

Abschätzung des zukünftigen Energiespeicherbedarfs in Österreich und Deutschland zur Integration variabler erneuerbarer Stromerzeugung

Karl Anton Zach¹, Hans Auer¹, Georg Lettner¹, Thomas Weiß²

¹ Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe – Energy Economics Group (EEG), Technische Universität Wien

² Institut für Elektrische Energiesysteme, Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg

Symposium Energieinnovation 2014,
Graz 12.-14. Februar 2014



1. Das “stoRE” Projekt

2. Analyse des österreichischen Energiespeicherbedarfs zur Integration erneuerbarer Energien

3. Schlussfolgerungen der Analyse



www.store-project.eu

Das "stoRE" Projekt



- Finanziert durch das "Intelligent Energy for Europe" Programm (EACI)
- Start: 1. Mai 2011
- Ende: 30. April 2014

Projektziel:

Ermöglichung und Unterstützung einer hohen Durchdringung von variablen Erneuerbaren Energien im Europäischen Netz durch Freisetzung des Potentials für Speicherinfrastruktur

Oberziel:

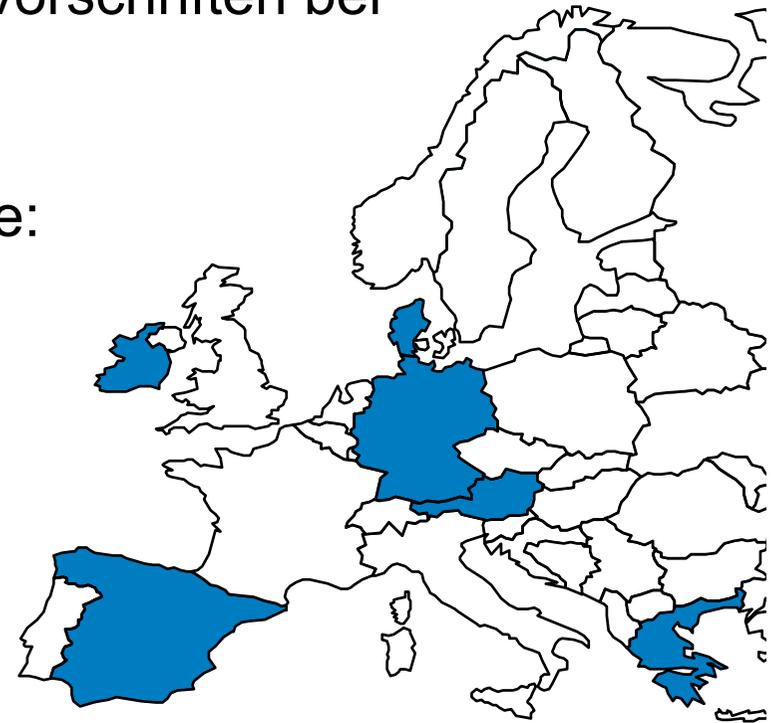
Hilfe beim Kreieren der regulatorischen und marktorientierten Konditionen die Anreize für die Entwicklung und Verbreitung der notwendigen Speicher-Infrastrukturen geben



Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Spezifische Ziele

- Entfernung von Barrieren von Umweltvorschriften bei gleichzeitigem Umweltschutz
- Überprüfung und Bewertung der regulatorischen und Markt-Verhältnisse:
 - auf Europäischer Ebene
 - in den 6 Zielländern
- Dialog mit wichtigen Akteuren um die Reform-Empfehlungen umzusetzen
- Verbessern des generellen Verständnisses der Rolle von Energie-Speichern in einer nachhaltigen Zukunft



