

Thermische Speicherung an Industrie- und Kraftwerksstandorten

Vortrag zum IRES-Symposium am 18.11.2020

Prof. Dr. Ulf Herrmann, FH Aachen (SIJ),
Dr. Thomas Bauer, DLR,
Dr. Rainer Faatz, Flagsol



Inhalt

- Netzgebundene Speicher - Weltweit
- Ursprung in der Solarthermie
- Prinzip PowerToHeatToPower/Combined Heat and Power: PtHtP / PtHtCHP
- Überblick über die Technologien, Beispiele
- Ausblick auf die Möglichkeiten in NRW, Beispiele
- Handlungsoptionen für HT-Wärmespeicher für Kraftwerkstechnik und Prozessindustrie

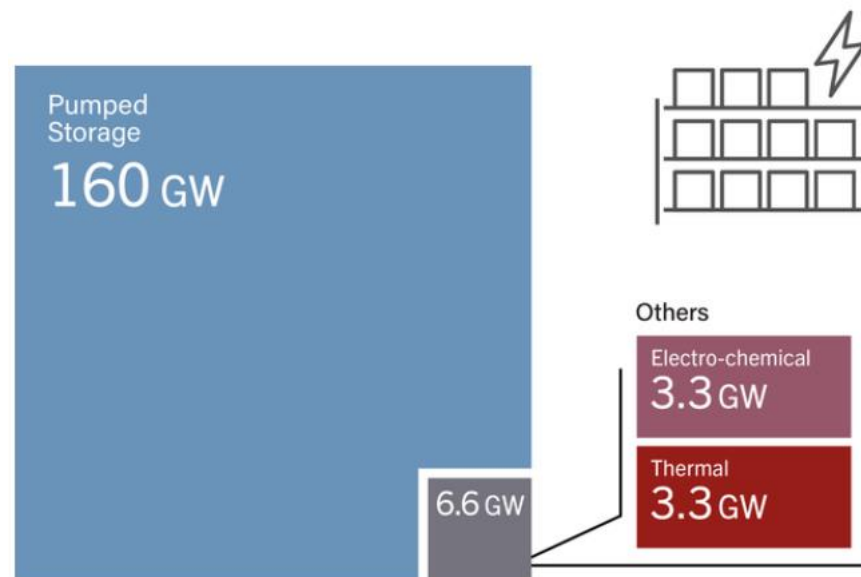
Hinweis:

Broschüre Wärmespeicher in NRW,

Kapitel 3.4 Industrielle Prozesswärme und Kapitel 3.5 Einsatz in thermischen Kraftwerken

Netzgebundene Stromspeicher - Weltweit

Utility-Scale Energy Storage Capacity, Selected Technologies, 2018



Note: Numbers should not be compared with prior versions of this figure to obtain year-by-year increases, as some adjustments are due to improved or revised data. The category of electro-mechanical storage has been excluded due to limited global data availability.

REN21 RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT

Quelle: REN21 Renewables 2019 Global Status Report

Gem. Protermosolar (2019):
 42 CSP-Kraftwerke
 3,1 GW_{el} inst. Leistung
 18,5 GWh_{el} Speicherkapazität
 49 GWh_{th} Speicherkapazität
 Zwei – Tank Flüssigsalzspeicher

Quelle: <https://www.protermosolar.com/proyectos-termosolares/proyectos-en-el-exterior/>

Ursprung: TES in CSP-Kraftwerken

- Ursprung thermischer Speicher in Kraftwerken ist in CSP-Kraftwerken zur Stromerzeugung unabhängig von der Sonneneinstrahlung
- Beispiel Shagaya (Kuwait)



