



**G.E.O.S.**

INGENIEUR-  
GESELLSCHAFT MBH

**kassel24**



02.-04.09.2024

# Simultane Produktion von Baustoffen und Trinkwasser aus sulfathaltigen Grubenwässern

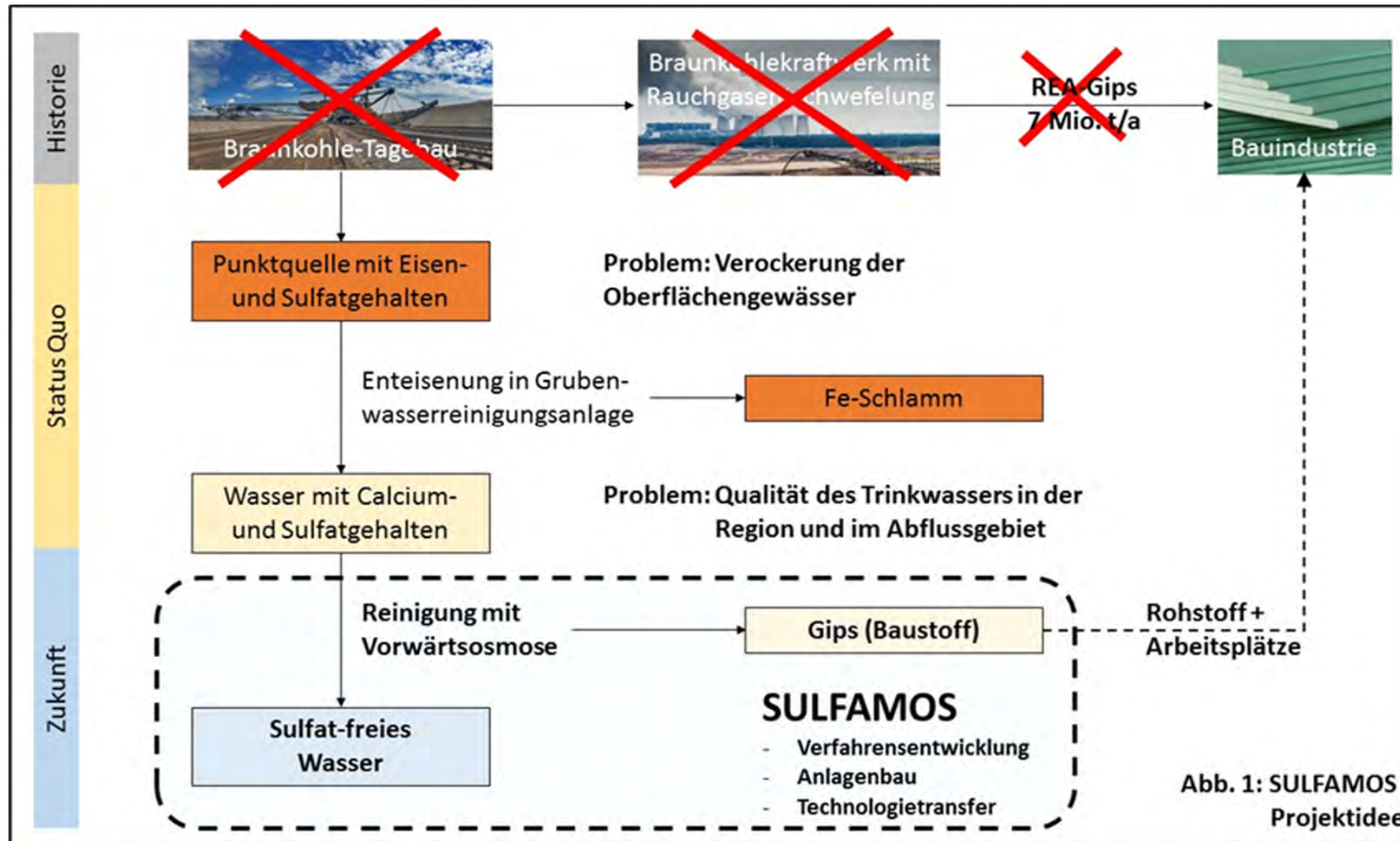
**SULFAM**  **S**

Verbundprojekt **SULFAMOS**

Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Bildung und Forschung  
**Wave**  
Wassertechnologien: Wiederverwendung



