

Heizwärmebedarf und Energiegewinnung – Flächen- und Performance-Vergleich anhand monatlicher Messwerte eines Einfamilienhauses

Dipl.-Ing. Dr. Manuela Franz
Dipl.-Ing. Dr. Hartmut Dumke

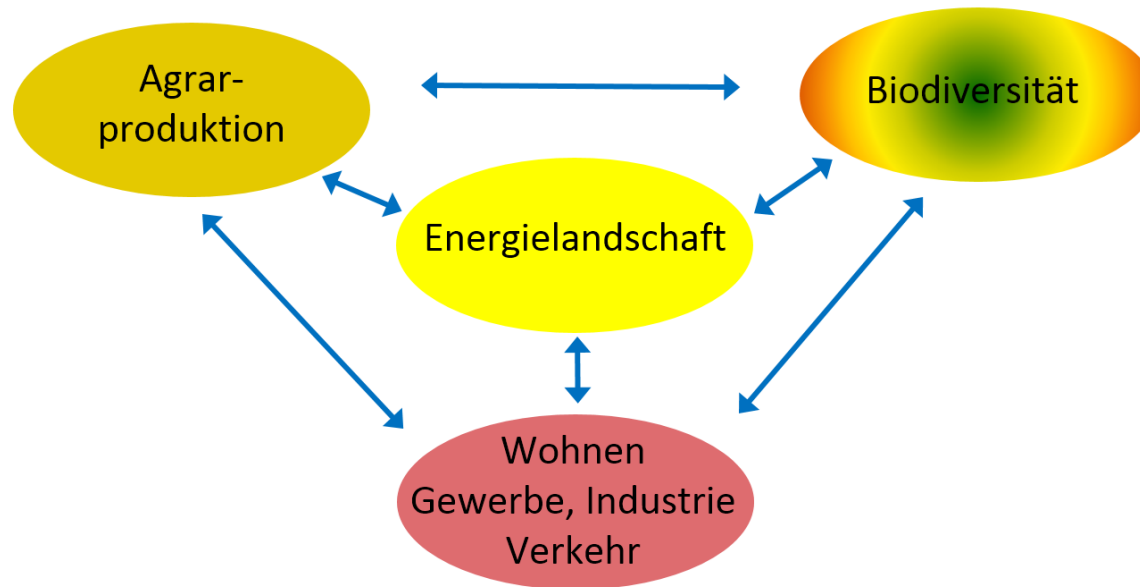


Inhalt

- Forschungshintergrund: Raumwärme aus interdisziplinärer Sicht – Energieraumplanung, Heizwärmebedarf und Life Cycle Assessment
- Heizwärmebedarf von Wohnhäusern und dazugehöriger Flächenbedarf erneuerbarer Energiesysteme
- Energiekennzahlen und tatsächlicher Heizenergieverbrauch
- Praxisbeispiele: Wärmepumpen in Einfamilienhäusern
- Flächenbedarf erneuerbarer Energiesysteme nach Energieträger und Jahreszeit

Das “Big Picture” – Hintergrund der Forschung

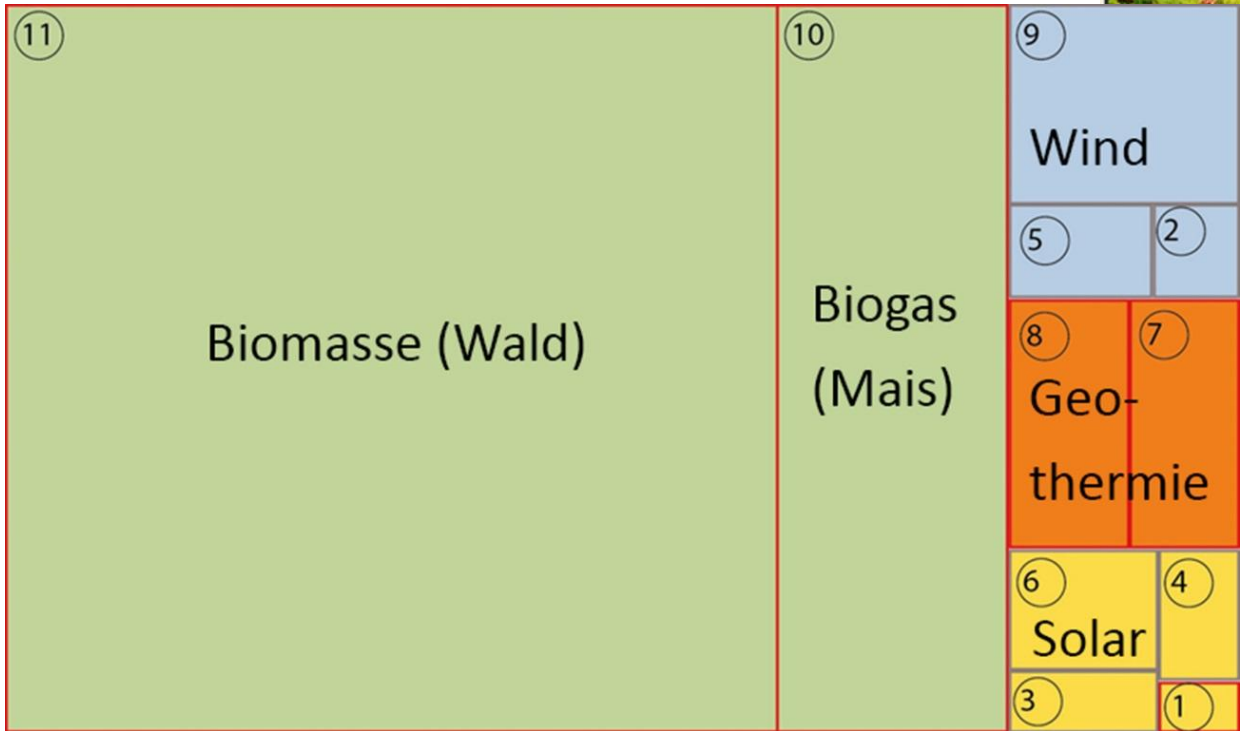
- Energielandschaften & Energieraumplanung
- Landnutzungskonkurrenzen



Das “Big Picture” – Hintergrund der Forschung

- Energielandschaften & Energieraumplanung
- Landnutzungskonkurrenzen
- Life Cycle Assessment

- Wirkungskategorie: **Greenhouse gas emissions**
CO₂-e [g/kWh]
- Wirkungskategorie: **Land use** [m²/kWh/a]



Quelle: Franz, Dumke (2025)



Energiekennzahl-Klassen des Heizwärmebedarfes im Vergleich zu Flächenerträgen erneuerbarer Energiesysteme [kWh/m²/a]



| Energiekennzahl-Klassen laut OIB 6 | HWB [kWh/m ² /a] | Erneuerbarer Energieträger, thermische Energie | Potenzialertragsflächen ern. Energien (PEF), Annahme: 100m ² zu beheizende Wohnfläche (WF) der EKZ Kl.A | Verhältnis zwischen PEF und WF |
|------------------------------------|-----------------------------|---|--|--------------------------------|
| A | bis 40 | Solarthermie, vollfl. Aufdachkollektor | 17 | 0,17 |
| B | 60 | Solarthermie, nicht vollfl. aufg. Kollektoren (Flachdach oder Freiland) | 42 | 0,42 |
| C | 75 | Seichte Geothermie, Tiefsonden | 111 | 1,11 |
| D | 85 | Seichte Geothermie, Flachkollektoren | 133 | 1,33 |
| E | 100 | Biomasse (Mais) | 667 | 6,67 |
| F | 120 | Biomasse (Wald-Hackschnitzel) | 2000 | 20 |
| G | über 120 | | | |