Inst. Leistung: 50 MW_{el}
206 Kollektorloops
IBN: 2018

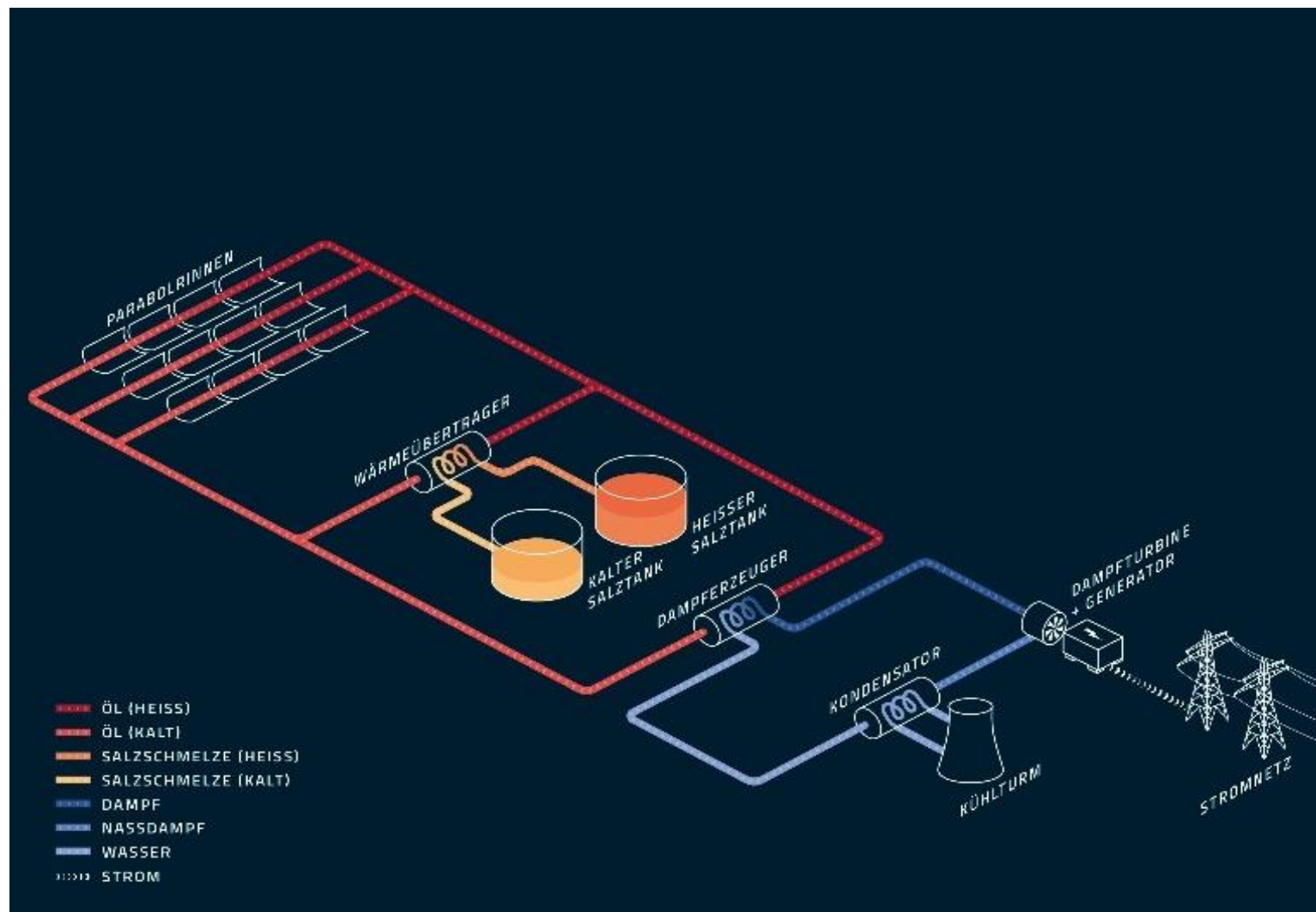
Zwei-Tank Speicher
Solarsalz (60% NaNO₃, 40% KNO₃)
Kapazität: 11 Std. / 1200 MWh
31.000 t Salz