# Gesamtziel des Vorhabens



Quelle: fluvicon

20 FOKUS: BETON IM UMBRUCH 1. Mai 2020 · Nr. 18/19

VDI nachrichten

## Beton in der Kohlekrise

Ein anderer wichtiger Rohstoff aus der Entschwefelung der Kraftwerksabgase fällt künftig ebenfalls weg: der sogenannte Rauchgasentschwefelungsanlagen- oder kurz RFA-Gips. Hier werden im Jahr zwar nur weniger als 500 000 t verbraucht, aber ohne Gips würde heutiger Transportbeton schon während der Fahrt zur Baustelle hart und wäre damit unbrauchbar. In Zukunft müsste dieser Gips also entweder vermehrt natürlich abgebaut oder recycelt werden.

sparen se  
**20 %**  
**Kalkstein**  
**viel CO<sub>2</sub>**

# SULFAMOS - Verbundpartner



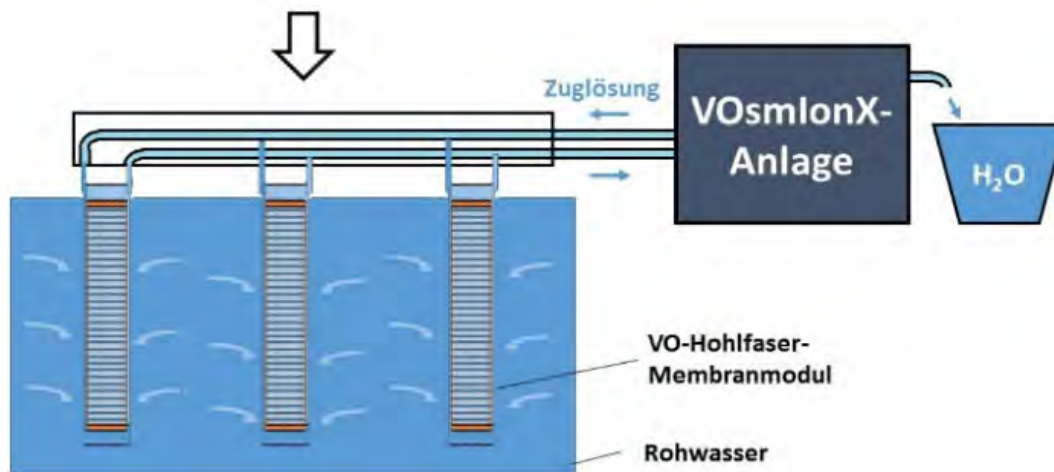
Laufzeit: 01.05.2021 – 30.04.2024

## Projektpartner

- G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
- fluvicon Industries GmbH, Frickenhausen
- MionTec GmbH Leverkusen
- HTW Dresden, Lehrgebiet Wasserwesen
- Fraunhofer-Gesellschaft, Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik



1. Wiederverwendung von sulfatbelasteten Bergbauabwässern als Trink- und Bewässerungswasser unter Anwendung der Vorwärtsosmose (VO)
2. Fällung des Sulfates im Konzentrat als Gips
3. Weiterverwendung des Fällproduktes in der Baustoffindustrie



Quelle: fluvicon

- Abbruchkriterien des Projektes Sulfatrückhalt  
Hohlfasermembranen < 90%
  - Fällungsprodukt muss den Anforderungen der Baustoffindustrie entsprechen



Entwicklung von Hohlfasermembranen,  
Außenschicht selektiv



Prototypen und Bau  
von Membranmodulen



Bau einer VO-  
Pilotanlage



Projektkoordinator,  
Laboruntersuchungen und Bau des Fällungsmoduls,  
Pilotierung vor Ort



Hydrodynamische und  
hydrochemische Modellierung,  
Analytik, Baustoffuntersuchung



