



Wärmespeicher im kaskadierten Betrieb für Wärme- und Kältenetze

*Cascading of pit thermal energy storage for optimal operation of district heating
and cooling networks – Preprint available at: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.6206640>*



Project funded by



**Michael Bayer^{1,2}, Artem Sotnikov¹, Abdulrahman Dahash³, Heimo Walter²,
Willy Villasmil¹**

¹ School of Engineering and Architecture, Lucerne University of Applied Sciences and Arts, Technikumstrasse 21, 6048, Horw, Switzerland

² TU Wien, Institute for Energy Systems and Thermodynamics, Getreidemarkt 9/302, 1060 Vienna, Austria

³ Sustainable Thermal Energy Systems, Center for Energy, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Giefinggasse 2, 1210 Vienna, Austria

Motivation

Horizon Europe Projekt INTERSTORES

Demonstrator InCampus (Ingolstadt Deutschland)

Umnutzung von 3 existierenden Löschwasserbecken

Volumen: 18,000 m³

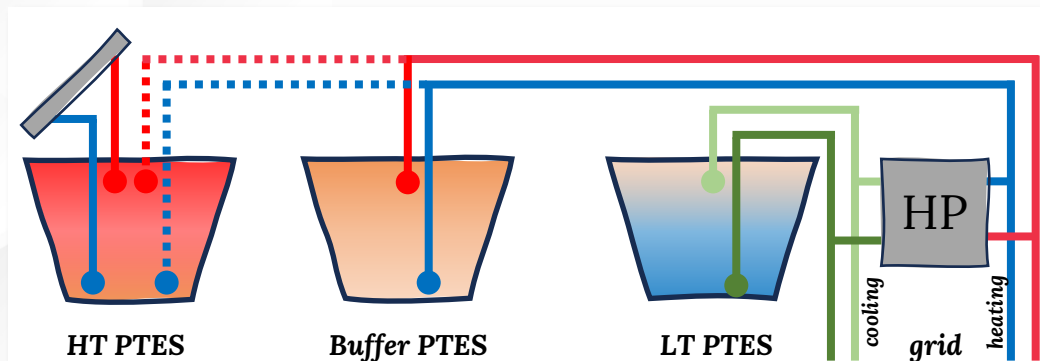


“Bestmöglicher Betrieb?”

Idee

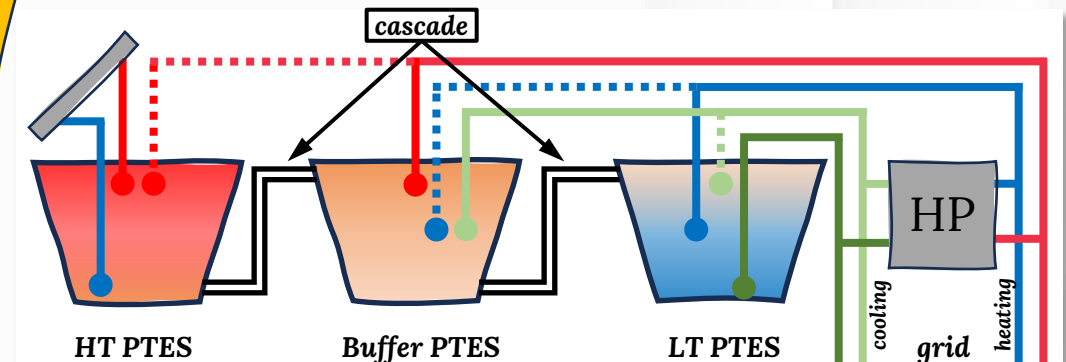
Standard Betriebsweise

- 1 - 3 Temperaturniveaus
- Begrenzte Speicherkapazität
- Begrenzte Betriebsflexibilität



Kaskadenkonzept

- Flexible Temperaturniveaus
- Anpassbare Speicherkapazität
- Flexibel bei ändernden Lastprofilen