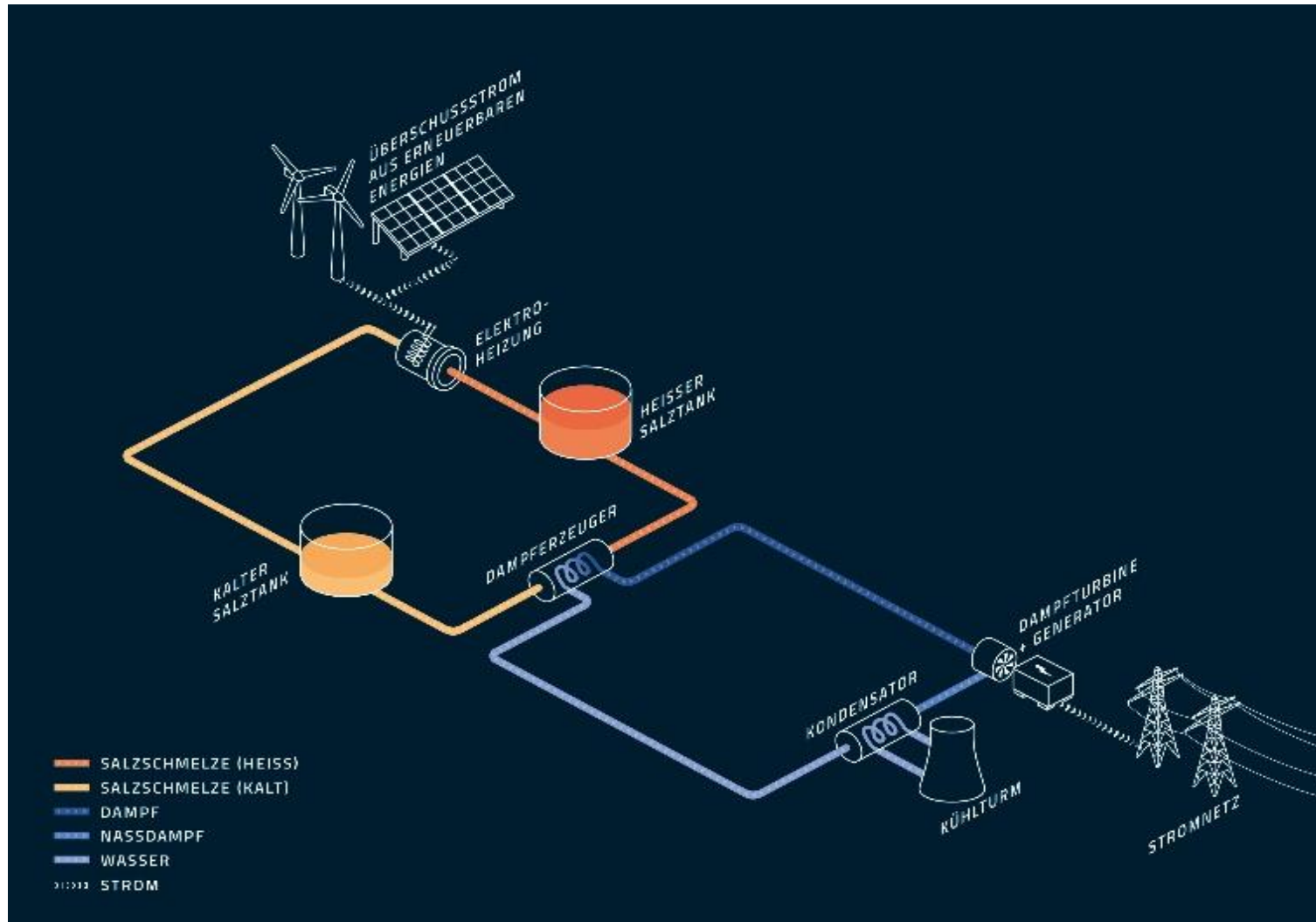
Speicher in Power-to-Heat-to-Power Anlagen

Weiterentwicklung der
Speicher für den Einsatz in
konventionellen
Kraftwerken (KW):

Vom TES in CSP ...



Speicher in Power-to-Heat-to-Power / Combined Heat and Power - Anlagen



... zum **e-TES** im konventionellen Kraftwerk!

- Flexibilisierung vorhandener fossil gefeuerter Kraftwerke
- Umrüstung fossil gefeuerter Kraftwerke in CO₂-freie Wärmespeicherkraftwerke
- Sowohl reine Stromerzeugung als auch Kraft-Wärme – Kopplung: **PtHtCHP**
- Fernwärme und Prozessdampf!