Stellte Standort für  
Aufstellung der Pilotanlage  
zur Verfügung

Entwicklung von Hohlfasermembranen, außen selektiv, Tests

## 1. Spinnen



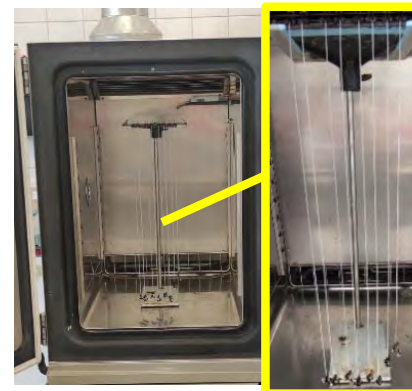
Quelle: IGB

## 2. Nachbehandlung

- in Wasser



- in Klimakammer



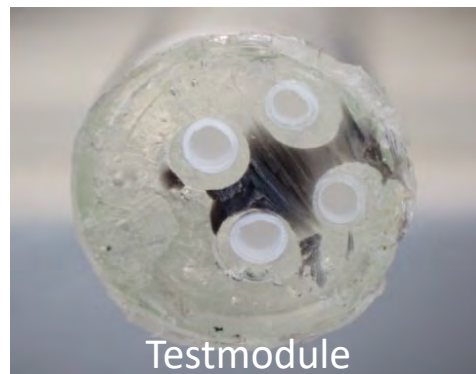
## 3. Tests



- Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung geeigneter Membranen zur Outside-In-Filtration, anschließend Bau von Membranmodulen die sich auszeichnen durch
  - Lange Lebensdauer
  - Einfache und effektive Reinigung



Quelle: fluvicon



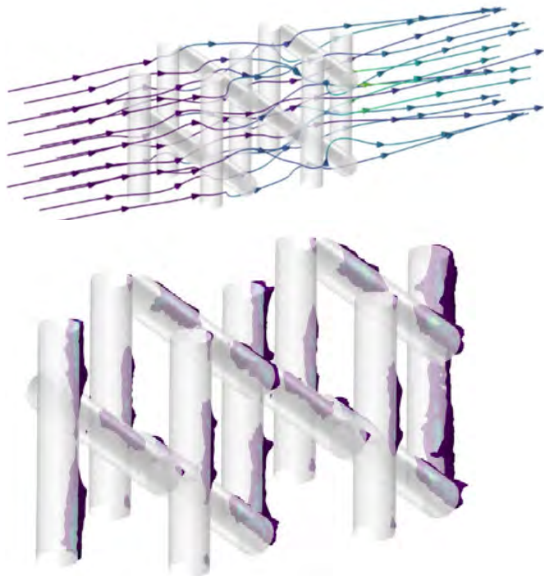
Quelle: fluvicon



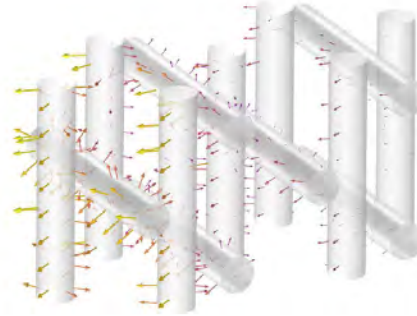
Quelle: fluvicon



## Hydrodynamische, hydrochemische Modellierung, Analytik, Baustoffuntersuchung



Sulfatfluss und Scaling



Hydrodynamische  
Beanspruchung der  
Membran



Hydrodynamischer  
Test

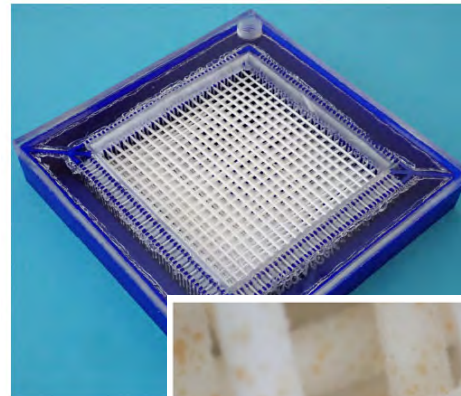
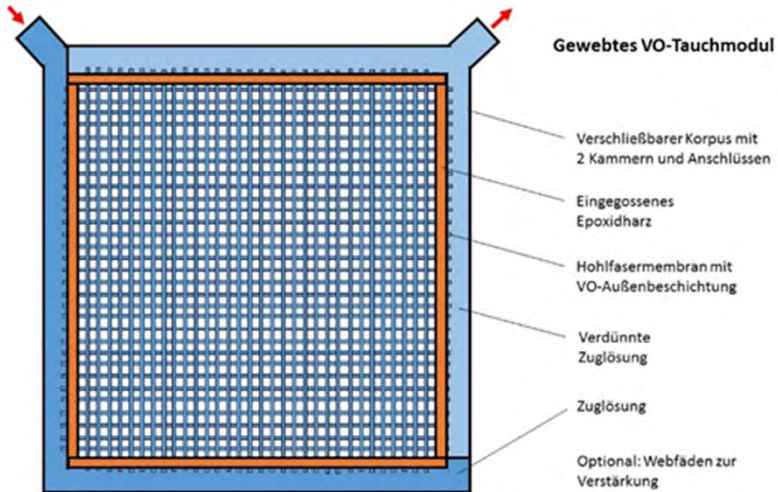


