



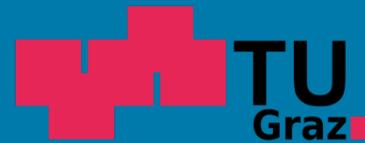
INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK UND
THERMODYNAMIK

Institute for Energy Systems and Thermodynamics

EnInnov2014

13. Symposium Energieinnovation

12.-14. Februar 2014 TU Graz



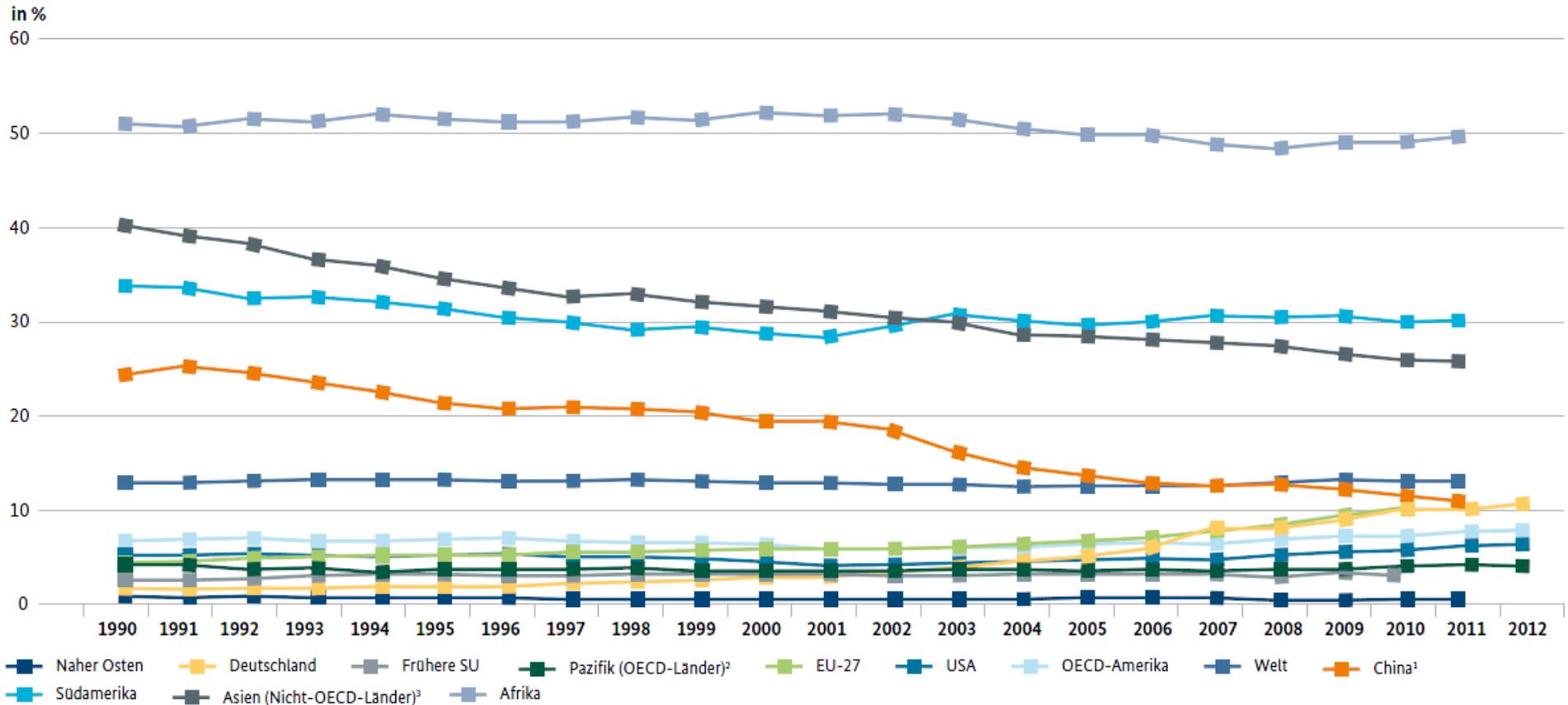
Anwendungsmöglichkeiten der Hochtemperatur Sand-Wärmespeicherung zur Flexibilisierung des Strommarktes

Projektass. Dipl.-Ing. Martin HÄMMERLE

14. Feb. 2014, Graz

1. Situation am Energiemarkt
2. Das Speicherkonzept - sandTES -
3. Anwendungsmöglichkeiten
4. Bisherige Experimente an der TU-Wien

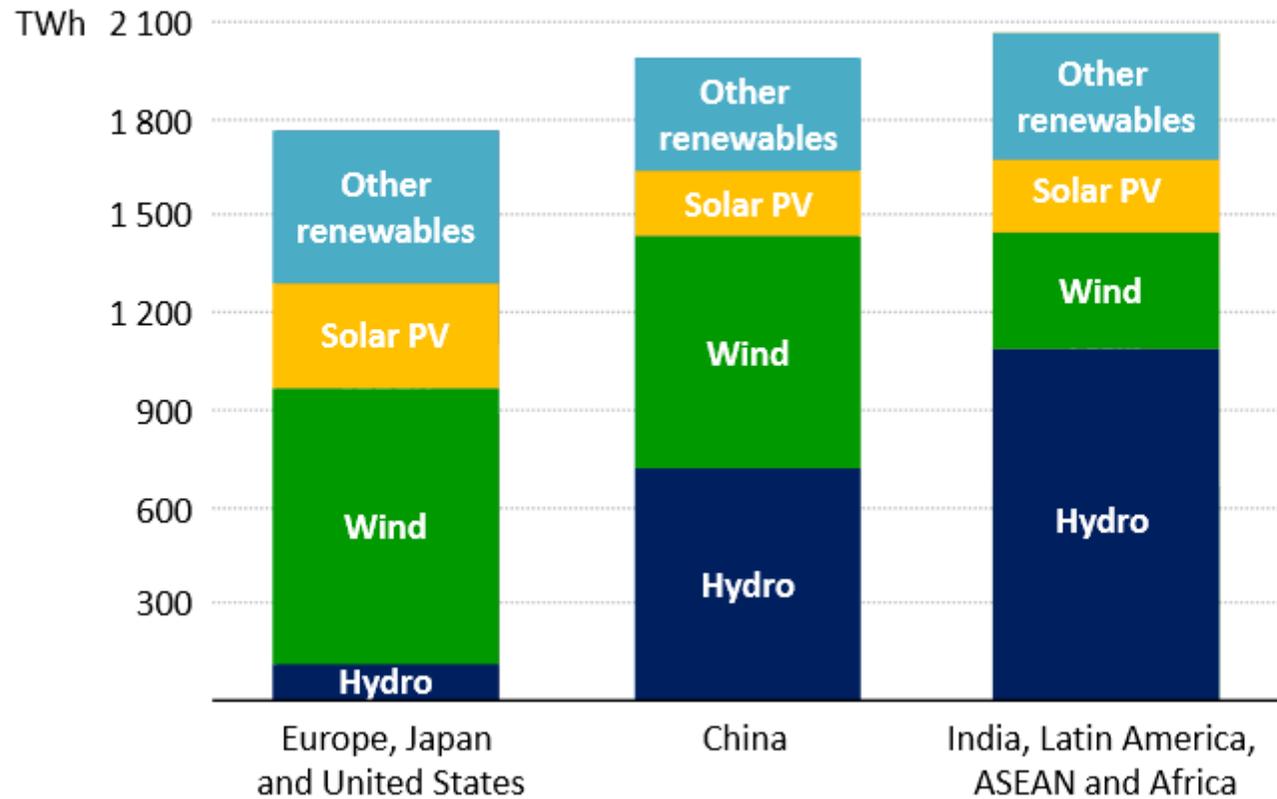
Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Primärenergieverbrauch



