

Wasserkraft(Pump)-Speicher und Batteriespeicher im Vergleich

Alles Batterie?

DI Thomas Buchsbaum-Regner
Alpenplan Umweltingenieure GmbH

Jahrestagung Kleinwasserkraft, 16. Oktober 2025



Inhalt

- Motivation & Zielsetzung
- Systemischer Vergleich
 - Batterie (BESS)
 - Wasser (WSP) & Pumpspeicher (PSP)
- Investitionskosten & Wirtschaftlichkeit BESS
- Investitionskosten & Wirtschaftlichkeit WS & PSP
- Beispielrechnung Wasserkraftspeicher
- Kleine Pumpspeicherkraftwerke?
- Fazit



Zielsetzung

- **Motivation: Flexibilitätsbedarf steigt massiv**
 - APG/PV-Austria/TU Graz/d-fine (2025):
 - +8,7 GW Batteriespeicher &
 - +3,5 GW Pumpspeicher bis 2040
- **Fragestellung: Sind kleine Wasserkraftspeicher wirtschaftlich und technisch sinnvoll?**
 - Oder anders gefragt: Ist die Zukunft chemisch, oder haben physikalische Speicher eine Chance?



Grundlegende Abgrenzung

- **Kleine Wasserkraftspeicher im Fokus:**
 - Kleinere Speicher (Teiche im Nebenschluss, Hochbehälter)
 - Als schnelle & skalierbare Projekte
 - Kleine Pumpspeicher am Rande
- **Nicht behandelt:**
 - Große Talsperren
 - Netzkosten, Netzentgelte (Speicher „hinter dem Zählpunkt“)
- **Ziele:**
 - Vergleich Batteriespeicher (chemisch) vs. Wasser (physikalisch)
 - Darstellung wesentlicher Kostenfaktoren von Wasserspeichern.



Systemischer Vergleich



	Batteriespeicher (BESS)	Speicher- und Pumpspeicher
Technologie	chemisch	physikalisch
Lebensdauer	10–15 Jahre	50–100 Jahre
Reaktionszeit	Millisekunden bis Sekunden	Sekunden–Minuten
Speicherdauer	Stunden bis wenige Tage	Tage bis Saison
Skalierbarkeit	Modular, standortunabhängig	Standortgebunden, große Volumina möglich
Wirkungsgrad	85–92 %	75–85 %
Mehrfachnutzung	rein elektrisch	multifunktional möglich
Einsatzfelder, Stärken & Schwächen	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktion in Millisekunden • Hochflexibel • Selbstentladung 	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktion in Sekunden • Flexibel • Keine Selbstentladung
Bewilligungen	i.d.R. Bau-/Gewerberecht + Netzanschluss	i.d.R. Wasserrecht, Naturschutz, Forstrecht, (ev. UVP)

