



Erneuerbare Energie
speichern!

2. Münchner Forum Energie

Herausforderung Energiespeicher
Chancen für neue Pumpspeicherkraftwerke in Bayern

27. November 2015

Kontakt:

 **psweinöden**

Dipl.-Ing. Kuno Weiss

Pumpspeicherwerk Einöden GmbH

Tel. 089 85 63 69 110 oder 08667 876 743

Erneuerbare Energie *speichern!*

Herausforderung Energiespeicher Chancen für neue Pumpspeicherkraftwerke in Bayern

Inhalt

- Übersicht Energiespeicher
- Spezifische Eigenschaften der Energiespeicher
- Einsatzbereiche
- Entwicklungen an der Strombörse
- Regelleistung
- Standorte für Pumpspeicherwerke in Bayern
- Kosten / Rentabilität
- Projektentwicklung
- Wert von Pumpspeicherwerken für Bayern

Pumpspeicher

Übersicht Energiespeicher

Speichertypen

Einordnung von Speichertechnologien

- Thermisch → Wärme- / Kältespeicher
- Chemisch → Batterie / H₂ / CH₄
- Elektrisch → Supercaps, Supraleitende Spulen
- Mechanisch → Pumpspeicherwerk / Druckluftspeicher / Schwungrad

Pumpspeicher

Spezifische Eigenschaften der Energiespeicher

Wo stehen Pumpspeicherwerke im Vergleich zu anderen Speichertechnologien?

Vergleich bekannter Speichertechnologien

	Entwicklungsstand	Wirkungsgrad	Lebensdauer	Speicherkosten	Bedarf / Zukunftsaussichten
Pumpspeicherwerk	sehr ausgereift (weltweit 280 Anl.)	80 %	80 – 100 Jahre	3 ct / kWh	sehr hoch
Druckluftspeicher (CAES)	erprobt (weltweit 2 Anl.)	50 – 55 %	50 – 70 Jahre	5 ct / kWh	sehr hoch
Adiab. Druckluftsp. (AA-CAES)	Versuchsstadium (nur Laborversuche)	bis zu 70 %	50 – 70 Jahre	4 ct / kWh	hoch
Wasserstoff	erprobt (industrielle. Anl.)	55 %	25 – 35 Jahre	10 ct / kWh	hoch
EE-Methan	erprobt (Versuchsanlagen)	35 %	25 – 35 Jahre	15 ct / kWh	hoch
Batterien / Akkus	erprobt (Anlagen in Japan und Deutschland)	90 %	15 Jahre	15 ct / kWh	sehr hoch

Pumpspeicher

Spezifische Eigenschaften der Energiespeicher

Welche Speichertechnologien werden wir brauchen?

Vergleich bekannter Speichertechnologien

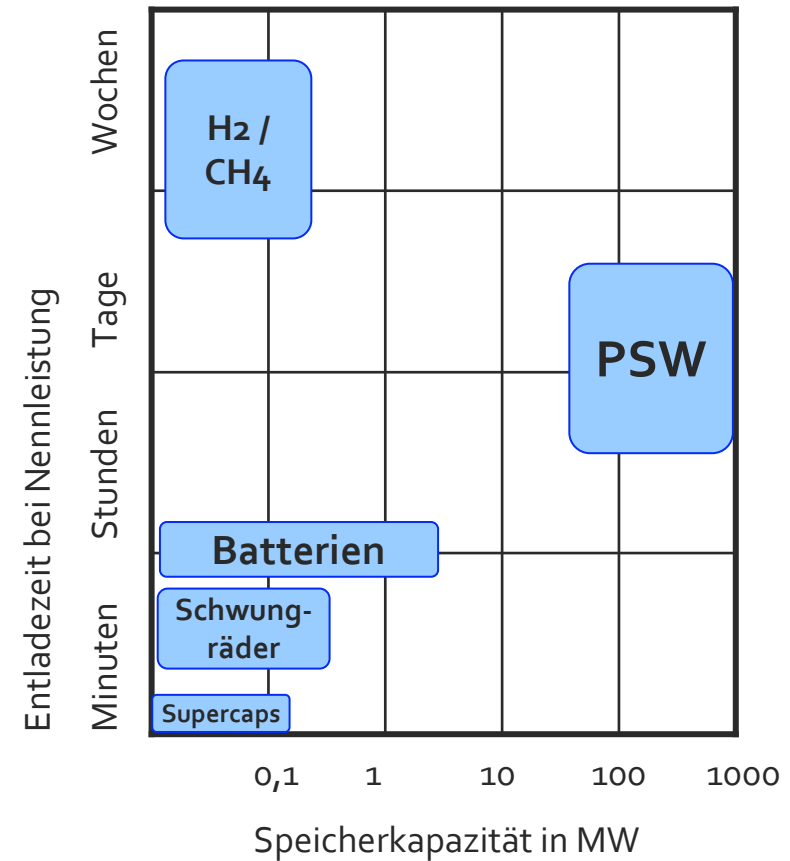
	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile	Zusatznutzen	Wahrscheinlichkeit der Realisierung
Pumpspeicherwerk	Tagesspeicher	kostengünstig, effizient	Flächenbedarf, hohe Invest.	Netzstabilisierung, Systemdienstleist.	sehr hoch
Druckluftspeicher (CAES)	Tagesspeicher	niedrige Investition	verbraucht Brennstoff	Minutenreserve	möglich
Adiab. Druckluftsp. (AA-CAES)	Tagesspeicher	kostengünstig, effizient	hohe Invest., langsam	Minutenreserve	möglich
Wasserstoff	Langzeitspeicher	jahreszeitlicher Ausgleich	teuer, ineffizient	Rohstoff für chemische Industrie	möglich
EE-Methan	Langzeitspeicher	jahresz. Ausgl., vorh. Infrastrukt.	teuer, ineffizient	Wärmelieferung	unwahrscheinlich
Batterien / Akkus	Tagesspeicher	hoher Wirkungsgrad	teuer, kurze Lebensdauer	Netzstabilisierung, Kleinverbraucher	wahrscheinlich