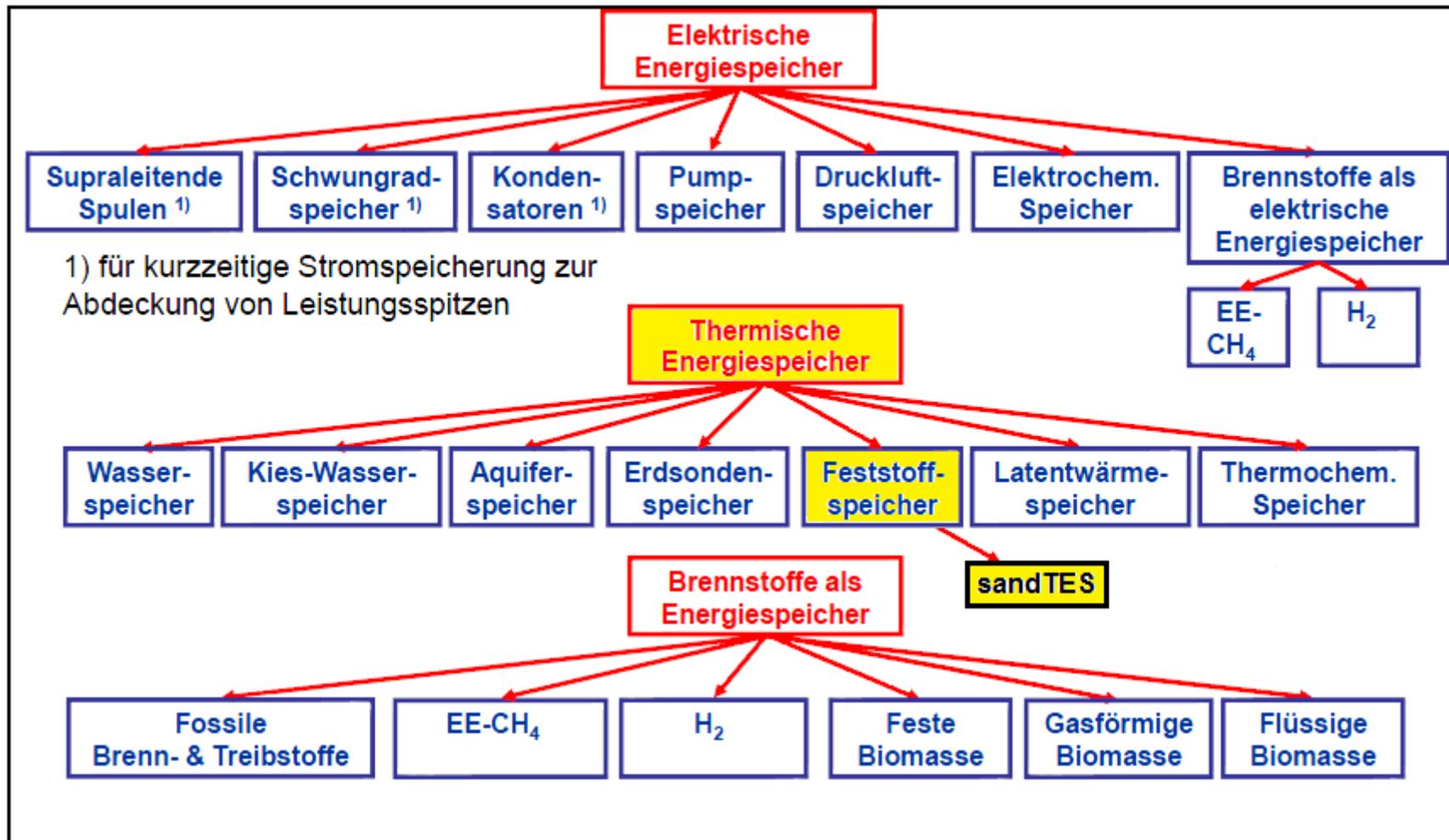
1 Inklusive Hongkong
 2 Umfasst Japan, Südkorea, Australien, Neuseeland
 3 Ohne China
 Quelle: Internationale Energie Agentur (IEA)