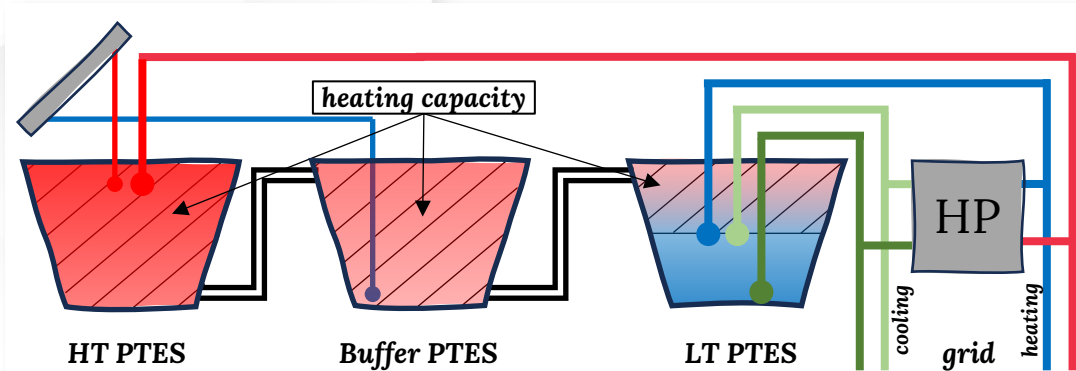


Auswirkung der Kaskade?

Kaskadenkonzept

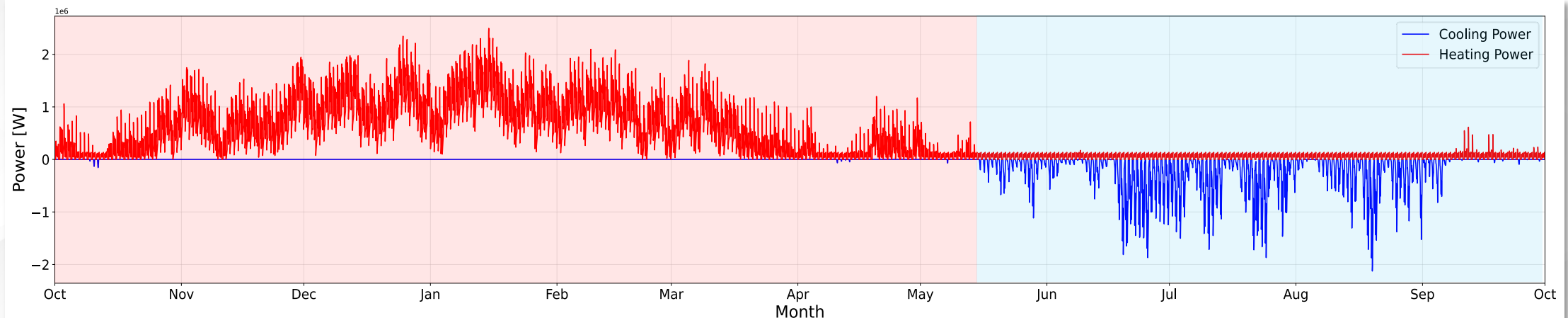
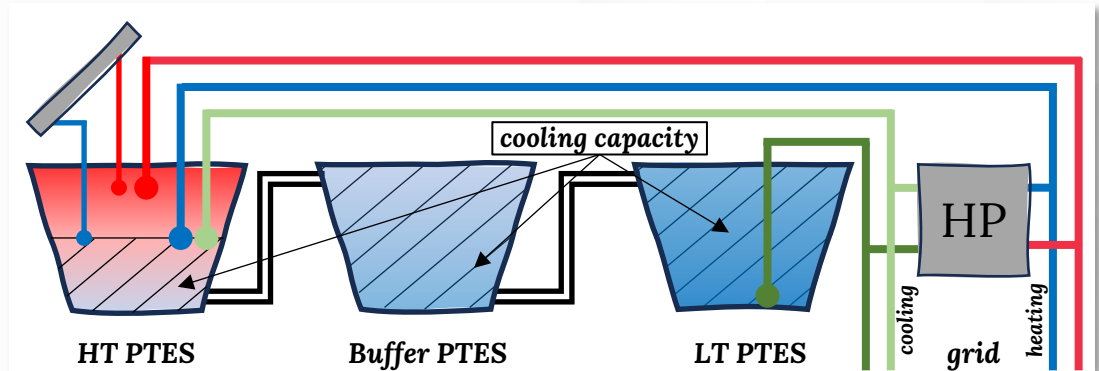
Heizperiode