Pumpspeicher Einsatzbereiche

Einsatz verschiedener Speichertechnologien heute

Stand 2015

	Einsatzbereich
Pumpspeicherwerk	Regelenergie (SRL, MRL)
Batterien / Akkus	Kleinspeicher für Eigenheime, UVS, erste Testanlagen für Regelenergie (PRL, SRL)
Druckluftspeicher	Versuchsanlagen
Wasserstoff und EE-Methan	Versuchsanlagen
Schwungradspeicher	Ausgleich von Leistungsschwankungen Versuchsanlagen
Supercaps und supraleitende Spulen	Stabilisierung elektronischer Systeme

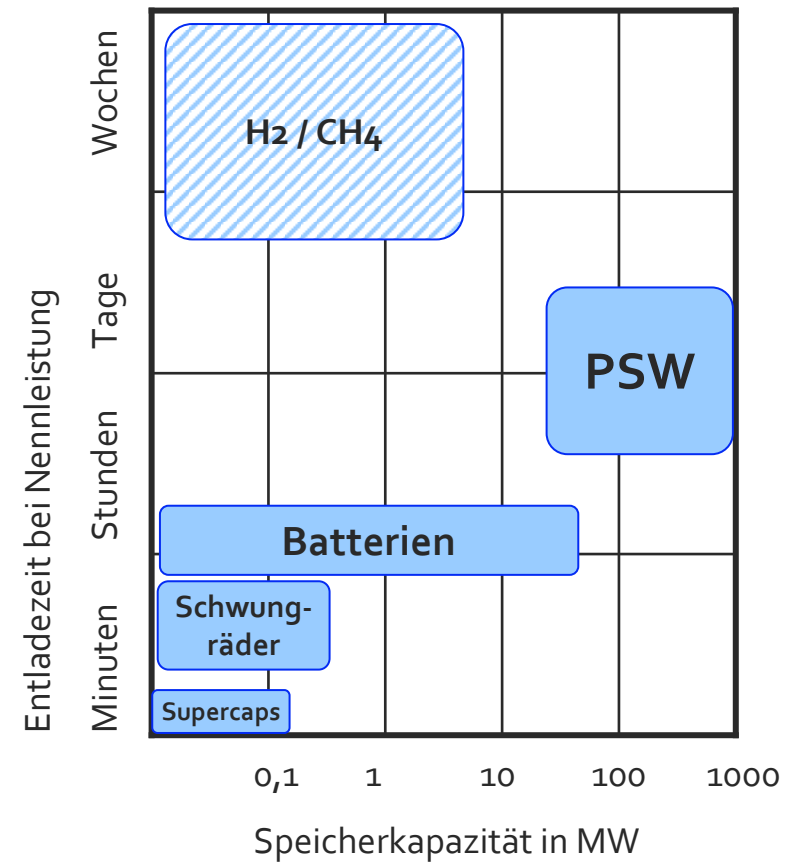


Pumpspeicher Einsatzbereiche

Einsatz verschiedener Speichertechnologien in Zukunft

Zukunftsszenario

	Einsatzbereich
Pumpspeicherwerk	Regelenergie (PRL, SRL, MRL)
Batterien / Akkus	Kleinspeicher für Eigenheime, UVS, Regelenergie (PRL, SRL)
Druckluftspeicher	Versuchsanlagen
Wasserstoff und EE-Methan	Versuchsanlagen, politischer Symbolakt
Schwungradspeicher	Spezialanwendungen zum Ausgleich kurzfristiger Leistungsschwankungen
Supercaps und supraleitende Spulen	Stabilisierung elektronischer Systeme

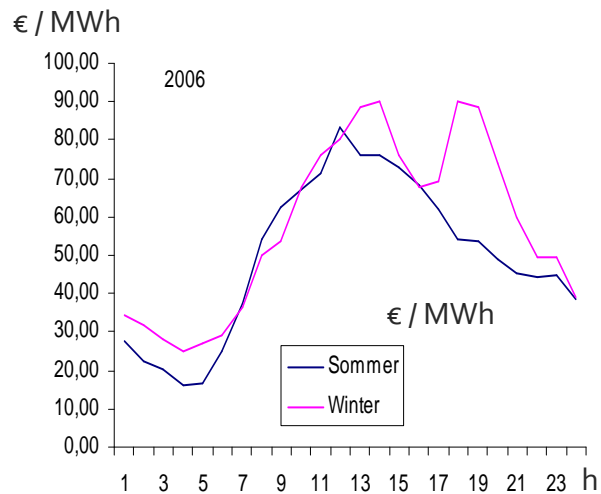


Pumpspeicher

Entwicklungen an der Strombörse

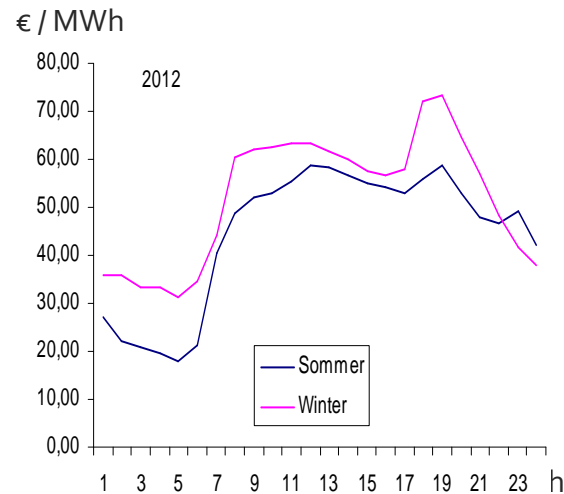
Strompreise an der Strombörse, wochentags