Untersuchung der  
Fällprodukte

Quelle: HTW



## Entwicklung und Bau der Tauchmodule



Quelle: fluvicon

Flux zu gering,  
Strömungstechnisch sehr ungünstig

Test mit Grubenwasser,  
erfolgreich



## Bau einer VO-Pilotanlage und Membranmodul Demonstrator



Quelle: MionTec

## Design und Bau des Demonstrators

- Versuchsanlage als Hybridanlage ausgelegt:
  - Modul mit entwickelten HF-Membranen: Feed liegt an Außenseite der Membran an
  - kommerzielles Membranmodul (Aquaporin Inside®): Feed wird durch das Membraninnere geführt
- vergleichende Untersuchungen mit dem entwickelten und dem kommerziell verfügbaren Membranmodul
- Aufbereitung der Zuglösung: Umkehrosmose
- 2 Prozesseinheiten
  - VO Hybridanlage
  - UO-Modul

## Laboruntersuchungen, Verfahrensentwicklung und Bau des Fällungsmoduls, Pilotierung vor Ort

Untersuchung Modellwässer

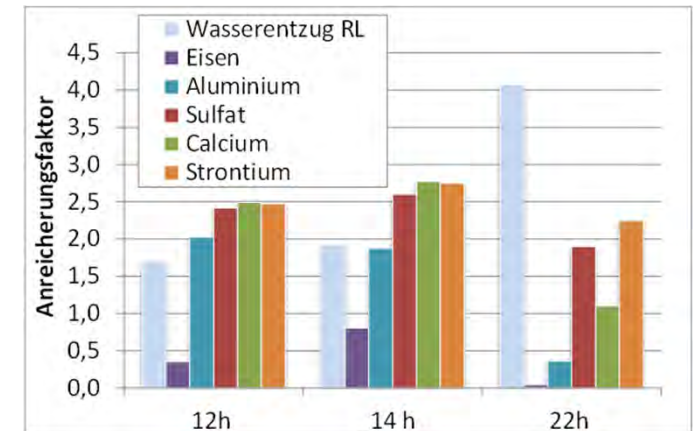


- Versuchsansätze mit unterschiedlichen  $c \text{SO}_4^{2-}$
- Kristallisationskeime