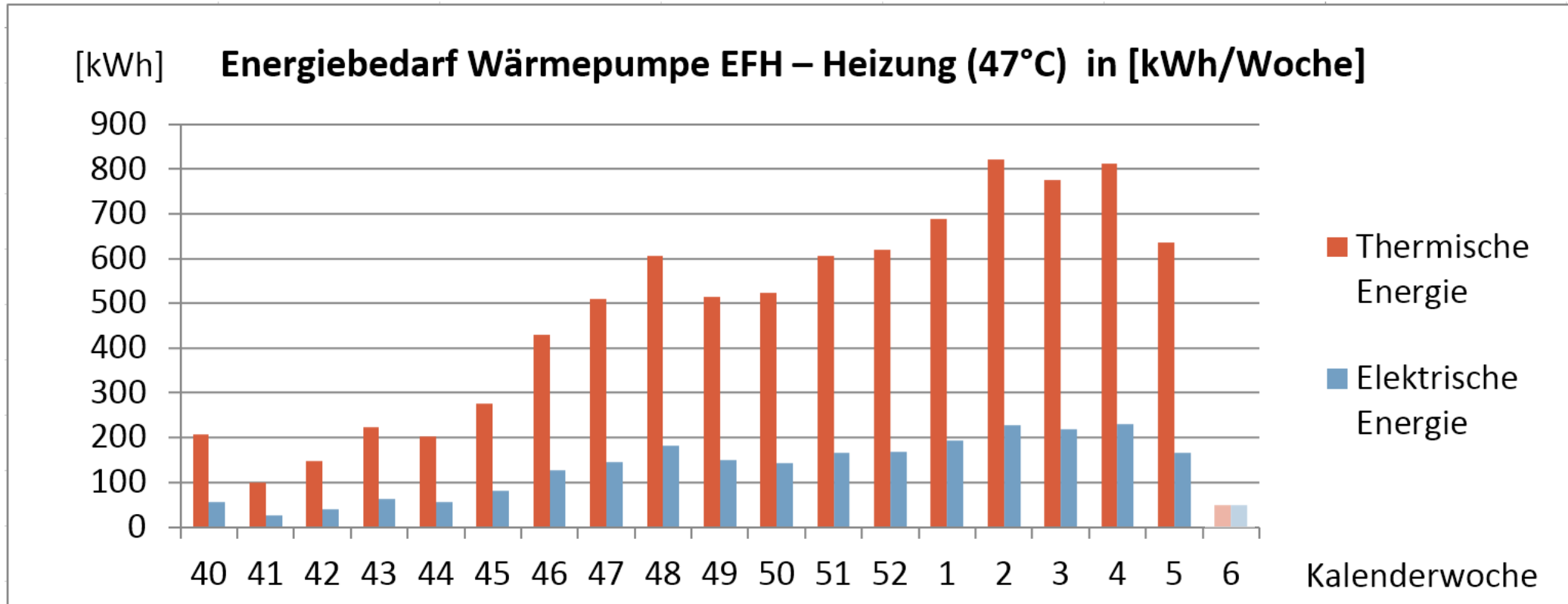
Vorsicht: Solar nur jahresbilanziell gültig !

Quelle: OIB-Richtlinie 6 (2025) *<https://www.oib.or.at/richtlinien/oib-richtlinien-2025/oib-richtlinie-6/>

Quelle: eigene Berechnung

Messprotokoll: Einfamilienhaus Wärmepumpe (neue Messungen 2025/26)

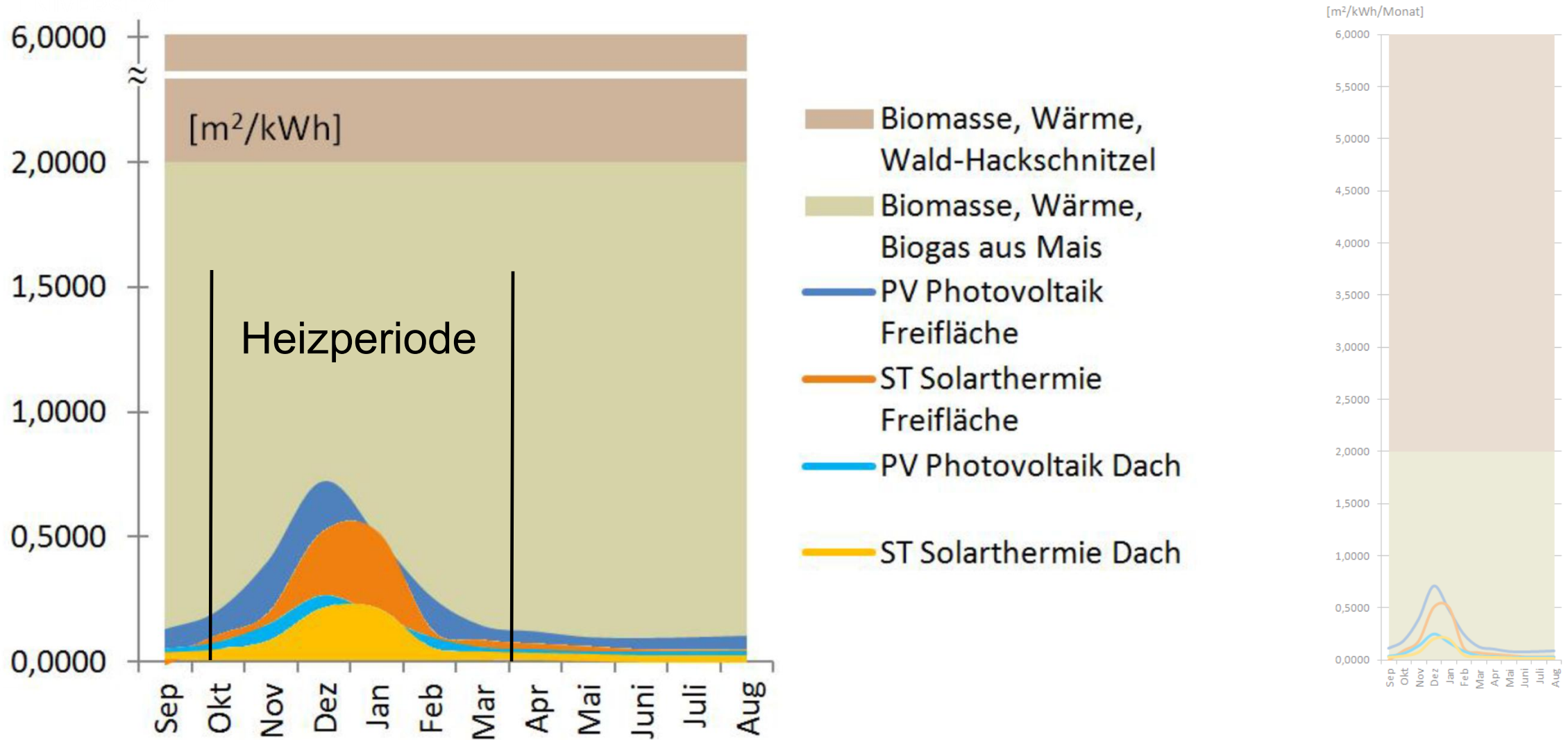
- Austausch einer Gasheizung durch eine Wärmepumpe mit Erdwärmesonden im Herbst 2025
- Einfamilienhaus, Bj. 1993; Beheizte Wohnfläche: 140 m², Raumtemperatur: 20°C



- Standort: Marchfeld, NÖ, AT
- Wochenarbeitszahl: ca. 3,7
- Jahresbedarf elektrische Energie: Okt-Jän: ca. 2500 kWh

Eigene Messungen (Hersteller-App) und Berechnungen

Flächenbedarf erneuerbarer Energiesysteme pro erzeugter kWh nach Monat



Eigene Darstellung, Datenquellen: Burkhardt (2025); Fink et al. (2025); Dumke (2020); Franz, Dumke (2023/2025)