Quelle: IEA, World Energy Outlook 2013

Growth in electricity generation from renewable sources, 2011-2035



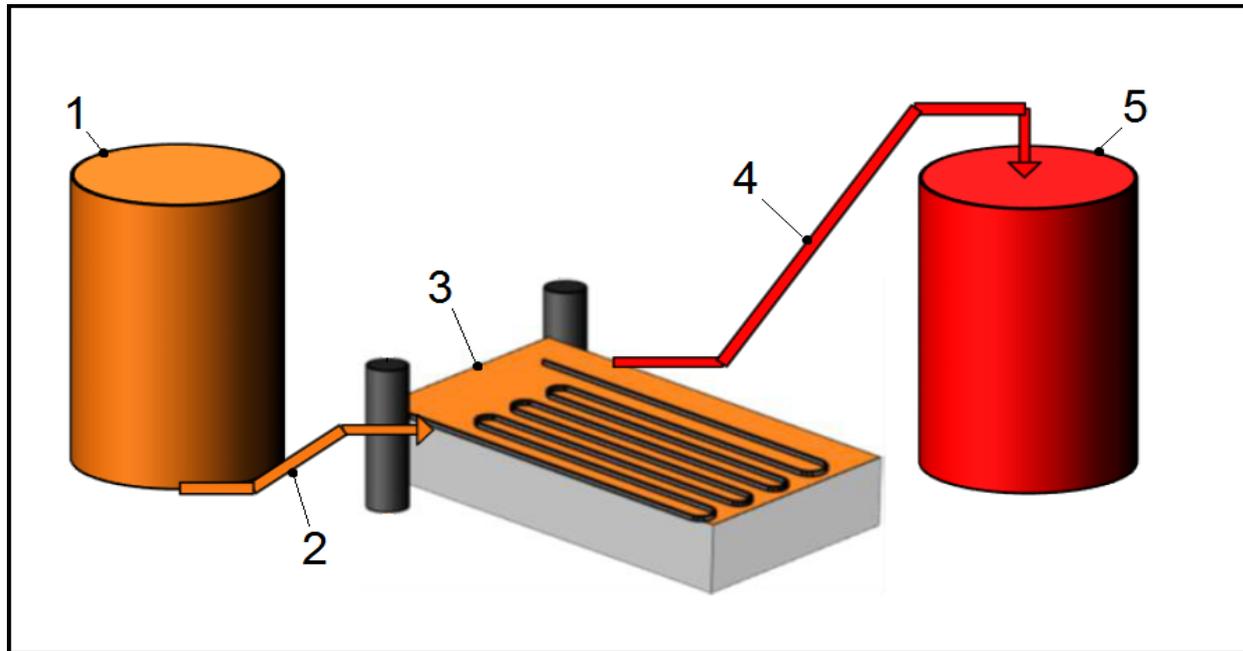
Quelle: IEA, World Energy Outlook 2013



Quelle: NEUE ENERGIEN 2020, JOANNEUM RESEARCH Projekt, Endbericht 2012

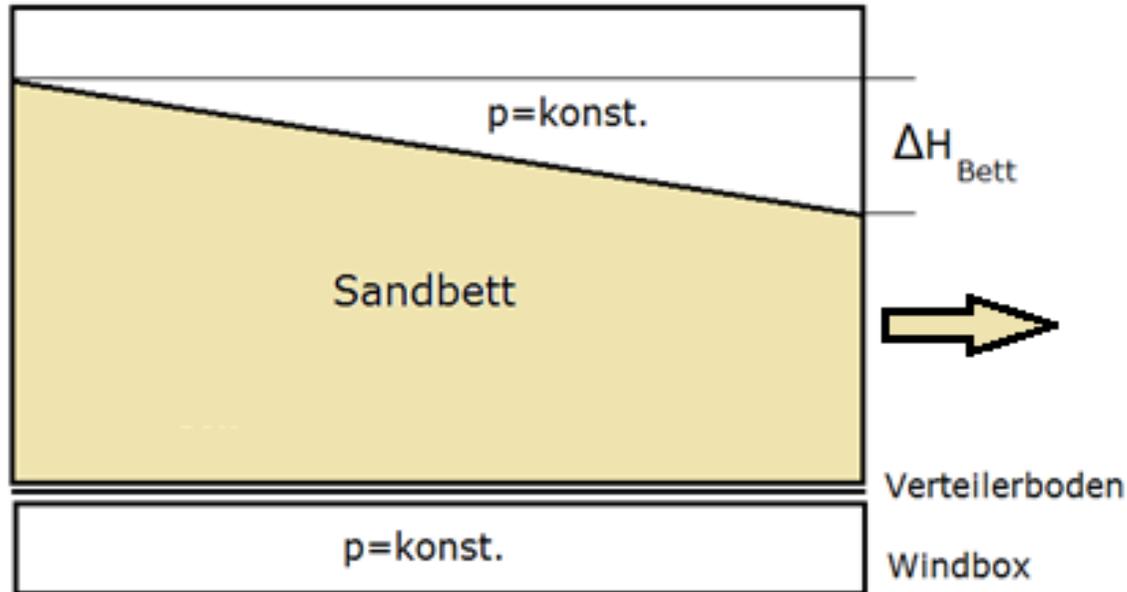
Sand als Material zur Thermischen Energie Speicherung (TES): sandTES

Komponenten und Funktionsweise



- 1) Kaltes Sand-Silo
- 2) Fördertechnik (z.B.: Trogkettenförderer)
- 3) Gegenstrom-Wirbelschicht-Wärmetauscher
- 4) Fördertechnik (z.B.: Trogkettenförderer)
- 5) Heißes Silo

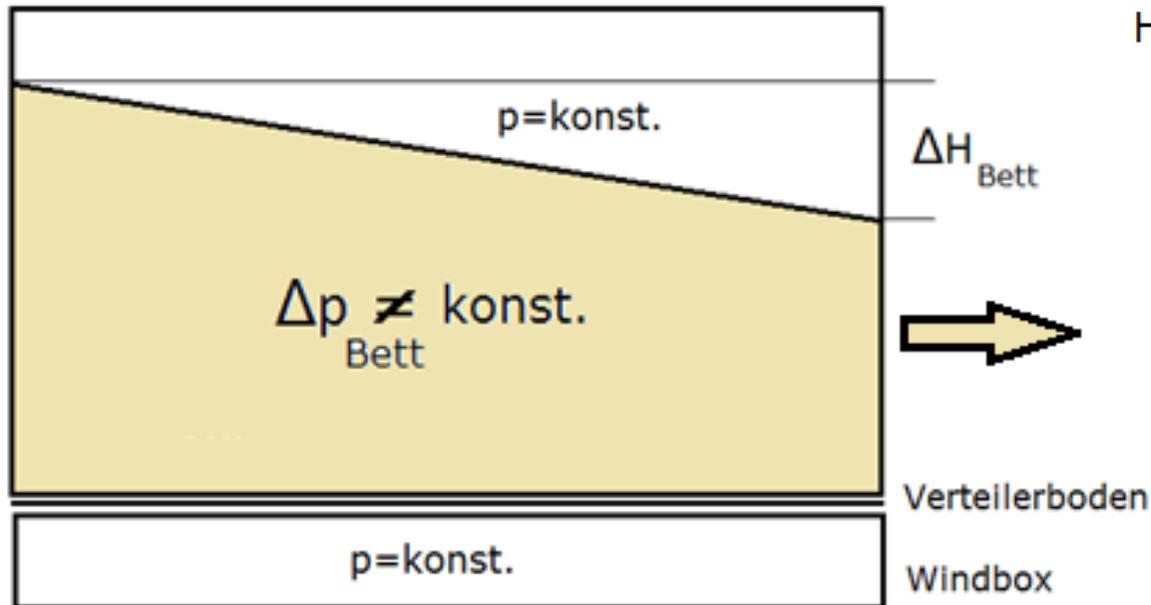
Gegenstrom-Wärmetauscher - möglich für pulverförmigen Feststoff ?