Untersuchung realer Konzentrate

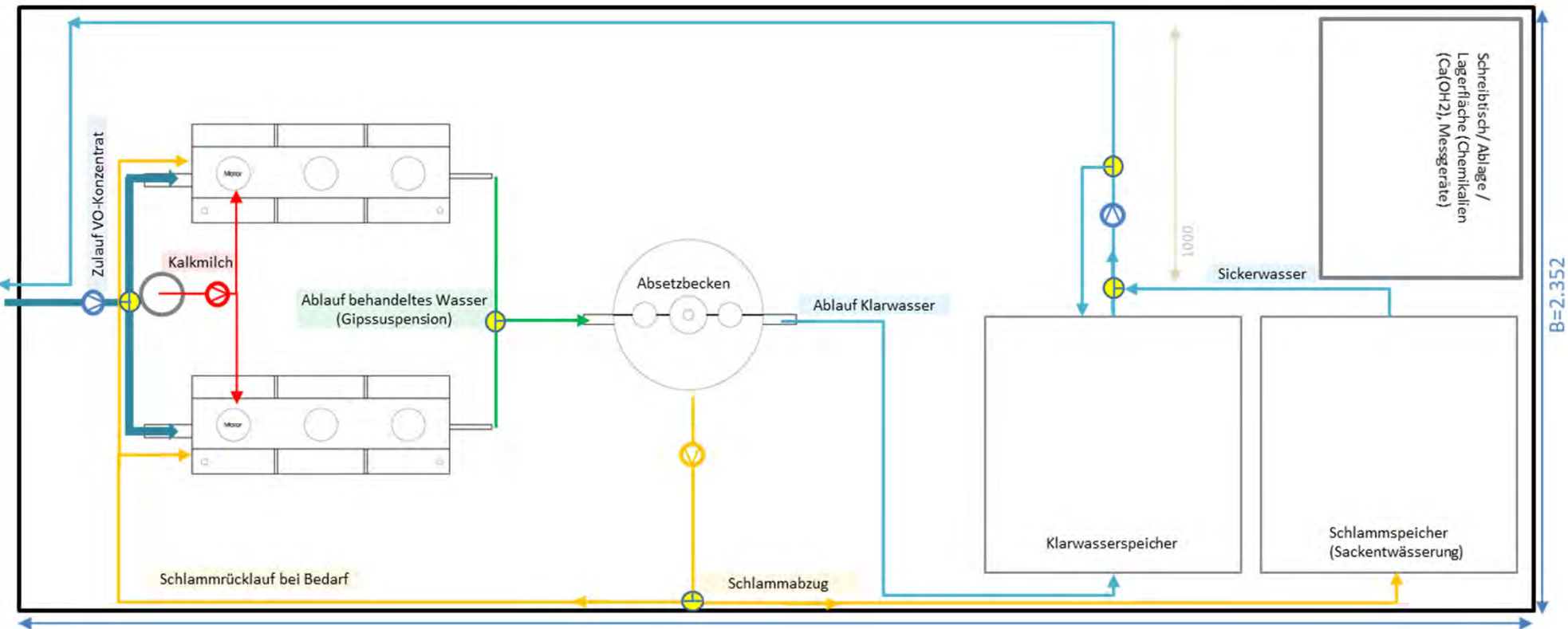


Untersuchung kontinuierliche Gipsfällung



- Fällungsprodukt baustofftauglich

## Fällungsmodul

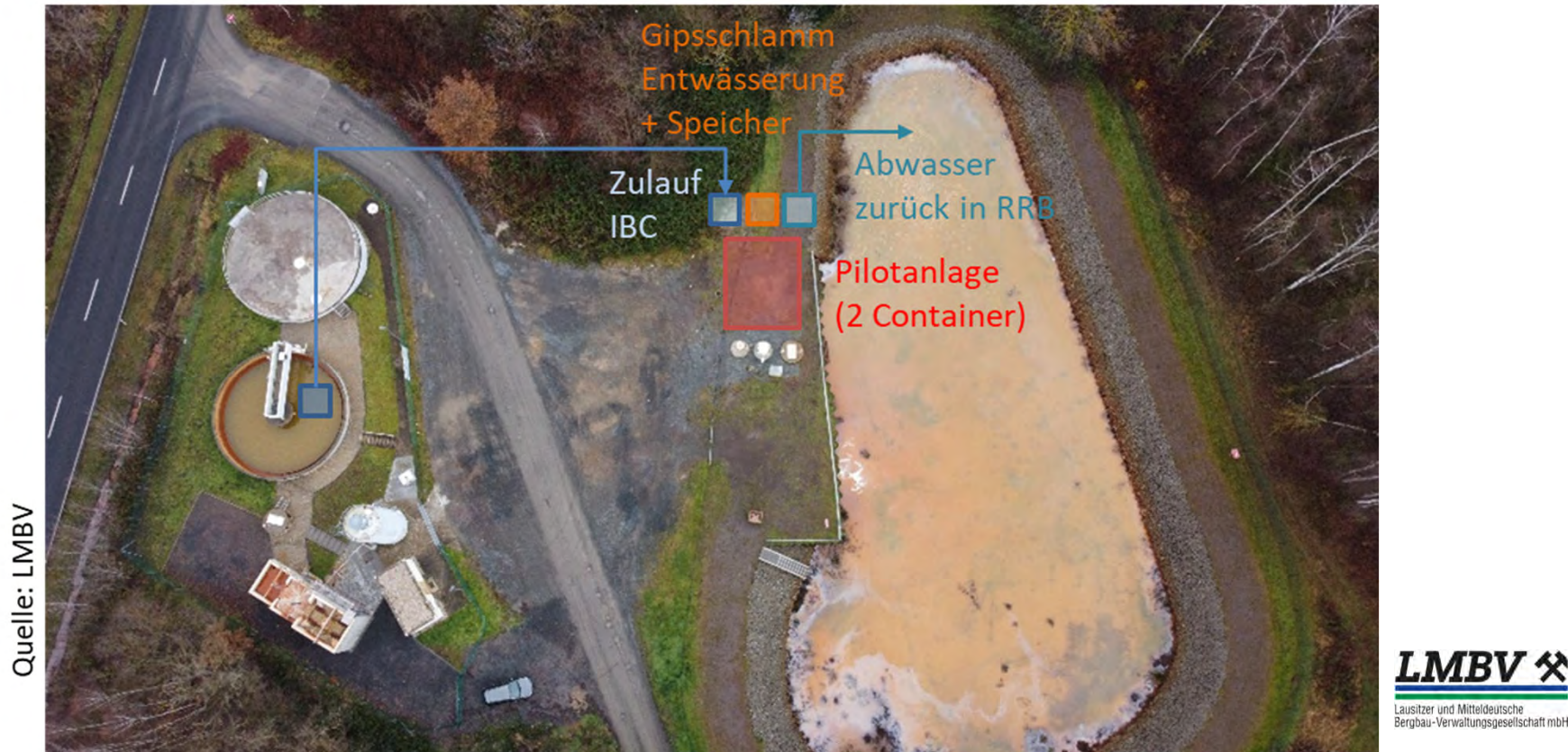


## Aufbau Pilotanlage

- Hybride Versuchsanlage Anfang April 2024 in Betrieb genommen
- VO-Aufkonzentrierung erfolgt auf 1:2 mit kontinuierlichem Zuglösungsrecycling



## Betrieb Pilotanlage





### Ergebnisse

- Kontinuierlicher Einsatz der VO zur Sulfatabreicherung erfolgreich demonstriert
- Grubenwasser ca. 2500 – 3000 mg/l  $\text{SO}_4^{2-}$
- VO-Betrieb bei Aufkonzentrierungsfaktor 2 (optimal)
- Membrananlagerungen reversibel, einfaches Rückspülen mit Produktwasser ausreichend
- VO-Betrieb reproduzierbar
- Flux stark temperaturabhängig
- Gewinnung von Brauch- und Trinkwasser noch nicht realisiert



### Ergebnisse

- Fällungsprodukt im Laborversuch entsprach den Anforderungen der Baustoffindustrie (85% Gips, 15% Calcit und Brucit, Eisen nur in Spuren). Einer Verwendung als Bauprodukt sollten die Nebenbestandteile nicht entgegenstehen (HTW – Laborbericht P5053)