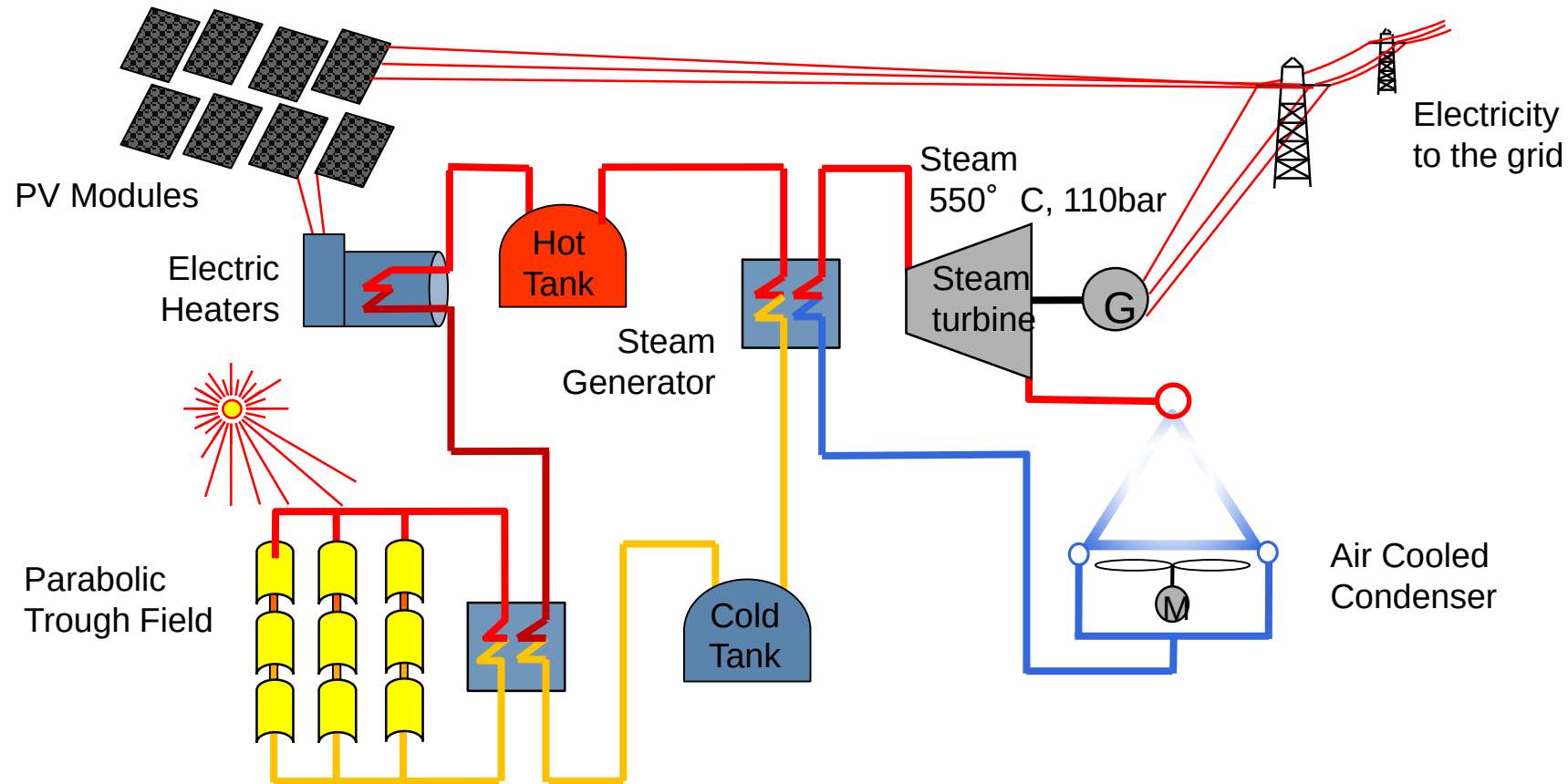
Thermische Energiespeicher im Hochtemperaturbereich

	Regenerator	Regenerator	Ruths	Flüssigsalz	PCM
Speichermaterial	Keramik	Naturstein-schüttung	Druckwasser	Nitratsalz flüssig	Nitratsalz fest/flüssig
Energiedichte in kWh/m ³	75 - 200	75 - 200	bis 100	75 - 200	50 - 200
Kapazität	bis 1000 MWh	k.A.	bis 30 MWh	bis 4500 MWh	bis 500 MWh
Typ. Temperaturen	400-1600 °C	200-800 °C	150-230 °C	170-560 °C	130-330 °C
Typ. Wärmeträger	Gase	Gase	Sattdampf, Druckwasser	WÜ für überhitzter Dampf	Dampf, max. Überh. 330 °C
Technologiereife	4 – 9 TRL	4 – 5 TRL	8 – 9 TRL	4 – 9 TRL	4 – 5 TRL
Beispielbild					

Es sind verschiedene Hochtemperatur-Speichertechnologien für die verschiedenen Drücke und Temperaturen abzudecken.



Projektbeispiele mit Speichern Deutschland / Weltweit: TES/e-TES im CSP/PV Hybridkraftwerk



Konzept des Projekts Noor Midelt I, Marokko, Stromerzeugungskosten: 71 \$/MWh

Quelle: NewEnergyUpdate, 5. Juni 2019; <https://analysis.newenergyupdate.com/csp-today/noor-midelt-winner-optimizes-csp-trough-storage-hit-record-price>

Projektbeispiele mit Speichern Deutschland / Weltweit:

ETES (Siemens Gamesa)