Flächenbedarf Batteriegroßspeicher

Definition **Utility Scale BESS: > 1 MWh**

Quelle: SolarPower Europe (2026)

Anzahl der **Großspeicher in Deutschland Feb. 2026: 432**

Quelle: Figgner et al. (2026)



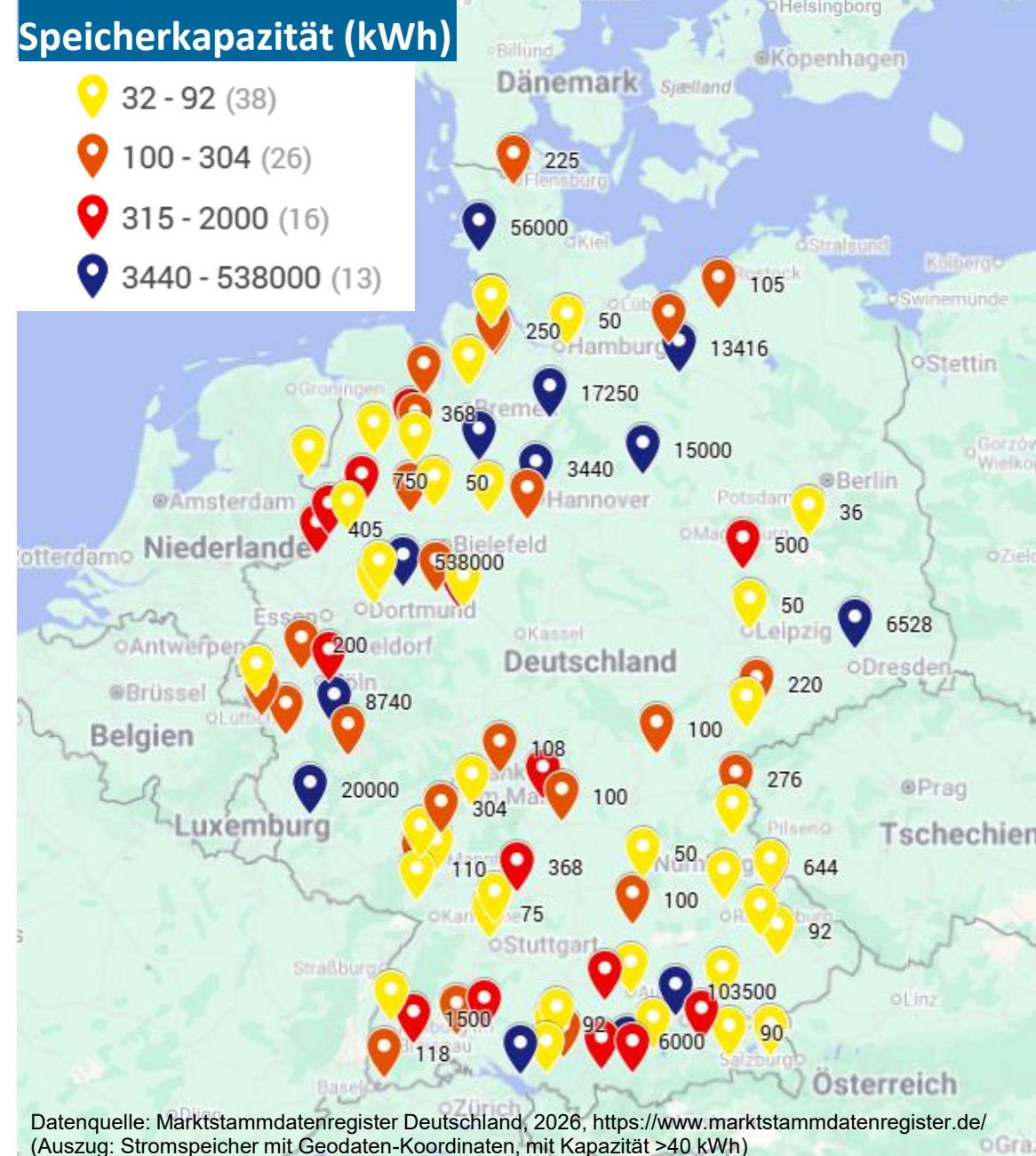
Bspl.: geplanter Großspeicher in Alfeld (Leine), Deutschland, 137,5 MW. (Quelle: Kyon Energy). Ca. 2 ha Gesamtfläche.

Berechnung des spezifischen Flächenbedarfs mit einer Stichprobe von 20 Großspeichern in Deutschland:

| | | |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| Mittelwert: | 165 m ² /MW | 195 m ² /MWh |
| Median: | 109 m ² /MW | 121 m ² /MWh |

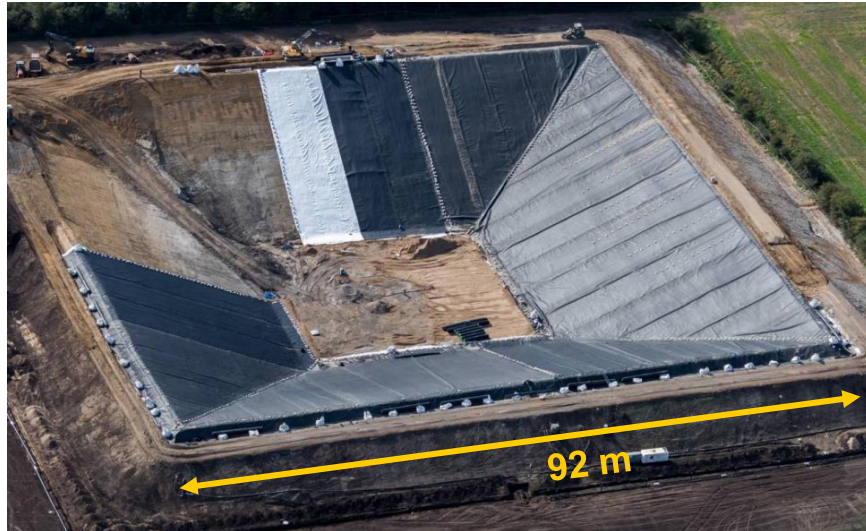
Speicherkapazität (kWh)

- 📍 32 - 92 (38)
- 📍 100 - 304 (26)
- 📍 315 - 2000 (16)
- 📍 3440 - 538000 (13)



Flächenbedarf von saisonalen Erdspeichern für thermische Energie

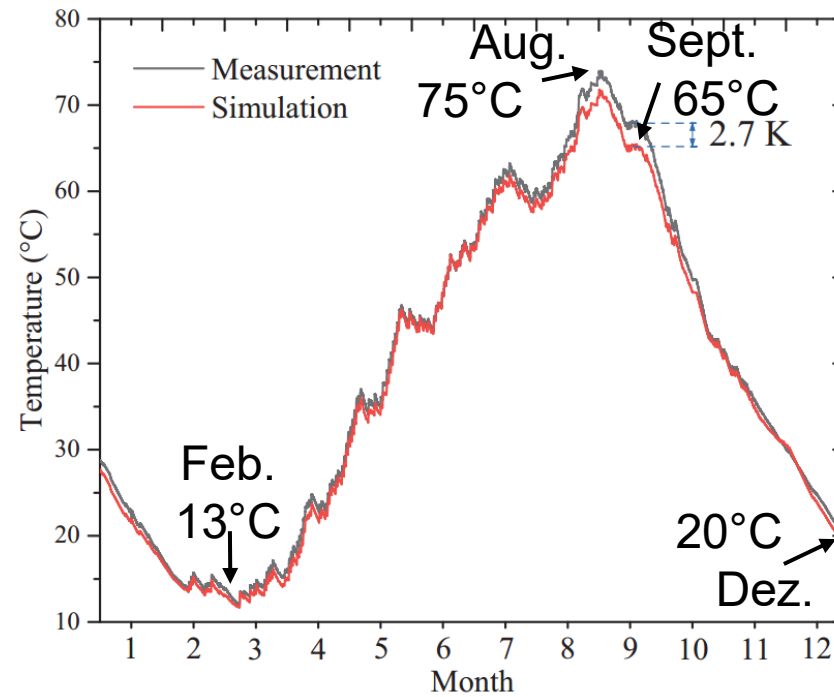
- Beispiel: **Erdspeicher in Dronninglund, Dänemark**



- **Spezifischer Flächenbedarf von Erdspeichern, Stichprobe: 8 Erdspeicher in Dänemark**
(Eigene Berechnung)

| | Fläche Abdeckung pro Wärmeeinheit (1 Zyklus) | Infrastrukturfläche |
|------------|--|---------------------------|
| Mittelwert | 2,4 m ² /MWh/a | 3,4 m ² /MWh/a |
| Median | 1,7 m ² /MWh/a | 2,6 m ² /MWh/a |

Nur jahresbilanziell gültig !