Erhöhte Heizkapazität durch Buffer-PTES & obere Hälfte des LT-PTES



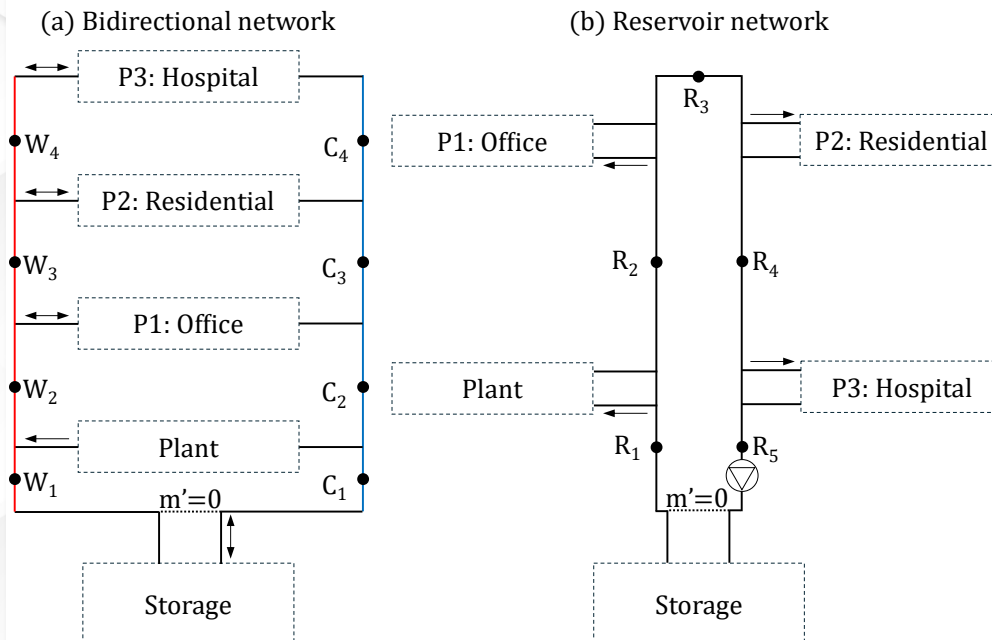
Kühlperiode

Erhöhte Kühlkapazität durch Buffer-PTES & untere Hälfte HT-PTES

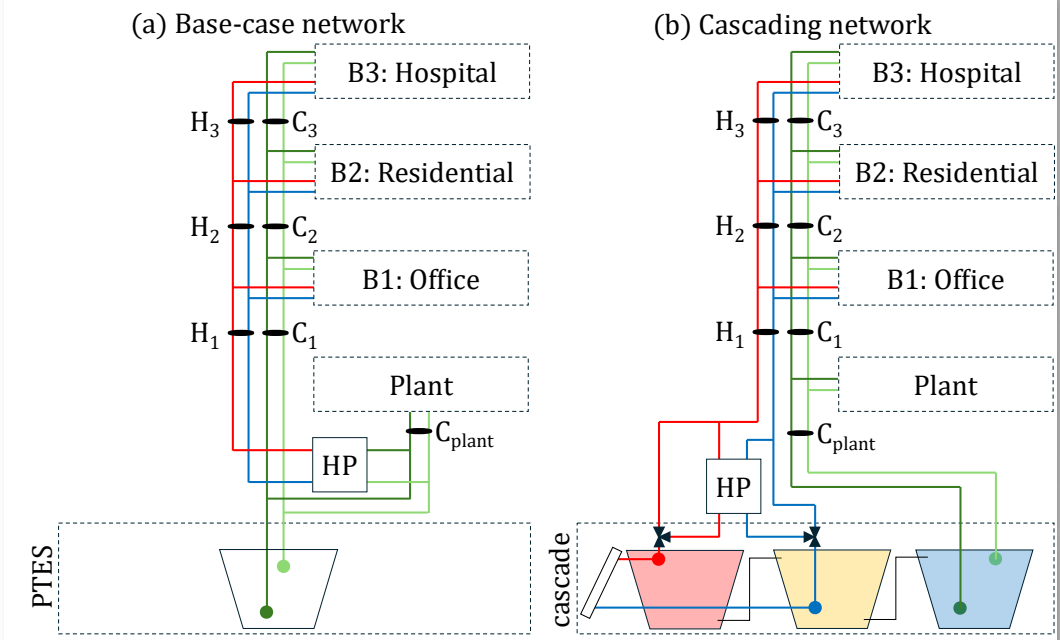


Eingangsparameter

5GDHC Referenzfälle ⁽¹⁾