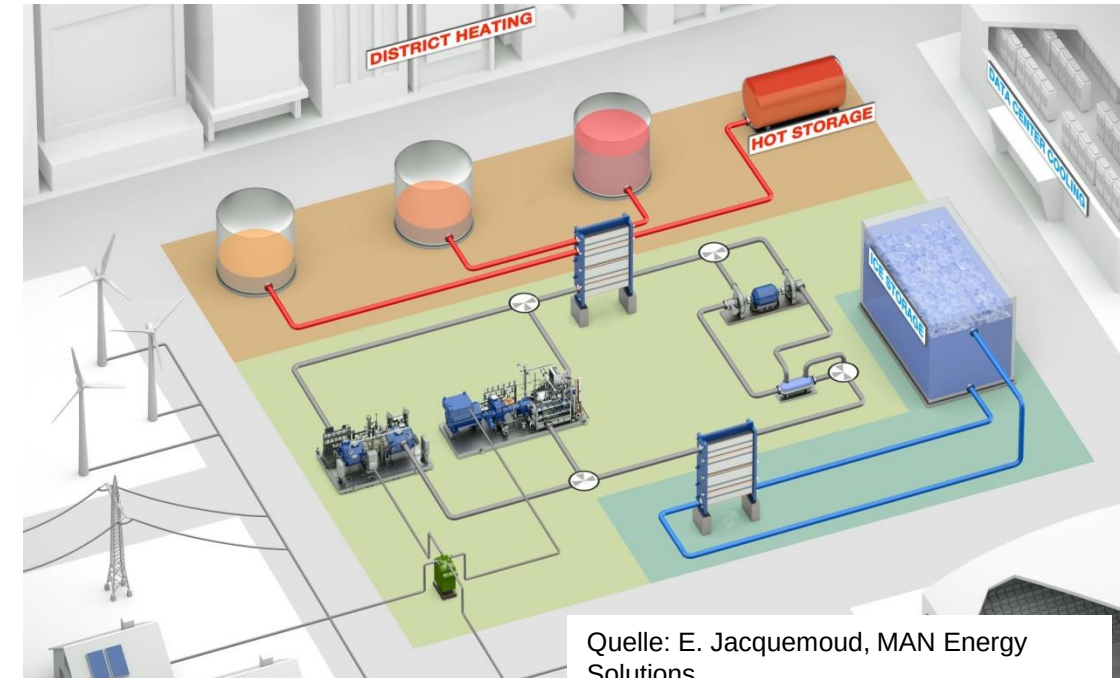
Technischer Parameter	Wert
Speichermaterial	Vulkansteinschüttung (bis 800°C)
Fluide/Arbeitsmedien	Luft (nahezu drucklos) / Dampf
Beladung	Strom (Lufterhitzer)
Entladung	Strom (Rankine-Prozess)
Wärmepumpe	Nein
Entwicklungsstand	Testbetrieb seit 2019 Beladung 5 MW _{el} Speicher 120 MWh _{th} Entladung 1,5 MW _{el}



Quelle: Siemens Gamesa

Projektbeispiele mit Speichern Deutschland / Weltweit: ETES (MAN Energy Solutions)

Technischer Parameter	Wert
Speichermaterial	Heißwasser & Eis
Fluide/Arbeitsmedien	Superkrit. CO ₂ (140 bar / 120 ° C) Heißwasser (bis 120 ° C) Kältemittel
Beladung	Strom
Entladung	Strom / Wärme / Kälte
Wärmepumpe	Ja
Entwicklungsstand	Demonstration geplant



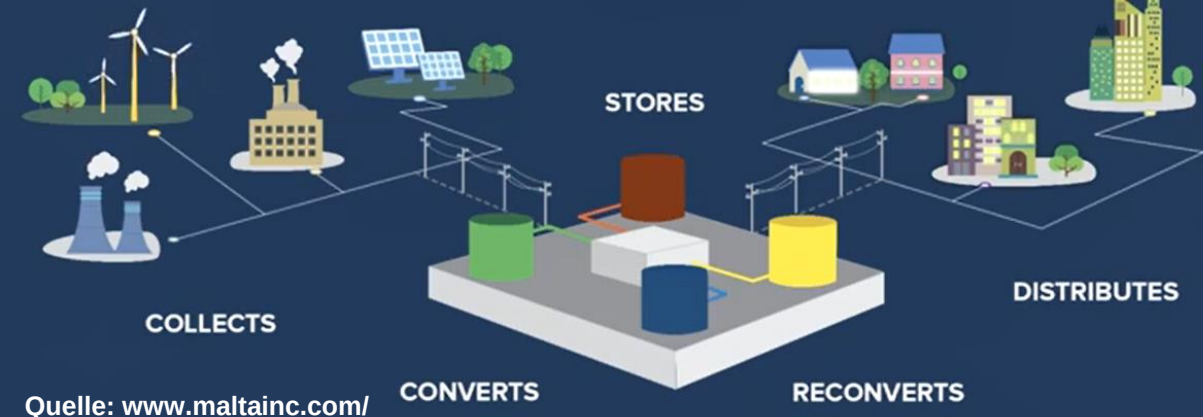
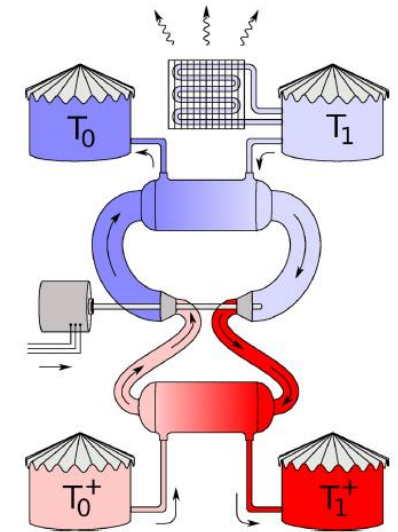
Projektbeispiele mit Speichern Deutschland / Weltweit:

MALTA (Malta Inc.)