1. Das “stoRE” Projekt

2. Analyse des österreichischen Energiespeicherbedarfs zur Integration erneuerbarer Energien

3. Schlussfolgerungen der Analyse

Entwicklung der
erneuerbaren
Energien &
Stromverbrauch

Kalkulation der
Residualast

Kalkulation des
Energiespeicher-
bedarfs

... sowohl für AT als auch AT & DE

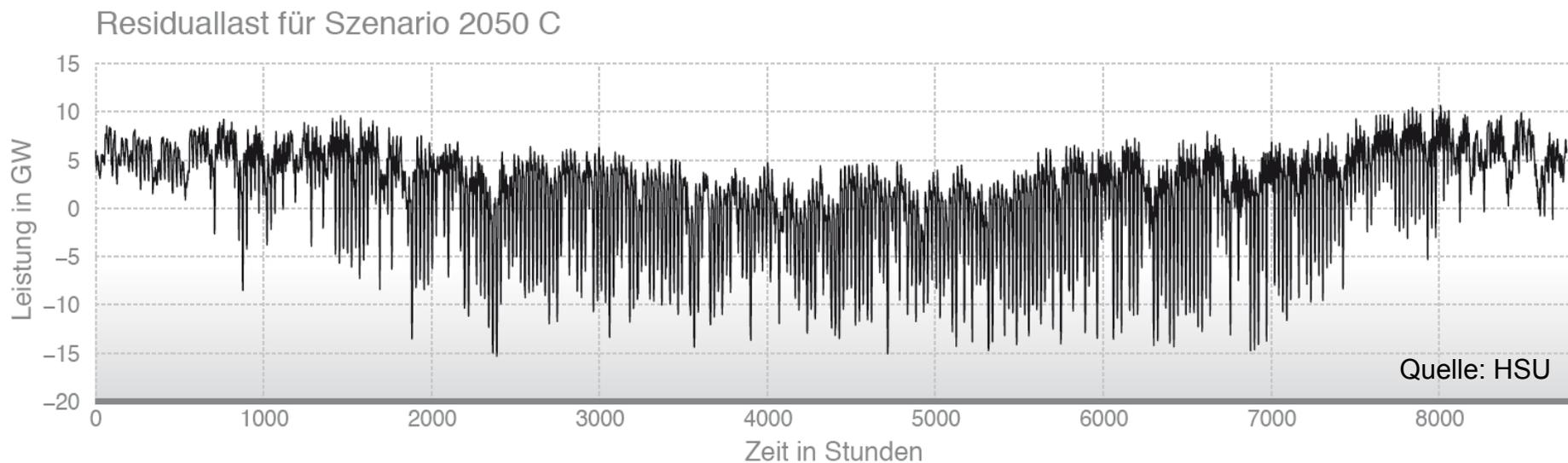
- 3 unterschiedliche Szenarien für die Entwicklung der erneuerbaren Energien (EE) und des Stromverbrauchs in Österreich: „**NREAP-AT**“ (A), „**BAU**“ (B) & „**GREEN**“ (C)
- Zeithorizont der Analyse: **2020 (alle Szenarien) & 2050 („BAU“ & „GREEN“)**
- Speicherkapazität österreichischer Pumpspeicher (PSW): **2 TWh (konstant über gesamten Zeithorizont)**

[MW]	2011	2020 Szenarien			2050 Szenarien	
		A	B	C	B	C
Wind	1.084	2.578	2.589	2.780	4.240	4.710
PV	187	322	264	1.200	7.880	26.960
Wasserkraft						
Laufwasserkraft	5.215	5.400		5.600		7.200
Speicher	3.550	3.597		3.600		3.600
PSW	4.215	4.285		6.600		9.200
Kleinwasserkraft	221	221		221		250
Andere EE	72	1.115	1.100	1.150	2.430	2.000
Jährliche Spitzenlast	11,3	12,8	14,9	12,4	20,7	13,6
Stromverbrauch [TWh]	68,8	77,5	90,9	75,6	126	83
EE-Erzeugung [TWh]	39,81	52,4	54,8	56	75	94
EE-Anteil ⁸	60,60%	67,6%	60,30%	74,10%	~60%	~110%

⁸ EE-Anteil bezogen auf den Netto-Stromverbrauch.