The average temperature of the PTES in 2017.

Wärmeverlust eines saisonalen Erdspeichers (1 Zyklus): 10% -30%

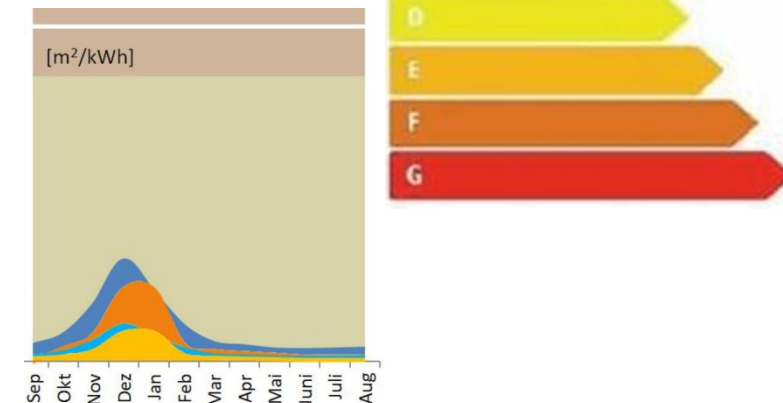
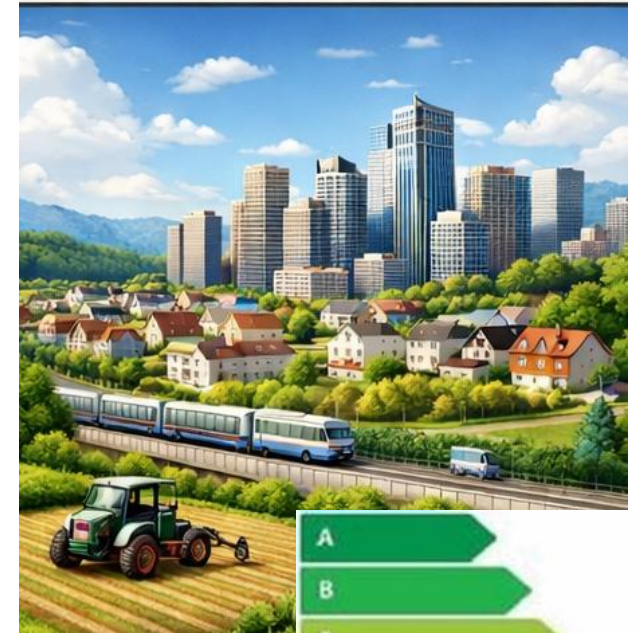
Differenz muss durch andere Flächen aufgebracht werden.

Quelle: Bertelsen, Petersen (2017) Masterarbeit, Aalborg University

Quelle: Pan et al. (2022) , modifiziert

Schlussfolgerungen und Ausblick

- **Niedrige HWB-Klassen** erfordern nur geringe Potenzialflächen und ermöglichen sehr **hohe Selbstversorgungsgrade** durch Solarthermie, Photovoltaik und Wärmepumpen
- **Biomasse** weist einen geringen Flächenertrag und hohen Speicherbedarf auf, kann jedoch als ergänzende Option zur Überbrückung von Dunkelflauten dienen
- Zum **Flächenbedarf von Speichertechnologien** für eine ganzjährige und durchgängige Versorgung größerer Siedlungsstrukturen liegen bislang nur unzureichende Erkenntnisse vor
- Weiterer **Forschungsbedarf** besteht insbesondere bei der **zeitlichen Auflösung** von Energiebedarf und -bereitstellung, bei saisonalen Stromspeichern sowie bei integrierten **Kombinationslösungen**
- Die Flächenverhältnisse von Energiebedarf und Energiegewinnung sollten im Sinne einer **vorausschauenden Energieraumplanung** integriert statt isoliert analysiert werden

