



Technische Hochschule
Ingolstadt

Institut für
neue Energie-Systeme

*Innovative Dampfspeicherkonzepte
zur Entkopplung von
Kraftwerksfeuerung und
Stromproduktion*

Matthias Stark B. Eng. 19.05.2014

Matthias Sonnleitner M. Phil.

Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner



Einleitung

- Biomasse – Stand der Dinge
- Flexible Stromerzeugung

Technik

- Biomasse Heizkraftwerke
- Flexible Anlagenfahrweise
- Modellkraftwerk

Dampfspeicher

- Dampfspeichertechnologien
- Speicherintegration

Ausblick / weitere Schritte

- Wirtschaftlicher Betrieb oft nicht mehr möglich
- Auch mit effizienter Wärmenutzung

Biomasse am Ende?

- + Einzige „steuerbare“ regenerative Energiequelle
- + Grundlastfähig und auch flexibel einsetzbar
- + 6,5 GW installierte Leistung, 42 TWh/a Stromerzeugung (3,3 % P_{ges} / 7 % Q_{ges}), davon 1,6 GW feste Biomasse*

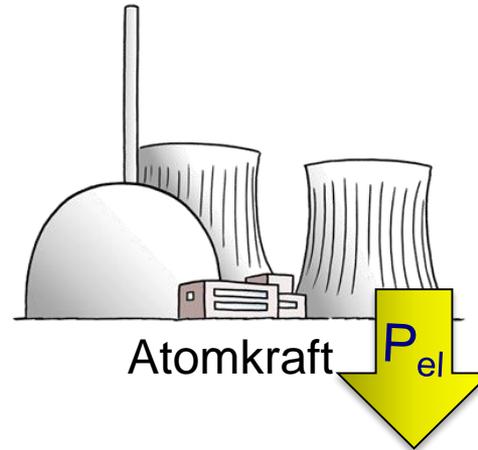


Biomasse auch in Zukunft relevant

*(Quelle: DBFZ, Bundesnetzagentur 2014)

Flexibilisierung der Biomasse

Flexible Stromerzeugung - Ausbauszenarien



Anteil volatiler Stromerzeuger
im Netz steigt an

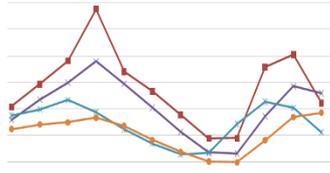


Aktuell und in Zukunft:
Bedarf an flexibler Stromerzeugung

Flexibilisierung der Biomasse

Flexible Stromerzeugung - Märkte

EPEX - Spotmarkt



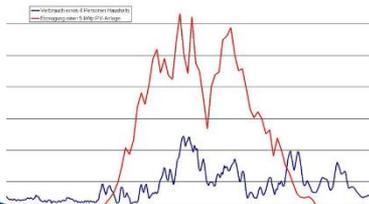
- aktuell keine Anreize (vgl. Flexprämie)
- Preisspreizung wenig Potential

Regelenergiemarkt



- hohes Potential (vor allem negative Minutenreserve)
- einige Biomasse HKW agieren bereits am Regelenergiemarkt

Residuallast



- durch die dezentrale Verteilung der Anlagen technisch sinnvoll
- Wirtschaftliche (noch) keinerlei Anreize



