120 MW, 194 MWh*
- Einbeck; 25 MW, 64 MWh*

*Nur Großspeicher der letzten 5 Jahre: <https://www.battery-charts.de/>, Abruf am 03.06.2026; ; Figgner et al., The development of battery storage systems in Germany: A market review (status 2023), 2023, CC BY 4.0, www.battery-charts.de;

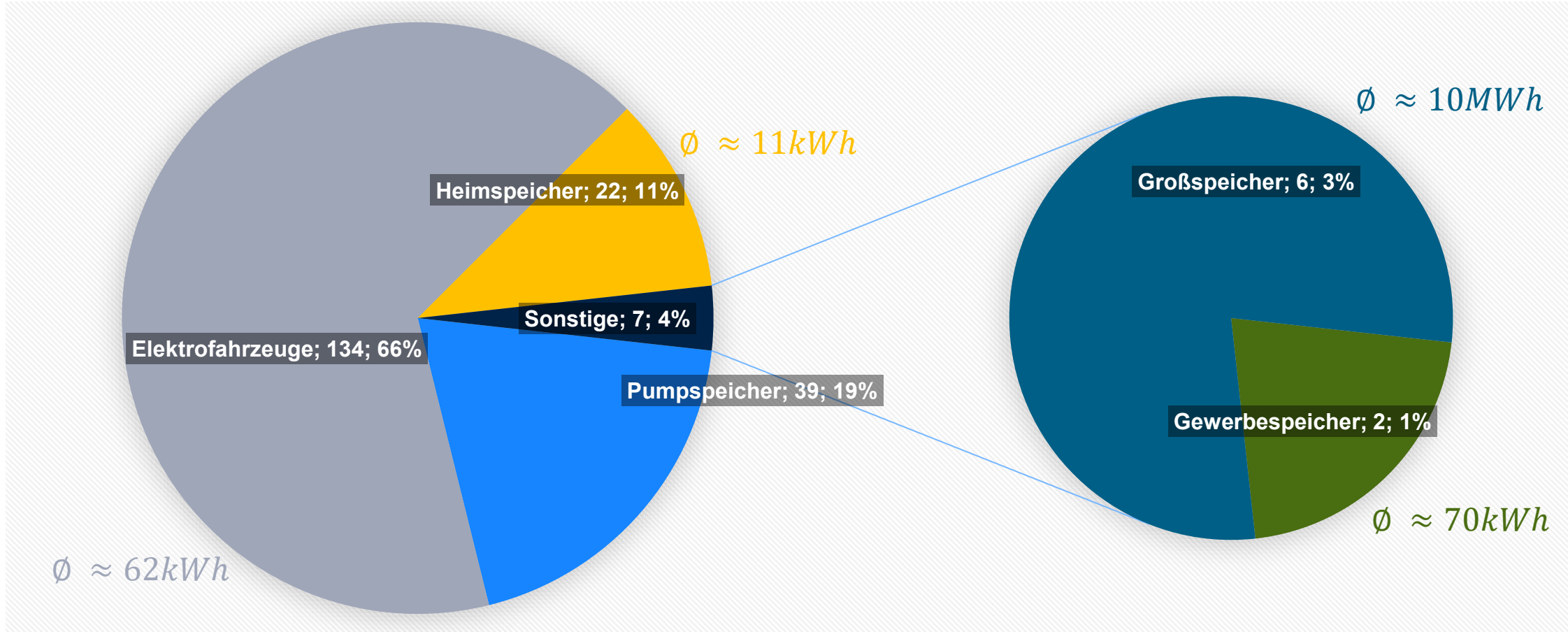


By Enyavar - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=80060558>



Batterien | Installierte Speicherkapazität* in GWh | DE | Juni 2026

*nur Batterien , Pumpspeicher und Elektrofahrzeuge (BEV, PHEV)