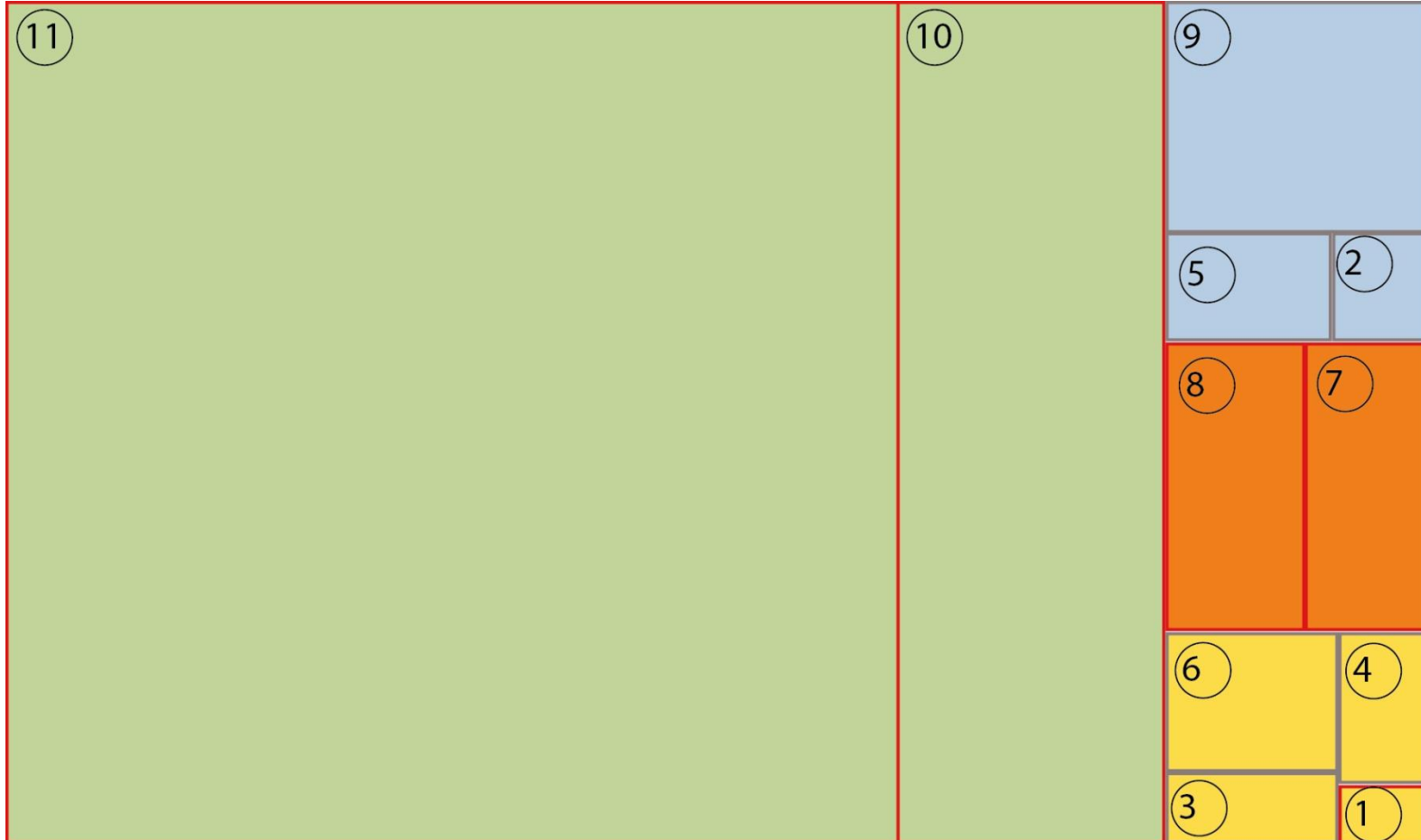


- Bertelsen Nis, Petersen Uni Reinert (2017) Thermal Energy Storage in Greater Copenhagen. Master Thesis.
- Bundesnetzagentur (Deutschland 2026) für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen: Marktstammdatenregister, <https://www.marktstammdatenregister.de/>
- Burkhardt Jens (2025) PV-Ertrag im Jahr, Monat und Tag (Neue Daten für 2025). Letztes Update: 12. März 2025. Echtsolar Solar Blog, Jens Burkhardt, Sandersdorf-Brehna, Deutschland. <https://echtsolar.de/photovoltaik-ertrag> (Abgerufen: 31.01.2026)
- Digital Journal, o.J., <https://www.digitaljournal.com/tech-science/how-lifetime-emissions-of-different-energy-sources-stack-up/article>
- Dumke H. (2020): Erneuerbare Energien für Regionen - Flächenbedarfe und Flächenkonkurrenzen. Dissertation, TU Wien Academic Press Verlag, <https://www.tuwien.at/academicpress/produkt/erneuerbare-energien-fuer-regionen/>
- Figgenger, Jan; Hecht, Christopher; Haberschusz, David ; Bors, Jakob ; Spreuer, Kai Gerd; Kairies, Kai-Philipp; Stenzel, Peter; Sauer, Dirk Uwe (2023) The development of battery storage systems in Germany: A market review (status 2023), 2023, DOI: 10.48550/arXiv.2203.06762 Website: battery-charts.de/battery-charts
- Fink, Christian; Becke, Walter; Baumgartner, Manuel; Leppin, Lorenz; Gruber, Peter; Kerschenbauer, Roland (2025) WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITFORSCHUNG ZUM FÖRDERPROGRAMM „SOLARTHERMIE – SOLARE GROßANLAGEN 2019“. Endbericht. Im Auftrag des Klima- und Energiefonds, Wien. Beauftragt im Rahmen des Förderprogramms „Solarthermie – Solare
- Franz M, Dumke H. (2025) Flächenbedarf von Solarthermie–Freiflächenanlagen. 14. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien. 26.-28. Februar 2025, Wien, Österreich. <https://iewt2025.eeg.tuwien.ac.at/> (Programm; Autorensuche, Fullpaper), 25 Seiten.
- Gjerde S. M. et al (2025) The reliability of energy class labels in building renovation decision making: A Norwegian case study with implications for European NZEB goals. J. Phys.: Conf. Ser. 3140 052015. doi:10.1088/1742-6596/3140/5/052015
- Großanlagen“ – (GZ C063862). https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/2025/10/C063862_AEE-Intec_Endbericht-Begleitforschung-SolarGross.pdf (Abgerufen: 31.01.2026)
- NDR (2025) Riesen-Batteriespeicher soll in Alfeld ans Netz gehen. Video 24.03.2025 <https://www.ardmediathek.de/video/ndr-info/riesen-batteriespeicher-soll-in-alfeld-ans-netz-gehen/ndr/Y3JpZDovL25kci5kZS8wNjA4ZWl4Zi0xMDIkdikLTQwNTUyYjliMy05ZGY4MDAyMDI4YjA>
- OIB - Österreichisches Institut für Bautechnik, 2025, <https://www.oib.or.at/richtlinien/oib-richtlinien-2025/oib-richtlinie-6/>
- Pan, Xinyu; Xiang, Yutong; Gao, Meng; Fan, Jianhua; Furbo, Simon; Wang, Dengjia ; Xu, Chao (2022) Long-term thermal performance analysis of a large-scale water pit thermal energy storage. Journal of Energy Storage 52 (2022) 105001. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105001>
- Schauer R (2020) Auswirkungen einer zeitaufgelösten Betrachtung des Elektrizitätsverbrauchs auf die Ökobilanz einer Wärmepumpen-Wärmeversorgung. Masterarbeit, FH Burgenland.
- SolarPower Europe (2026): EU Battery Storage Market Review 2025. ISBN: 9789464669404

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!
Gerne Fragen und Anregungen...



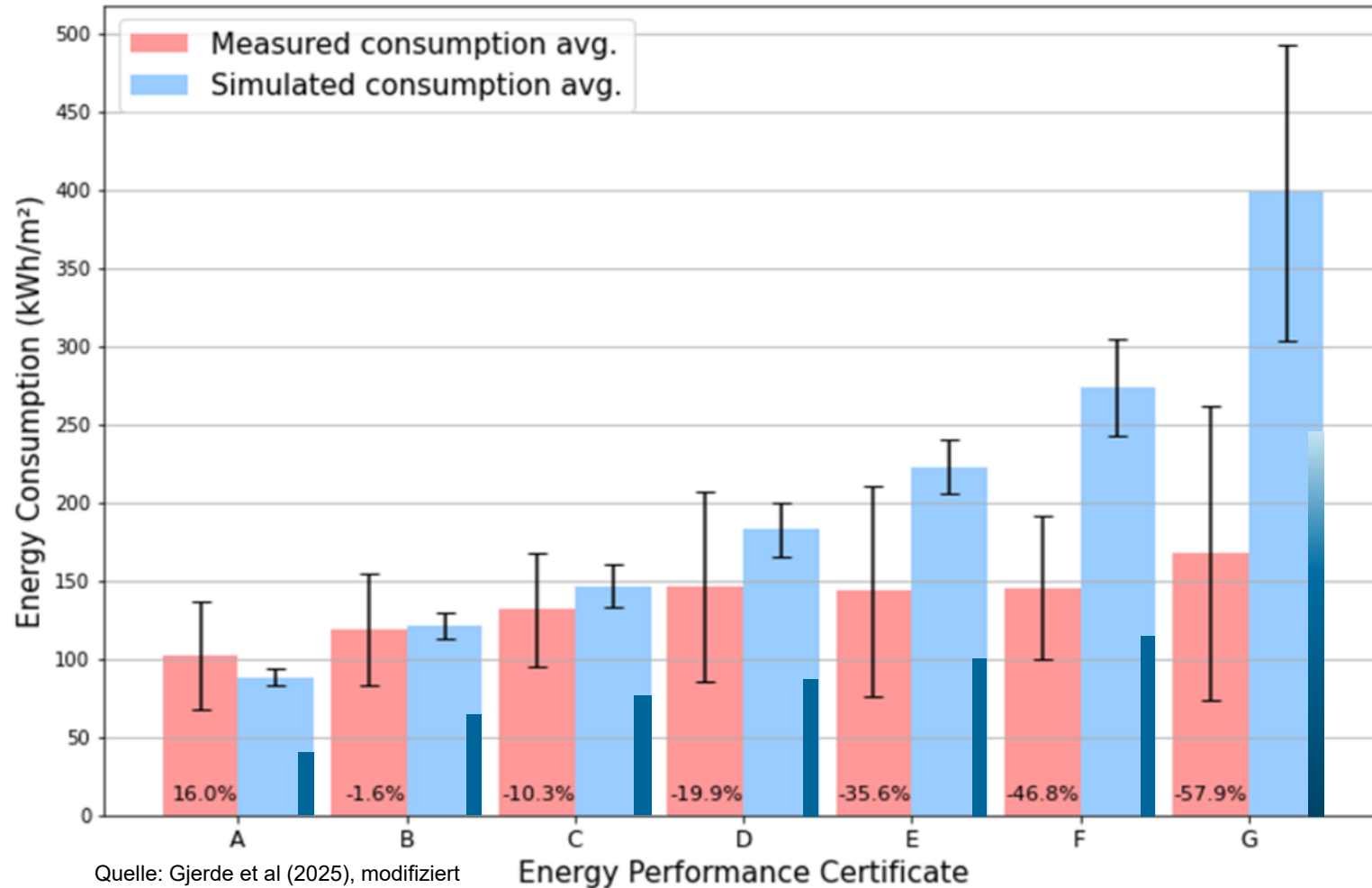
Treemap [m²/kWh/a] erneuerbarer Energiegewinnung