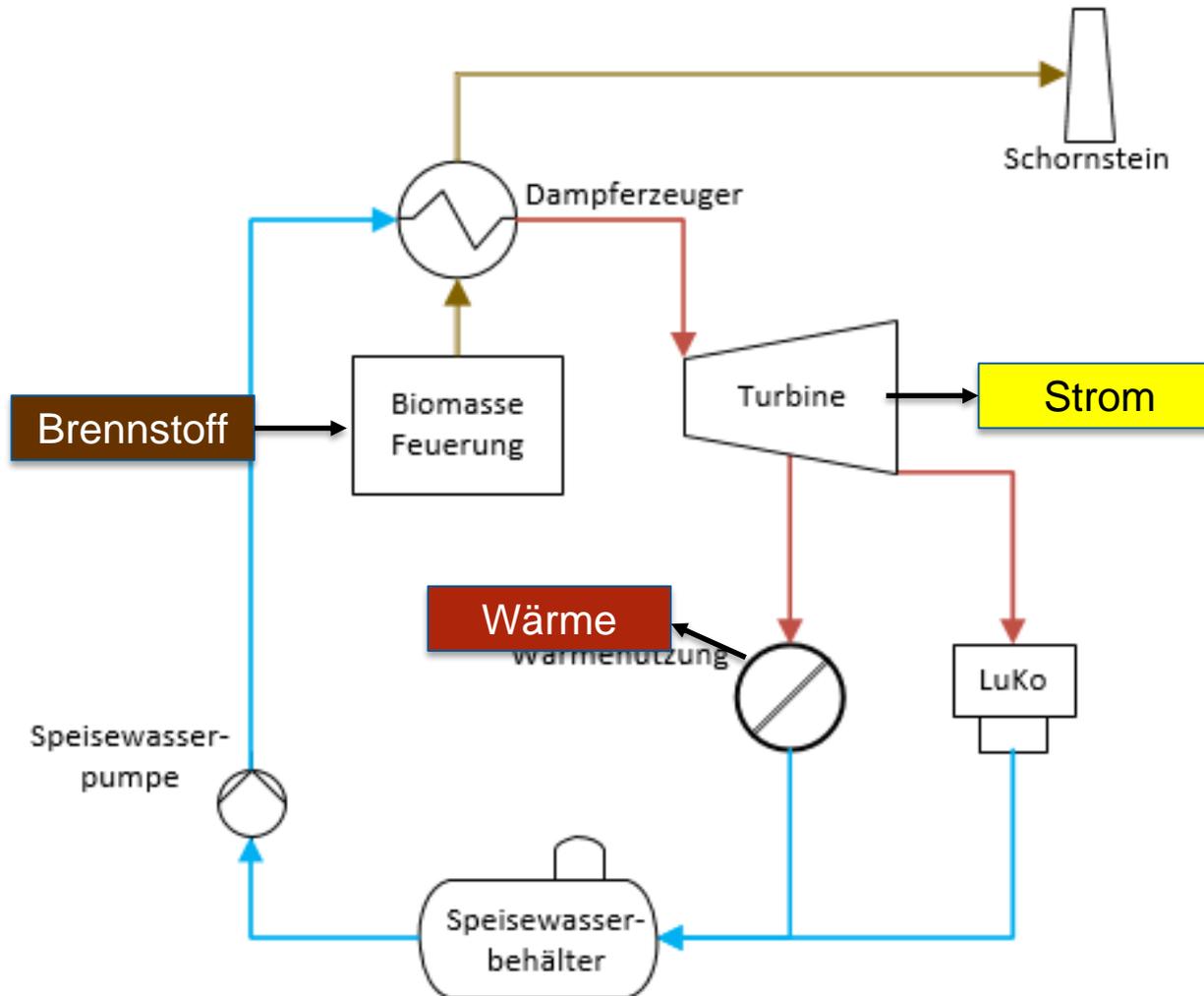
„Kupferplatte“
Deutsch-
land



Lokaler
Bedarf

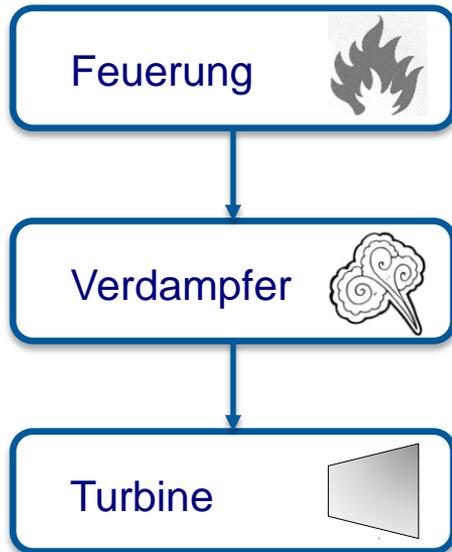
Flexibilisierung der Biomasse

Technik Biomasse Heizkraftwerke



Flexibilisierung der Biomasse

Flexible Anlagenfahrweise / Feuerungsregelung



- hohe Wirkungsgradverluste
- träge Regelung
- steigende Schadstoffwerte
- teilweise erhöhter Verschleiß

