

SoDa² - **Solar Drinking Water Treatment**

Jens Schneider, Rene Sallier, Ingo Hartmann, Tobias Göpfert

Gemeinsamer Aufruf zu entschlossenem Handeln – DMG, DPG, 25.09.25

Die **Ambitionsücke** führt bis 2100 mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer Erwärmung von 2 bis zu 5 Grad gegenüber den vorindustriellen Temperaturen, die Umsetzungslücke zu einer weiteren Erwärmung um einige Grad.[1,2, VI] Bereits bis **2050** besteht das Risiko einer Erwärmung um **3 Grad**.

Wir rufen daher alle politischen Akteurinnen und Akteure in Deutschland auf

1.... sich der **realen Gefährdungslage** durch die fortschreitende menschengemachte globale Erwärmung und der Dringlichkeit des Handelns bewusst zu werden.

...

Globale Erwärmung Beschleunigt sich

Ein Aufruf zu entschlossenem Handeln



Gemeinsamer Aufruf der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft



Motivation

- Trinkwasser ist eine **knappe Ressource** heute und in der Zukunft
- hoher Energiebedarf für die Wasseraufbereitung (Entsalzung, kontaminiertem Wasser)
- Orte mit sehr **hoher solarer Strahlung**
 - oftmals hoher Wasserbedarf
 - Sonnenenergie nur in wechselnder Intensität (**schwankenden Energiequellen**)

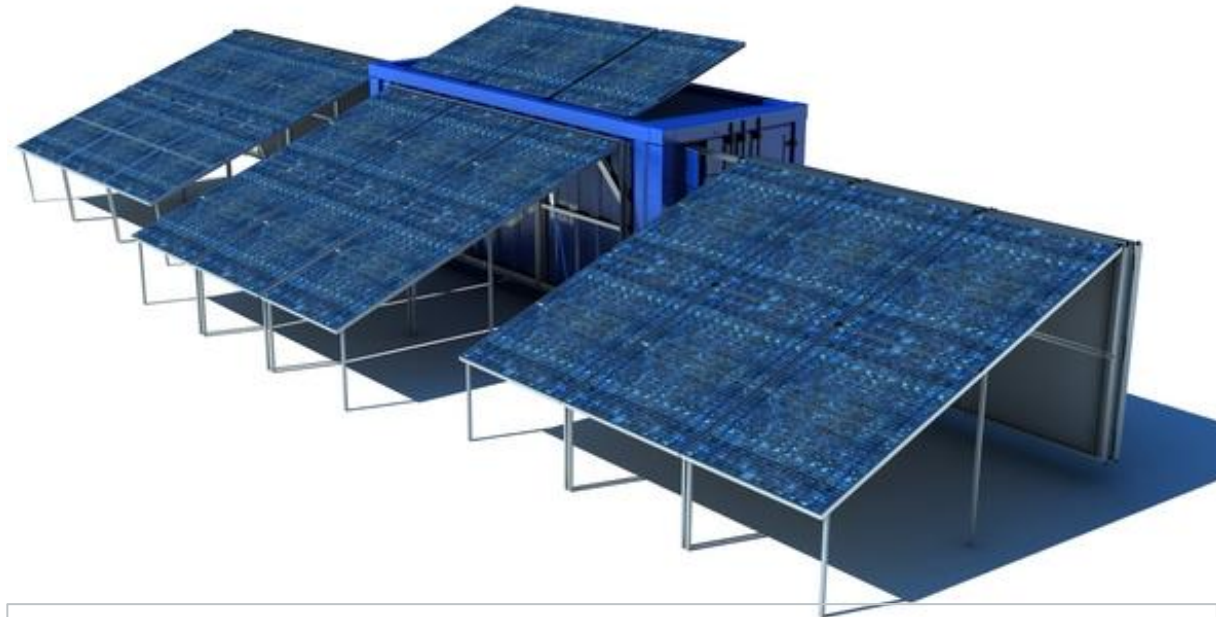
Lösung: Solarenergie (schwankenden Energiequellen) mit einer Wasseraufbereitungstechnologie zu kombinieren

- Solarenergie kann sowohl elektrische als auch thermische Energie mit photovoltaischen und solarthermischen Anlagen bereitstellen (ggf. Kombination mit Wärmepumpen)

Ziel: Entwicklung und Evaluierung eines optimierten Systems

Konzept

- alle Komponenten, wie z.B.:
 - PV-Module
 - solarthermische Kollektoren
 - PVT-Kollektorensowie die elektronischen Komponenten, wie z.B.:
 - Wechselrichter
 - Hochtemperatur-Wärmepumpensind auf den Markt erhältlich
- Anforderungen an die Systemsteuerungen:
 - vielseitig für ein Optimierungsforschungs- und Entwicklungsprojekt
 - maximal vereinfacht für einen robusten Betrieb
- alle Komponenten in Containern mit montagefertiger Ausrüstung lieferbar
(Abbildung: PV-Container von ALEO Solar)



ALEO Solar Container including system components.
Source: <https://www.ee-news.ch/de/solar/article/30503/aleo-solar-off-grid-multicontainer-ersetzen-dieseldgeneratoren>

Auf dem Markt verfügbares System: Wärtsilä Horizontal inner Tube Evaporator (HiTE)

- HiTE von Wärtsilä Serck Como ist ein mehrstufiger Verdampfer (für kleine bis mittlere Kapazitäten von 30 bis 150 Tonnen pro Tag)
- breites Spektrum von Betriebsbereichen (flache Gewässern mit schlechtem Meerwasser → Technologien wie die Umkehrosmose oder Plattentechnologien stoßen an ihre Grenzen)
- Energieeinsparung von 75 Prozent mit einem spezifischen Wärmeverbrauch von 200 – 240 kWh pro Tonne im Vergleich zu einstufigen Designs.

<https://www.wartsila.com/marine/build/fresh-water-generation/hite>

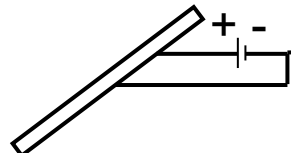
Key Parameters (source Wärtsilä):

Capex	117 T\$
Distillate capacity	30 t _{H2O} /d
Performance ratio	240 kWh/t _{H2O}

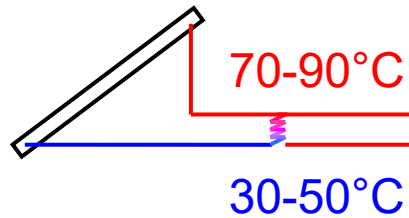


Schematische Systemdarstellung

Photovoltaic



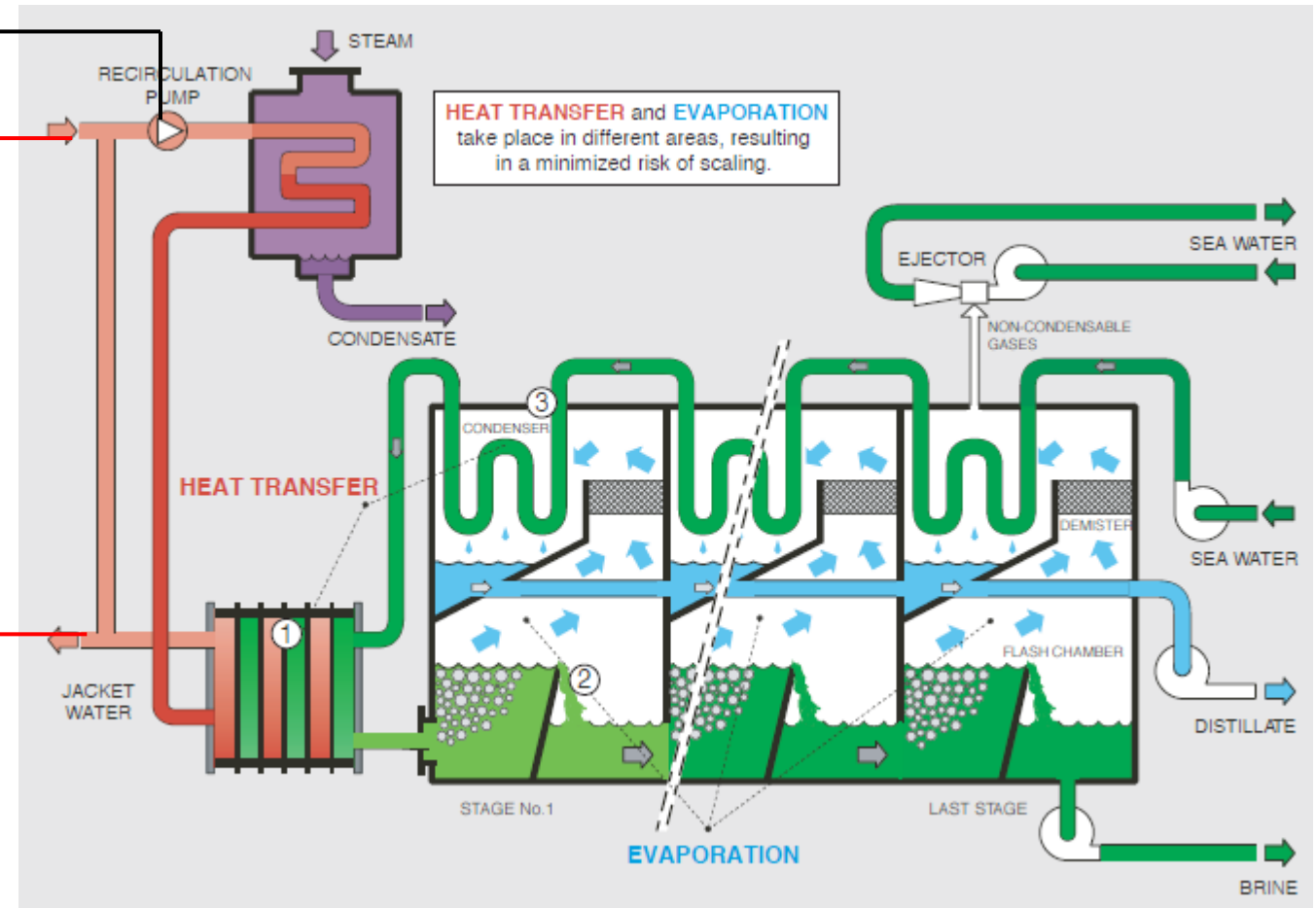
Solar thermal



Advantages:

- Established technologies PV & ST
- Independant PV & ST scaling and operation
- No HP required

Horizontal Inner Tube Evaporation (HiTE) – not shown here



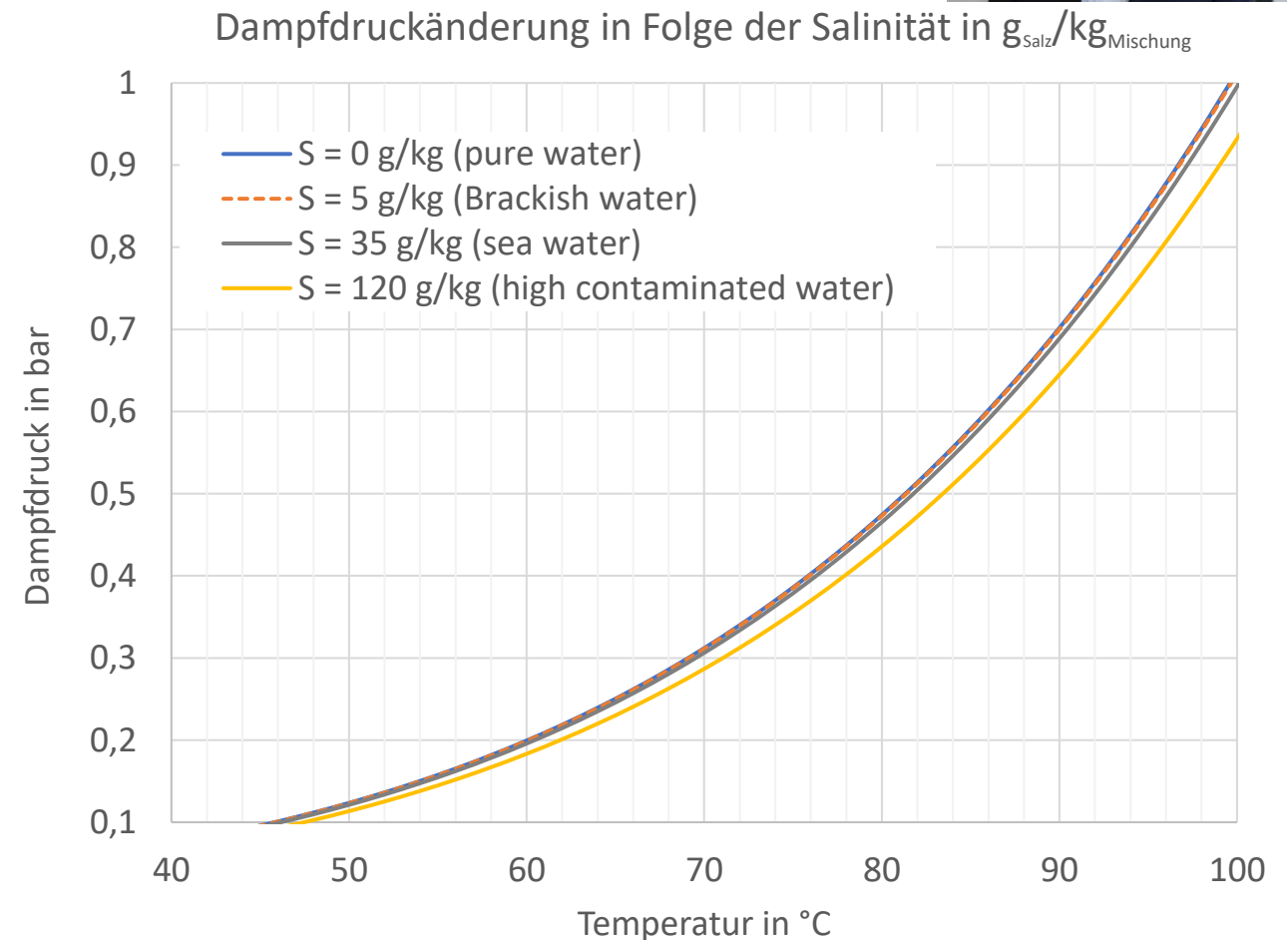
Source: Wärtsilä Multi Stage Flash (MSF) Evaporator

HTWK

Auswirkung der Art und Menge der Wasser-Kontamination

Prof. Göpfert

- Der Gewinn an Trinkwasser folgt aus der Verdampfung von sauberem Wasser aus kontaminiertem Wasser (Salz, Schmutz, etc.)
- Die Verdampfungseigenschaften ändern sich je nach Art und Menge der Verschmutzung.
- Steuerungs-/Regelungssystem muss möglichst selbstständig abhängig von einfachen messbaren Größen das Systemverhalten an die Verschmutzung des Wassers anpassen.
- Einige Größen ändern sich nur moderat wie Dampfdruck (siehe rechts)



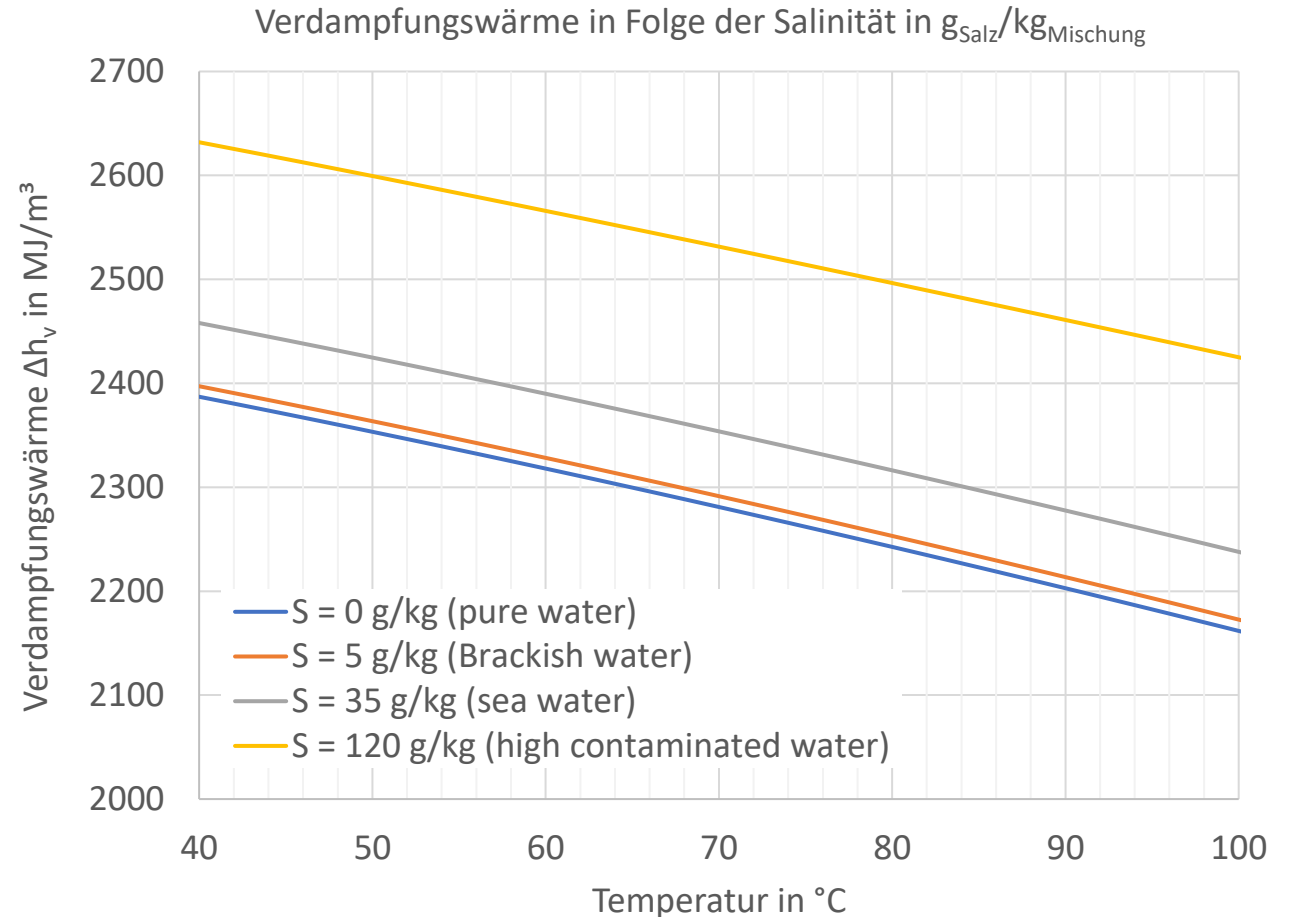
Berechnet nach IAPWS 2008 for Seawater

Auswirkung der Art und Menge der Wasser-Kontamination



- Andere Größen ändern sich signifikant (z.B. Verdampfungswärmen, siehe rechts)
- Konzept der Anlagenregelung ändert sich abhängig von:
 - Ausgangverschmutzung
 - Anzahl der Verdampfungsstufen (Salinität nimmt zu)
 - Druck- und Temperatur in den Verdampfungsstufen
 - Verfügbarer endlicher Energiemenge

→ Komplexe Optimierungsstrategie



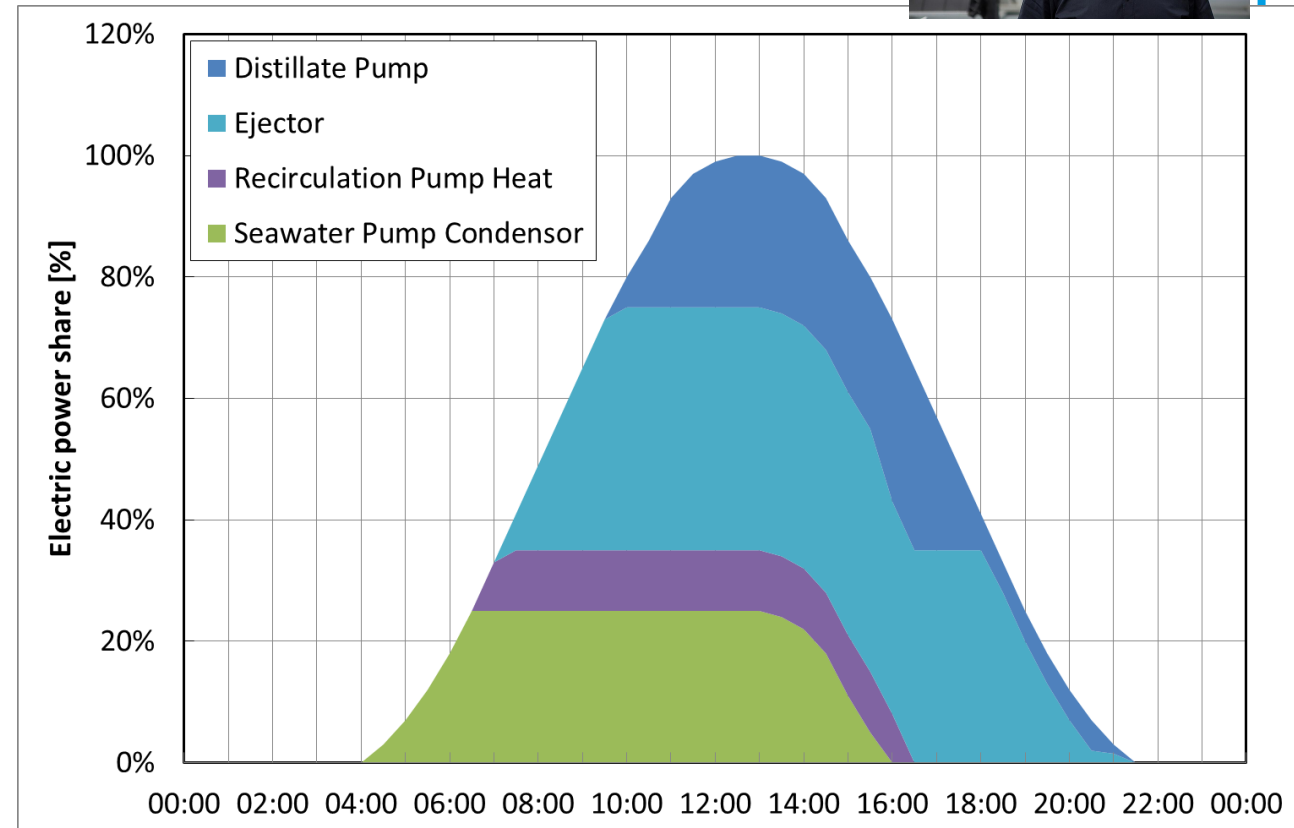
Berechnet nach IAPWS 2008 for Seawater

Nutzung begrenzter Energieversorgung



Forschungsfragen:

- Wie hoch ist der optimale Bedarf an thermischer und elektrischer Energie solch eines Systems?
- Welche Betriebsbereiche und Strategien sind für einen optimalen Betrieb zu berücksichtigen?
- Wie ändern sich die Effizienzen innerhalb des Betriebsbereichs?
- Gibt es ein bevorzugtes Start-/Stopp-Verfahren (siehe rechte Seite)?
- Wie viel Wasser wird bei Betrieb mit Solarenergie produziert?
- Was ist die kosteneffektivste Einrichtung?
- Welche potenziellen Anwendungen gibt es?



Example for share of use for electric power systems within HiTE for a sunny day. Seawater and recirculations pumps start with sunrise while ejector and distillation pump operate till sun down. All thermal energy is used in heat transfer.

Forschungsfragen:

- Messtechnische Erfassung der Wasserqualität
 - Meerwasser (Rohwasser)
 - Destillat (Erzeugtes Brauch- und Trinkwasser)
 - Sole (Abwasser → „Brine“)
 - Wasser in den einzelnen Aufbereitungsstufen
- Weitergehende Aufbereitung der verschiedenen Wasserqualitäten (PFAS, Mikro- und Nanoplastik, Mikroorganismen, Medizinrückstände, Salze, Schwermetalle)
 - Filtration (Poröses SiO_2 aus biogenen Quellen)
 - Adsorption (Aktivkohle aus biogenen Quellen)
 - UV-Oxidation (ggf. mit O_3 oder H_2O_2)
- Gewinnung von Wertelementen aus der Sole
 - Lithium
 - Seltene Erdmetalle
 - Schwermetalle
- Kopplung mit Biomassekesseln (Reststoffverbrennung)



Laborproben von porösen Filtermaterialien aus biogenen Quellen zur Aufbereitung der unterschiedlichen Wasserströme (Rohwasser, Abwasser, Trinkwasser) mittels Filtration und Adsorption
v.l.n.r.: Reisspelzen, Labor-Biosilica, Technisches Biosilica, Technisches Kohlenstoff-Biosilica

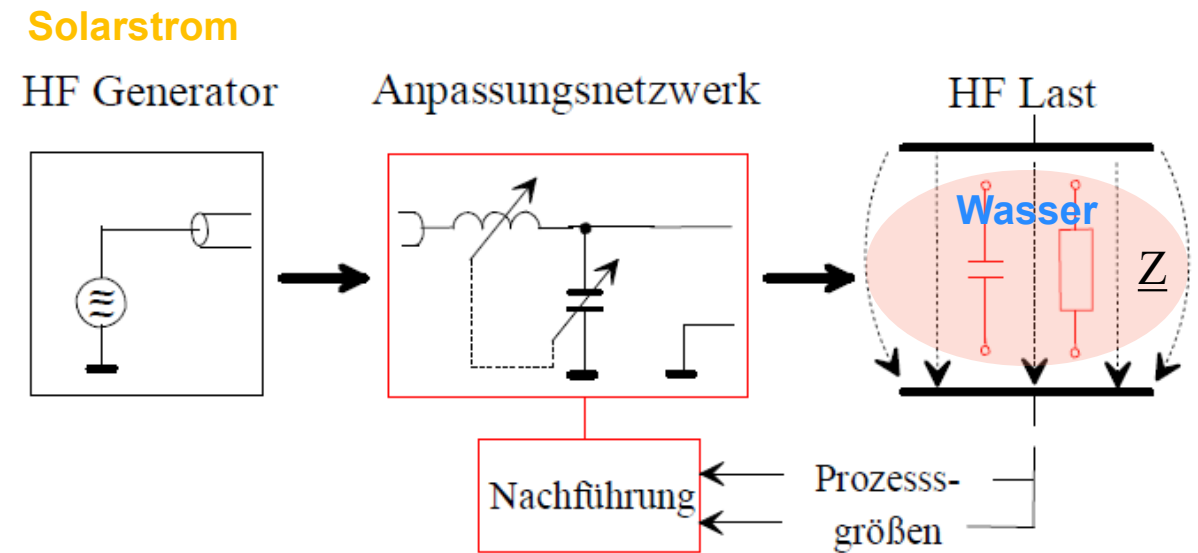
Effizienter Energieeintrag ins Wasser



Prof. Sallier

Forschungsfragen:

- Auslegung des Anpassnetzwerkes (Nutzung von ISM Frequenzen)
 - welche Struktur des Netzwerkes ist geeignet im Blick auf eine hohe Effizienz und geringer Verluste
 - Messen der internen Netzwerkparameter (L, C, I, U)
- Regelstrategie für das Anpassnetzwerk
 - welche Prozessgrößen stehen für die Regelung zur Verfügung
 - effiziente Regelstrategie hinsichtlich der Temperatur auf Basis der Prozessgrößen und der Prädiktion bzgl. der begrenzter Energieversorgung
- Elektrodendesign zur Einkopplung der elektromagnetischen Well ins Wasser
 - Elektrodenmaterial
 - Geometrie



Strukturbild zur gezielten und geregelten Erwärmung von Wasser via elektromagnetischer Wellen. Der Strom zur für den HF Generator wird durch PV (Photovoltaic) Anlagen bereit gestellt.

Abgeschlossene und aktuelle Arbeiten

MA J.-F. Roth, „Effizienzanalyse einer solaren Meerwasserentsalzung mittels Python-Simulation“ (10/23)

MA Q. Liebsch, „Optimierung einer solarbetriebenen Meerwasserentsalzungsanlage mittels Python-Simulation“ (07/24)

MP M. Müller, Arbeitstitel: „*Dynamische Bewertung von Multi-Stage Flash Anlagen*“ (laufend)

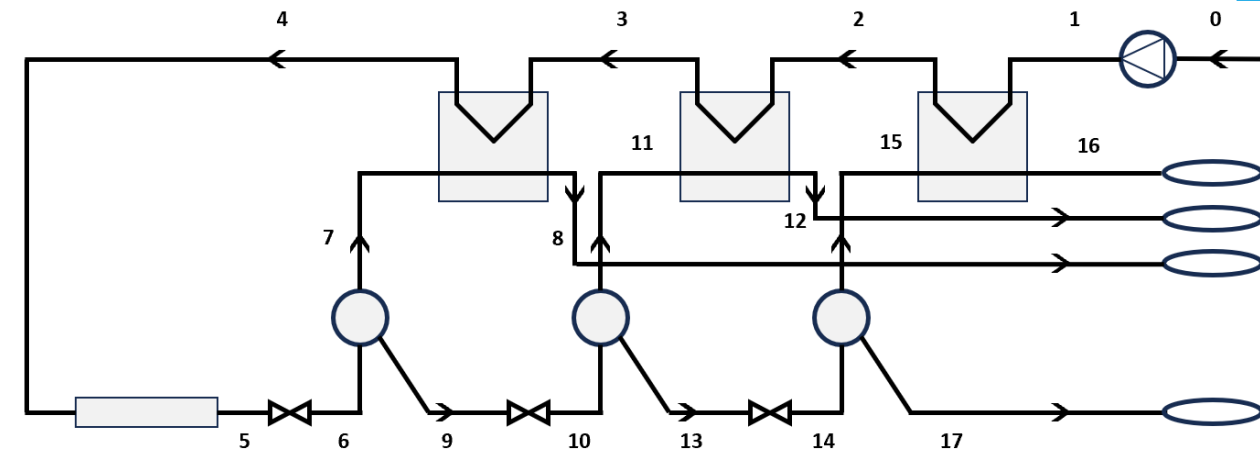
MP L. Weigl, Arbeitstitel „*Messung dynamischer Parameter in Wasserverdampfungsprozessen.*“ (laufend)

MA J.-F. Roth, „Effizienzanalyse einer solaren Meerwasserentsalzung mittels Python-Simulation“

Erste Nutzung von **Tespy** (Thermal Engineering Systems in Python) zur Beschreibung der Multi-Stage Flash Anlage (MSF) mit limitiertem Energieangebot.

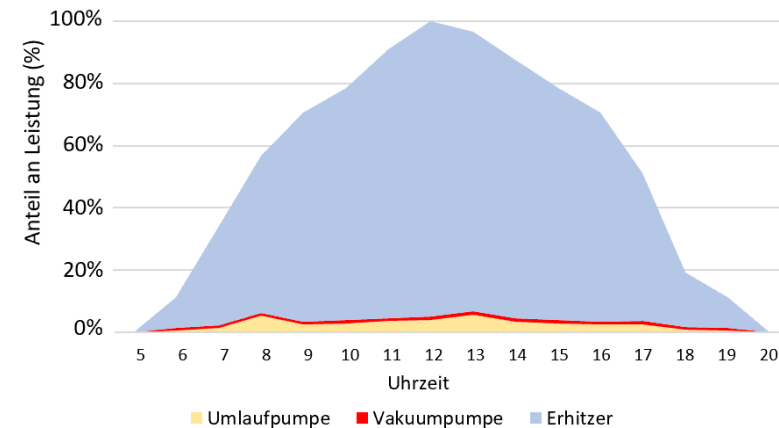
Erste wertvolle Ergebnisse.

- Wärmebedarf dominiert



Schematische Darstellung, 3-stufige MSF Anlage

Anteil der Energienutzung der Bauteile



Erste Ergebnisse optimale Energieverteilung

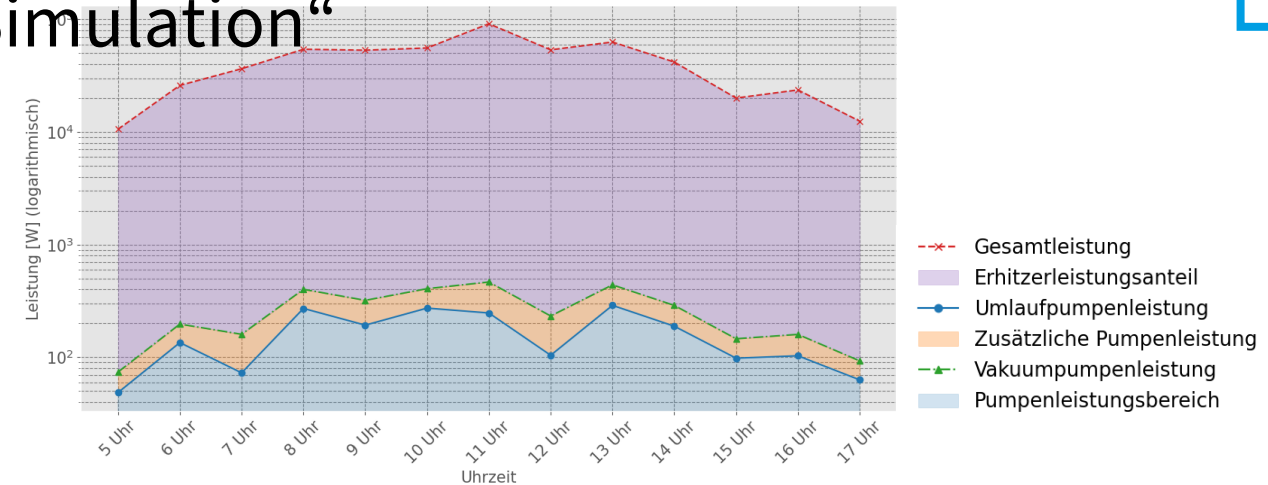
HTWK

MA Q. Liebsch, „Optimierung einer solarbetriebenen Meerwasser-entsalzungsanlage mittels Python-Simulation“

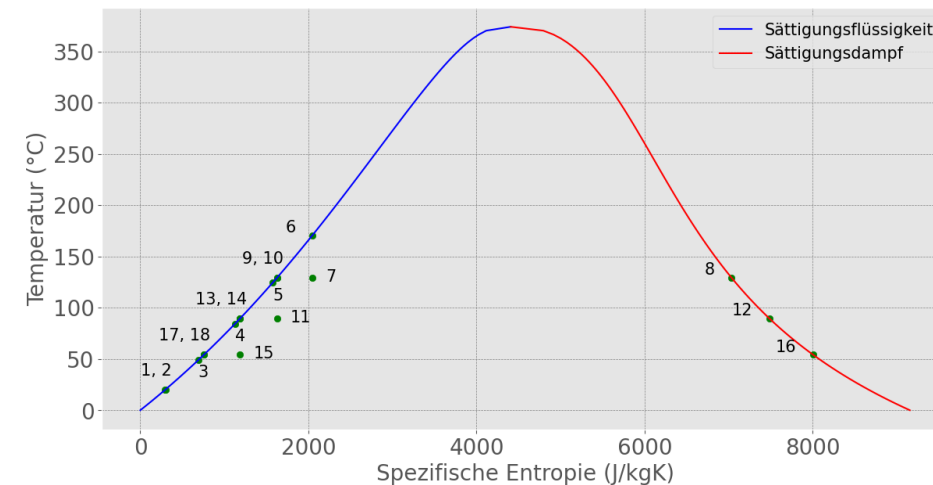
Erweiterung der TesPy Simulation.

Verbessertes Verständnis der thermodynamischen Grundlagen im Programm.

Bedarf an echter dynamischer Betrachtung identifiziert.



Log. Energieverteilung über einen Tag



T-S Diagramm im Multistage Verdampfungsprozess

Zusammenfassung

Solar Wasseraufbereitung als Forschungsfeld ist:

- **Relevant und motivierend**
- **Interdisziplinäre und herausfordernd**
- **Große Chance**

Nächste Schritte:

- **Forschungsprojekt zur Umsetzung einer Forschungsanlage**
- **Identifikation von Chancen zur Umsetzung in realen Umgebungen**

Ansprechpartner

Prof. Jens Schneider

Prof. Dr.-Ing. Jens Schneider
Vernetzte Energiesysteme
Studiendekan Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
HTWK Leipzig - Fakultät Ingenieurwissenschaften

Karl-Liebknecht-Straße 134 |
04277 Leipzig |
Raum N 437
Tel.: +49 341 3076 – 4178 |
Mob.: +49 1520 9084442
jens.schneider@htwk-leipzig.de