| # | Typ | kWh/m ² /a |
|----|---|-----------------------|
| 1 | Solarthermie, Wärme, Schrägdachanlage, vollfl. Kollektor | 232 |
| 2 | Windrad einzeln, Elektrizität, Festland, Ebene | 120 |
| 3 | Photovoltaik, Elektrizität, mobiles Kleinspaneel, vollfl. Kollektor | 112 |
| 4 | Solarthermie, Wärme, Flachdachanlage (nicht vollfl.), aufgeständerte Kollektoren | 96 |
| 5 | Windkraft, Elektrizität, Festland, Bergkamm, Reihenformation | 74 |
| 6 | Photovoltaik, Elektrizität, Freiflächenanlage (nicht vollfl.), aufgest. Kollektoren | 52 |
| 7 | Seichte Geothermie, Wärme, Tiefsondenfeld | 36 |
| 8 | Seichte Geothermie, Wärme, Flachkollektorfeld | 30 |
| 9 | Windpark, Elektrizität, Ebene, Cluster, Festland | 21 |
| 10 | Biomasse, Wärme, Biogas aus Mais | 6 |
| 11 | Biomasse, Wärme, Wald-Hackschnitzel | 2 |

Heizwärmebedarf der Energiekennzahl-Klassen: Messungen vs. Berechnungen

Smart Meter Auswertungen Wohnhäuser, Oslo – vgl. AT

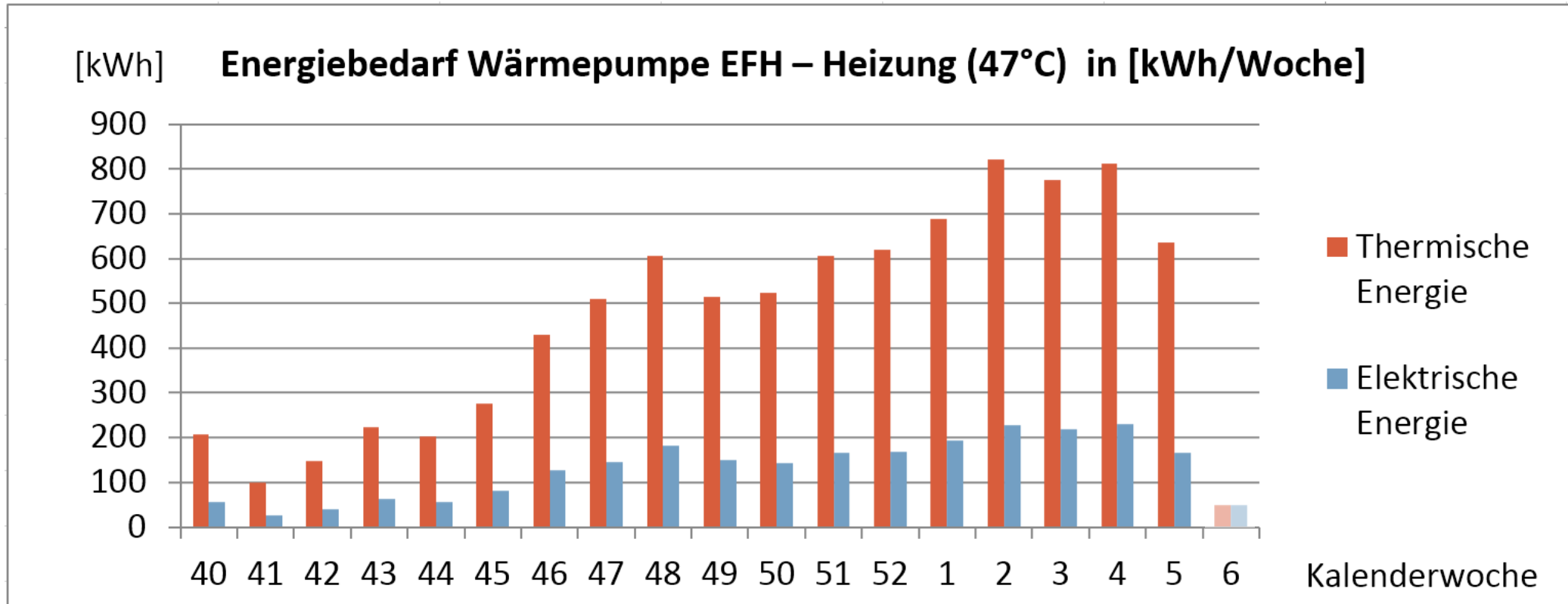


AT gemäß OIB-RL

| Energiekennzahl-Klassen laut OIB 6 | HWB [kWh/m²/a] |
|------------------------------------|----------------|
| A | bis 40 |
| B | 60 |
| C | 75 |
| D | 85 |
| E | 100 |
| F | 120 |
| G | über 120 |

Messprotokoll: Einfamilienhaus Wärmepumpe (neue Messungen 2025/26)

- Austausch einer Gasheizung durch eine Wärmepumpe mit Erdwärmesonden im Herbst 2025
- Einfamilienhaus, Bj. 1993; Beheizte Wohnfläche: 140 m² (Radiatoren, tlw. Wandheizung); 30 cm Ziegeldicke + Thermoputz; doppelt verglaste Fenster; Raumtemperatur: 20°C