bisher



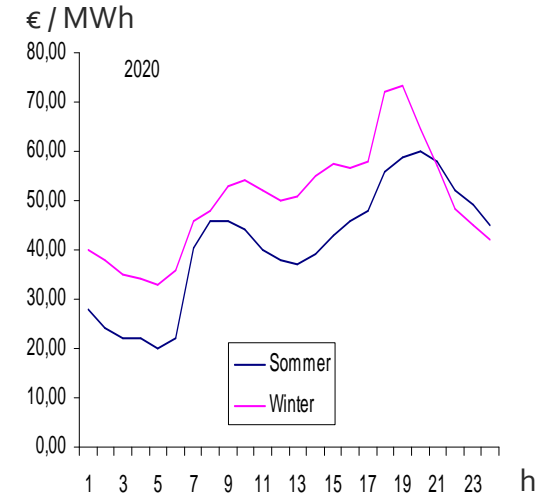
Mittagsspitze
Abendsspitze
billiger Nachtstrom

heute



ausgleichende Wirkung
der Photovoltaik

zukünftig



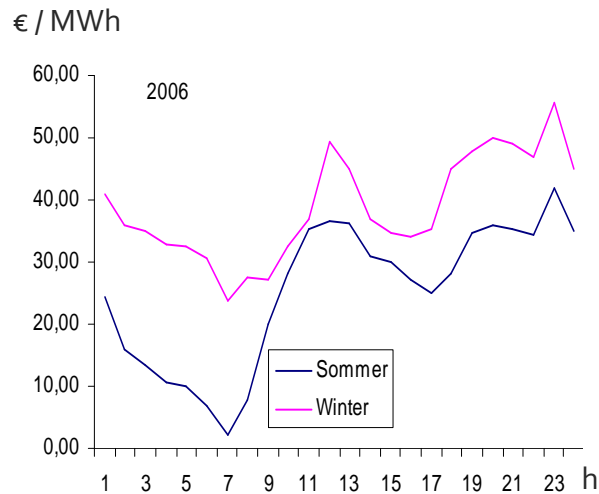
Nutzung gespeicherten
Stroms am Abend

Pumpspeicher

Entwicklungen an der Strombörse

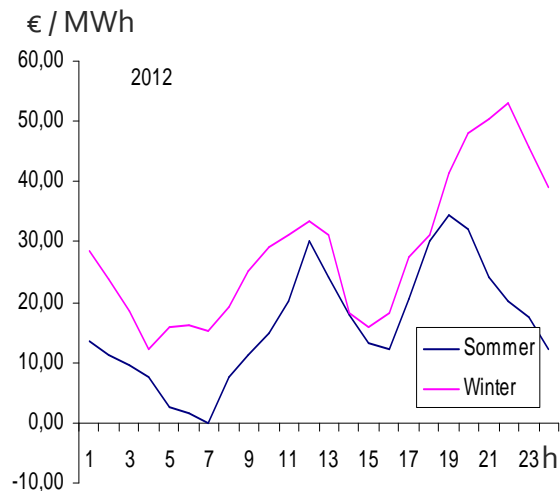
Strompreise an der Strombörse, am Wochenende

bisher



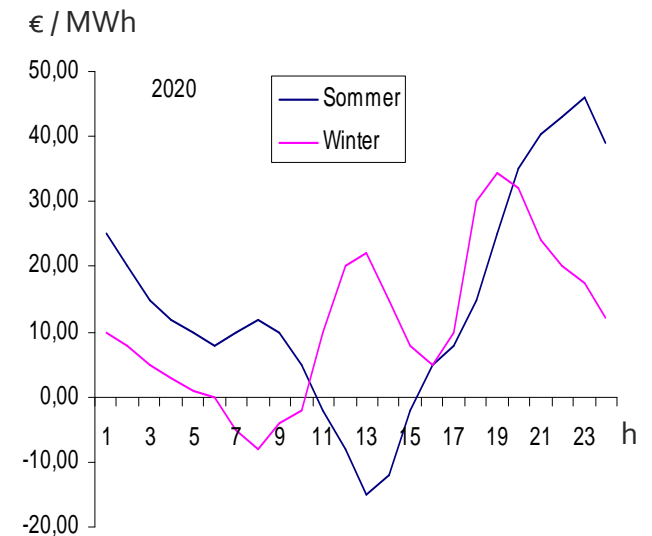
Mittagsspitze
Abendspitze
billiger Nachtstrom