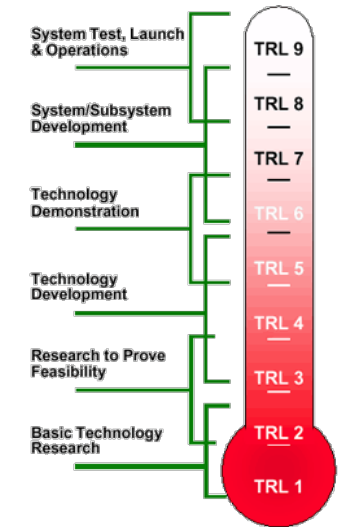
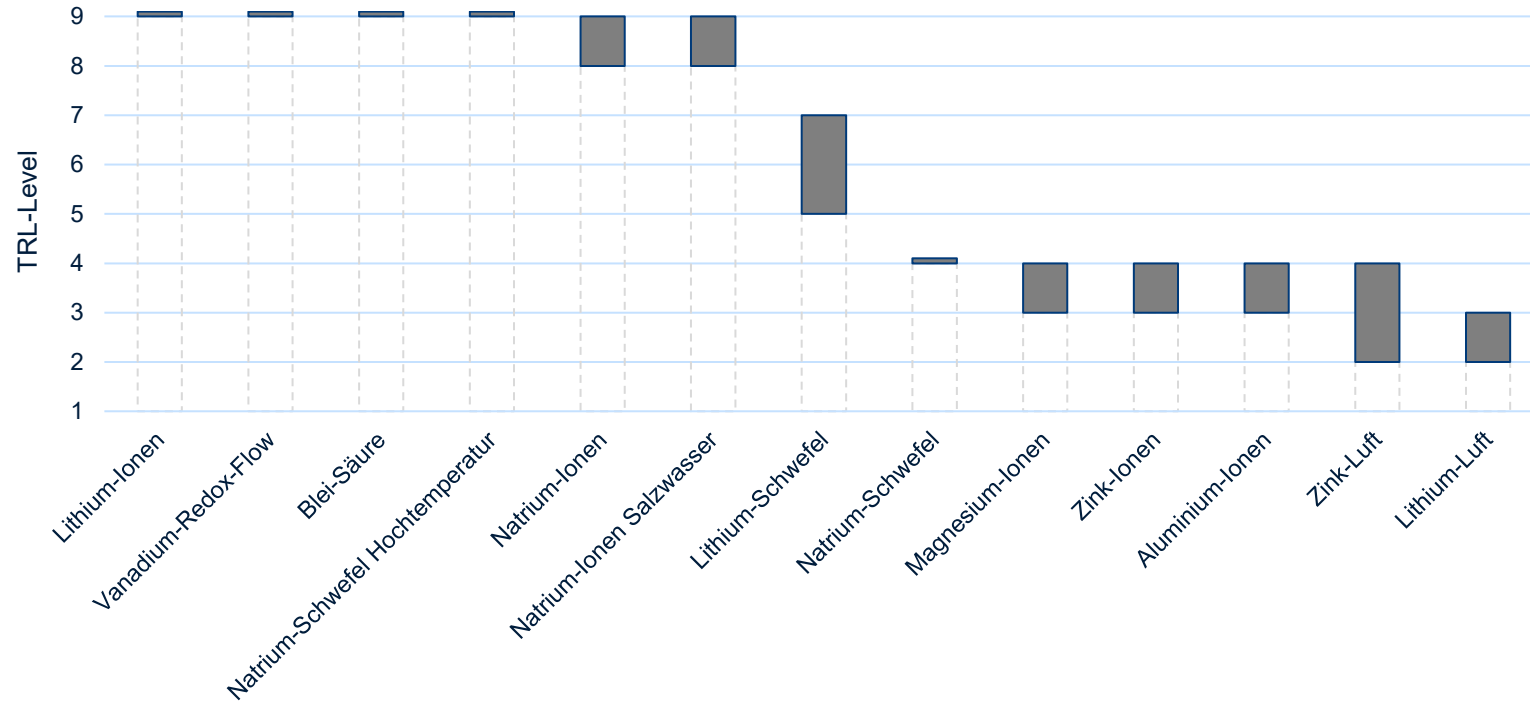