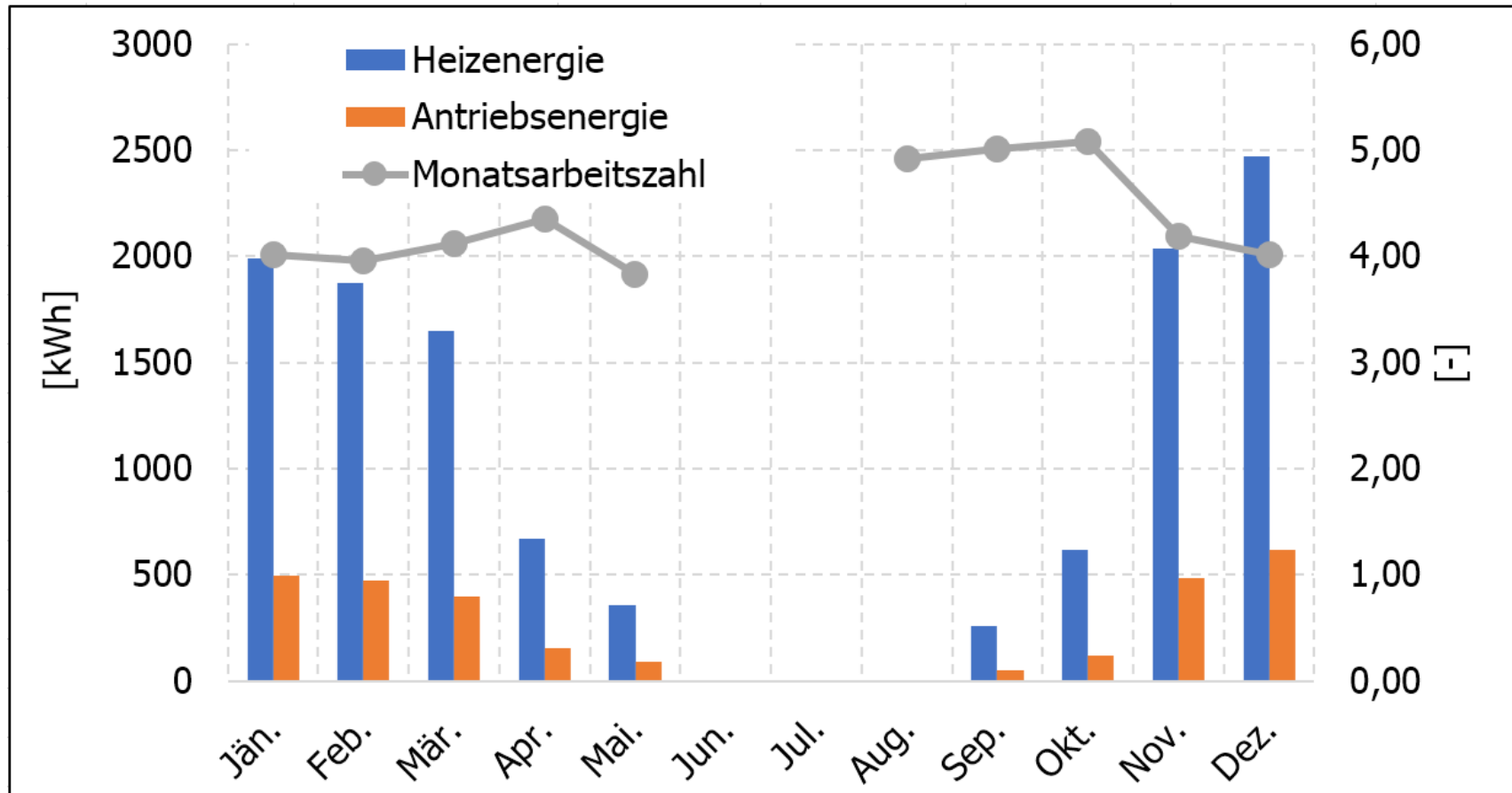


- Standort:
▪ Marchfeld,
NÖ, AT
- Wochen-
arbeitszahl:
ca. 3,7
- Jahresbedarf
elektrische
Energie:
Okt-Jän:
ca. 2500 kWh

Eigene Messungen (Hersteller-App) und Berechnungen

Messprotokoll II: Einfamilienhaus Wärmepumpe (Vergleichswerte)

- Einfamilienhaus mit Wärmepumpe; Kollektorfläche von 270 m² in einer Tiefe von 1,2 m
- Einfamilienhaus, Bj.: < 2006 NA; Standort: NA; Beheizte Wohnfläche: 154 m² (Fußbodenheizung)



- Heizenergie Wärmepumpe Einfamilienhaus 2006/07: 11821 kWh_{th}/a
- Dafür benötigte elektrische Energie: 2873 kWh_{el}/a
- Daraus berechnete Jahresarbeitszahl: 4,1
- Vorlauftemperatur: 35° ± 5K
- Nach OIB 6: Klasse C

Quelle: Schauer, Raphael (2020) Masterarbeit, HS Burgenland.

Flächenbedarf Batteriegroßspeicher

Definition **Utility Scale BESS: > 1 MWh**

Cumulative install. Batterie-Kapazität EU 2025: 77,3 GWh

Quelle: SolarPower Europe (2026)

Status Quo der Batteriegroßspeicher in DE Feb. 2026:

Batteriekapazität: 4,03 GWh; Batterieleistung: 2,67 GW

Anzahl der Großspeicher: 432

Quelle: Figgner et al. (2026)



Bspl.: geplanter Großspeicher in Alfeld (Leine), Deutschland; 137,5 MW; (Quelle: Kyon Energy)

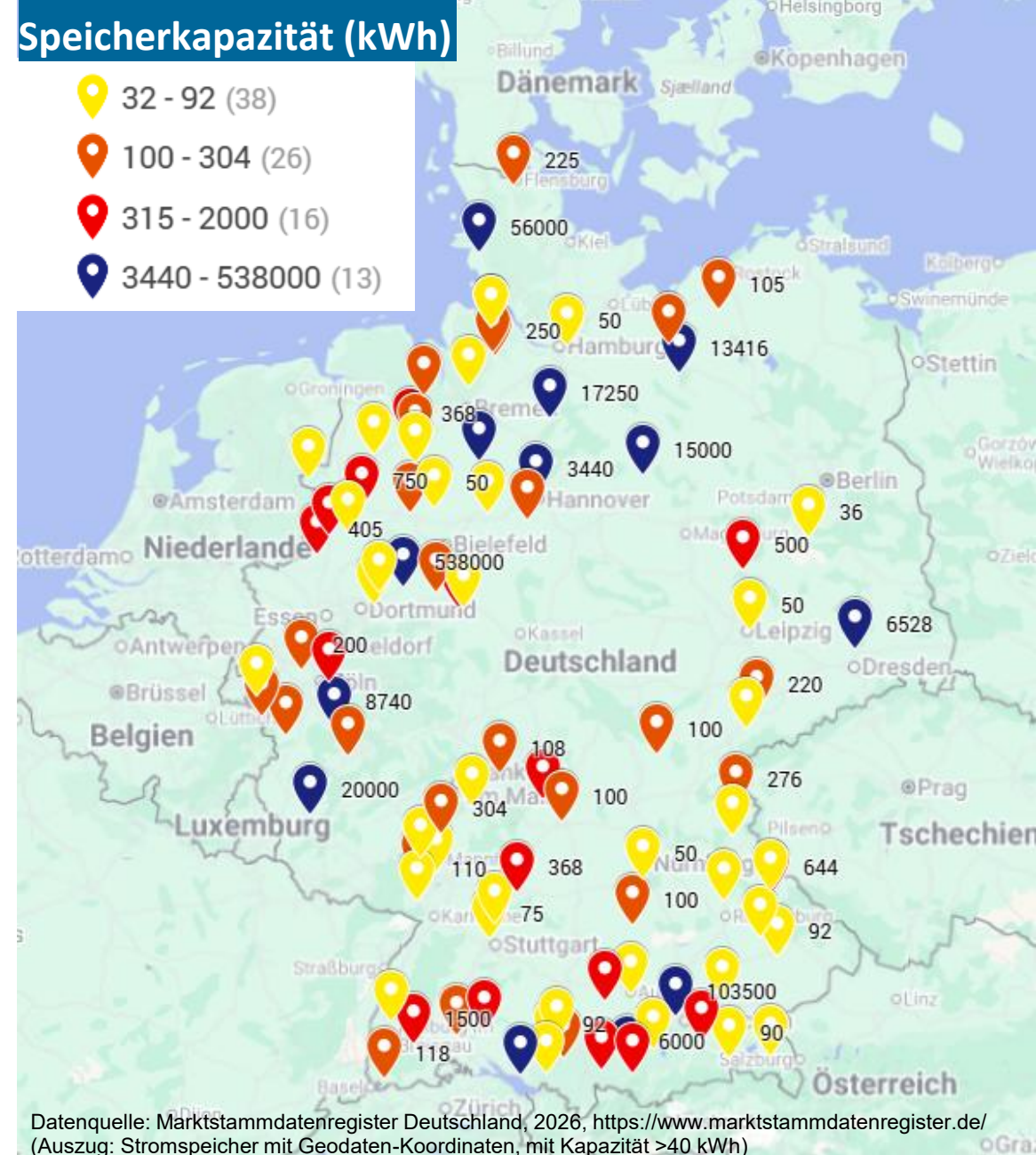
Ca. 2 ha Gesamtfläche

Berechnung des spezifischen Flächenbedarfs mit einer Stichprobe von 20 Großspeichern in Deutschland:

| | | |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| Mittelwert: | 165 m ² /MW | 195 m ² /MWh |
| Median: | 109 m ² /MW | 121 m ² /MWh |