heute



starke Schwankungen
durch Wind und Sonne

zukünftig

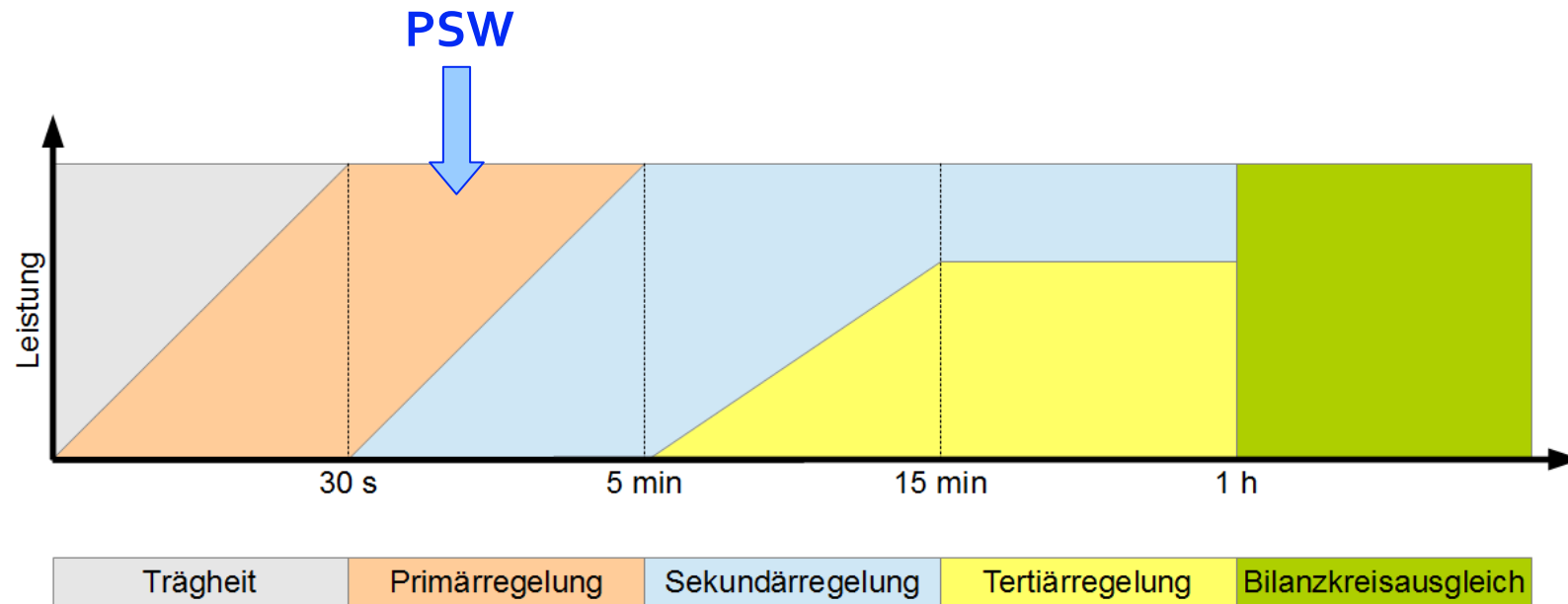


Nutzung der reichlich
vorhandenen
erneuerbaren Energie

Pumpspeicher Regelleistung

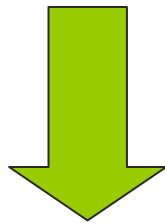
Notwendiges Instrument um unser Stromnetz stabil zu halten

Wöchentliche Ausschreibung von PRL und SRL, tägliche Ausschreibung von MRL,
ausgeführt nach den Vorgaben der Bundesnetzagentur



Zuschlagserteilung und Abruf von Sekundärregelleistung

Wer bekommt den Zuschlag?



Angebote mit den
günstigsten
Leistungspreisen

Wer liefert die benötigte
Sekundärregelleistung?



Angebote mit den
günstigsten Arbeitspreisen



Wir erhalten die günstigste verfügbare Regelenergie

Pumpspeicher

Standorte für Pumpspeicherwerke in Bayern

Potentialanalyse vom LfU

computergestützte topografische Analyse \Rightarrow 30.000 Standorte

\Rightarrow 16 TOP-Standorte wurden genauer analysiert

Kriterien:

- Fallhöhe zu Horizontaldistanz $> 1/10$
- Punkte in der Bewertungskategorie Ökonomie $> 2,5$
- geringe Schutzgebietsbetroffenheit
- erforderliche Umsiedlungen
- Prüfung der Umsetzbarkeit (Umweltkonflikte)

Pumpspeicher

Standorte für Pumpspeicherwerke in Bayern

Erfahrungen aus der Projektentwicklung PSW Einöden

~~computergestützte Analyse~~ → empirisches Erfassen von Rahmenbedingungen erforderlich

→ Standorte unter dem Aspekt öffentlicher Akzeptanz bewerten

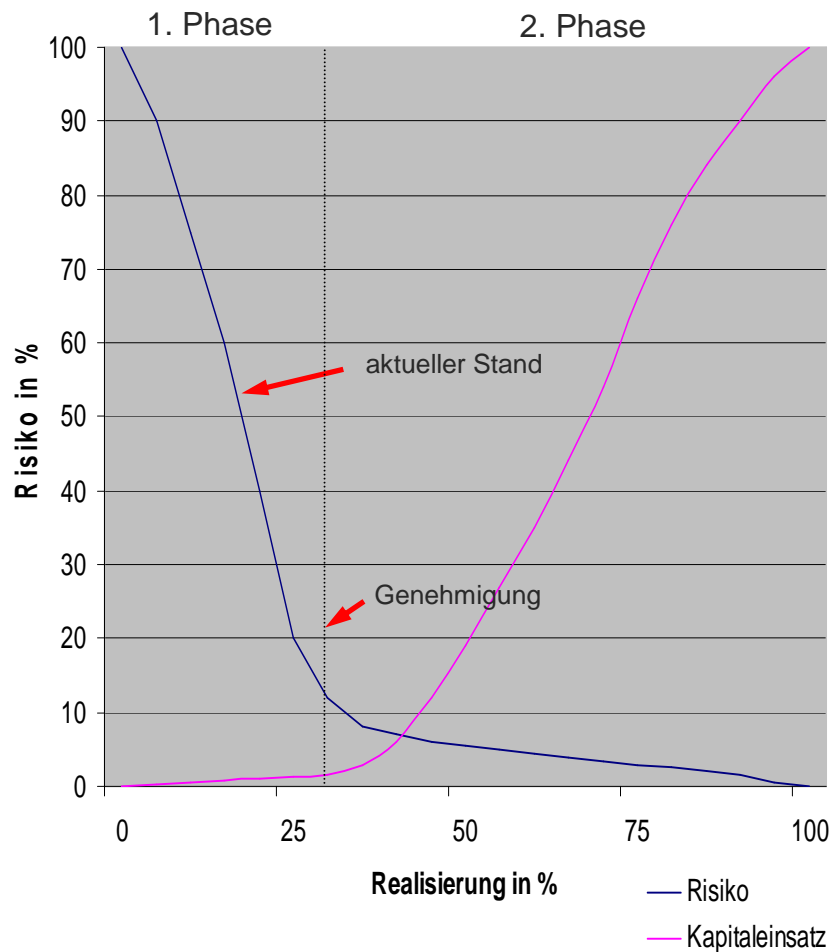
Unsere Kriterien:

- Fallhöhe zu Horizontaldistanz $> 1/10$
- Bewertungskategorie Ökonomie → Ausschlusskriterium
- Schutzgebietsbetroffenheit
- erforderliche Umsiedlungen → Ausschlusskriterium
- geologische Gegebenheiten
- Infrastruktur

Pumpspeicher

Kosten / Rentabilität

Kapitaleinsatz



Ausbauleistung	150 MW
Gesamtkosten (Herstellung)	149.891.000,-
Geotechnische Erkundung	2.788.000,-
Speicherbecken	43.162.000,-
Stollenbau	19.917.000,-
Krafthaus	10.384.000,-
Inbetriebnahme / Befüllung	720.000,-
Turbine + Generator	55.000.000,-
Ausgleichsmaßnahmen	3.880.000,-
Ingenieurleistungen	5.540.000,-
Netzanschluss	8.500.000,-
Gesamt	149.891.000,-

Pumpspeicher

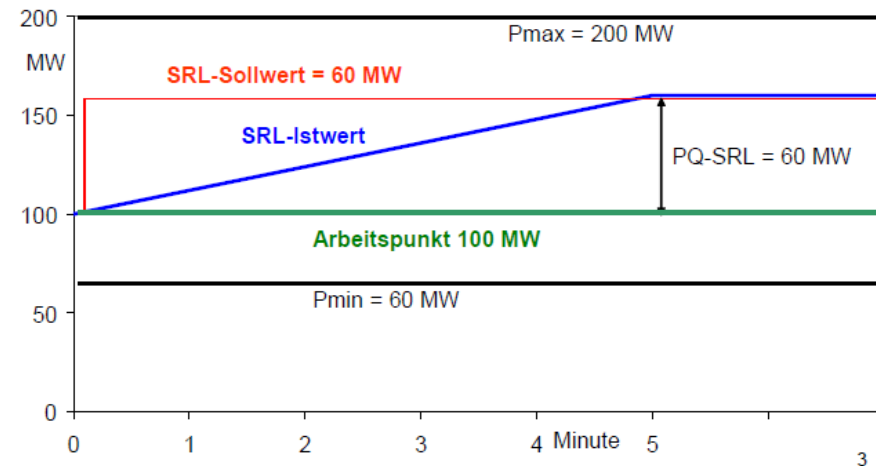
Kosten / Rentabilität

Strombörse



eventuell nach 2025

Regelenergie



Sekundärregelleistung
Präqualifikation für
technische Einheiten

Pumpspeicher

Kosten / Rentabilität

Ausschreibung durch die Übertragungsnetzbetreiber (Höchstspannungsnetz)
veröffentlicht im Internet unter www.regelleistung.net

Ausschreibungsergebnisse

Produktname	Mittlerer Leistungspreis [EUR/MW]	Grenzleistungspreis [EUR/MW]
NEG_HT	28,70	33,90
NEG_NT	146,83	206,00
POS_HT	323,53	336,00
POS_NT	548,74	850,00