ΔH Betthöhenunterschied
erzeugt statischen Druckgradient

fluidisiertes Bettmaterial fließt in
vorgegebene Richtung

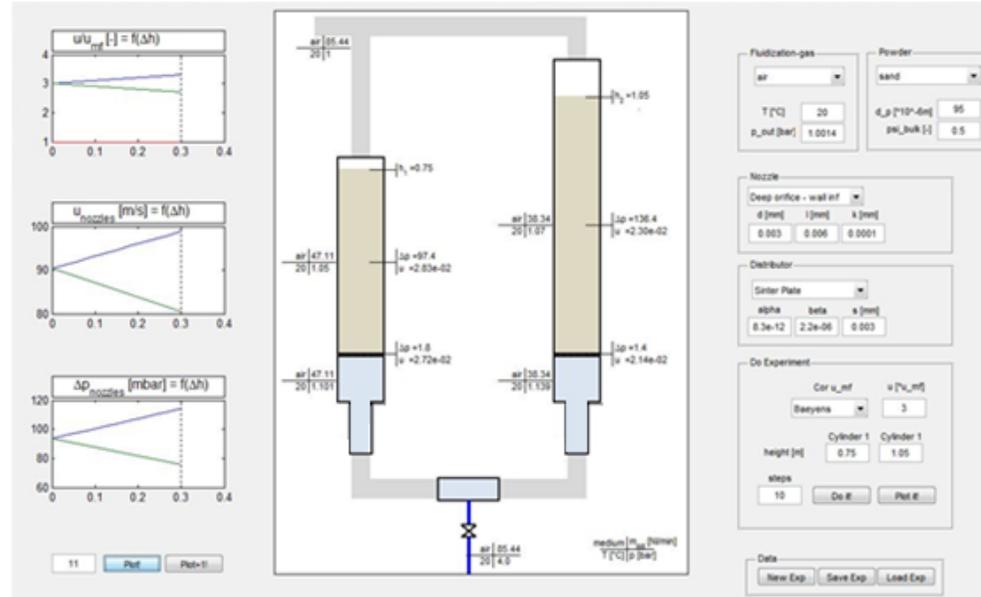
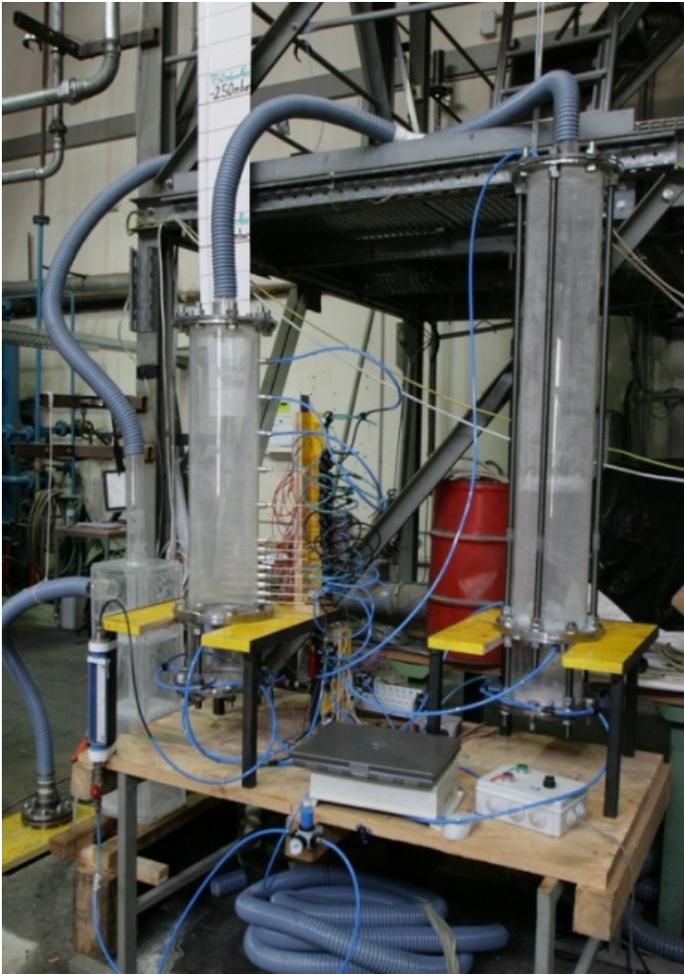
- sandTES - Herausforderungen



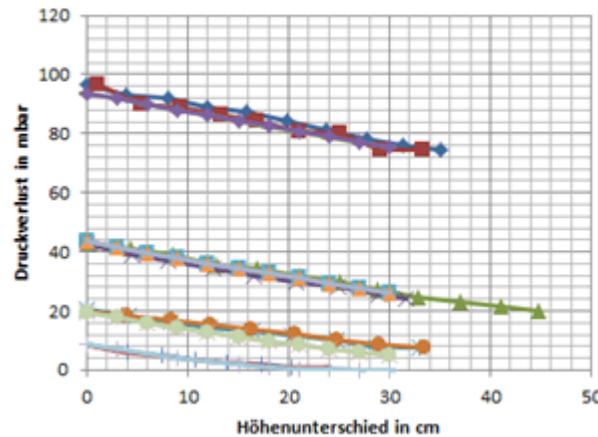
Herausforderung für Verteilerboden:

$$\Delta p_{\text{ges}} = \Delta p_{\text{Bett}} + \Delta p_{\text{Verteiler}} = \text{konst.}$$

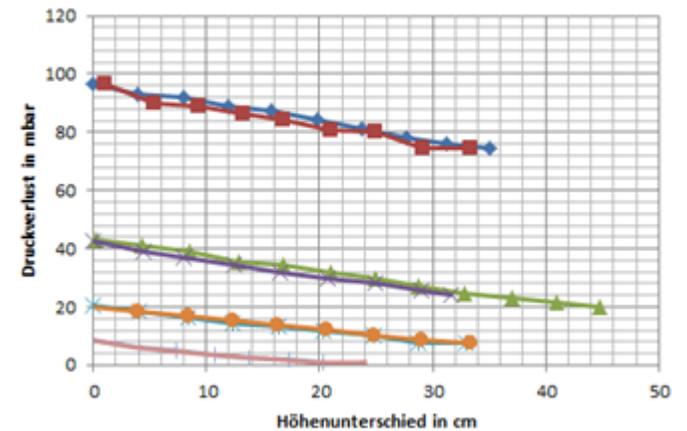
-> maximal erreichbare Betthöhendifferenz über einer Windbox bei gleichzeitiger stabiler Fluidisierung?