Parameter	Wert
Speichermaterial	Flüssigsalz & Kühlmedium
Fluide/Arbeitsmedien	Luft Flüssigsalz (bis 560 ° C) Kühlmedium
Beladung	Strom (geschl. Joule-Prozess)
Entladung	Strom (geschl. Joule-Prozess)
Wärmepumpe	Ja
Entwicklungsstand	10 MW _{el} Demonstration geplant



Laughlin, R.B., *Pumped thermal grid storage with heat exchange*. Journal of Renewable and Sustainable Energy, 2017. **9**(4).



Anwendungen in NRW: Forschungsinfrastruktur

- Existierende größere Infrastruktur für Hochtemperatur-Wärmespeicher in NRW:

Solarturm Jülich (Keramikspeicher)



TESIS (Flüssigsalzspeicher)



TESS 2.0 (Feststoffspeicher mit P2H)

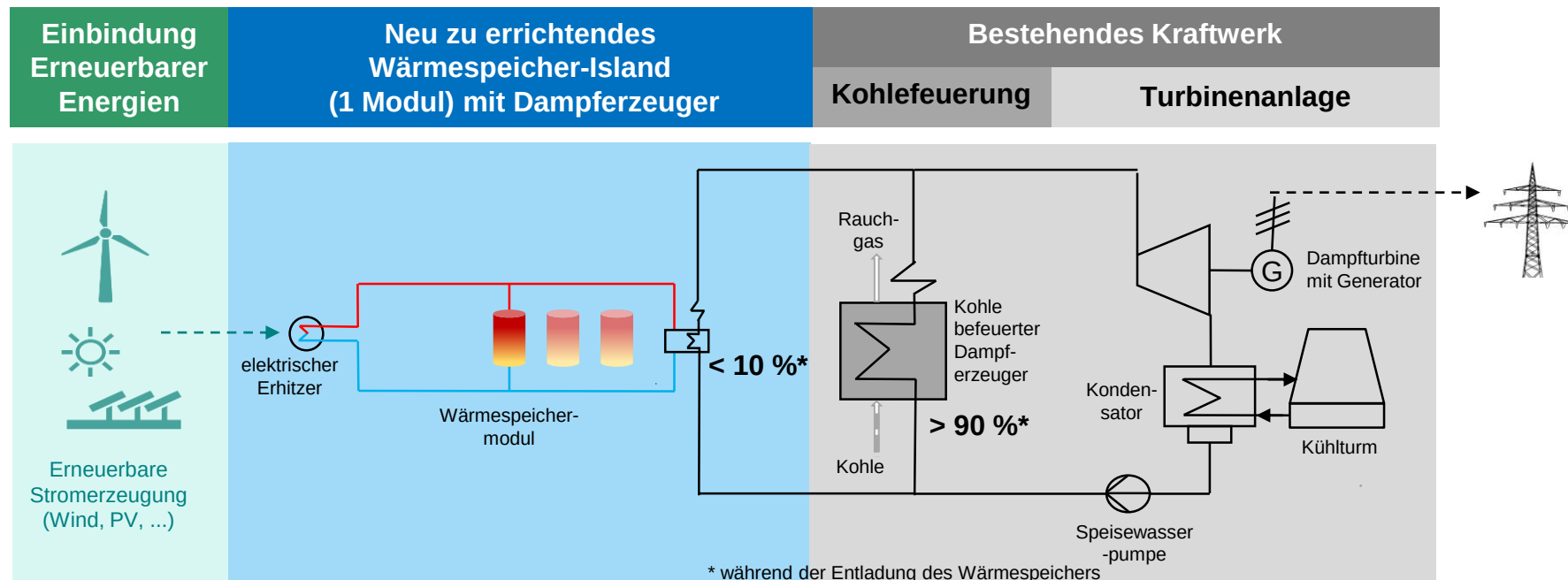


- StoreToPower als Gewinner des Ideenwettbewerbs „Reallabore der Energiewende“ im Rheinischen Revier (Förderprogramm des BMWi im Rahmen des Kohlekompromisses)
- NRW hat bedeutende Forschungseinrichtungen für Hochtemperatur-Wärmespeicher in DE

Anwendungen in NRW: StoreToPower Projekt

Ziele:

1. Entwicklung modulare Erweiterung eines bestehenden Kohlekraftwerkes um HT-Wärmespeicher mit elektrischem Erhitzer und Dampferzeuger, für Teildampfmenge
2. Projekt dient Vorbereitung des „Reallabors StoreToPower“ zur Demonstration
3. Techno-ökonomische Bewertung verschiedener CO₂-freier/-armer Konfigurationen von **Wärmespeicherkraftwerken** ohne Kohlefeuerung