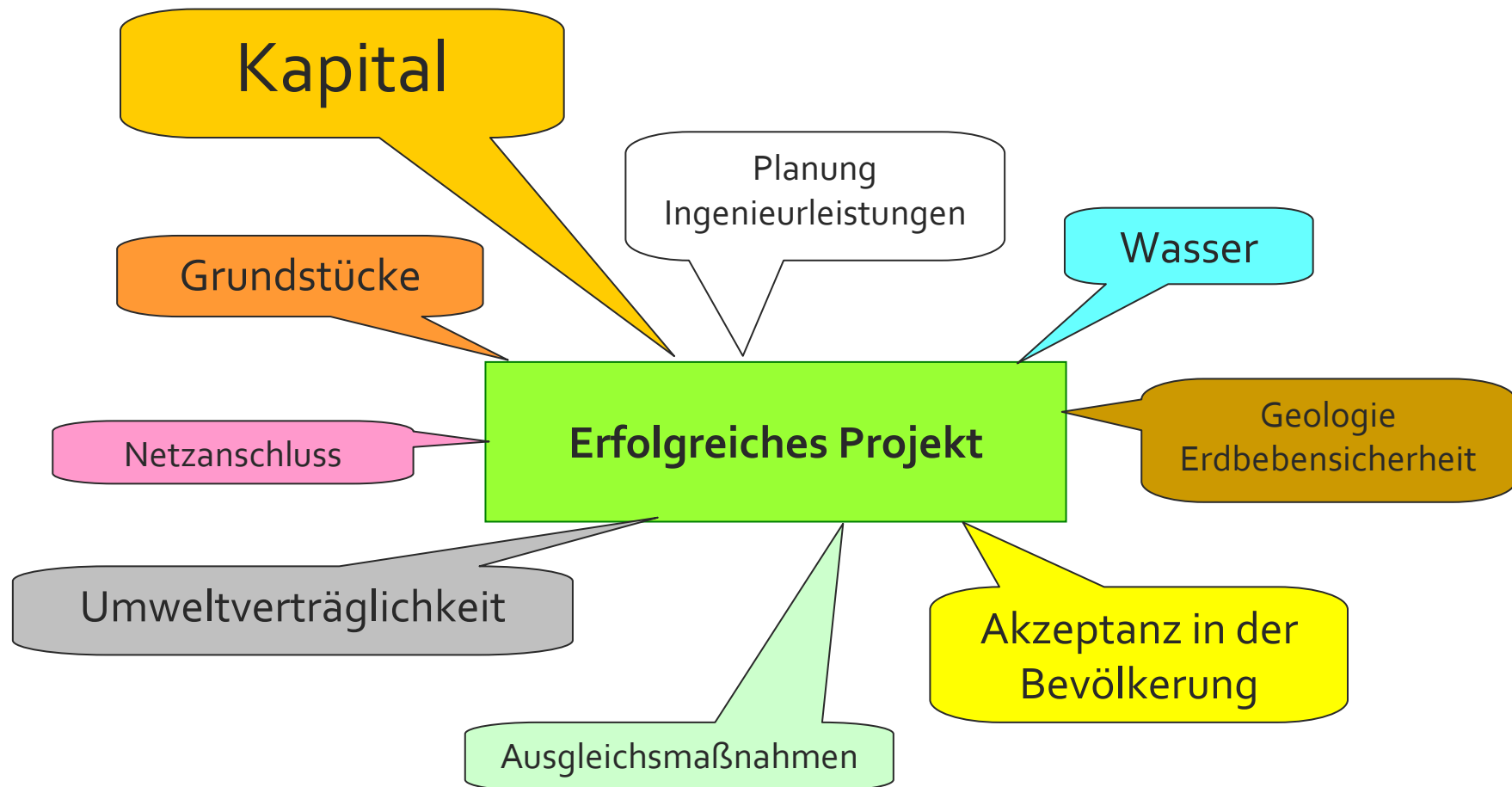
Ausschreibungsdetails

Zeitraum 23.11. - 29.11.2015
Produktart SRL

Anonymisierte Angebotsliste

Produktname	Leistungspreis [EUR/MW]	Arbeitspreis [EUR/MWh]	Zahlungsrichtung	Angebotene Leistung [MW]
POS_HT	324,00	81,40	NA	5
POS_HT	324,00	236,00	NA	35
POS_HT	324,00	5.987,00	NA	13
POS_HT	324,00	8.990,00	NA	6
POS_HT	324,00	11.300,00	NA	7