Batteriedaten aus: Figgenger et al., The development of battery storage systems in Germany: A market review (status 2023), 2023, CC BY 4.0, www.battery-charts.de; Abruf am 03.06.2026

Elektrofahrzeugdaten aus: Hecht, C.; Spreuer, K.G.; Figgenger, J.; Sauer, D.U. Market Review and Technical Properties of Electric Vehicles in Germany. *Vehicles* 2022, 4, 903-916. <https://doi.org/10.3390/vehicles4040049>, <https://mobility-charts.rwth-aachen.de/>; Abruf am 03.06.2026

Pumpspeicherdaten aus: Knosala, Kevin & Zier, Michael & Linssen, Jochen & Robinius, Martin & Stolten, Detlef & Gottke, Valeska & Rosenthal, Markus & Velten, Alexa & Weber, Michael & Schäfer, Frank & Stenzel, Peter. (2020). *Energiespeicher*. *BWK: das Energie-Fachmagazin*. 72. 34-47. 10.37544/1618-193X-2020-08-09-34.

Batterien | Technology-Readiness-Level (TRL)

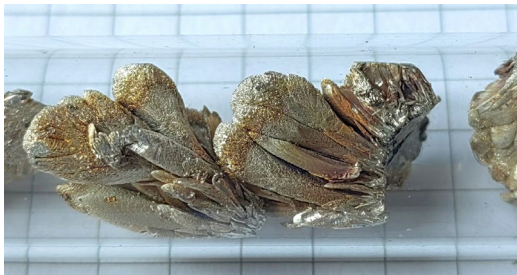
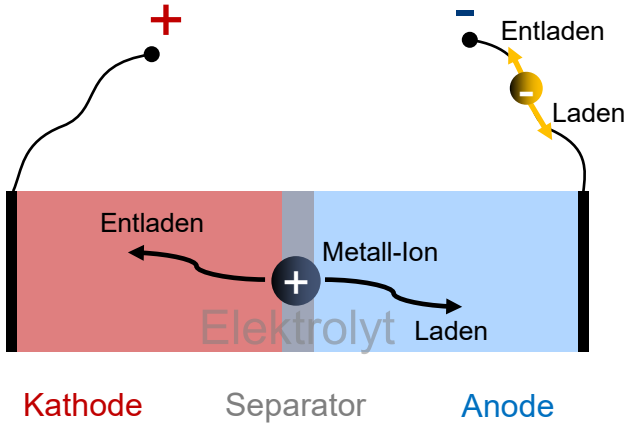


Quelle der Daten (bis auf Blei-Säure Batterien): Stephan, Annegret, Tim Hettesheimer, Christoph Neef, Thomas Schmaltz, Steffen Link, Maximilian Stephan, Jan Luca Heizmann, and Axel Thielmann. Alternative Battery Technologies Roadmap 2030+. Fraunhofer ISI, -1, 2023. <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/451421>.

By NASA/Airspace Systems (AS) - <http://as.nasa.gov/aboutus/tri-introduction.html> at the Wayback Machine, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=65946549>