- Reale stündliche EE-Einspeisung & Stromverbrauch aus dem Jahr 2011 hochskaliert entsprechend Szenarienannahmen
- Residuallast = Stromverbrauch – Einspeisung variabler EE (Wind, PV, Laufwasserkraft)
- Kein Strom-Import / -Export



- Ergebnisse der Residuallastanalyse für alle Szenarien – die maximal zurückgewiesene Leistung und Energie ohne Stromspeicher (d.h. die negative Residuallast)

Szenario	Max. zurückgewiesene Leistung [MW]	Zurückgewiesene Energie [GWh]
2020 A	898	3,6
2020 B	134	0,2
2020 C	1.340	11,9
2050 B	0	0
2050 C	12.185	7.694



www.store-project.eu

Methode der Modellierung (I)

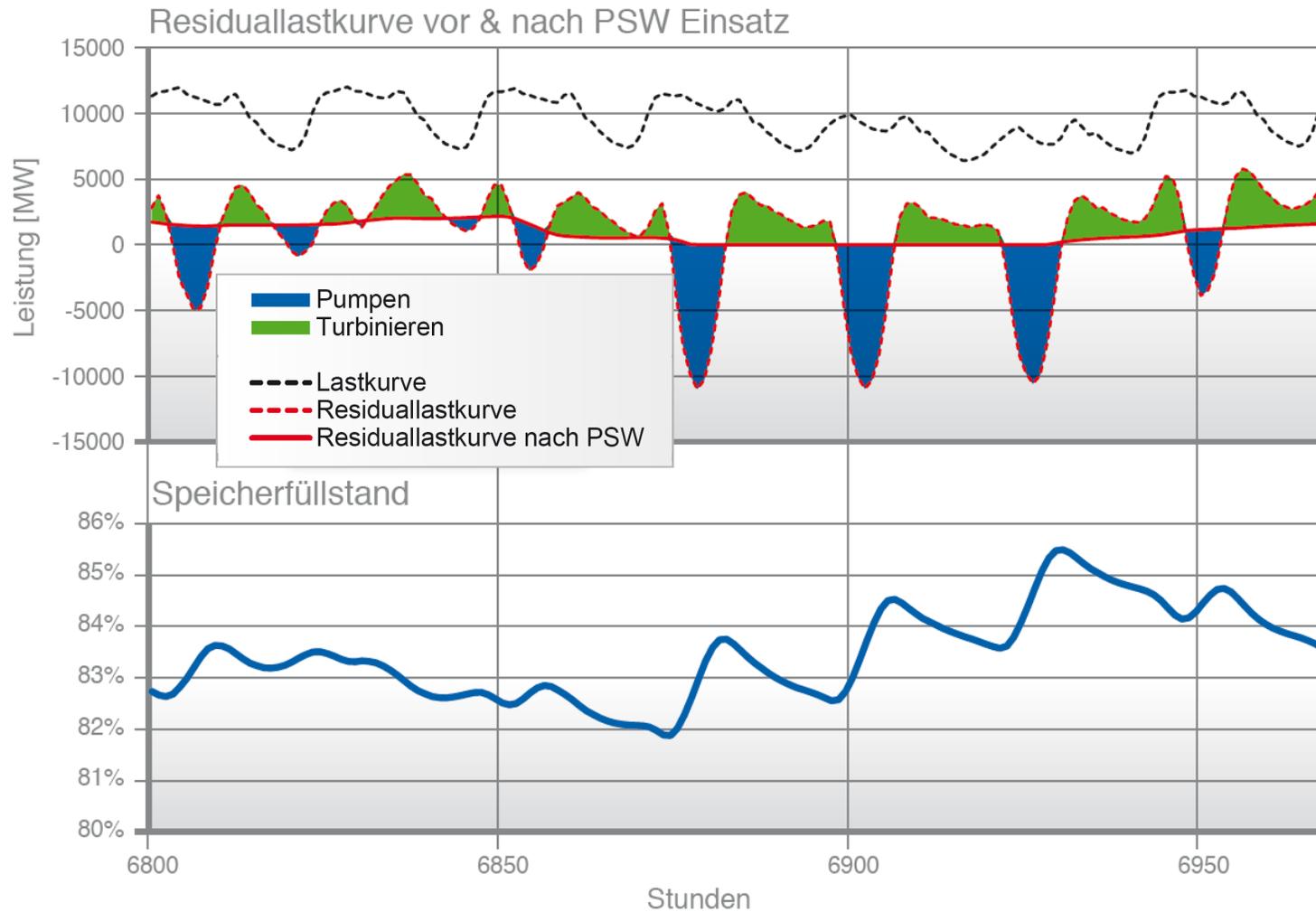


- Ziel: So wenig Leistung und Speicherkapazität der Stromspeicher wie möglich benutzen, um alle EE-Überschüsse zu integrieren / speichern
- Prinzip: Verringerung der residualen Spitzenlast (turbinieren) und Erhöhung in der residualen Last in Zeiten hoher EE-Einspeisung (durch speichern / pumpen)
- Keine Berücksichtigung sich einstellender Spotmarktpreise