Betthöhenunterschiede Vergleich MatLAB



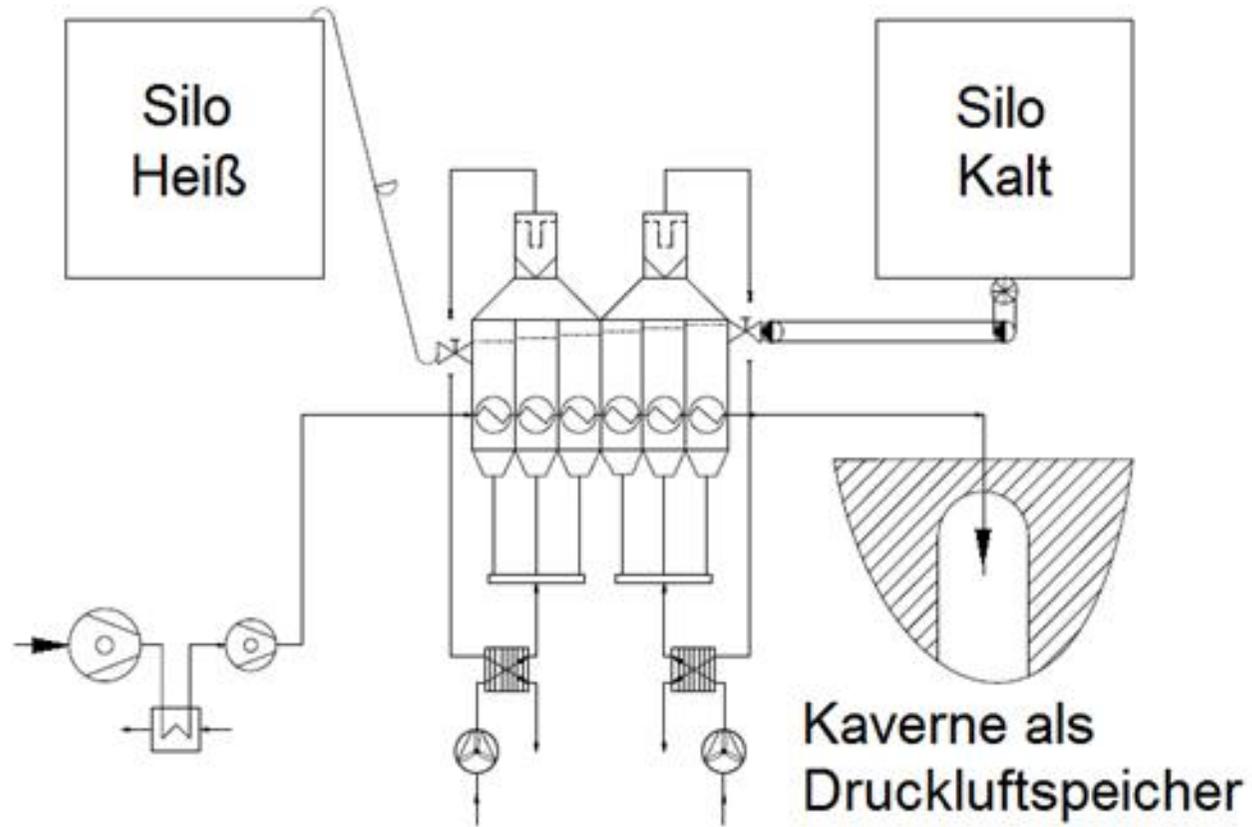
Erreichbare Betthöhenunterschiede



Vorteile:

- Exergetisch effizienter Wärmetauschprozess durch Gegenstromverhalten von Primär- und Sekundärmedium
- Sand als billiges, giffreies und nachhaltiges Speichermedium
- im nicht fluidisierten Zustand schlechte Wärmeleitfähigkeit des Sandes
 - > geringer Energie- bzw. Speicherverlust an Umgebung
- im fluidisiertem Zustand sehr hohe Wärmeübergangszahl des Sandes
- Sandpartikel im Körnungsbereich von 60 bis 100 [μm] weisen niedrigere Lockerungsgeschwindigkeiten auf
 - > geringer Energieaufwand für Fluidisierung
 - > höhere Wärmeübergangszahl
- hoher Schmelzpunkt des Speichermaterials -> drucklose Hochtemperaturspeicherung in Feststoff
- hohe Energiedichte durch hohe Speichertemperatur
- Einsatz verschiedenster Primärmedien möglich durch berührungslose Wärmeübertragung
- mögliche Leistungsanpassung beim Laden und Entladen durch Massenstromregelung
- konstante Lade- und Entladetemperatur nach erreichter Betriebstemperatur
- große Speicherkapazitäten
- in Kombination mit mehreren Prozessen einsetzbar (ACAES, Solaranlagen, Kombi-Prozesse mit Latentwärmespeichern, Einsatz zur Mindestlastabsenkung,..)

Adiabate Druckluftspeicherung (ACAES) im Gleitdruckbetrieb



Ladeprozess, Gleitdruckbetrieb

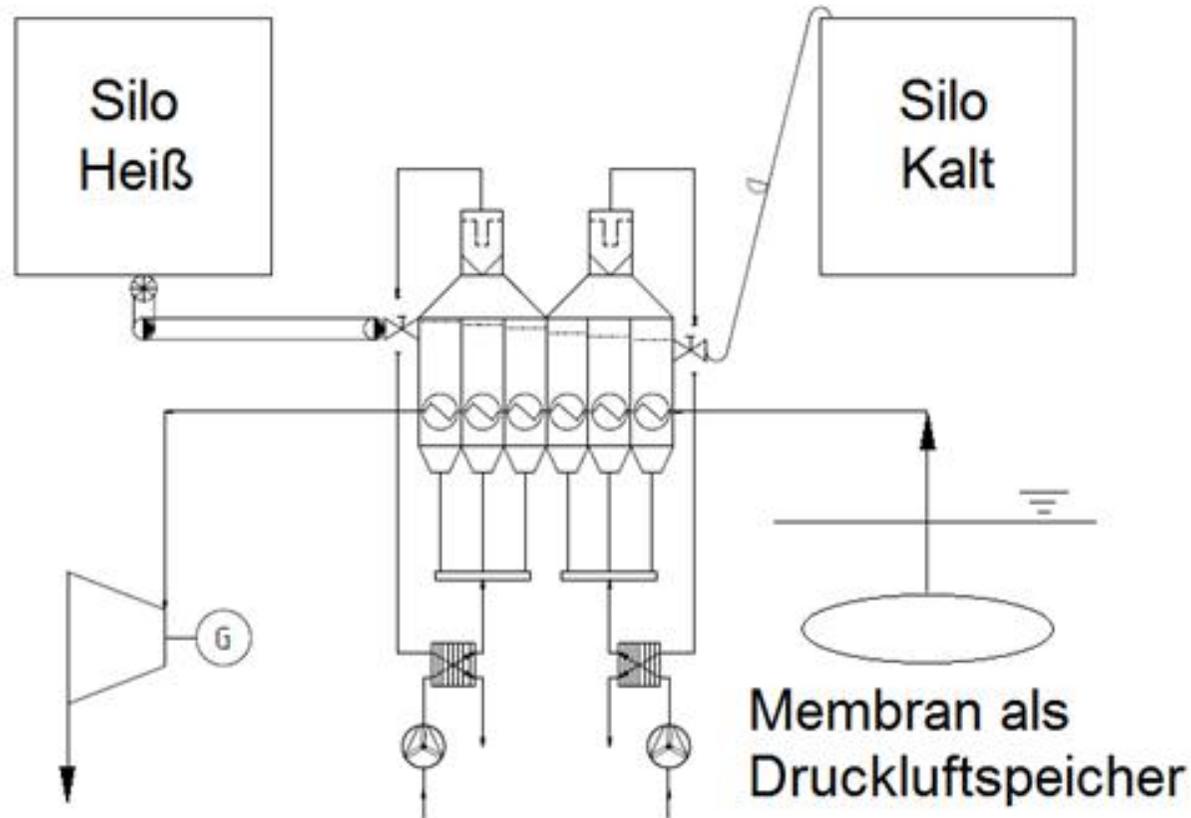
Adiabate Druckluftspeicherung (ACAES) im Festdruckbetrieb

FFG-Sondierungsprojekt SEES

STRABAG

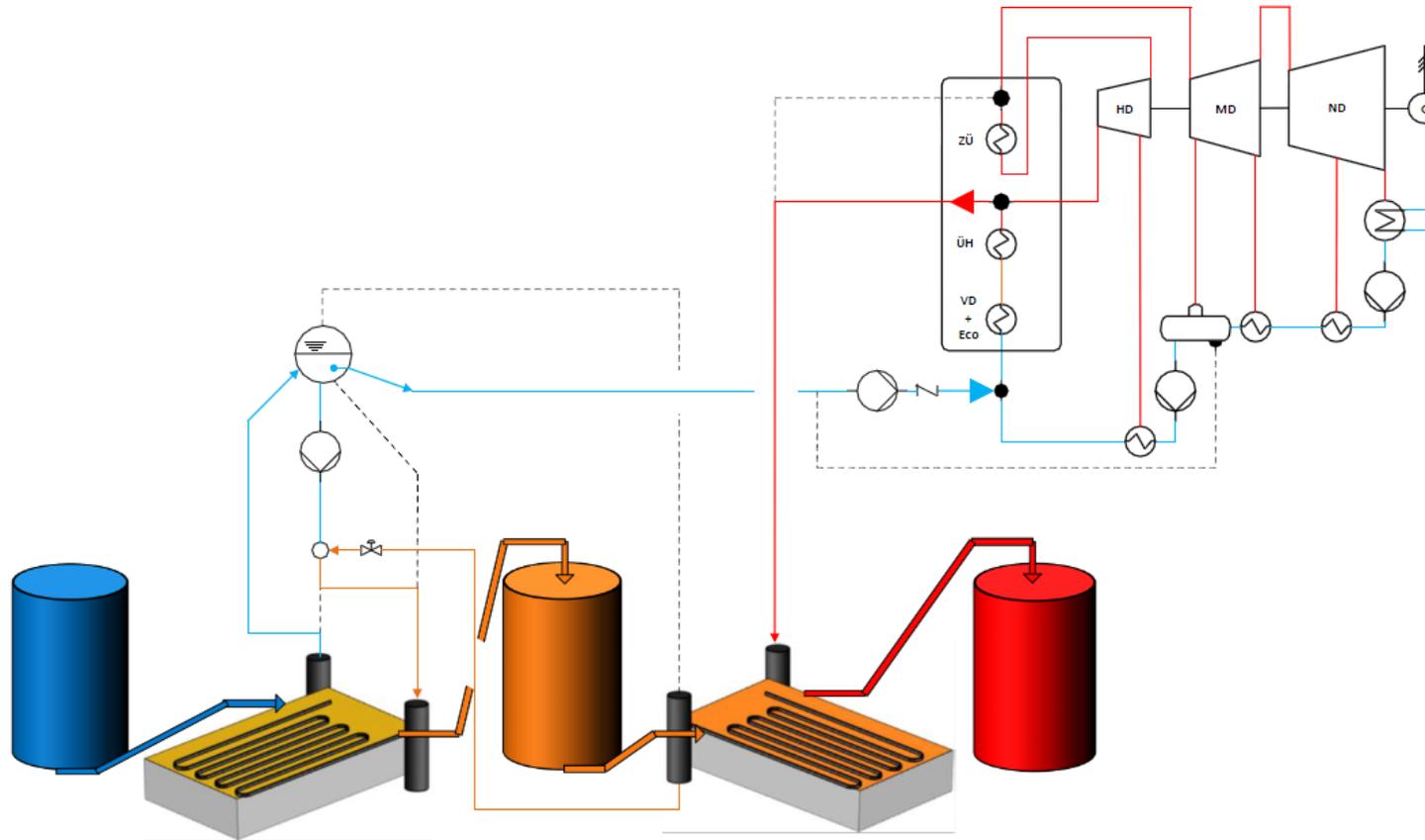
ÖBf ÖSTERREICHISCHE
BUNDESFORSTE AG

enrag



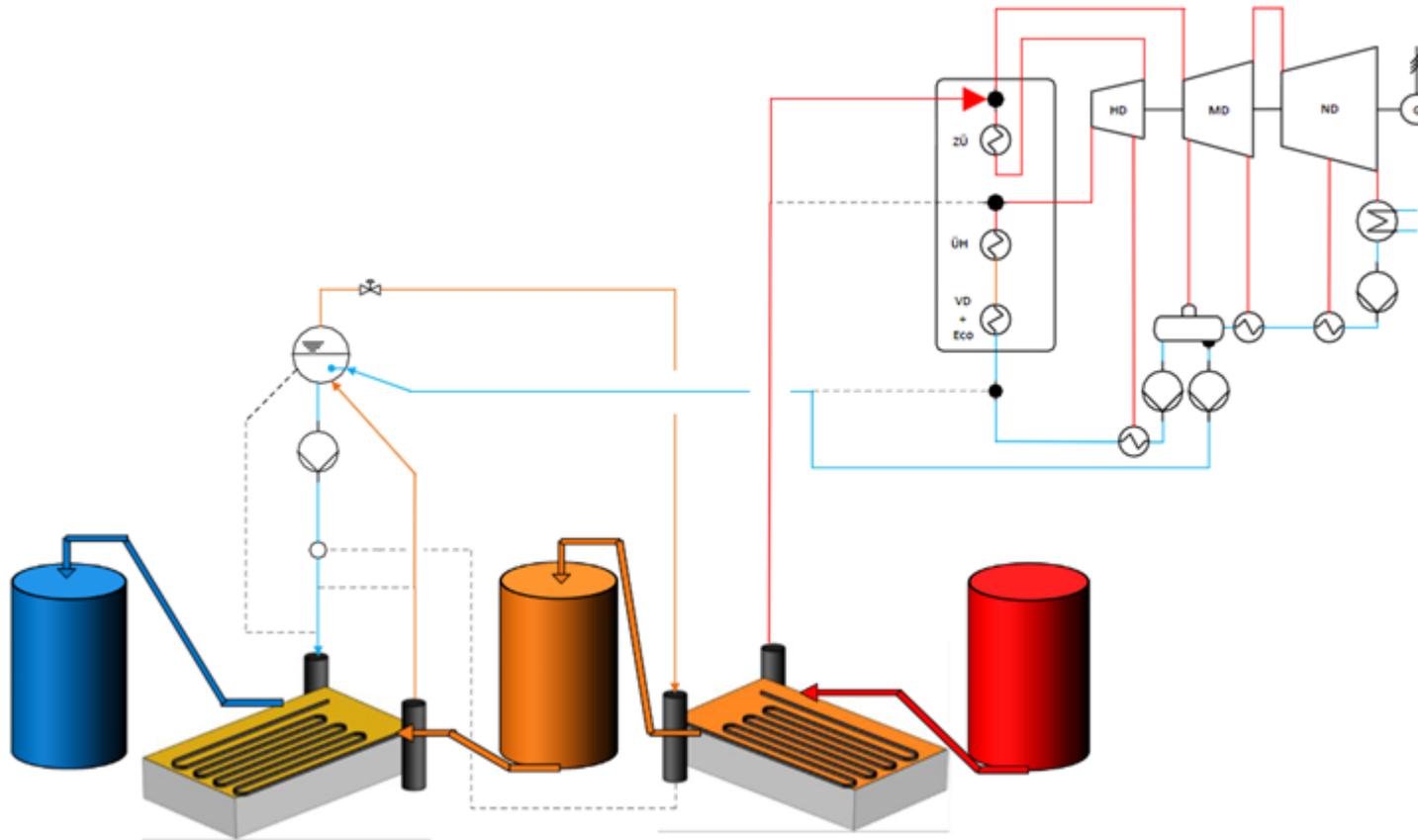
Entladeprozess, Festdruckbetrieb

Mindestlastabsenkung Ladeprozess



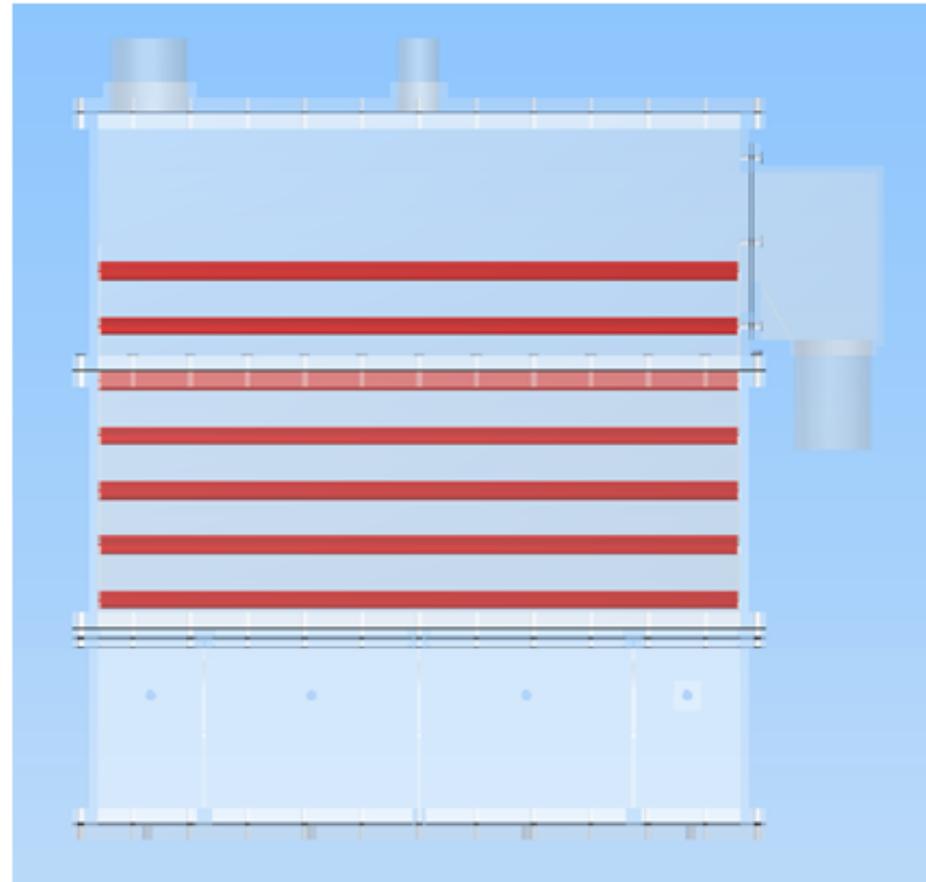
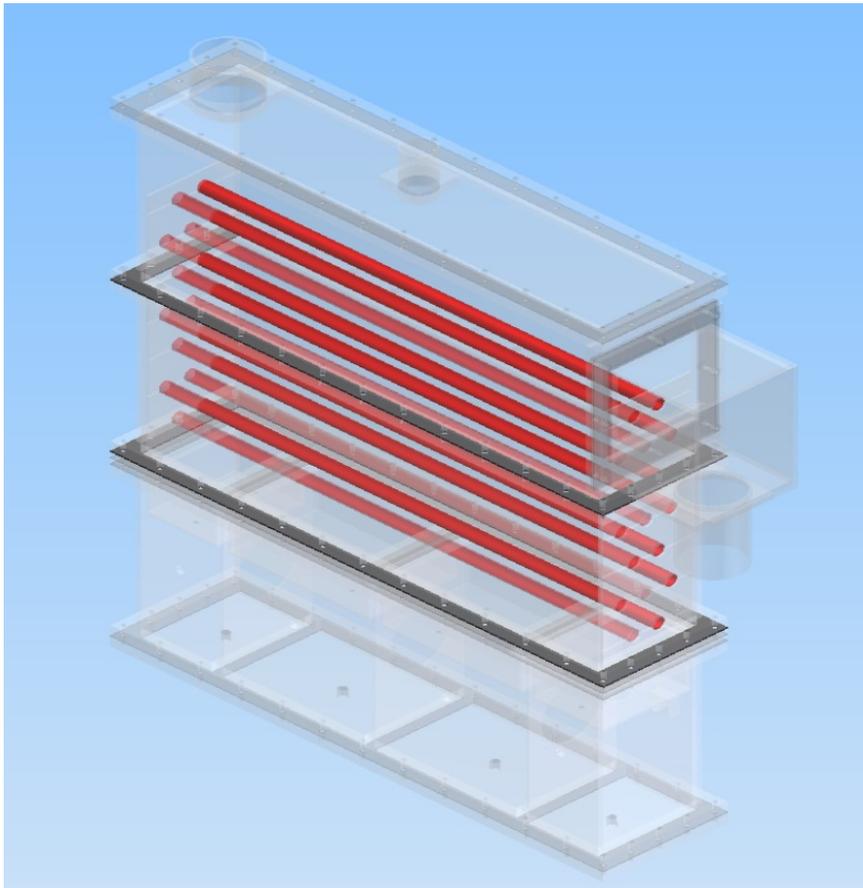
Ladeprozess

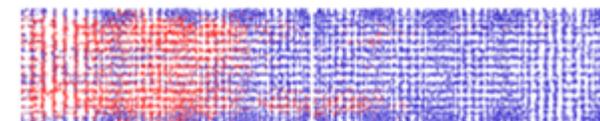
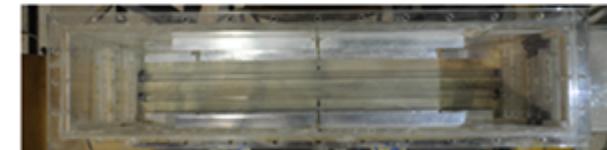
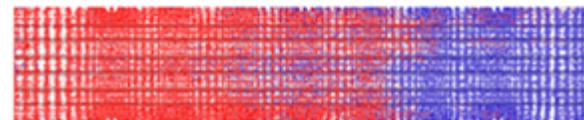
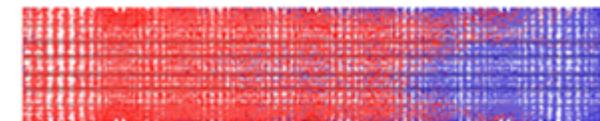
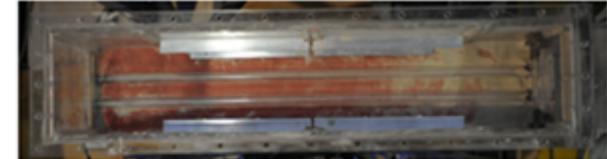
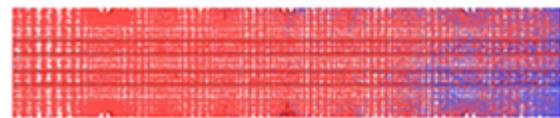
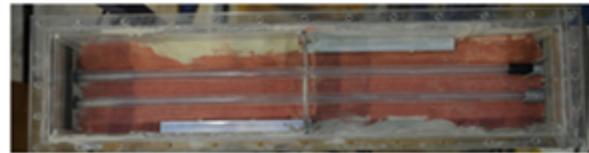
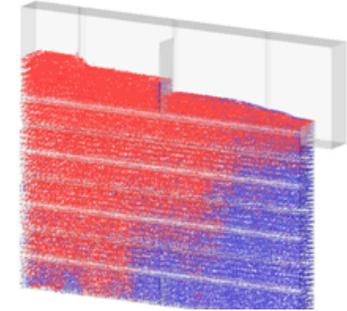
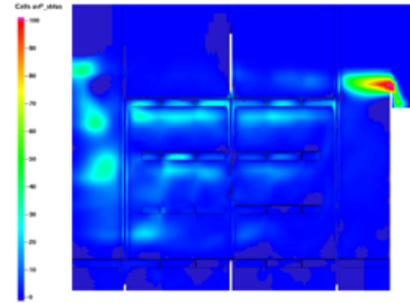
Mindestlastabsenkung Entladeprozess