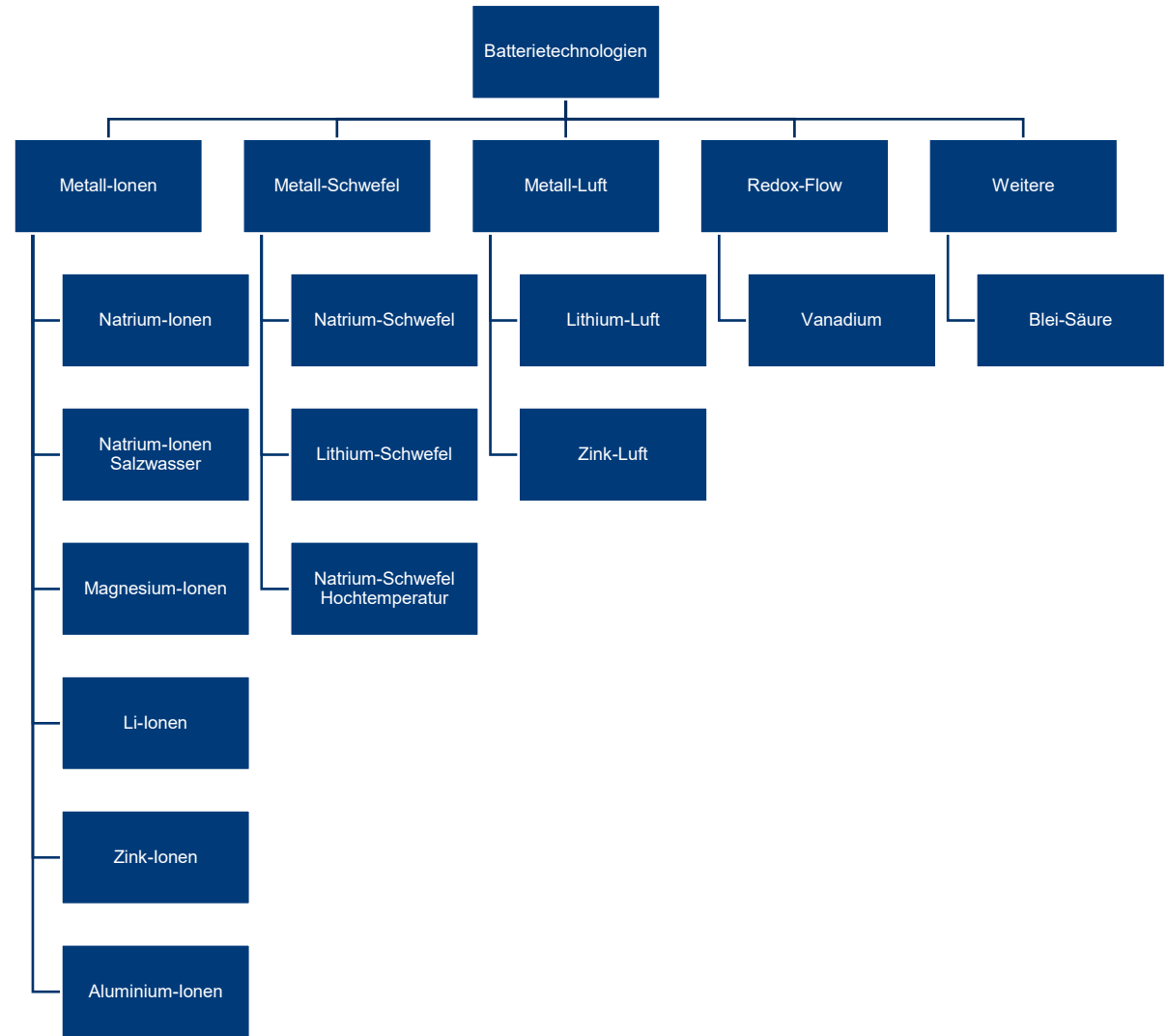
→ Stark gesunkene Kosten bei Li-Ionen Batterien

Batterietechnologien



By 范皓程 - Own work, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=147393282>

→ Trend: Li-Festkörper



Technologievergleich

Erhebliche Abweichungen in der Praxis möglich!