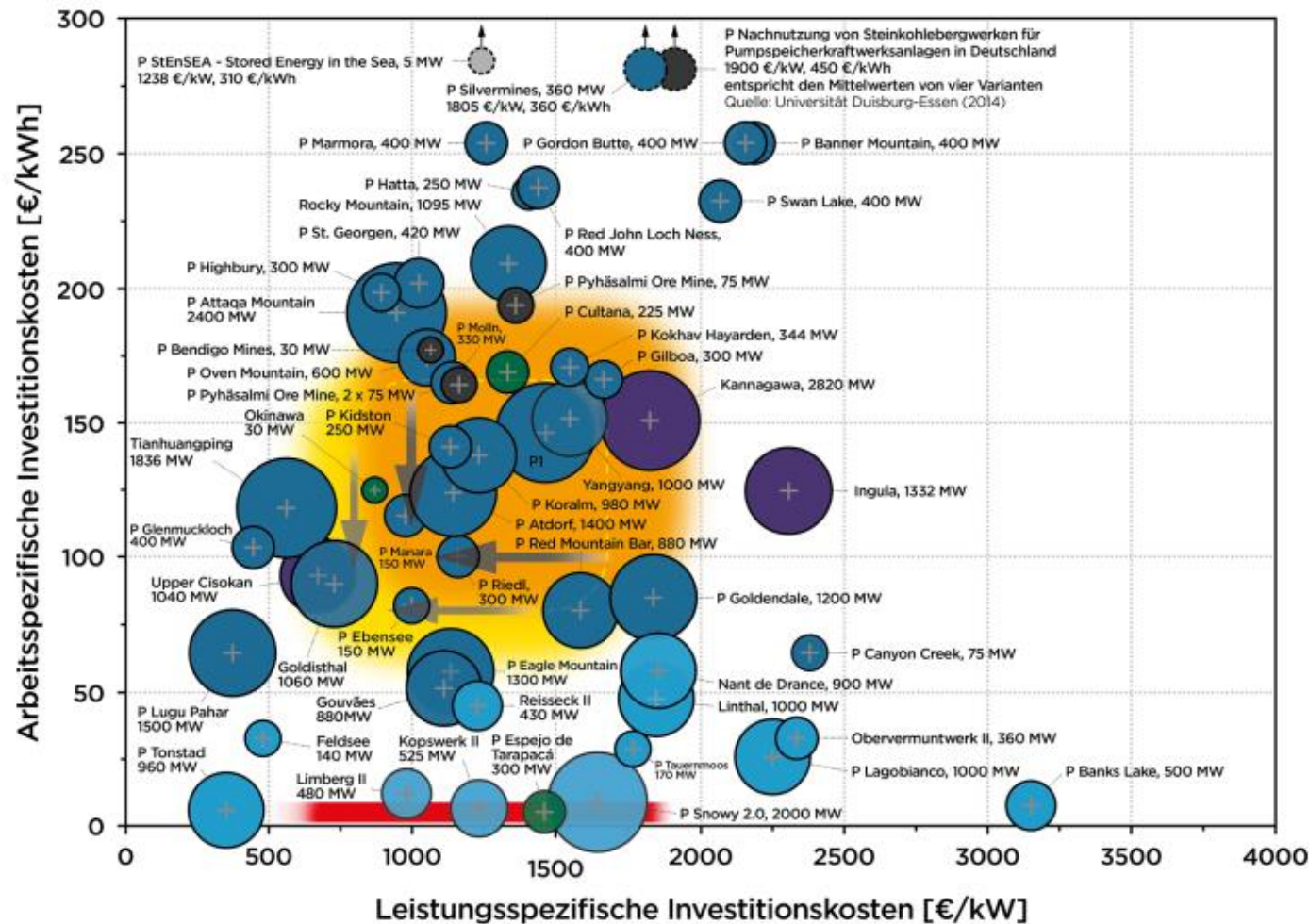
Investitionskosten von BESS (Systemkosten)

- **Fraunhofer ISE (2024):**
 - 400 – 1.000 €/kWh (je nach Systemgröße und Anwendung)
 - 180 – 700 €/kWh für das Jahr 2045
- **Lazard (2025):**
 - Großprojekte: teilweise < 350 €/kWh in Europa
 - deutliche Kostendegression u.a. durch technologische Weiterentwicklung.



Spezifische Investitionskosten PSP (Großanlagen)

Z Energiewirtschaft



Quelle: Piki, Richter, Zenz (2020)

Abb. 4 Gegenüberstellung der spezifischen Investitionen von PSKW mit leistungsspezifischen [€/kW] und arbeitsspezifischen Kosten [€/kWh], bezogen auf die installierte Turbinenleistung und den nutzbaren Energieinhalt des einmalig vollgefüllten Oberbeckens, Preisbasis 2019

Wirtschaftlichkeit von BESS

- **Einfaches Rechenbeispiel (2025)**
 - Anlage soll sich in 15 Jahren amortisieren.
 - Investitionskosten = € 400.000 (400 €/kWh)
 - Nennkapazität = 1.000 kWh;
 - „Umsatz“ 300.000 kWh/a ~ 300 Vollzyklen p.a.
 - Lebensdauer = Amortisationsdauer = 15 Jahre
 - Betriebskosten = 2% = 8.000 € p.a.
- **Notwendiger Bruttoertrag = 34.666 p.a.**
 - Für Intraday alleine wäre Spread von ~ 11,55 Cent/kWh nötig.
 - Zusatzeinnahmen über Regelenergiemarkt etc. erforderlich.
 - Markterwartung (Lunzer & Hartner, 2025):
Erlöse ~ € 100.000 bis 200.000 p.a.