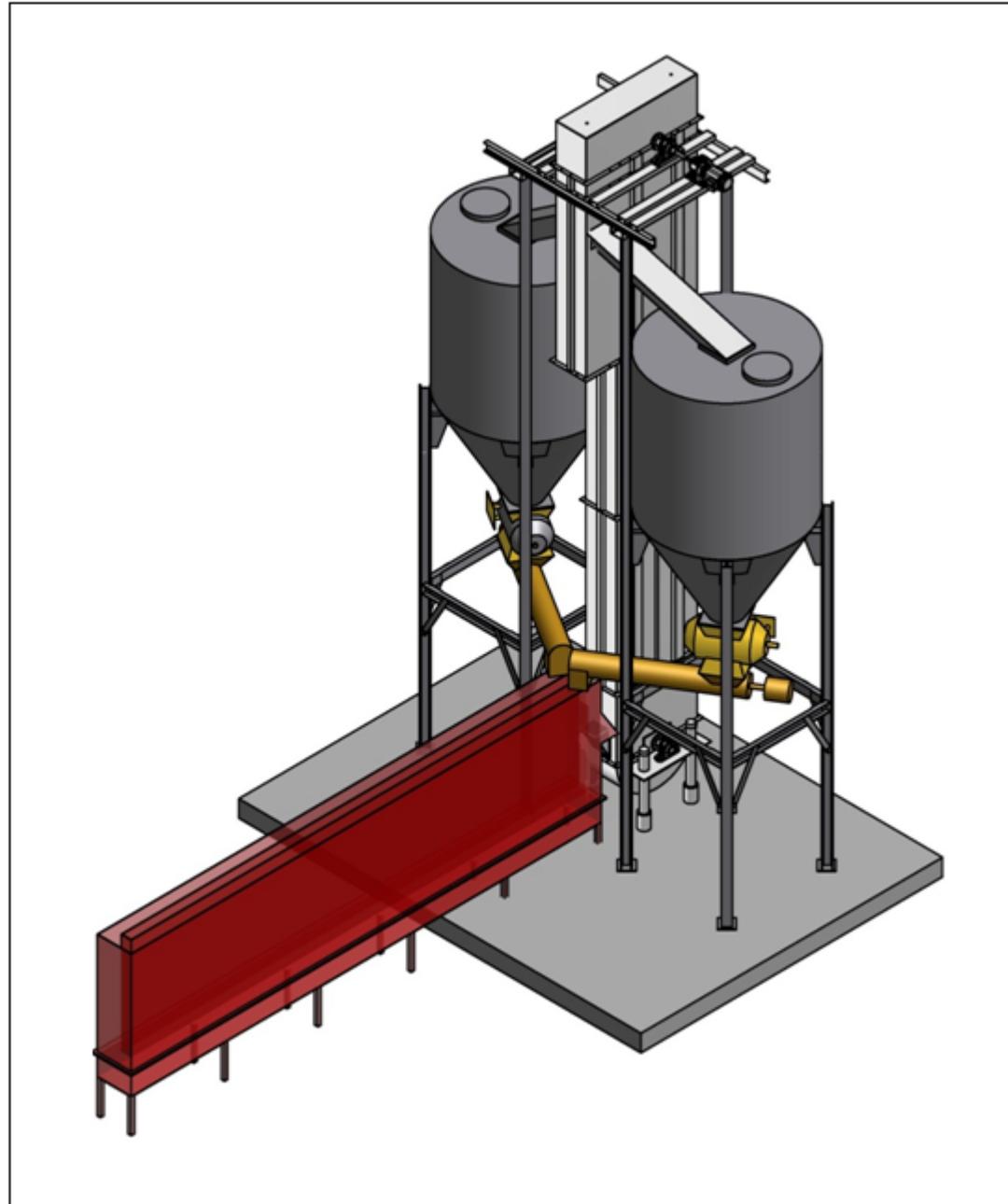
Entladeprozess

Plexiglas Versuchsstand, 1 Meter langes Rohrbündel, 100 x18 cm Wirbelschicht

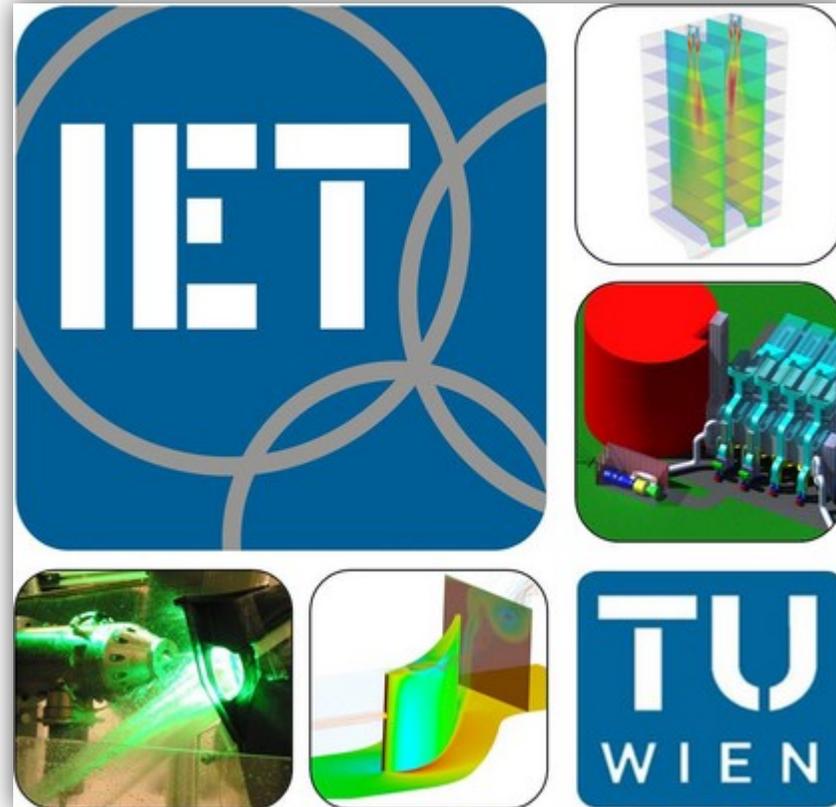




Pilotanlage



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



- Richtungsunabhängige Fluidisierungsluftverteilung durch den Verteilerboden
- Leistungsgrenze durch maximal erreichbaren Sandmassenstrom im sandTES-Wärmetauscher
- Stabile Fluidisierung durch den Verteilerboden über größere Flächen
- Langzeitverhalten der Verteilerplatten
- Vollständige und gleichmäßige Umströmung des Rohrbündels mit Sand über den gesamten Strömungsquerschnitt
- Fluidisierungsstabilität über die Lauflänge trotz Betthöhendifferenz als treibende Kraft im aktiven sandTES-Wärmetauscher

Bei gleichzeitigem Betrieb möglichst nahe am Fluidisierungspunkt zur Minimierung der Fluidisierungsleistung