- Simplifikation: Alle PSW sind in einem großen PSW mit der Summen-Leistung und -Speicherkapazität zusammengefasst, Unter- und Oberbecken sind gleich groß und kein natürlicher Zufluss in den Speichern

Entwicklung der erneuerbaren
Energien

Kalkulation der Residuallast

Kalkulation des
Energiespeicherbedarfs



Ergebnisse der Simulation im Jahr 2020:

- Alle EE-Einspeisung integriert (keine negative Residuallast)
- Der maximale Speicherfüllstand beträgt nur 2% (ca. 40 GWh)

2020 Szenarien	Speicherung [GWh]	Erzeugung [GWh]	Kapazitätsfaktoren ¹³			Max. verwendete Leistung [GW]	
			Laden	Entladen	Total	Laden	Entladen
A	4.369,80	3.599,27	11,63 %	9,58 %	21,21 %	3,37	3,36
B	5.205,88	4.219,82	9,00 %	7,30 %	16,30 %	3,85	3,26
C	4.049,14	3.280,65	7,00 %	5,67 %	12,68 %	3,31	2,77

¹³Z.B. Berechnung des Lade-Kapazitätsfaktors: Gespeicherte Energie dividiert durch max. Ladeleistung und 8.760 Std.

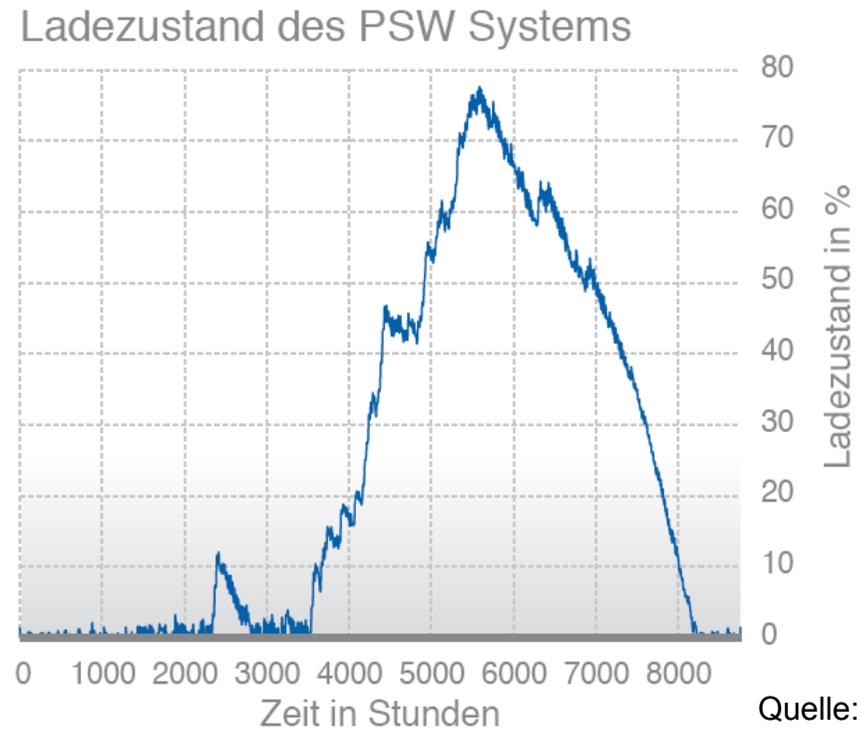
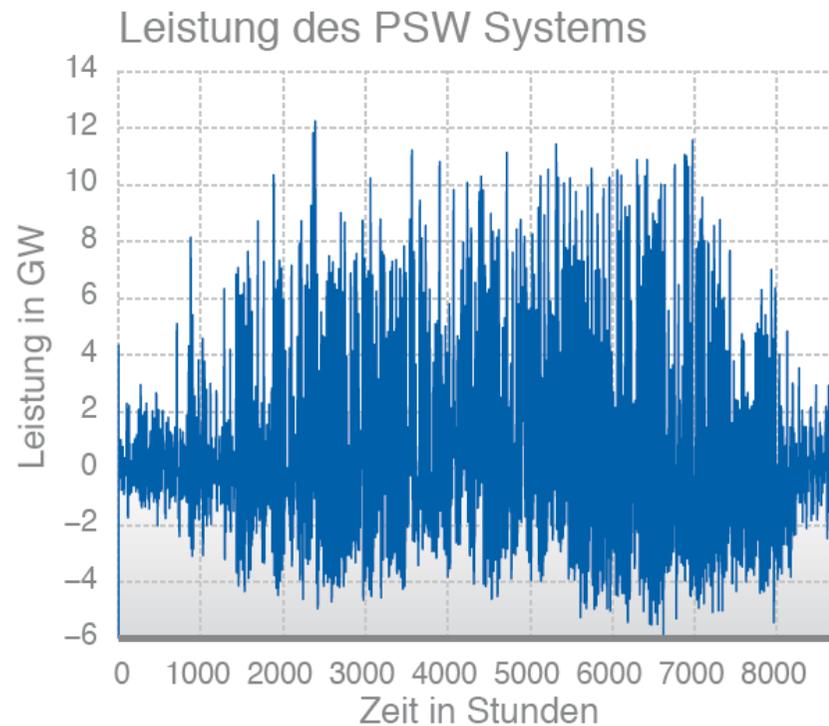
Ergebnisse der Simulation im Jahr 2050:

- Alle EE-Einspeisung integriert im BAU-Szenario
- Durch große PV-Einspeisung im GREEN-Szenario wird zusätzliche Pumpleistung benötigt zur vollständigen Integration EE

2050 Szenarien		Speicherung [GWh]	Erzeugung [GWh]	Kapazitätsfaktoren			Max. verwendete Leistung [GW]	
				Laden	Entladen	Total	Laden	Entladen
B	24 Std.	5.539,32	4.499,02	6,87%	5,58%	12,46%	4,96	3,14
	48 Std.	6.088,11	5.135,19	7,55%	6,37%	13,93%	5,15	4,52
	200 Std.	8.364,93	6.720,35	10,38%	8,34%	18,72%	6,67	5,49
C	Existierende PSW	10.204,47	8.281,92	12.66%	10.28%	22.94%	9,20	6,00
	Leistungs-Erweiterung	10.300,68	8.359,85	9.65%	10.37%	20.03%	12,18	6,00

Ergebnisse der Energiespeicherbedarfs im Jahr 2050 - GREEN:

- 80% der Speicherkapazität benutzt



Quelle: HSU



www.store-project.eu

Analysierte Szenarien AT-DE (I)



- 2 unterschiedliche Szenarien für die Entwicklung der EE und des Stromverbrauchs in Deutschland: **80%-EE-Szenario mit Fokus auf PV (A) bzw. Wind (B)**
- Szenario für Österreich: „**GREEN**“ (C)
- Zeithorizont der Analyse: **2050**
- Speicherkapazität der deutschen PSW: **60 GWh**

Entwicklung der erneuerbaren
Energien

Kalkulation der Residuallast

Kalkulation des
Energiespeicherbedarfs

16

[MW]	Deutschland		Österreich	Total AT-DE	
	A	B	C	AC	BC
Wind (onshore)	63.000	55.000	4.710	67.710	59,710
Wind (offshore)	30.000	21.000	0	30.000	21,000
PV	45.000	100.000	26.960	71.960	126,960
Wasserkraft					
Laufwasserkraft		5.700	7.200		12.900
Speicher		0	3.600		3.600
PSW		8.000	9.200		17.200
Kleinwasserkraft		0	250		250
Andere EE		5.000	2.000		7.000
Jährliche Spitzenlast		79,1	13,6		92,5
Stromverbrauch [TWh]		~500	83		~583
EE-Erzeugung [TWh]		~400	94		~494