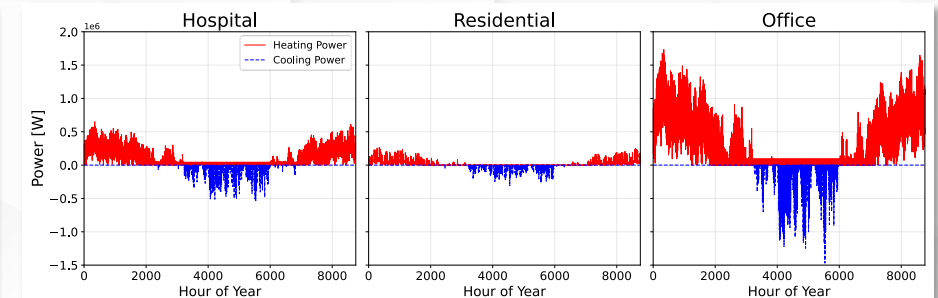


4GDHC Basisfall und Kaskade



Randbedingungen:

- Plant: Abwärmequelle 11.45 kg/s, 17 °C
- Auslegungstemperaturen: 63 °C / 20 °C bei Bezüchern
- Rohrlänge: 100 m je Segment
- Lastprofil: Basierend auf Schweizer Archetypen (skaliert)
- Speicher: BN & RN 350 Erdsonden



⁽¹⁾ <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117418>

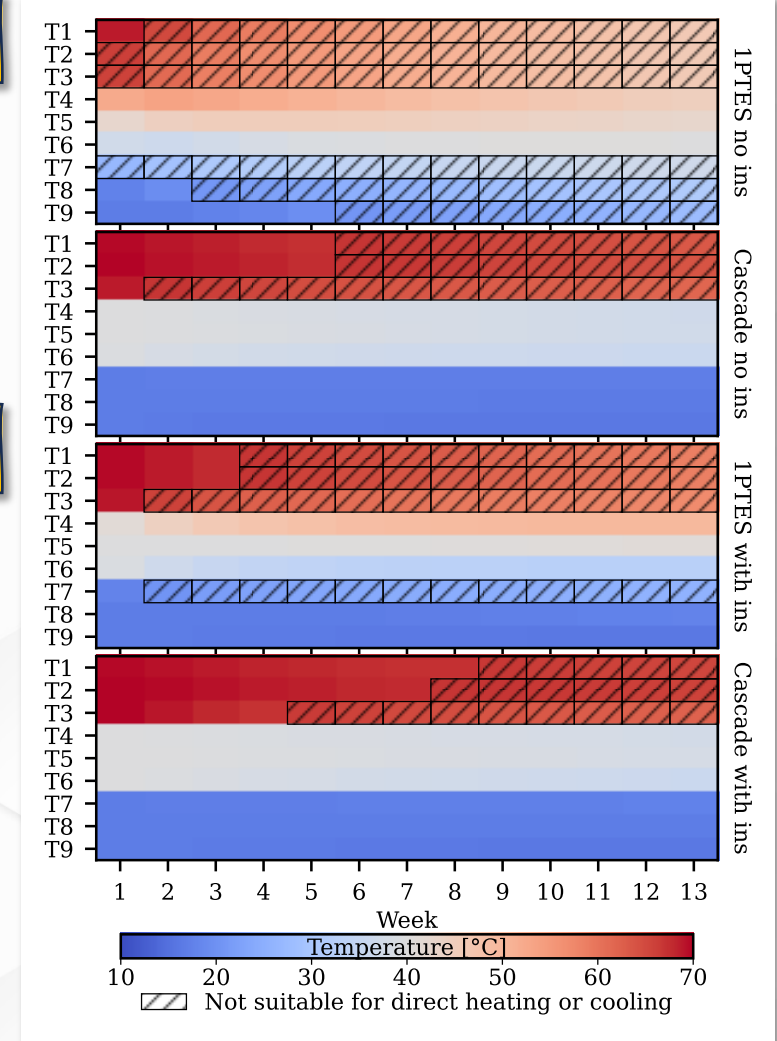
Ergebnisse - Speichernutzung

Betrachtete Varianten

- Einzel-PTES (mit / ohne Dämmung)
- Kaskadierte PTES-Struktur (mit / ohne Dämmung)
- Identische Randbedingungen

Zentrale Erkenntnisse

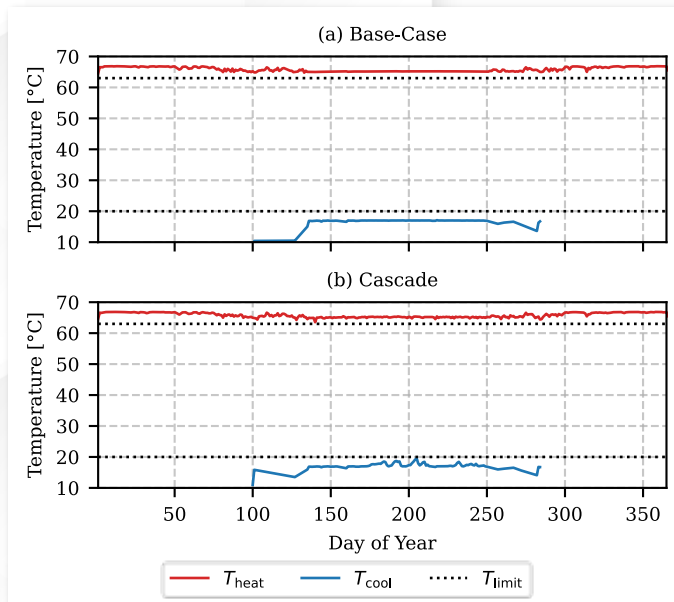
- Topologie > Dämmung für stabile Stratifikation
- Strukturelle Trennung reduziert Durchmischung
- Stabile Kälteniveaus über lange Stillstandszeiten
- Höhere nutzbare Speicherkapazität & geringere Temperaturhübe



Ergebnisse

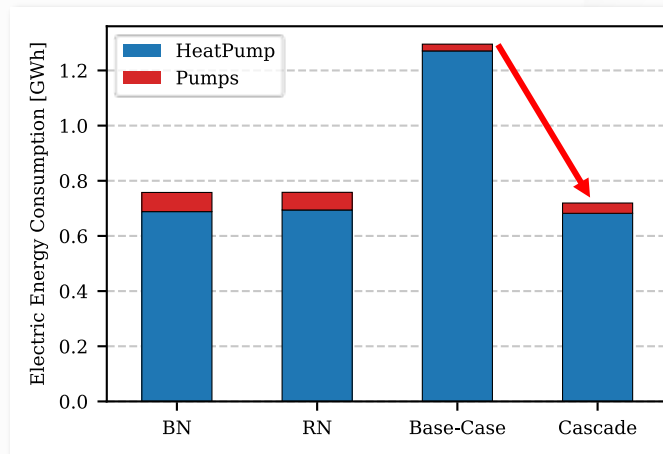
Temperaturen am Bezüger

- VL-Temperatur (Wärme) $> 63\text{ }^{\circ}\text{C}$
- VL-Temperatur (Kälte) $< 20\text{ }^{\circ}\text{C}$