Wirtschaftlichkeit von BESS 2045

- **Einfaches Rechenbeispiel (2045)**
 - Anlage soll sich in 15 Jahren amortisieren.
 - Investitionskosten = € 180.000
 - Nennkapazität = 1.000 kWh;
 - „Umsatz“ 300.000 kWh/a ~ 300 Vollzyklen p.a.
 - Lebensdauer = Amortisationsdauer = 15 Jahre
 - Betriebskosten = 2% = 3.600 € p.a.
- **Notwendiger Bruttoertrag ~ € 15.600 p.a.**
 - Intraday alleine: Spread von ~ 5,2 Cent/kWh nötig
 - Markterwartung: Regelenergie wird künftig an Wert verlieren (weniger Ertrag) - ausreichend Kapazität am Markt.



Investitionskosten Wasserspeicher

- **Grundannahmen:**
 - Wasserkraftanlage existiert, bzw. ist projektiert.
 - Kosten für Speicher: nur zusätzliche Bauteile
 - Speicherteich + Rohrleitung
- **Kosten Errichtung Speicherteiche (Beschneigung)**
 - Ca. 30 bis 100 €/m³, siehe nächste Folie.
- **Kosten DRL (Material + Einbau)**
 - Abhängig von Durchmesser, Druckstufe und Bauumfeld.
 - Z.B.: DN500 ~ 300 bis 500 €/m; DN800 ~ 400 bis 600 €/m



Kosten Speicherteiche von Beschneiungsanlagen

Ort / Projekt	Volumen (m³)	Gesamtkosten	Kosten 2025 pro m³ [€]	Quelle
Schweiz Preisspanne kleine Becken	30.000	1,5 Mio. CHF	59,9	Lang 2009
Schweiz Preisspanne kleine Becken	30.000	2,5 Mio. CHF	99,8	Lang 2009
Schweiz Preisspanne kleine Becken	50.000	1,5 Mio. CHF	35,9	Lang 2009
Schweiz Preisspanne kleine Becken	50.000	2,5 Mio. CHF	59,9	Lang 2009
Schweiz Preisspanne (80.000 m³)	80.000	3 Mio. CHF	44,9	Lang 2009
Schweiz Preisspanne (80.000 m³)	80.000	3,5 Mio. CHF	52,4	Lang 2009
Jenner (Berchtesgaden, DE)	48.000	~2 bis 3 Mio. €	85,5	Montain Manager Ausgabe 07/08
Hochrindl (AT)	75.000	2,5 Mio. €	42,1	Meinbezirk.at
Viderböden (Ischgl, AT)	52.000	4,5 Mio. €	114,3	https://de.wikipedia.org/
Ochsenlacke (Osttirol, AT)	170.000	~ 5 Mio. €	43,6	https://de.wikipedia.org/
Katschberg Aineck (AT)	165.000	3 Mio. €	25,2	Speicherteich am Katschberg
Filzmoos (AT)	125.000	12 Mio €	96,0	https://salzburg.orf.at
Hahnenkamm Reutte (AT)	37.000	6,5 Mio €	94,8	https://www.meinbezirk.at/
Fieberbrunn	150.000	8 Mio. €	37,4	https://www.meinbezirk.at/
St. Moritz (CH)	397.700	20 Mio. CHF	65,8	https://tabrec.swiss/



Berechnung Energieinhalt WSP

- **Potenzielle Energie**

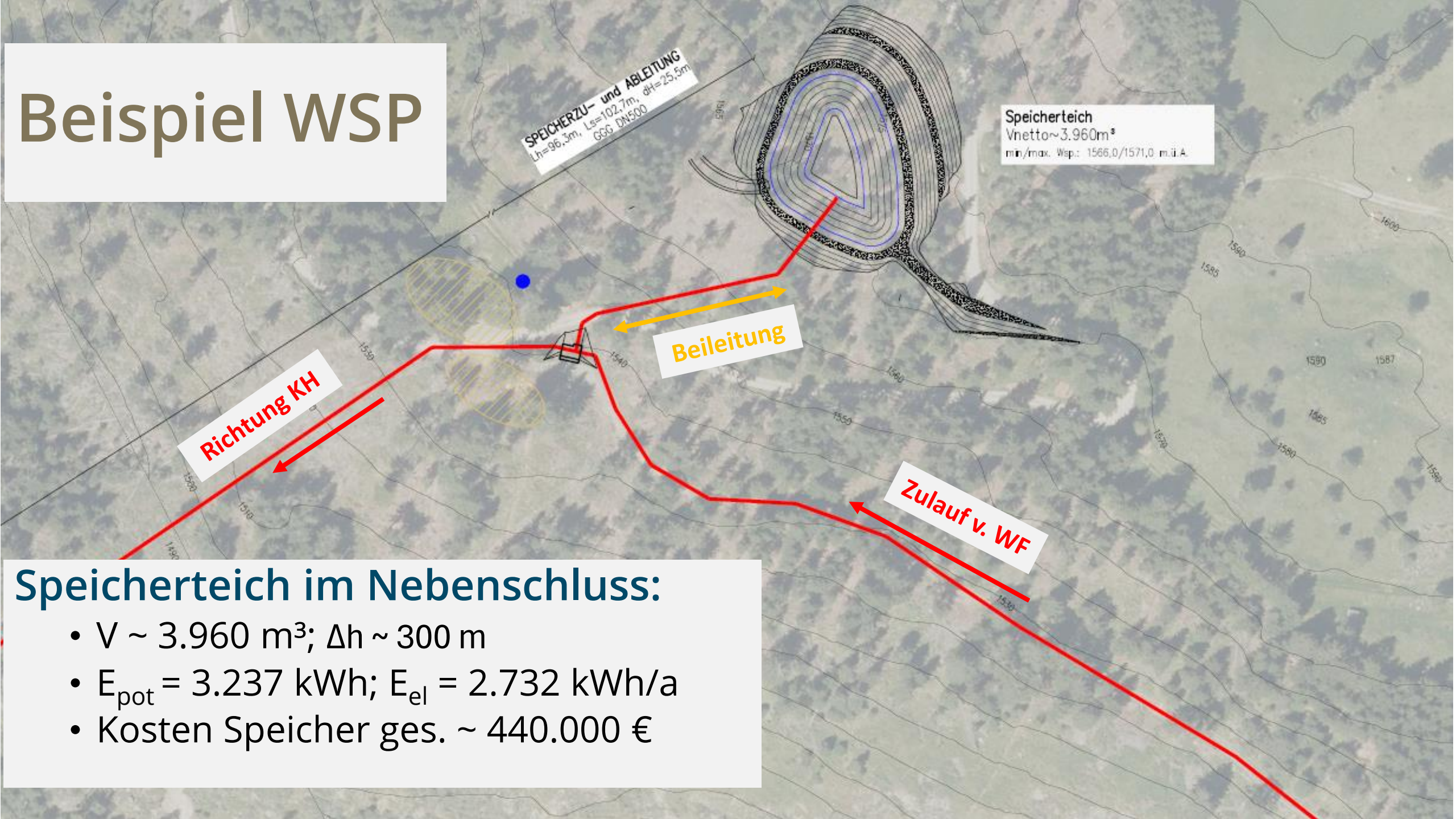
$$E_{pot}(kWh) = \frac{\rho * g}{3,6 * 10^6} * h * V \approx h (m) * V (m^3) * 0,002725$$