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt

FH AACHEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
SIJ | SOLAR-INSTITUT JÜLICH

Gefördert durch:

Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen
Förderkennzeichen: EFO/0002A-C



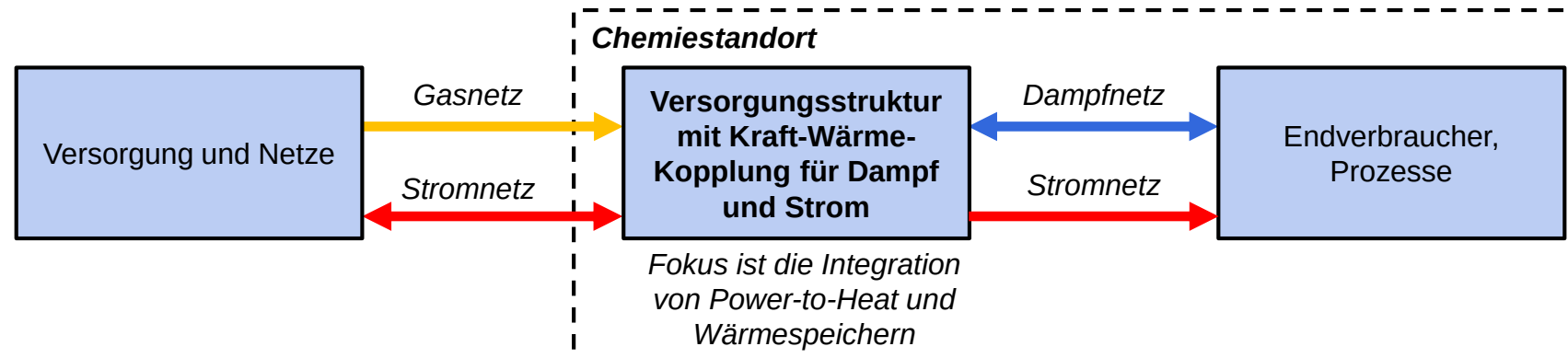
FKZ EF010002B
1.1.19 – 31.12.21



Anwendungen in NRW: Transfer von thermischen Energiespeichertechnologien für Chemieparks (TransTES-Chem-Projekt)

Ziele:

1. Identifikation wirtschaftlicher und klimafreundlicher Lösungen mit Hochtemperatur-Wärmespeicher für zukünftige Versorgungsstrukturen von Chemieparks
2. Power-to-Heat und Wärmespeicher-Lösungen zur Einkopplung von volatilem PV & Wind-Strom
3. Weiterentwicklung der Speichertechnologie
4. Stärkung der internationalen Vernetzung für Wärmespeicher und Carnot Batterien über die Internationale Energieagentur (IEA)



CURRENTA

GF_a

TSK FLAG SOL



DLR
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

FKZ 03ET1646
1.9.19 – 31.8.23

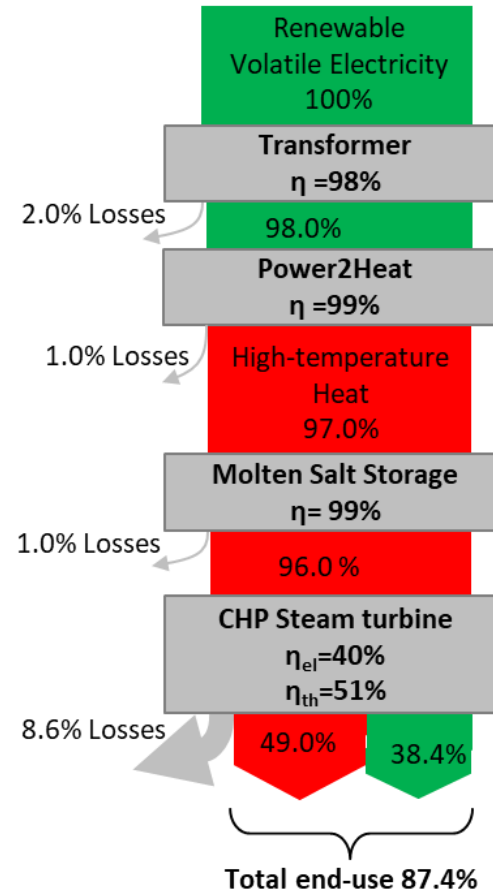
Wirkungsgrad: P2G vs. P2H-Stromspeicher mit KWK (PtHtCHP)

	PtHtP	PtGtP
Wirkungsgrad	Hoch	Gering
CAPEX	Gering	Hoch
Gesicherte Leistung bzw. Langzeitspeicher	Nein	Ja

