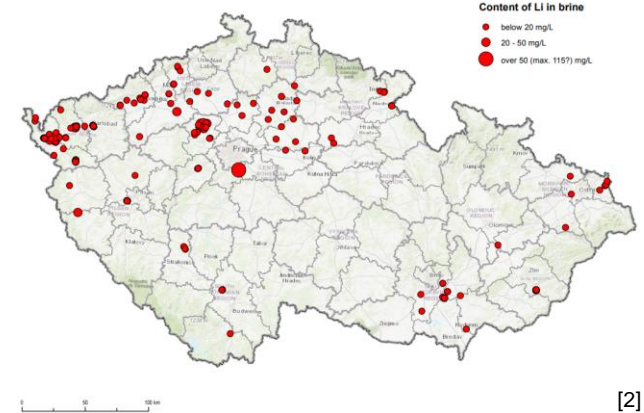
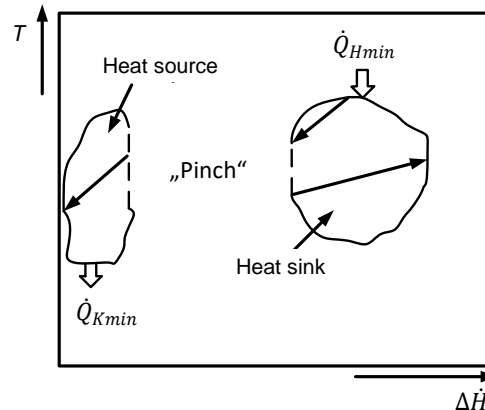


# Energetische Nutzung von hochmineralisierter Tiefenwässer als Aspekt bei einer stofflichen Koproduktion von Mineralien



Potsdam, 23.10.2024

# Geothermische Potenzial von Wärmequelle zu Senke

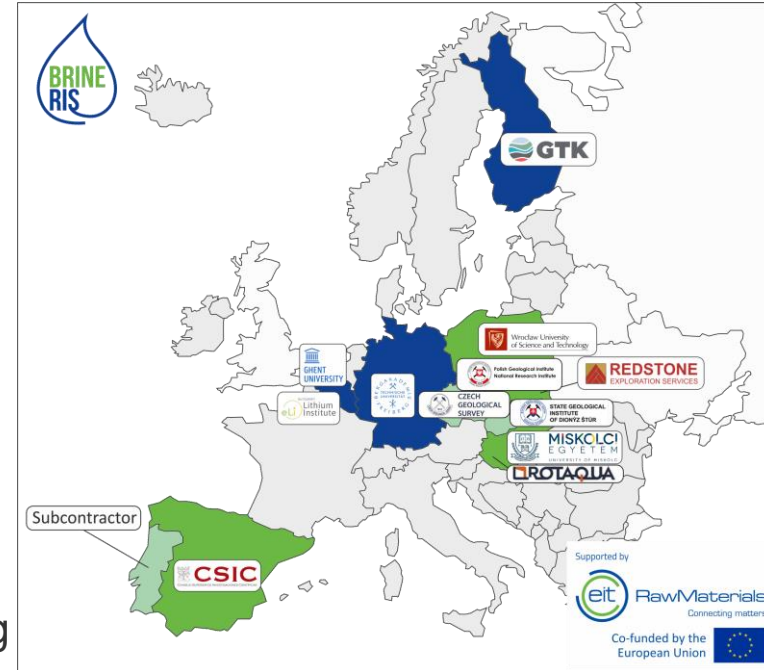
- Zusammenstellung einer Solendatenbank



- Kombination von Gewinnungsprozessen und Nutzung von Wärme- und Kältepotentialen



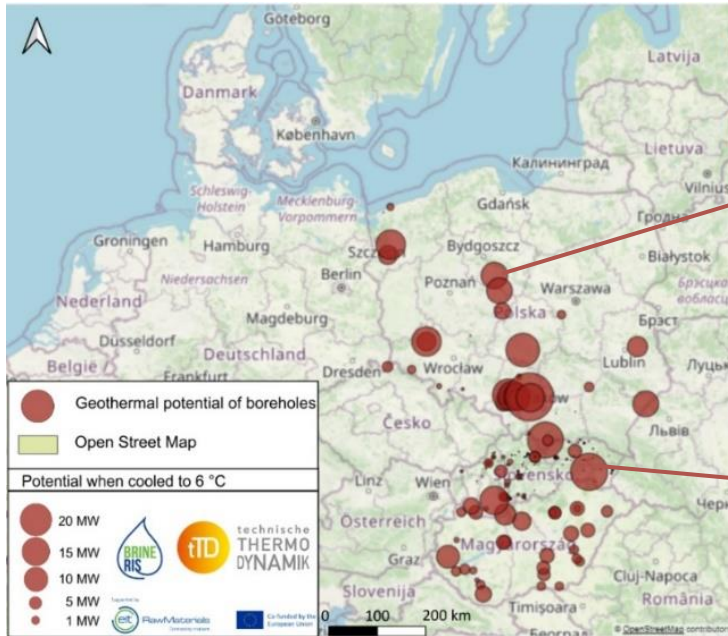
- Forcieren der europäischen Lithiumgewinnung



# Potenziale definieren

1. Einstufung des geothermischen Potenzials anhand verschiedener Parameter
  - Datenverfügbarkeit, Volumen, Temperatur, Tiefe, chemische Wasserzusammensetzung (z. B. Salzgehalt)
2. Detailanalyse
  - Technische Prozessanalyse
  - Rahmenbedingungen (Heizen und Kühlen, ...)
3. Technische und wirtschaftliche Analysen zur stofflichen Extraktion und der Wärme- und Kältenutzung

# Geothermische Potentiale



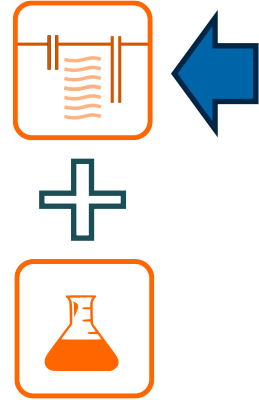
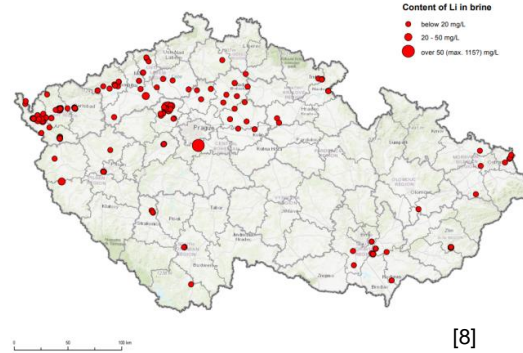
Name: PO-S6  
 Country: PO  
 Longitude: 2.044e+6  
 Latitude: 6.937e+6  
 Li: 0.24 mg/l  
 Mn: 0.17 mg/l  
 Temperature: 29.90 °C  
 Flow: 141.24 kg/s

Name: SK-S302  
 Country: SK  
 Longitude: 2.386e+6  
 Latitude: 6.228e+6  
 Li: 36.80 mg/l  
 Mn: 0.05 mg/l  
 Temperature: 125.00 °C  
 Flow: 55.83 kg/s  
 Geoth. Pot. (->6°C): 27838.39 kW



# Beispielstandort in Tschechien

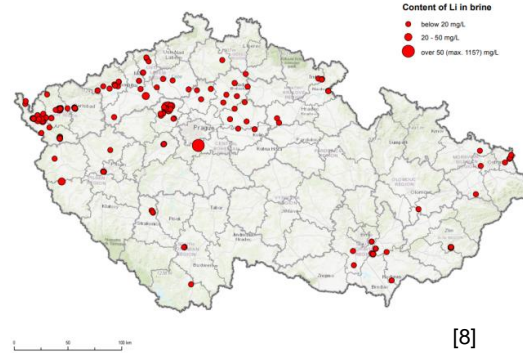
	Wert
Lithiumgehalt [mg/l]	21,8
Temperatur [°C]	21,0
Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	1,15



$\Delta T$ 5 (K)	$\Delta T$ 15 (K)	Massenstrom (kg/s)	Wärmepotenzial (kW) Abkühlung 5 K	Wärmepotenzial (kW) Abkühlung 15 K	Maximum Heizenergie (MWh/a 5 K)	Maximum Heizenergie (MWh/a 15 K)
5	0	0,38	8,0	23,9	69,9	209,7

# Beispielstandort in Tschechien

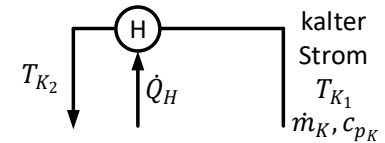
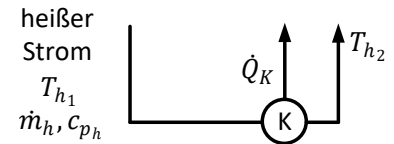
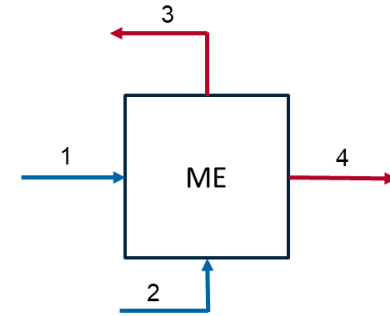
	Wert
Lithiumgehalt [mg/l]	21,8
Temperatur [°C]	21,0
Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	1,15



$\Delta T$ 5 (K)	$\Delta T$ 15 (K)	Massenstrom (kg/s)	Wärmepotenzial (kW) Abkühlung 5 K	Wärmepotenzial (kW) Abkühlung 15 K	Maximum Heizenergie (MWh/a 5 K)	Maximum Heizenergie (MWh/a 15 K)
5	0	0,38	8,0	23,9	69,9	209,7

# Wärmeintegration

- Betrachtung von Systemen mit Strömen, die sich unterschiedlich aufzuheizen oder abzukühlen können
  - Die Analyse mittels Wärmeintegration soll folgende Informationen liefern:
    - Erkennen des mindestens erforderlichen Nutzenergiebedarfs
    - Wärmeintegrationspotential
    - Ermittlung des minimalen Heiz- und Kühlbedarfs
    - Minimaler Exergieverlust
- ➔ Methode: Pinch-Point-Analyse!

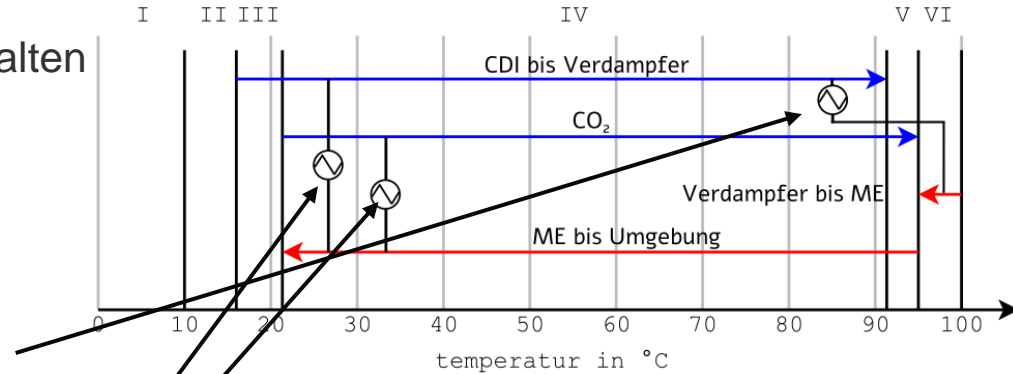


# Wärmeintegration

- Verschaltung von warmen und kalten Strömen
- Ziel: effiziente Nutzung

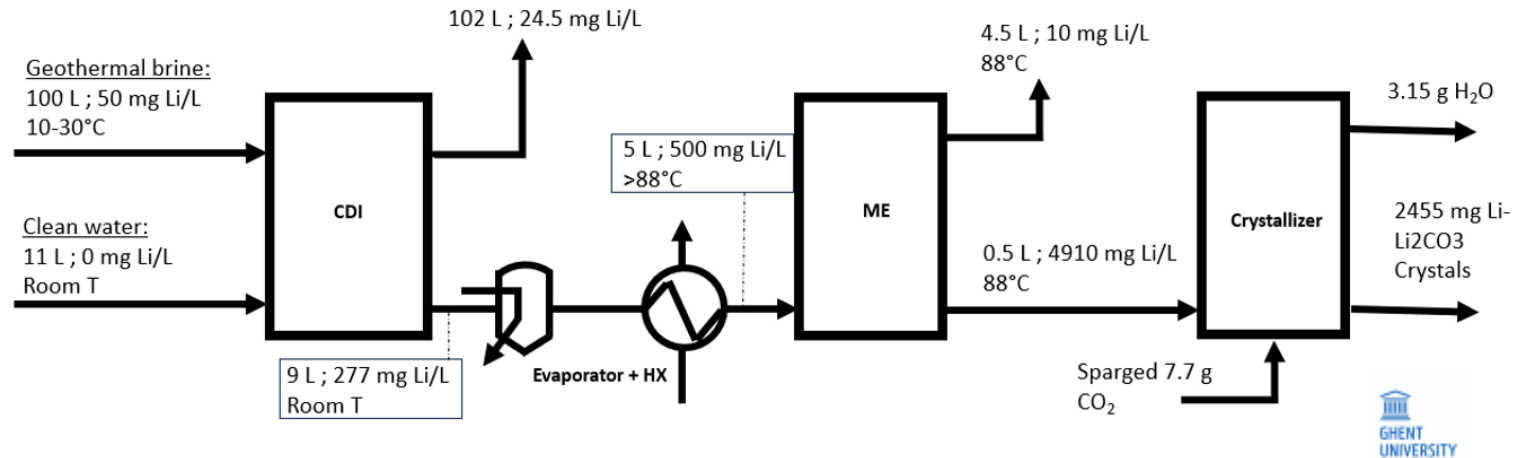
## Verschaltete Ströme

- Abkühlen von 100 °C auf 95 °C
- Vorheizen mit 100 °C auf 93 °C
- Abkühlen von 95 °C auf Minimal
- Vorheizen mit 95 °C auf 88 °C
- Vorheizen mit 47 °C auf 30 °C





# Beispielprozess der Universität Ghent



Black box model for lithium extraction, incomplete material flows (2024)

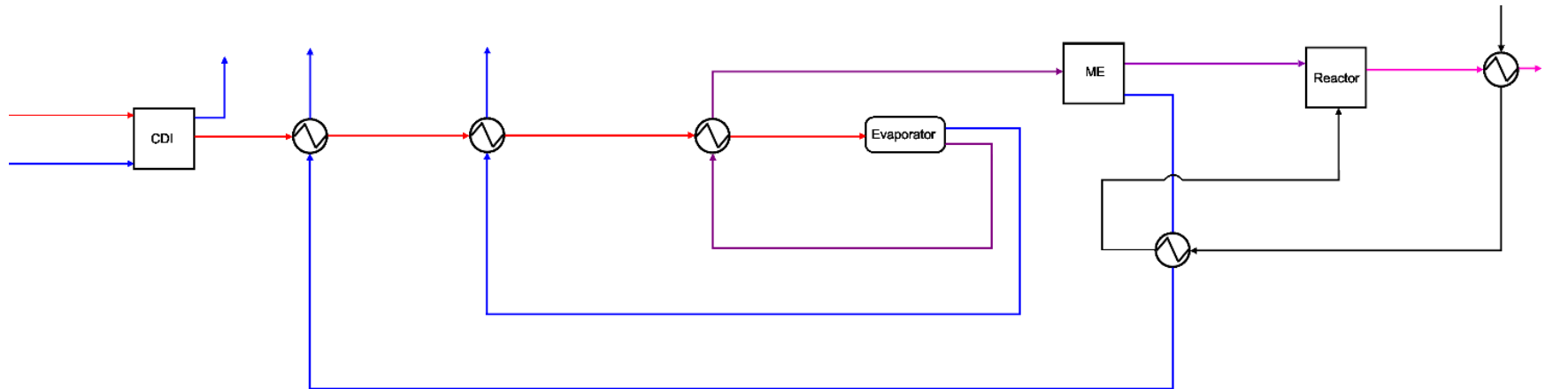
# Ausgangssituation

- Integration der Ströme
- Optionen nach/vor jedem Prozess



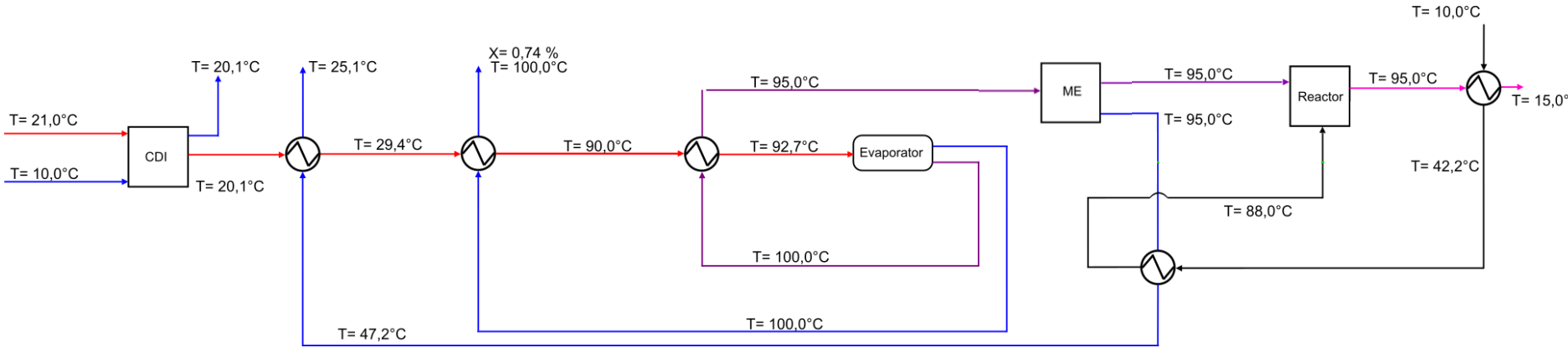
→ Sole      → Wasser      → aufkonzentrierte Sole → CO<sub>2</sub>

# Verschalteter Prozess



→ Sole    → Wasser    → aufkonzentrierte Sole    → CO<sub>2</sub>

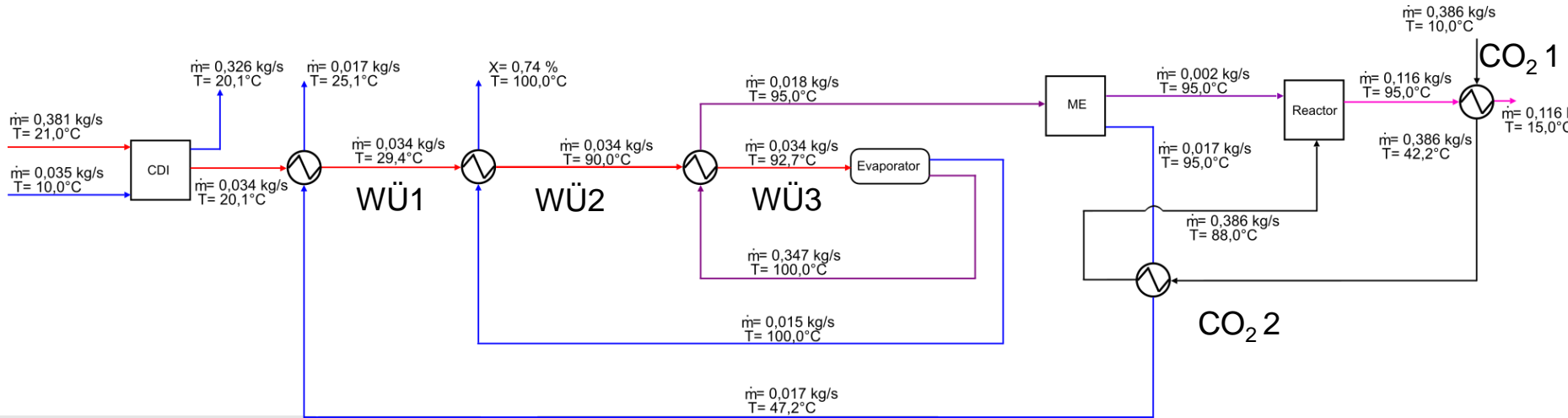
# Prozess Standort Tschechien



	Wert
Lithiumgehalt (mg/l)	21,8
Temperatur (°C)	21,0
Volumenstrom (m³/h)	1,15

→ Sole      → Wasser      → aufkonzentrierte Sole → CO<sub>2</sub>

# Prozess Standort Tschechien

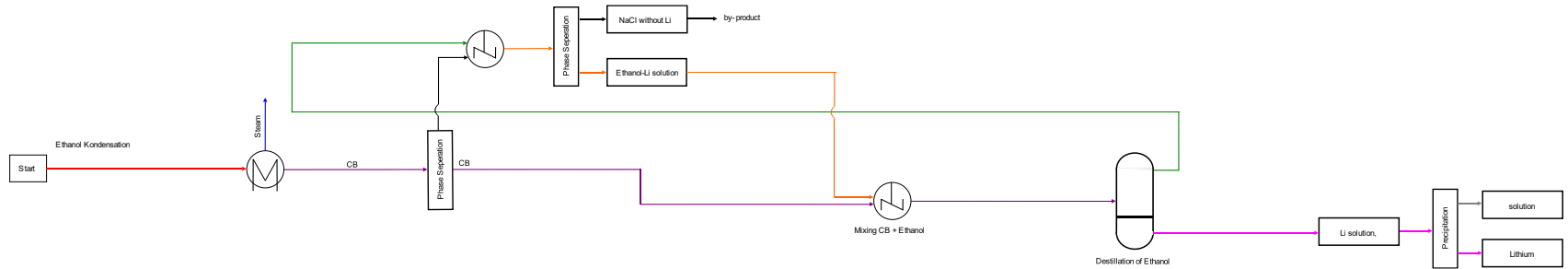


	Wert
Lithiumgehalt (mg/l)	21,8
Temperatur (°C)	21,0
Volumenstrom (m³/h)	1,15

Wärmeübertrager	
WÜ Sohle 1	1,33 kW
WÜ Sohle 2	8,71 kW
WÜ Sohle 3	0,38 kW

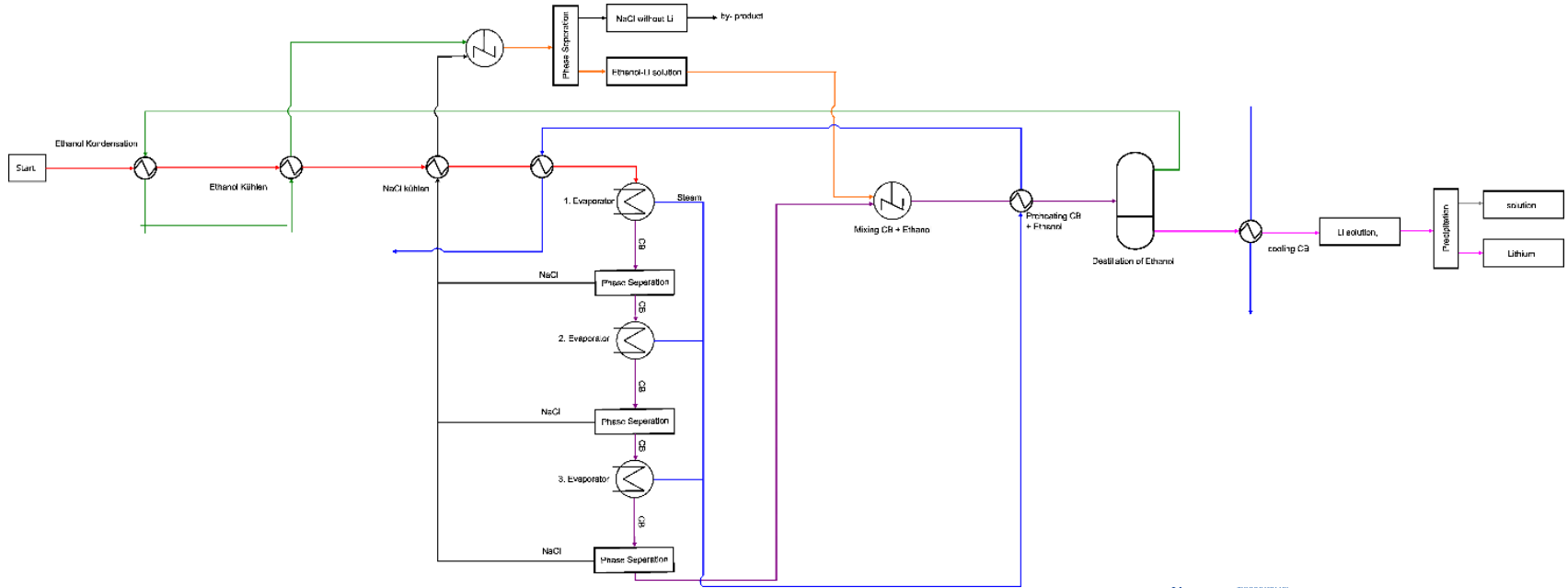
Wärmübertrager	
WÜ CO <sub>2</sub> 1	3,34 kW
WÜ CO <sub>2</sub> 2	10,49 kW

# Solvent Extraction (SX)



- Verdampfung der Sole
- Feststoff wird mit Fluid versetzt
- Mischung von angereicherter Sole und Fluidlösung
- Destillation
- Endprodukt

# Solvent Extraction (SX)

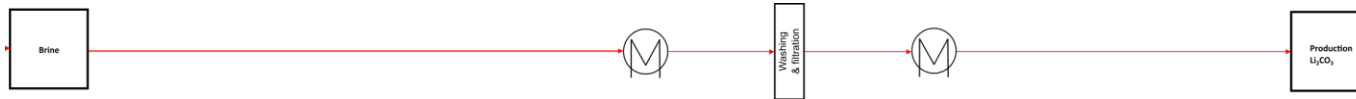


# Synthetische Adsorption

- Herstellung eines Adsorptionsstoffes

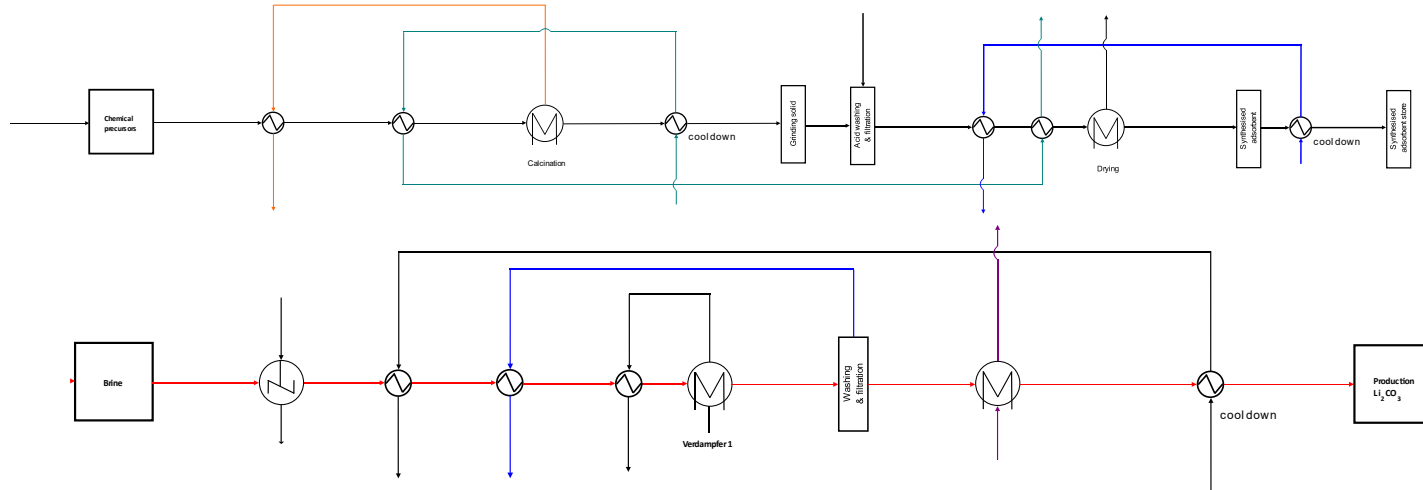


- Reaktion Adsorptionsstoff und Sole
- Verdampfung der Flüssigkeit



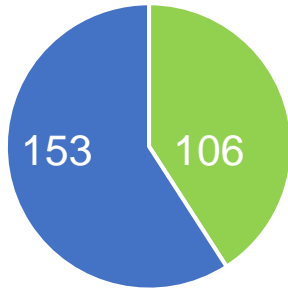


# Synthetische Adsorption



# Energiebedarfe

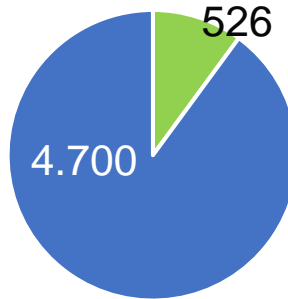
## Membran Elektrolyse



■ Energy-saving MWh/a  
■ Energy Demand MWh/a

**Total 259 MWh/a**  
**Einsparungen 40,8 %**

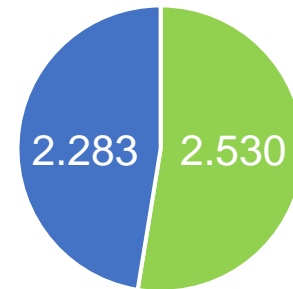
## Solvent Extraction



■ Energy-saving MWh/a  
■ Energy Demand MWh/a

**Total 5.226 MWh/a**  
**Einsparungen 10,1%**

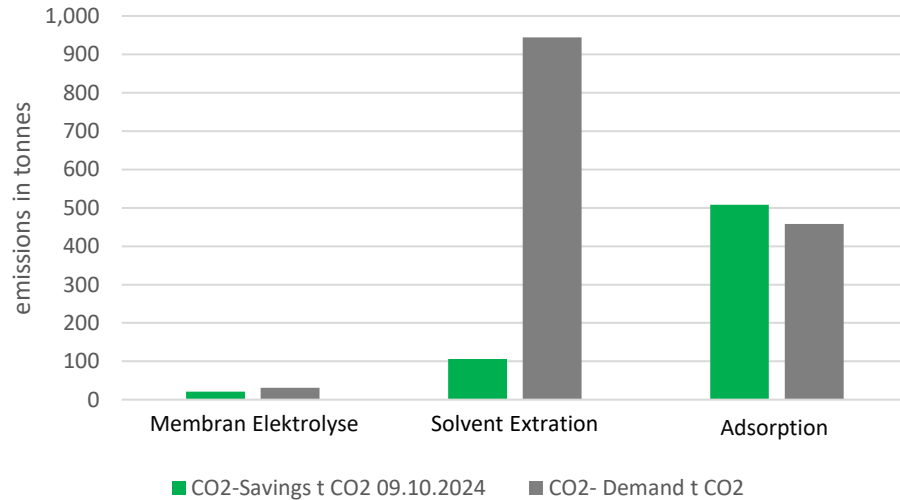
## Adsorption



■ Energy-saving MWh/a  
■ Energy Demand MWh/a



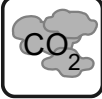
**Total 4.813 MWh/a**  
**Einsparungen 52,6%**

# CO<sub>2</sub>- Emissionen



- Gemäß Energieverbräuchen zeigen sich deutliche Unterschiede
- Die Berechnung basiert auf einem Faktor von 200,8 g CO<sub>2</sub>/kWh Erdgasäquivalent

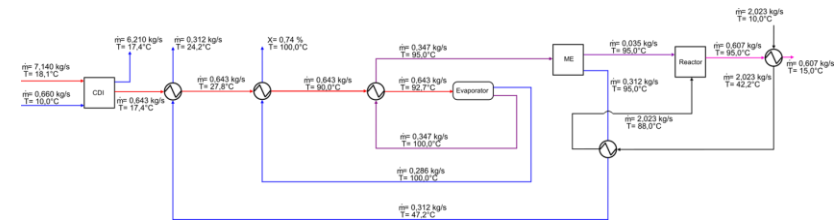
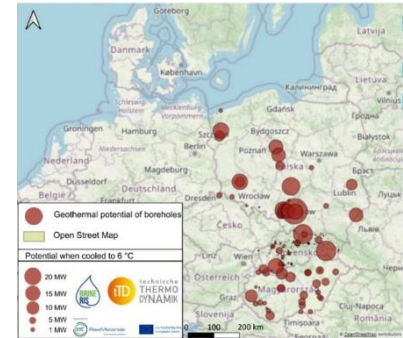
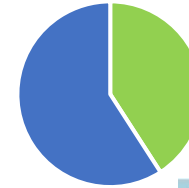
# Vergleich zu 1 kg Endprodukt

	Membran Elektrolyse	Solvent Extraktion	Adsorption
	energy/ 1 kg kWh		
	Cost <sub>fossil</sub> / 1 kg €		
	Cost <sub>renew</sub> / 1 kg €		No data available from the lab
	CO <sub>2-fossil</sub> / 1 kg kg		
	CO <sub>2-renew</sub> / 1 kg kg		

Annahmen Tschechien :  
 Gaskosten: 0,11 €/kWh  
 Strom (nicht privat): 0,21 €/kWh  
 Strom (CO<sub>2</sub>-Faktor): 107g CO<sub>2</sub>/kWh  
 COP Wärmepumpe: 4

# Zusammenfassung

- Berechnete Größen:
  - Geothermisches Potenzial ermittelt
  - Energieeinsparung
  - CO<sub>2</sub>-Kosten
  - Verfügbares Lithium
- Prozess analysiert (Prozesse derzeit in Labormaßstab)
- Lithiumproduktion in Europa ist möglich





10/2022 – 09/2025



01/2022 – 12/2024



06/2022 – 06/2025



06/2022 – 06/2025



## TU BERGAKADEMIE FREIBERG

Lehrstuhl für Technische Thermodynamik,  
Gustav-Zeuner-Straße 7, 09599 Freiberg



Der  
Geothermie  
Kongress  
2024



MBA. Timm Wunderlich  
Tel. +49(0)3731 39-3276  
[Timm.Wunderlich@ttd.tu-freiberg.de](mailto:Timm.Wunderlich@ttd.tu-freiberg.de)

Dr.-Ing. Thomas Grab  
Tel. +49(0)3731 39-3004  
[Thomas.Grab@ttd.tu-freiberg.de](mailto:Thomas.Grab@ttd.tu-freiberg.de)

Prof. Dr.-Ing. Tobias Fieback  
Tel. +49(0)3731 39-3960  
[Tobias.Fieback@ttd.tu-freiberg.de](mailto:Tobias.Fieback@ttd.tu-freiberg.de)

Supported by