| | Lithium-Ionen | Vanadium Redox-Flow* | Blei-Säure | Natrium-Schwefel Hochtemperatur* | Natrium-Ionen* | Natrium-Ionen Salzwasser* |
|------------------------------|-------------------|----------------------|------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|
| Gravimetrische Energiedichte | 160-300 Wh/kg** | 22-30 Wh/kg | 30-40 Wh/kg*** | 180-268 Wh/kg | 140-160 Wh/kg | <150 Wh/kg |
| Volumetrische Energiedichte | 400-700 Wh/l** | 30-40 Wh/l | 80-90 Wh/l*** | 300-414 Wh/l | 200-300 Wh/l | 12-24 Wh/l |
| Kalendarische Lebensdauer | 10-20 a***** | 20 a | 5-15 a*** | > 15 a | 15 a | 10 a |
| Zykluslebensdauer | 1.000-10.000***** | > 10.000 | 500 - 2.000***** | 4.500 | 100 – 1.000 | > 3.000 |
| Wirkungsgrad | 90-95 %**** | 60-90 % | 65-90 %**** | 70-80 % | 90 % | 75-98 % |

Quelle der Daten:

*Stephan, Annegret, Tim Hettesheimer, Christoph Neef, Thomas Schmaltz, Steffen Link, Maximilian Stephan, Jan Luca Heizmann, and Axel Thielmann. Alternative Battery Technologies Roadmap 2030+. Fraunhofer ISI, -1, 2023. <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/451421>.

**Hettesheimer, Tim, Christoph Neef, Inés Rosellón Inclán, Steffen Link, Thomas Schmaltz, Felix Schuckert, Annegret Stephan, et al. Lithium-Ion Battery Roadmap - Industrialization Perspectives toward 2030. Fraunhofer ISI, -1, 2023. <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/456809>.

***<https://etekware.com/lithium-ion-vs-lead-acid-batteries/>, Stand 26.08.2024

****https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/160.57_Renews_Spezial_Strom_speichern_mar13_online.pdf, Stand 26.08.2024

***** Sauer Sauer, D.; Fuchs, G.; Lunz, B.; Leuthold, M. (2012): Technologischer Überblick zur Speicherung von Elektrizität. http://www.sefep.eu/activities/projects-studies/Ueberblick_Speichertechnologien_SEFEP_deutsch.pdf, Zugriff am 08.03.2016

*****Komesse, H.B., Lucas, M., Duval—Dachary, S. et al. A comprehensive cradle-to-grave life cycle assessment of three representative lithium-ion stationary batteries targeting a 20-year bi-daily charge–discharge service. Int J Life Cycle Assess 29, 1246–1263 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02303-z>

Technologievergleich

Erhebliche Abweichungen in der Praxis möglich!

| | Lithium-Eisen-Phosphat (LFP) | Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminiumoxid (NCA) | Lithium-Nickel-Mangan-Kobaltoxid (NMC) |
|----------------------------------|---|---|---|
| Praktische spezifische Kapazität | 150-160 mAh/g* | 190-200 mAh/g* | 150-190 mAh/g* |
| Materialkosten | 8-15 €/kg* | 22-30 €/kg* | 23-30 €/kg* |
| Qualitative Einschätzung | <p>Höhere Lebensdauer als NMC und NCA</p> <p>Niedrigere Energiedichte als NMC und NCA</p> <p>Niedrigerer Preis als NMC und NCA</p> <p>Höhere Sicherheit als NCA und NMC</p> | <p>Geringere Lebensdauer als LFP</p> <p>Höhere Energiedichte als LFP und NMC</p> <p>Höherer Preis als LFP</p> <p>Geringere Sicherheit als LFP</p> | <p>Geringere Lebensdauer als LFP</p> <p>Höhere Energiedichte als LFP, niedrigere Energiedichte als NCA</p> <p>Höherer Preis als LFP</p> <p>Geringere Sicherheit als LFP</p> |

Quelle:

*Stephan, Annegret, Tim Hettesheimer, Christoph Neef, Thomas Schmaltz, Steffen Link, Maximilian Stephan, Jan Luca Heizmann, and Axel Thielmann. Alternative Battery Technologies Roadmap 2030+. Fraunhofer ISI, -1, 2023. <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/451421>.