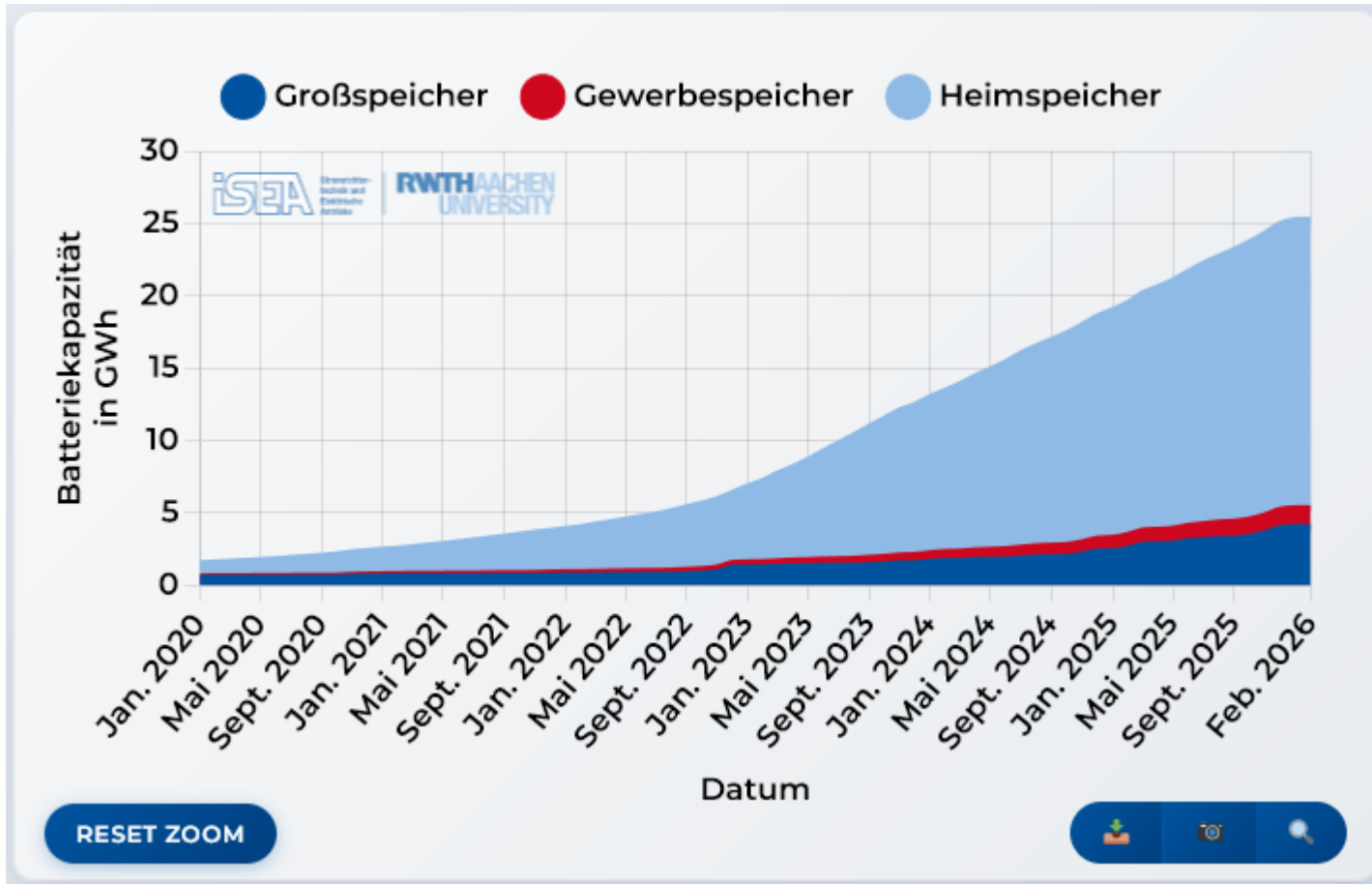
Speicherkapazität (kWh)

- 32 - 92 (38)
- 100 - 304 (26)
- 315 - 2000 (16)
- 3440 - 538000 (13)



Datenquelle: Marktstammdatenregister Deutschland, 2026, <https://www.marktstammdatenregister.de/> (Auszug: Stromspeicher mit Geodaten-Koordinaten, mit Kapazität >40 kWh)

Entwicklung der Batteriespeicherkapazität in Deutschland



Definition Utility Scale BESS: < 1 MWh
Cumulative install. Batterie-Kapazität EU
2025: 77,3 GWh

Quelle: SolarPower Europe (2026)

DE Feb. 2026 gesamt:
Batteriekapazität: 25,26 GWh
Batterieleistung: 16,79 GW

Anzahl der Großspeicher:
432 (Insg.: 2,3 Mio.)

Vgl.: Die deutschen
Pumpspeicherkraftwerke haben eine
Speicherkapazität von insgesamt 39 GWh

Flächenbedarf von saisonalen Erdspeichern für thermische Energie

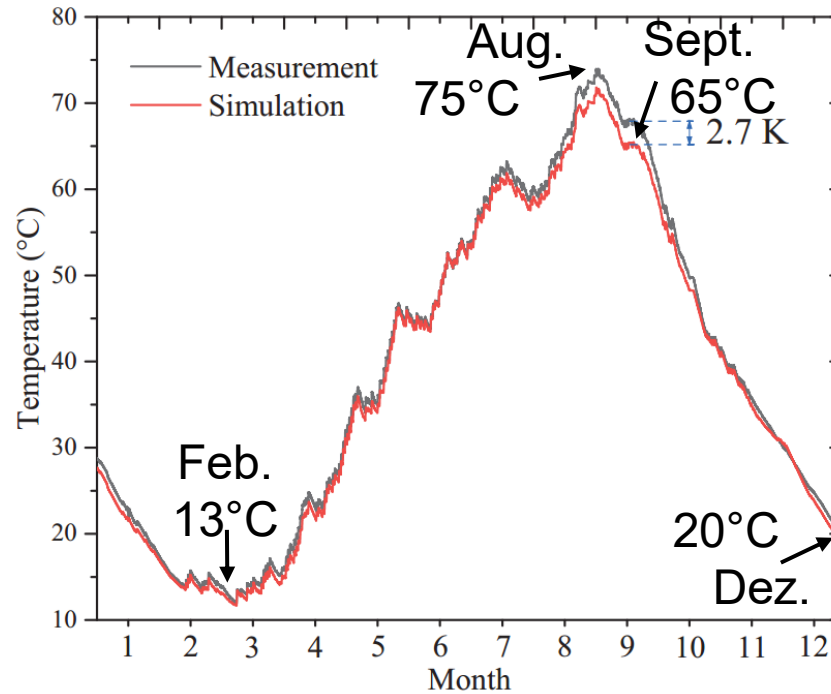
- Beispiel: **Erdspeicher in Dronninglund, Dänemark**



- **Spezifischer Flächenbedarf von Erdspeichern, Stichprobe: 8 Erdspeicher in Dänemark**
(Eigene Berechnung)

| | Fläche Abdeckung pro Wärmeeinheit (1 Zyklus) | Infrastrukturfläche |
|------------|--|---------------------------|
| Mittelwert | 2,4 m ² /MWh/a | 3,4 m ² /MWh/a |
| Median | 1,7 m ² /MWh/a | 2,6 m ² /MWh/a |

Nur jahresbilanziell gültig !



The average temperature of the PTES in 2017.

Der Wärmeverlust eines saisonalen Erdspeichers (1 Zyklus) wird in der Literatur mit etwa 10% -30% angegeben. (Wärmeentnahme ≠ Wärmeverlust)

Differenz muss durch andere Flächen aufgebracht werden.

Quelle: Bertelsen, Petersen (2017) Masterarbeit, Aalborg University

Quelle: Pan et al. (2022) , modifiziert