- Annahme: Keine Engpässe im Übertragungsnetz zwischen AT & DE
- Zurückgewiesene Leistung & Energie bei Kombination der Stromsysteme AT & DE geringer als die Summe der Einzelsysteme

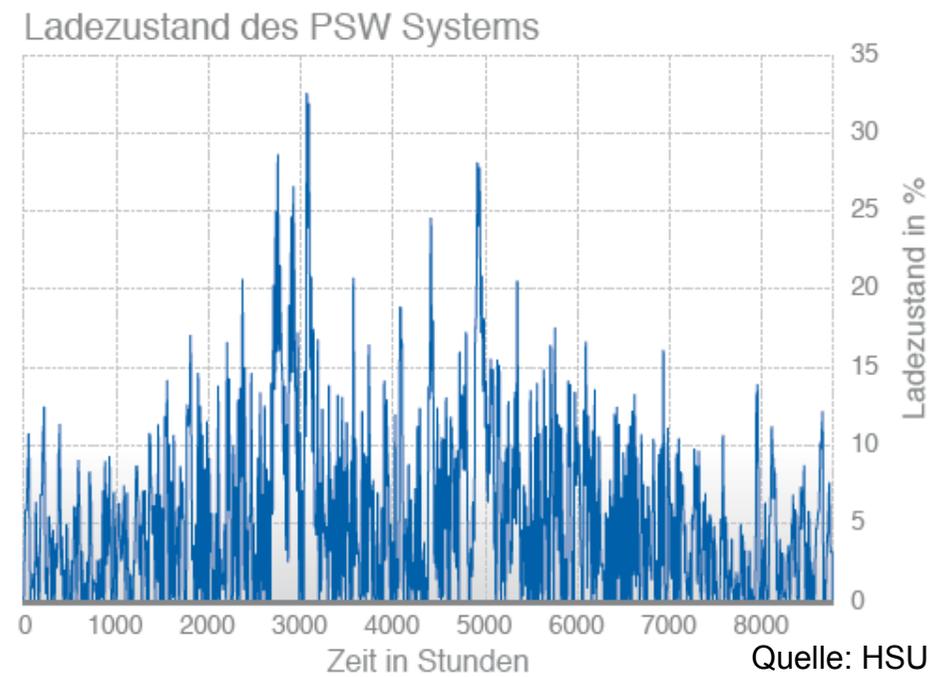
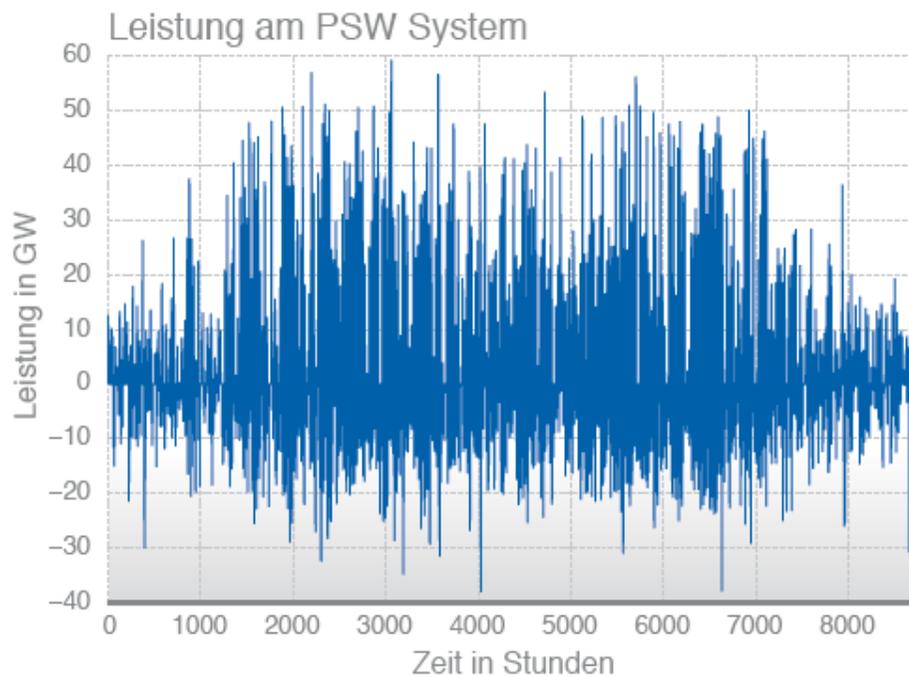
2050 Szenario	Max. zurückgewiesene Leistung [GW]	Zurückgewiesene Energie [TWh]
AC	43,07	11,34
BC	70,54	24,96