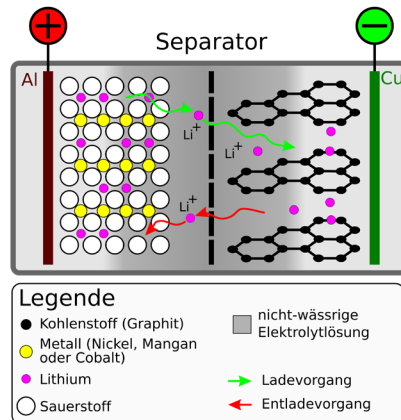
Li-Ionen Batterien | Zellebene



By CRBAman - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=151003049>



By תורתי - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=141693314>



By <https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Cepheiden> - File:Li-Ion-Zelle_(CoO2-Carbon,_Schema).svg, CC BY-SA 2.0 de, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=95677706>

Mögliche Gefährdungspotenziale*

Interner Kurzschluss / thermisches Durchgehen

Überladung / Tiefentladung

Gas- und Elektrolytaustritt bei Defekt

Mechanische Beschädigung (Transport, Montage ...)

Alterung / Kapazitätsverlust → erhöhte Ausfallwahrscheinlichkeit

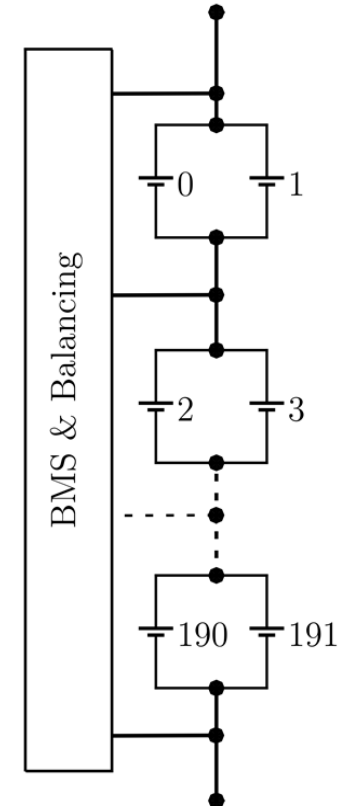
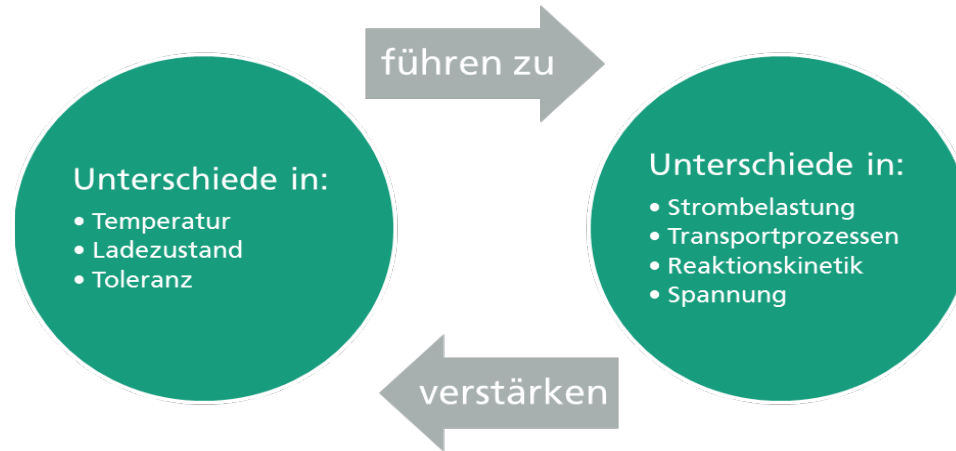
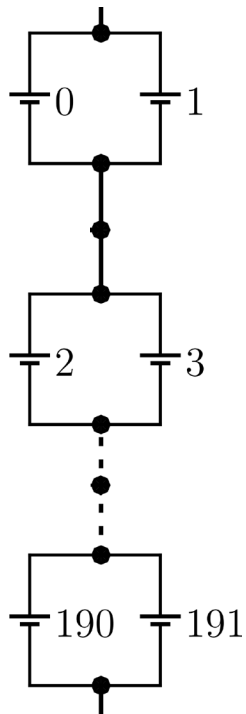
*Die Tabelle zeigt nur ausgewählte Gefährdungspotenziale und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit

Praxis*:

- Auswahl sicherer Zellchemie + Qualitätshersteller
- Enge Betriebsgrenzen + Zellüberwachung
- Konstruktive Sicherheitsfeatures (Ventile, Entgasung ...)