Vergleich Strombedarf

- Base-Case +62 % vs. RN & BN
- Kaskade -8 % vs. RN & BN



Bidirectional network (BN)
Reservoir network (RN)

Optimierungsstrategie

- Einsatz Kaskade
- Solar PTES
- $\uparrow$ WP-Quell-Temperatur

$\uparrow$ COP, $\downarrow$ Strombedarf
Benchmark erreichbar

Kostenanalyse

Investitions- und Betriebskosten

BN & RN: Vergleichbare Gesamtinvestitionen dominiert durch BTES-Bohrkosten

Kaskade: Höchste Investition durch Solar + höhere spezifische PTES-Kosten

Base-Case: Niedrigster CAPEX & höchste OPEX

→ Kaskade verlagert Kosten von Betrieb zu Invest

LCOSE

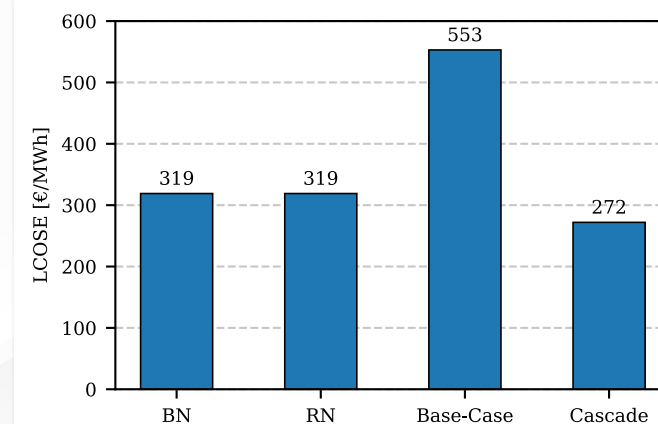
Base-Case: Höchste LCOSE → geringe Speicherausnutzung

BN / RN: Niedrige, vergleichbare LCOSE

Kaskade: Trotz höherem CAPEX leicht niedrigere LCOSE als BN/RN

→ Verbesserte Speichernutzung kompensiert Mehrinvestition

System	Komponente	Investitionskosten		CAPEX _{ann} [k€]	OPEX [k€]	B&I [k€]
		[€/unit]	[unit]	[M€]		
BN	BTES	80	87,500 m	7.00	357	
	Netz	900	1,600 m	0.72	37	
	WP	1,940	2,690 kW	5.22	266	
	Total			12.94	660	136.4
RN	BTES	80	87,500 m	7.00	357	
	Netz	700	500 m	0.35	18	
	WP	1,940	2,690 kW	5.22	266	
	Total			12.57	641	136.4
Base-Case	PTES	71	60,000 m ³	4.24	216	
	Netz	1,300	800 m	1.04	53	
	WP	1,320	2,690 kW	3.55	181	
	Total			8.83	450	233.1
Cascade	PTES	94	60,000 m ³	5.62	287	
	Solar	380	11,180 m ²	4.25	217	
	Netz	1,300	800 m	1.04	53	
	WP	1,320	2,690 kW	3.55	181	
	Total			14.46	738	125.5



Fazit

Systemintegration

Die kaskadierte PTES-Konfiguration ermöglicht paralleles Heizen und Kühlen innerhalb einer zentralen Speicherarchitektur

Systemperformance

Der System Seasonal Performance Factor (SPF) erreicht 5.8 und liegt damit rund 5 % über BN/RN

Wirtschaftlichkeit

Trotz höherer Investitionen (mehrere Speicher, Solarthermie) wird eine vergleichbare LCOSE zu BN/RN erreicht

Thermische Stabilität

Die Speicherstruktur verbessert die thermische Schichtung und erlaubt dadurch einen parallelen Betrieb



Thank You

for Your Attention

Michael Bayer



contact



Funded by
the European Union

Project funded by



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Economic Affairs,
Education and Research EAER
State Secretariat for Education,
Research and Innovation SERI



UK Research
and Innovation