- Bei Szenarien AC_{voll} & BC_{voll} : Alle EE-Einspeisung in AT & DE integriert
- Zusätzlich benötigte PSW-Leistung & -Kapazität bei Kombination der Stromsysteme AT & DE geringer als in DE allein

2050 Szenarien	Zusätzlich benötigte Leistung & Kapazität im komb. System AT-DE			Zusätzlich benötigte Leistung & Kapazität in DE allein		
	P_{Pumpe}	$P_{Turbine}$	$E_{Speicher}$	P_{Pumpe}	$P_{Turbine}$	$E_{Speicher}$
AC	19,17 GW	19,98 GW	0	38,79 GW	25,17 GW	1.534 GWh
BC	42,00 GW	20,51 GW	0	55,16 GW	29,04 GW	950 GWh
	Kapazitätsfaktoren					
	Deutsche PSW			Österreichische PSW		
	Speicherung	Erzeugung	Total	Speicherung	Erzeugung	Total
AC	24,49 %	19,80 %	44,29 %	25,22 %	19,88 %	45,10 %
AC_{voll}	24,42 %	19,75 %	44,17 %	8,47 %	6,57 %	15,04 %
BC	28,87 %	23,35 %	52,22 %	25,88 %	20,80 %	46,68 %
BC_{voll}	28,79 %	23,29 %	52,08 %	8,50 %	10,80 %	19,30 %

Ergebnisse der Simulation AT-DE im Jahr 2050 – Szenario BC_{voll}

- Der maximale Speicherfüllstand der PSW-AT beträgt weniger als 35% (ca. 700 GWh)



1. Das “stoRE” Projekt

2. Analyse des österreichischen Energiespeicherbedarfs zur Integration erneuerbarer Energien

3. Schlussfolgerungen der Analyse

- Bereits vorhandene PSW reichen aus um die erwartete EE-Einspeisung im Jahr 2020 (alle Szenarien) und im BAU-Szenario im Jahr 2050 zu integrieren
- Im GREEN-Szenario sind zusätzlich zum angenommenen PSW-Ausbau (von 4,2 GW auf 9,2 GW) ca. 3 GW notwendig um erwartete EE-Einspeisung im Jahr 2050 zu integrieren
- Es wird in allen Szenarien mehr Pumpleistung als Turbinenleistung benötigt

- Synergieeffekte bei Kombination von AT & DE: geringere zurückgewiesene Leistung & Energie sowie geringerer zusätzlicher Bedarf an PSW
- Im Szenario BC wird durch hohe installierte PV-Leistung mehr PSW-Leistung benötigt als im Szenario AC
- Die benötigte Übertragungsnetzkapazität sowie PSW-Leistung sind sehr hoch bei vollständiger EE-Integration
- Bei Beschränkung der Übertragungsnetzkapazität auf die erwartete installierte PSW-Leistung im Jahr 2050 (9,2 GW) kann die zurückgewiesene Energie von 25 TWh auf 9 TWh reduziert werden (Szenario BC)

**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Kontakt: zach@eeg.tuwien.ac.at

Für mehr Informationen über das “stoRE” Projekt:

www.store-project.eu