- PtHt-KWK ist effizient & kostengünstig, aber bietet keine gesicherte Leistung
- Kombination der Konzepte sinnvoll
- PtHt-KWK Anwendungen für Fernwärme und Industrie-KWK

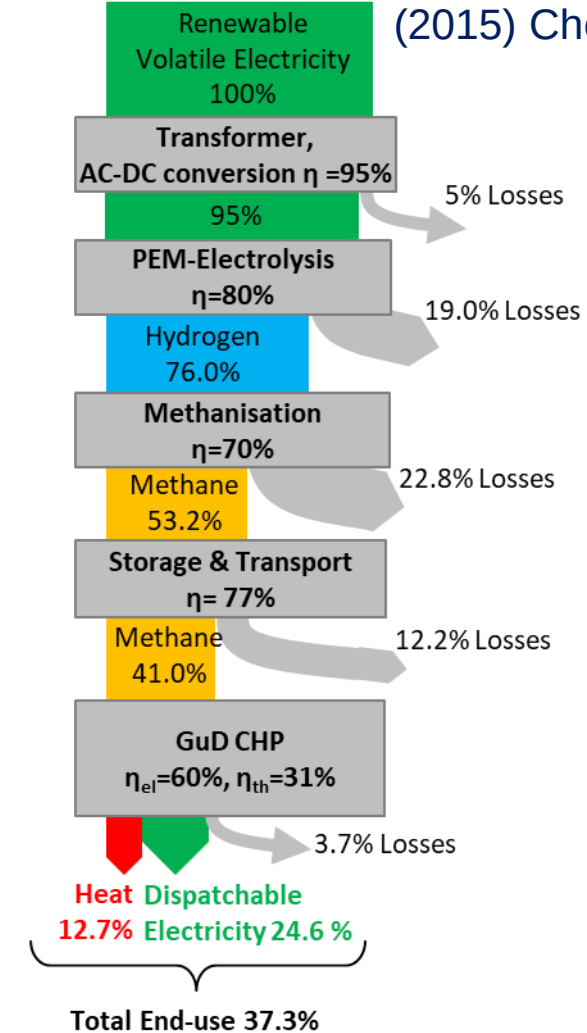
Quelle: DLR

PtHtP



PtGtP

Quelle: Ausfelder, F., et al. (2015) Chem. Ing. Tech. 87



Handlungsoptionen für HT-Wärmespeicher für Kraftwerkstechnik und Prozessindustrie

- Verbesserung der **energiewirtschaftlichen Regelwerke** für HT-Speichernutzung
 - Rückwandlung von Abwärme in Strom besser stellen
 - Doppelbesteuerung für netzdienliche Speicher vermeiden
 - PtHtP mit KWK besser stellen als fossile Wärme- und Stromerzeugung
- Genehmigungstechnische und sicherheitstechnische **Regelwerkslücken** für neue Speichertechnologie schließen
- F&E Programme für **Potentialstudien** zur Prozessdetailbetrachtung um Risiken zu minimieren und kostenoptimale Lösungen zu erarbeiten
- Anreize für **erstmalige Demonstration** neuer Speicherkonzepte in Endanwendung setzen (Hemmnisse sind niedrige Energiepreise und hoher Wettbewerbsdruck)

Siehe auch Broschüre „Wärmespeicher in NRW“:

https://www.energieagentur.nrw/content/anlagen/waermespeicher_in_nrw.pdf

Zusammenfassung

- Hochtemperatur-Wärmespeicher für Prozesswärme und Kraftwerkstechnik ...
 - sind bereits verfügbar und etabliert
 - werden neu entwickelt bzw. sind übertragbar
 - haben das Potential für Effizienzsteigerung
 - sind Flexibilitätsoption für Strommarkt / Sektorenkopplung über PtHtP
 - sind besonders sinnvoll für zentrale KWK kombiniert mit Fernwärme oder Prozesswärme
 - können entscheidenden Beitrag zur CO₂-Einsparung und
 - sichern in NRW nachhaltige Arbeitsplätze

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!



Noch Fragen?

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Technische Thermodynamik
Abteilung Thermische Prozesstechnik
Linder Höhe, Gebäude 26, 51147 Köln
Tel.: 02203 / 601-0
E-Mail: thomas.bauer@dlr.de
Web: www.DLR.de/tt

SIJ | SOLAR-INSTITUT JÜLICH
Heinrich-Mußmann-Str. 5, D-52428 Jülich
Tel.: 0241 / 6009 53532
E-Mail: ulf.herrmann@sj.fh-aachen.de
Web: www.sij.fh-aachen.de

TSK FLAG SOL Engineering GmbH
Anna-Schneider-Steig 10, D-50678 Köln
Tel.: 0221 / 925 970 – 0
E-Mail: rainer.faatz@flagsol.de
Web: www.flagsol.com