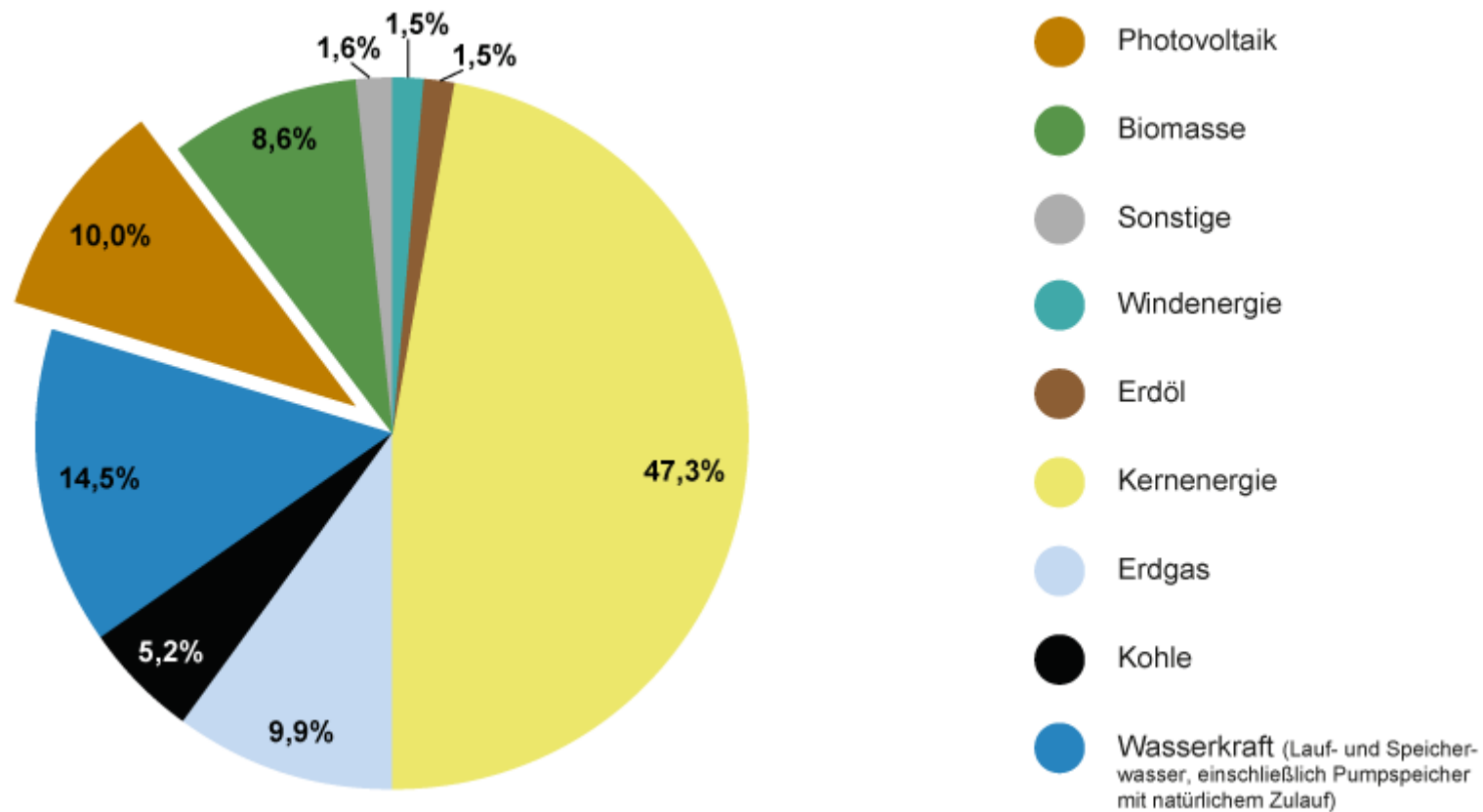
Pumpspeicher Projektentwicklung



Pumpspeicher

Wert von Pumpspeicherwerken für Bayern

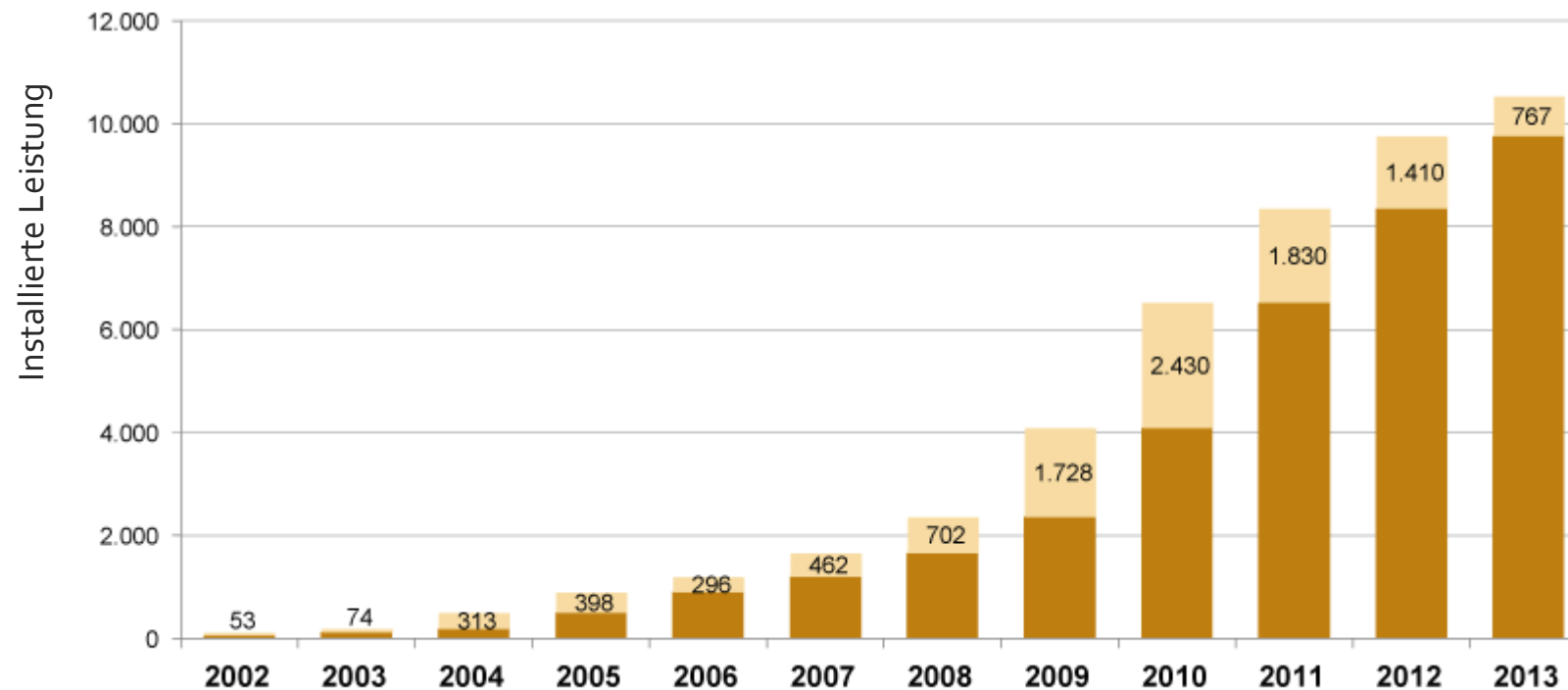
Anteil der Energieträger an der Bruttostromerzeugung in Bayern in 2013