- moderate Wirkungsgradverluste
- träge Regelung

- moderate Wirkungsgradverluste
- schnelle Regelung

+ Brennstoffeinsatz wird verringert

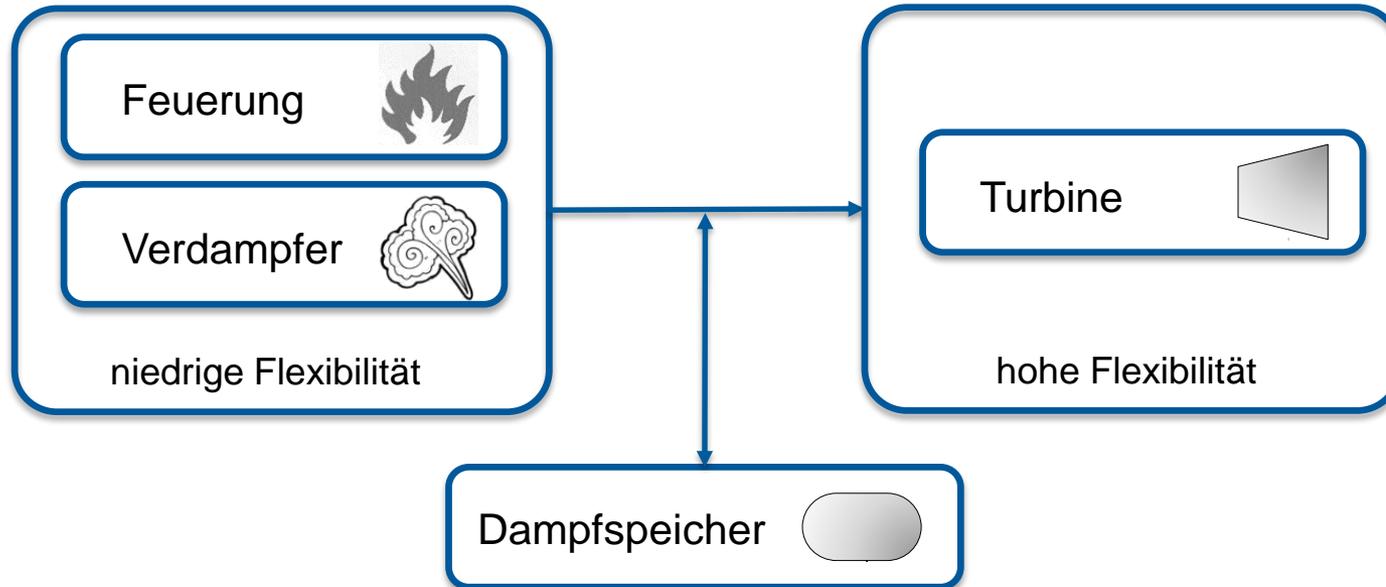
- Senkung der erzeugten Strommenge [kWh/a]
- Senken der Vollbenutzungsstunden [h/a]
- Senken des Anlagenwirkungsgrades [-]



Feuerungsregelung relativ
ineffizient und teuer

Flexibilisierung der Biomasse

Flexible Anlagenfahrweise / Dampfspeicherung



- Betrieb im Auslegungspunkt
- konstante Dampferzeugung

- variable Verteilung der Dampfmenge auf Turbine und Speicher
- flexible Stromerzeugung


Entkopplung von
Dampferzeugung und Nutzung

■ Biomasse Heizkraftwerk

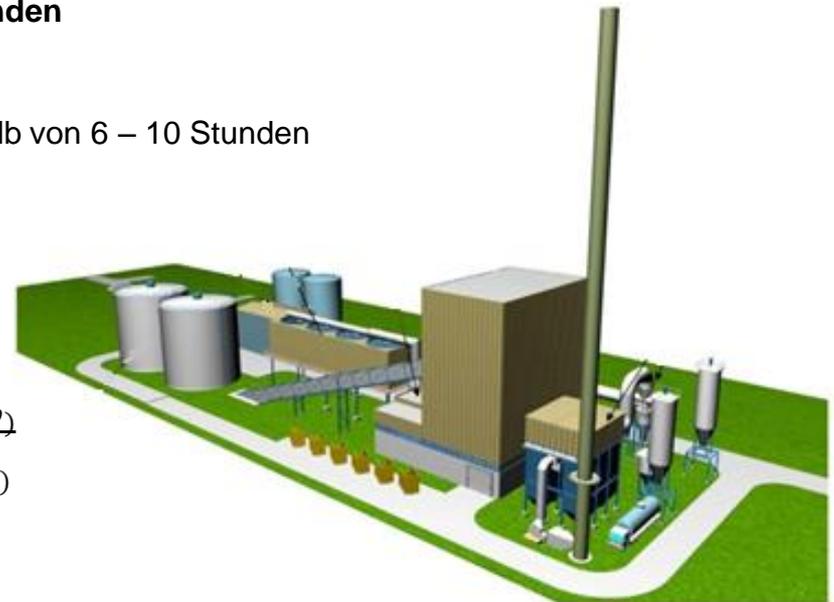
- installierte Leistung: 8 MW_{el}
- Dampfparameter 480 °C / 70 bar (überhitzter Dampf)
- Stand der Technik (gute Wirkungsgrade)

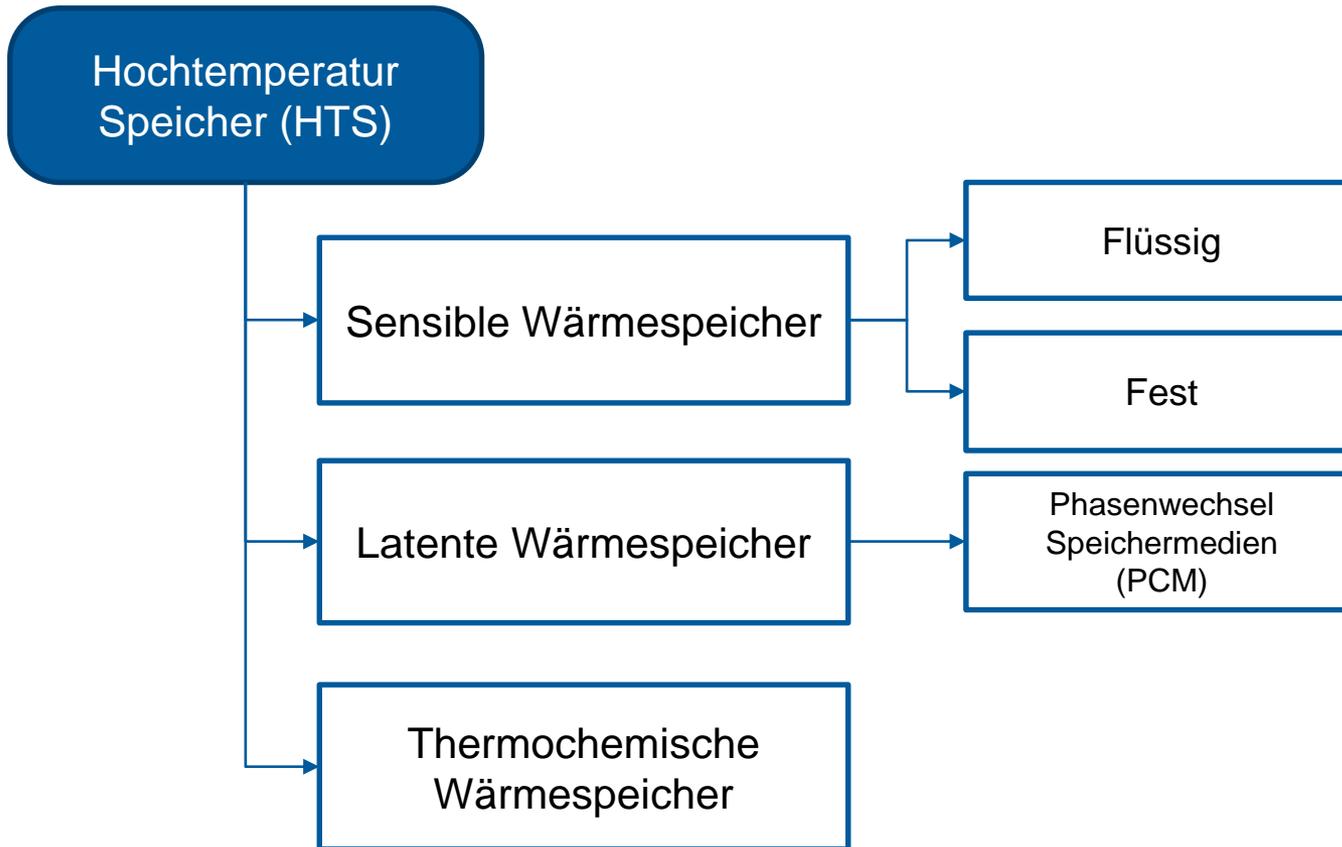
■ Dampfspeicher / Zielwert: Flexibilität (Szenario Regelleistung)

- Reduzierung der Strommenge um **5 MW_{el}** für **4 Stunden**
(Anforderung Minutenregelleistung)
- Entladen / Verstromen des vollen Speichers innerhalb von 6 – 10 Stunden
- Kennwert Speichereffizienz

$$\mu_{\text{Speicher}} = \frac{Q_{\text{Entladedampf}}}{Q_{\text{Ladedampf}}}$$

- Kennwert Flexnutzungsgrad
- $$N_{\text{Flex}} = \frac{Q_{\text{el (regulärer Betrieb)}}}{Q_{\text{el (flexibler Betrieb)}}$$

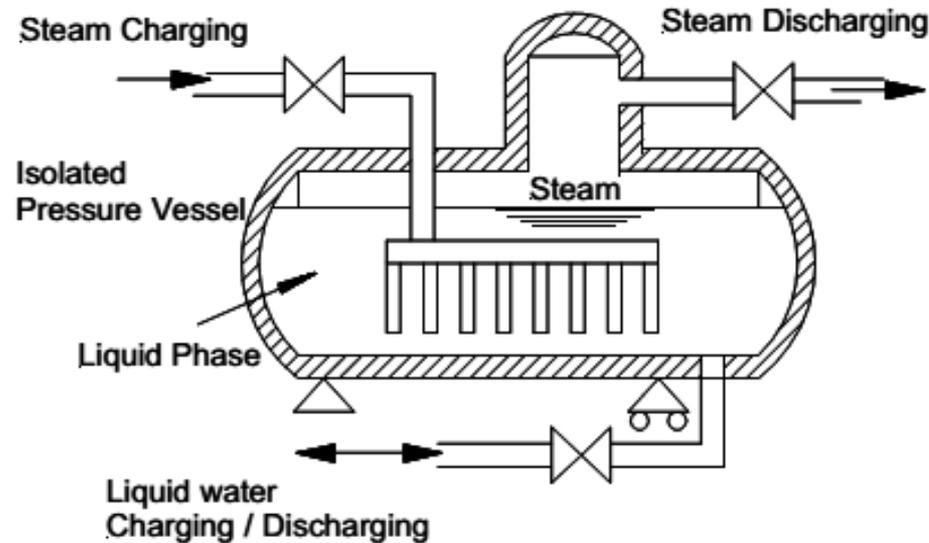




Den „Dampfspeicher“ gibt es nicht!
Dampfspeicher: Beladen mit Dampf, Entladen von Dampf

Flexibilisierung der Biomasse

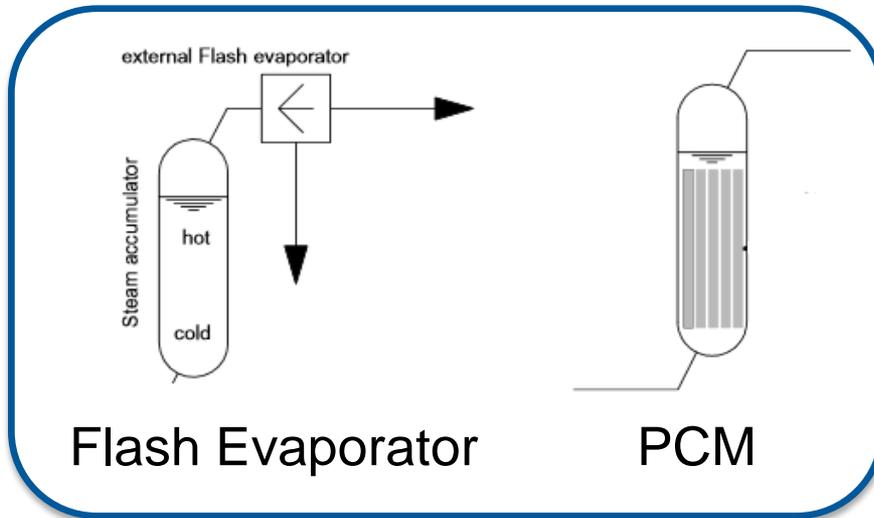
HTS – „Ruths-Dampfspeicher“ - Gleitdruckspeicher



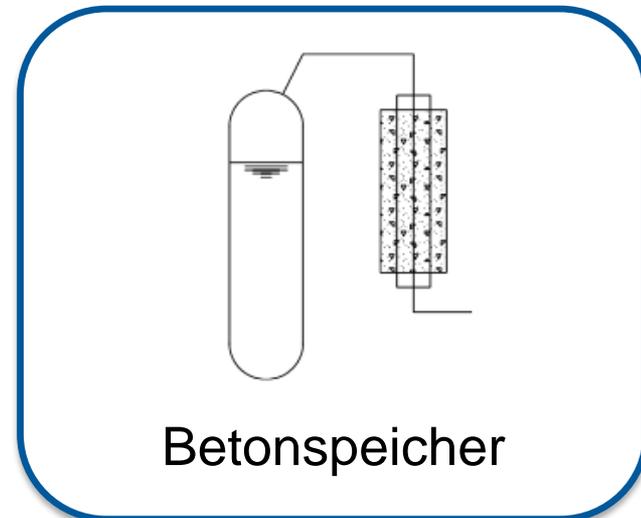
- Druckwasserspeicher
- Gleitdruckspeicher
- Entladedampf = Sattedampf



schlecht skalierbar
Integration sehr aufwändig
Sattedampf nicht optimal



Konstanter Druck



Überhitzter Dampf

- Druckwasserspeicher
- ~~Gleitdruckspeicher~~
- ~~Entladedampf = Sattdampf~~

immer noch Druckbehälter

konstanter Druck

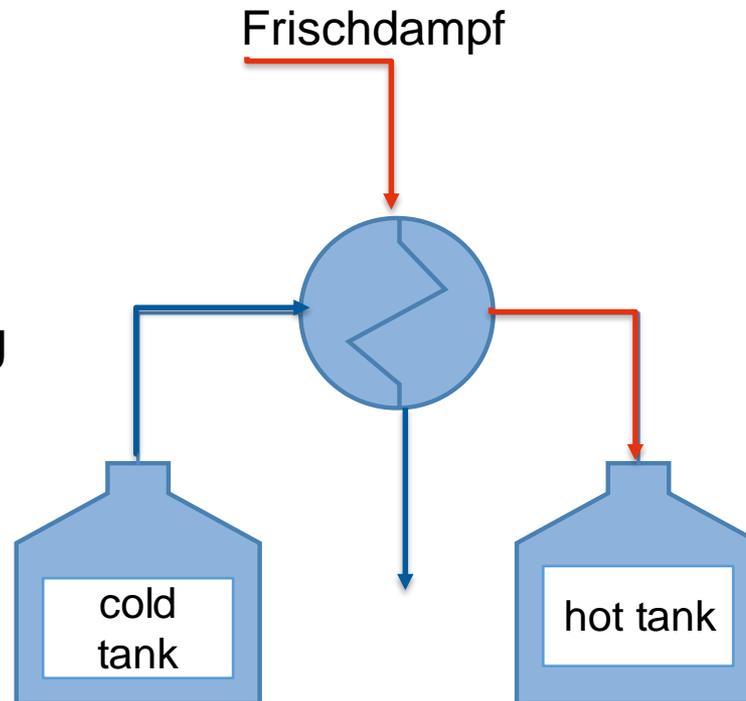
überhitzter Dampf

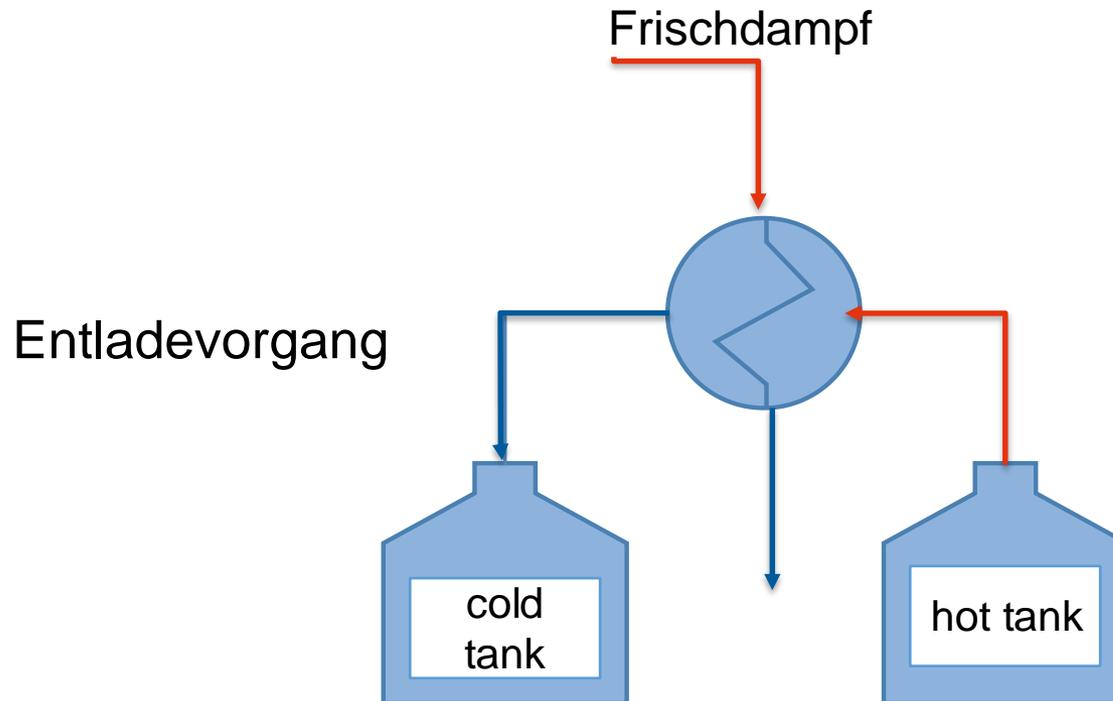
Flexibilisierung der Biomasse

Dampfspeicher – Salzschesmelzespeicher (tbd)

- Im solar-thermischen Kraftwerksbereich etablierte Technologie

Beladevorgang





- Niederdruckspeicher
- „Pinch Point Problem“

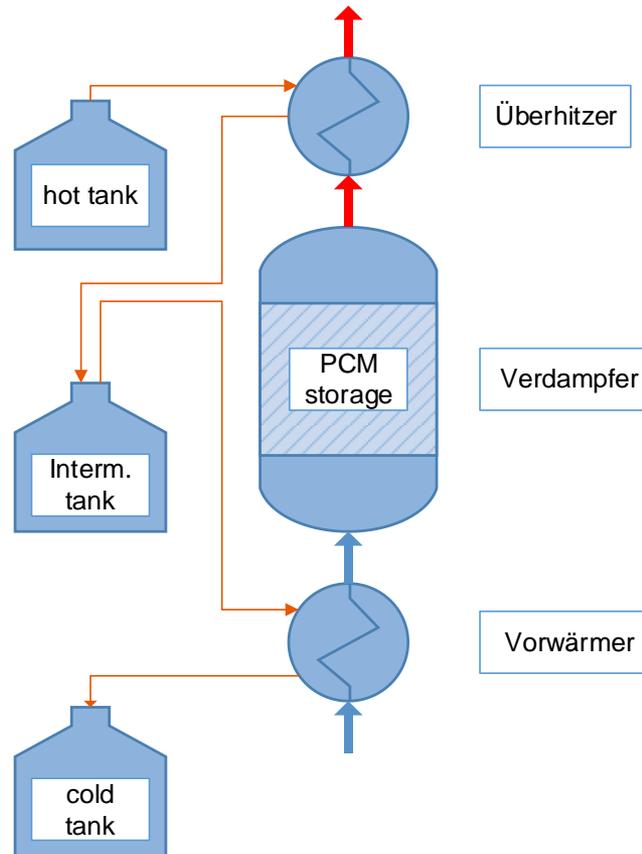


stark skalierbar

Dampfparameter (Druck, Temperatur)
werden beim Entladen stark
unterschritten

Flexibilisierung der Biomasse

Dampfspeicher – Salzschnmelze-/PCM-Speicher (3-1 System)

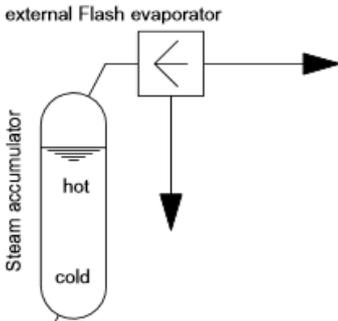
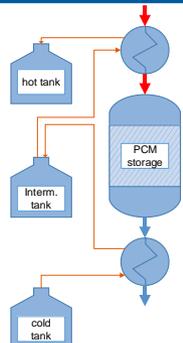


- geringer Betriebsdruck, hohe Wärmekapazität
- „Pinch Point Problem“ reduziert



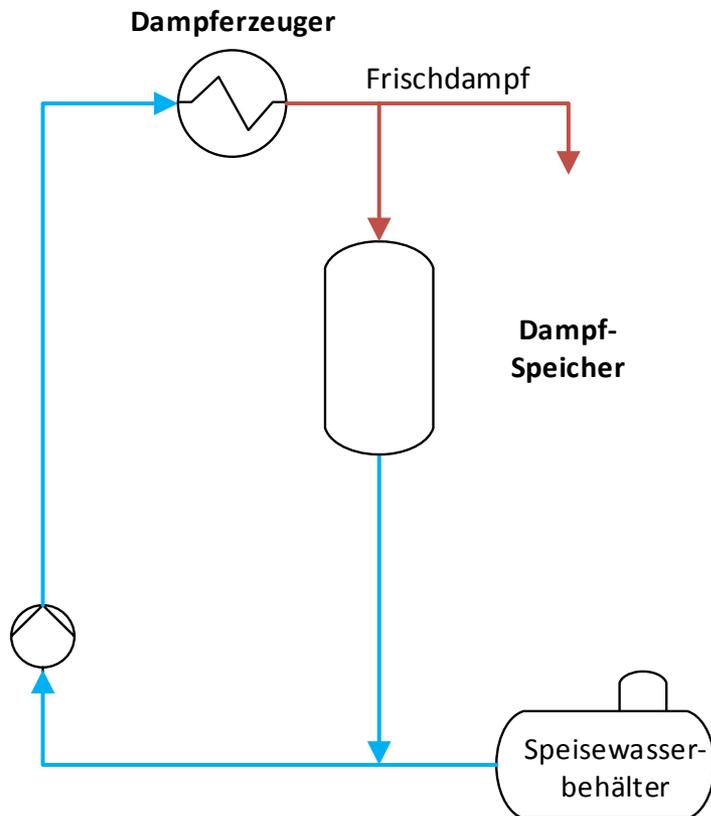
stark skalierbar

Dampfparameter nahe am Frischdampf

	Ruths-Dampfspeicher mit externem Verdampfer und Überhitzer	3-1 Salzschnmelze- / PCM- Speicher
		
Dynamik	sehr schnell (Laden und Entladen)	schnelles Beladen, langsames Entladen
Speichergröße	Wärmekapazität niedrig, Größe begrenzt	höhere Wärmekapazität, gut skalierbar
Komplexität	3 Komponenten, keine Hilfsenergie	Beladegruppe für Salzschnmelze, eigener Verdampfer im PCM-Modul
Speicherdauer	Kurzzeitspeicher (Speicherverluste reduzieren Druck um ~ 1 bar / 2-3 h)	Langzeitspeicher

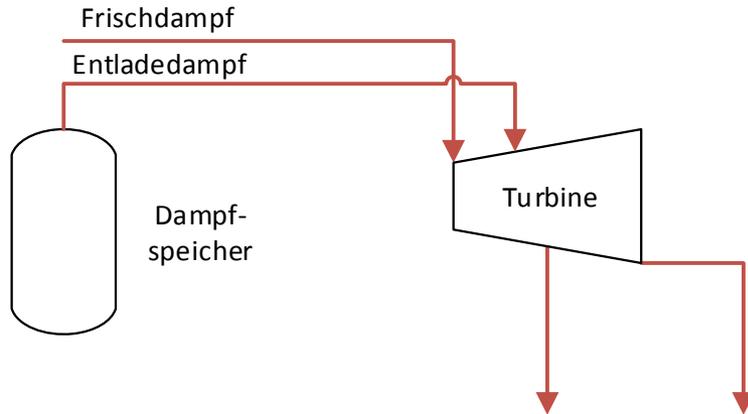
Flexibilisierung der Biomasse

Integration in den Dampfkreislauf - Laden

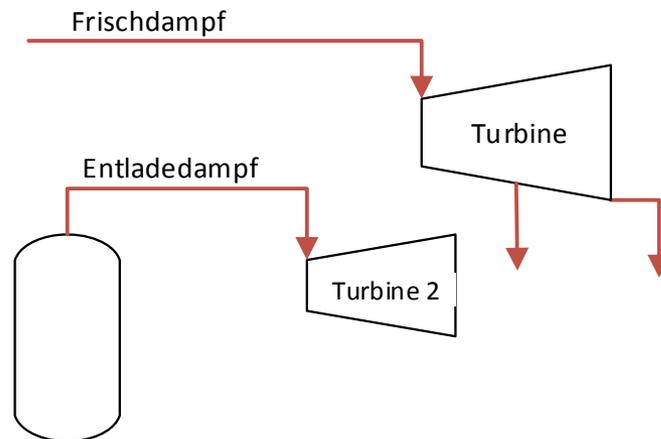


Flexibilisierung der Biomasse

Integration in den Dampfkreislauf - Entladen



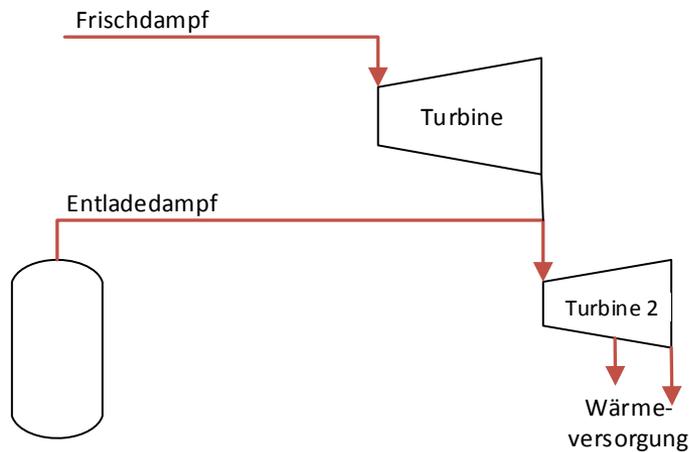
- Integration des Entladedampfes in die Hauptturbine
- ständiger Teillastbetrieb (Effizienzverluste)



- weitere Turbine für Entladedampf
- höhere Anlageneffizienz, aber dafür zusätzliche Turbine nötig

Flexibilisierung der Biomasse

Integration in den Dampfkreislauf - Entladen



- mehrteilige Turbine
- gute Effizienz in Turbine 1 sowie höhere Auslastung Turbine 2
- ggf. Dampf- / Wärmeversorgung über Entladedampf



Alle Schaltungen haben Vor- und Nachteile, die technisch und wirtschaftlich geprüft werden müssen

- Grundlagen sind gesetzt
- Modellierung der Speicher und Kraftwerkssystem (R-S / 3-1 S)
- Simulation von verschiedenen Szenarien
(Regelenergie, Residualast // Jahres, Monatssimulation)
- Wirtschaftliche und technische Bewertung



Speicher im solar-thermischen Kraftwerksbereich im Einsatz.
Technisch für Biomasse-HKW geeignet.
Wirtschaftlichkeit und Effizienz ist zu prüfen.

**Vielen Dank
für ihre
Aufmerksamkeit**