*Die Liste zeigt nur ausgewählte Lösungsmöglichkeiten und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit

Li-Ionen Batterien | Batteriemanagementsystem



Batteriemanagementsystem ist essentiell für Sicherheit und Komfort!

Li-Ionen Batterien | Alterung



Li-Ionen Batterien | Modulebene



By Erik Christensen - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=91414805>



By Votpuske - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=147244048>

Mögliche Gefährdungspotenziale*

Ausbreitung eines Zellbrandes im Modul

Kontakt-/Kabelbrand im Modul

Fehlerhafte Verschaltung / Polaritätsfehler

Ungenügende Wärmeabfuhr / Hotspots im Modul

Korrosion an Kontakten und Verbindern

*Die Tabelle zeigt nur ausgewählte Gefährdungspotenziale und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit

Praxis*:

- Flammhemmende Materialien + Brandschottierung
- Qualifizierte Montage + regelmäßige Thermografie
- Verpolsichere Steckverbinder + Standardprozesse

*Die Liste zeigt nur ausgewählte Lösungsmöglichkeiten und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit

Li-Ionen Batterien | Batteriesystemebene



Eigene Darstellung



Eigene Darstellung



By Kecko from Eastern Switzerland - Walenstadt - Large Battery Storage, CC BY 2.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=140651440>

03.06.2026

Mögliche Gefährdungspotenziale*

BMS-Fehler, unerkannte Überlast / Fehlbetrieb

Kettenreaktion: Brand von Modul zu Rack / String

Unsichere Zustände bei Netz-/Systemstörungen

Kommunikationsausfall zwischen BMS und übergeordneter Steuerung

Fehlparametrierung (z.B. falsche Schutz- oder SOC-Grenzen)

*Die Tabelle zeigt nur ausgewählte Gefährdungspotenziale und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit

Praxis*:

- Zertifiziertes BMS + redundante Abschaltpfade
- Segmentierung / Begrenzung der Energie je String
- Definierte Failsafe-Strategien und geprüfte Schutzkonzepte

*Die Liste zeigt nur ausgewählte Lösungsmöglichkeiten und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit

Li-Ionen Batterien | Gesamtsystem



By FinneJager - Own work, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16496292>



By Tavo Romann - Own work, CC BY 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=84914019>



By Kecko from Eastern Switzerland - Rheineck - Large Battery Storage Device, CC BY 2.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=149365995>

Mögliche Gefährdungspotenziale*

Containerbrand mit Rauch-/Gasaustritt

Kontaminiertes Löschwasser / Umweltschäden

Personengefährdung durch Zutritt / Hochspannung

Unzureichende Kühlung/Klimatisierung → Überhitzung

Blitzschlag / Überspannungseinwirkungen

*Die Tabelle zeigt nur ausgewählte Gefährdungspotenziale und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit

Praxis*:

- Brandfrüherkennung + geeignetes Löschsystem
- Löschwasserrückhaltung + dicht ausgeführte Flächen
- Einzäunung, Zutrittskontrolle, klare Kennzeichnung

*Die Liste zeigt nur ausgewählte Lösungsmöglichkeiten und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit

Literatur: Broschüre des BVES zum Thema Brandschutz

https://bv.es.de/wp-content/uploads/2023/03/Brandschutz_Lithium_Ionen_Grossspeichersysteme_DE_2023.pdf



Batteriespeicher haben großes Potenzial – standortspezifische Analyse unverzichtbar!