- **Elektrische Energie (inkl. Wirkungsgrad)**

$$E_{el}(kWh) = \frac{\rho * g * \eta}{3,6 * 10^6} * h * V \approx h (m) * V (m^3) * 0,0023$$



Beispiel WSP



Speicherteich im Nebenschluss:

- $V \sim 3.960 \text{ m}^3$; $\Delta h \sim 300 \text{ m}$
- $E_{\text{pot}} = 3.237 \text{ kWh}$; $E_{\text{el}} = 2.732 \text{ kWh/a}$
- Kosten Speicher ges. $\sim 440.000 \text{ €}$

Wirtschaftlichkeit Beispiel WSP



- **Einfaches Rechenbeispiel**

- Anlage soll sich in 15 Jahren amortisieren.
- Investitionskosten = € 440.000,-
- Nennkapazität (E_{pot}) = 3.237 kWh
- Nettokapazität (E_{el}) = 2.732 kWh
- Spez. Investitionskosten ~ 136 €/kWh
- Lebensdauer 50 Jahre und mehr.
- Betriebskosten (nur Speicher) = 1% = 4.400 € p.a.
- „Umsatz“ bei 300 Zyklen (konservativ) = 819.600 kWh/a

- **Ergebnis:**

- Notwendiger Bruttoertrag = € 33.733 p.a.
- Für Intraday alleine wäre Spread von ~ 4,1 Cent/kWh nötig.
- Bei einem Spread von 5,2 Cent/kWh (Benchmark 2045) liegt der Bruttoertrag bei € 42.619 p.a.
- Auch hier natürlich Zusatzeinnahmen (Regelenergie etc.) möglich.

Und kleine Pumpspeicher?

- Antwort: Ja gerne!
- Grundsätzlich gilt auch hier die Benchmark (€/kWh) der BESS
- **ABER: deutliche Mehrkosten**
 - BK für Pumpstrom, Netzentgelte,...
 - Maschinensatz (nicht vorhanden), zweiter Speicherteich...
 - Bestehende Anlagenteile (Teiche – Beschneidung) senken Kosten.
 - Möglichkeit der Mehrfachnutzung prüfen.



Fazit

- **Auch kleine Wasserkraftspeicher können in Zukunft wirtschaftlich interessant sein.**
 - Ähnliche spez. Investitionskosten möglich, bei höherer Lebensdauer.
 - Ähnliche Anwendungsgebiete
- **Standortbedingungen sind entscheidend**
 - Geeigneter Platz für Speicher
 - Ausreichend Fallhöhe (Speichervolumen) notwendig.
 - $1 \text{ m} = 0,002316 \text{ kWh/m}^3$
 - 100 m Fallhöhe und 10.000 m^3 Volumen $\sim 2.300 \text{ kWh}$



Literatur

- APG / PV-Austria / TU Graz / d-fine (2025). *Flexibilitäts- und Speicherbedarf im österreichischen Energiesystem; Juli 2025*
- Fraunhofer ISE (2024); *Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien; Juli 2024*
- Lazard (2025); *Levelized Cost of Storage (LCOS) v10.0 – Global benchmarks & utility-scale BESS.*
- Pikl, Richter, Zenz (2020); *Systemkombinierende untertägige Pumpspeicherkraftwerke / Unterirdische & thermische PSP (TU-Graz)*
- Lunzer & Hartner (2025); *Super-Hybrid-Batteriespeicher-Projekt (Wind+PV+BESS) – Geschäftsmodell & Markterfahrungen.*
- Lang (2009); *Energetische Bedeutung der Technischen Pistenbeschneigung und potentiale für Energieoptimierung*
- NVE / SWEKO (2010); *Kostnadsgrunnlag for små vannkraftanlegg (<10 000 kW), Handbok 1/2010*



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Alpenplan Umweltingenieure GmbH
Ingenieurbüro für Kulturtechnik & Wasserwirtschaft

DI Thomas Buchsbaum-Regner

Geschäftsführer

Maria-Trapp-Platz 1/207, 1220 Wien

Tel.: 0664/3946049 | FN 598054 t | tb@alpenplan.at