- Aufgrund der kurzen Pilotierungszeit gelang es im Pilotversuch nicht, die Gipsqualität an die Anforderungen der Baustoffindustrie anzupassen (hoher Anteil Störstoffe Calciumcarbonat und Magnesiumhydroxid, Gipsgehalt mit 45% zu gering).
- Hierzu sind noch weiterführende Untersuchungen notwendig

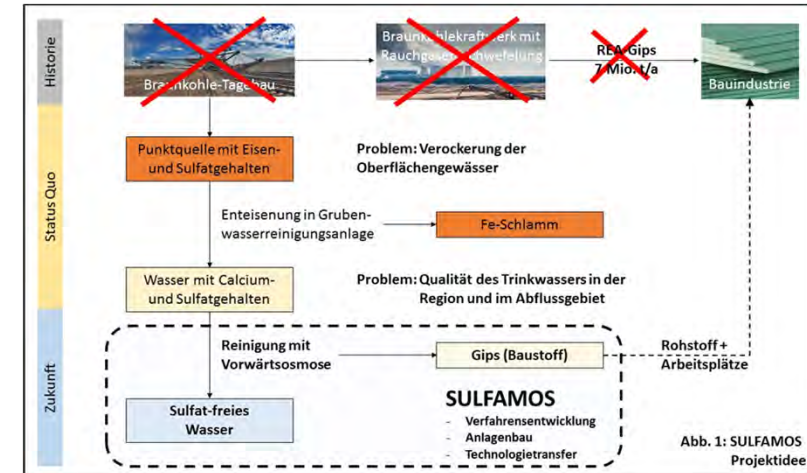


Quelle: G.E.O.S.

Gipskristalle

## Ausblick

- Gegenwärtig laufen noch abschließende Untersuchungen zum Tauchmodul
- Verbesserung der Membran-Performance
- Optimierung der Qualität des Fällungsproduktes, auch unter schwierigen Einsatzbedingungen
- Gewinnung von Trink- und Brauchwasser durch Aufbereitung der Zuglösung
- Folgeprojekte – Partner gesucht



Zielstellung

Förderkennzeichen 02WV1573

Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Bildung und Forschung  
**Wave**  
Wassertechnologien: Wiederverwendung



## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit,





**G.E.O.S.**

INGENIEUR-  
GESELLSCHAFT MBH

**kessel24**



02.-04.09.2024

**Sie sehen Aufgaben. Wir  
Lösungen.**

**Ihre Ansprechpartner:**

Dr. Roland Mayer/Isabel Jordan

Telefon: +49 (0)3731 369-140/252

E-Mail: [r.mayer@geosfreiberg.de](mailto:r.mayer@geosfreiberg.de)

[i.jordan@geosfreiberg.de](mailto:i.jordan@geosfreiberg.de)

[www.geosfreiberg.de](http://www.geosfreiberg.de)