Pumpspeicher

Wert von Pumpspeicherwerken für Bayern

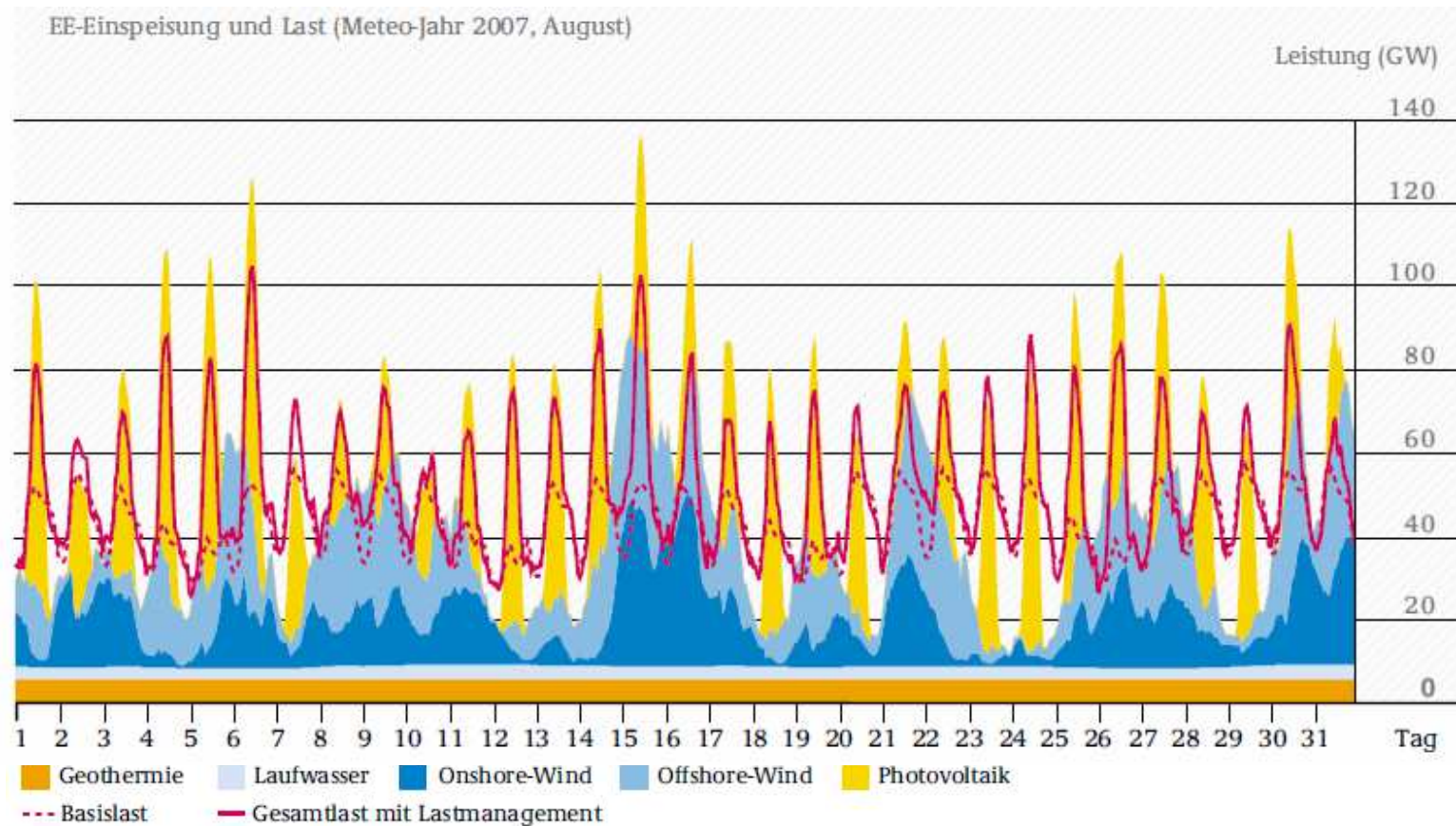
Entwicklung der Stromerzeugung aus Photovoltaik in Bayern



Pumpspeicher

Wert von Pumpspeicherwerken für Bayern

Simulation der Strombilanz für August 2050 in Deutschland



20 Die gemessenen Werte von 2007 dienen als Datenbasis.

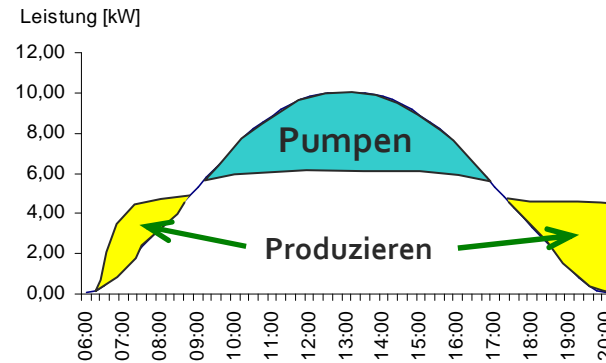
Quelle: Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen (Studie des Umweltbundesamts)

Pumpspeicher

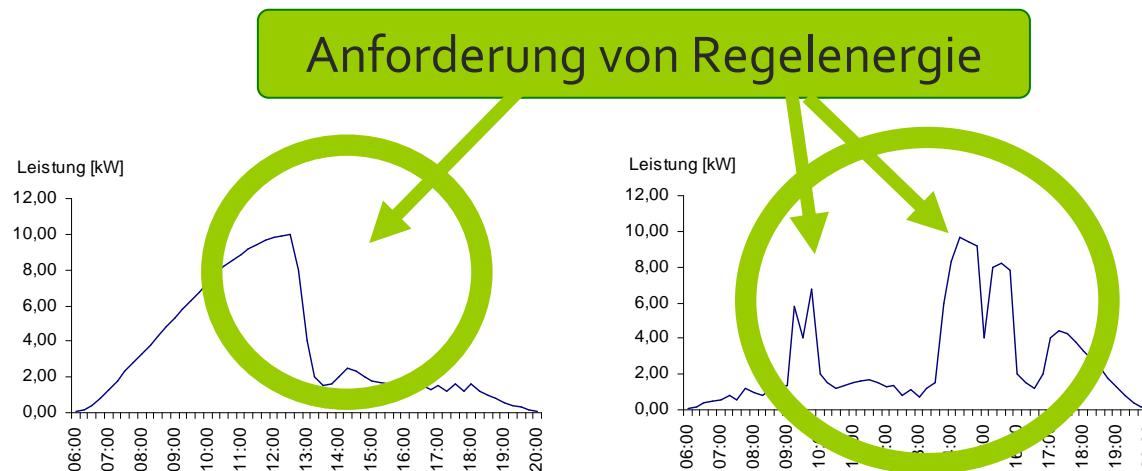
Wert von Pumpspeicherwerken für Bayern

Tagesgang von Photovoltaikanlagen

Ideal



Real





Erneuerbare Energie
speichern!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit