



Langzeitmonitoring im Salzbergwerk. Neues kabelloses Gebirgsdruck-Messsystem

Umsetzung von Forschungsergebnissen zum Einsatz bei BGE

GGB mbH

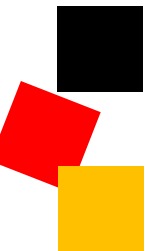
Schaller, M.-B.; Glötzl, J.

IAB Weimar

Palzer, U.; Roske, Th.; Martin, J.

IBeWa

Wilsnack, Th.



Wird in der Geotechnik zu viel gemessen?



Wird in der Geotechnik zu viel gemessen?

NEIN

- Messungen sind Grundlage der Qualitätskontrolle.
- Qualitative Messergebnisse sind sicherheitsrelevant.
- Messergebnisse werden auf Basis messtechnischer Grundlagen hergeleitet.
- Die Bewertung setzt interdisziplinäre Fachkenntnis voraus.
- „Ein Messwert, ist kein Messwert.“ (J. Glözl)



Inhalt

1. Firmenporträt
2. Aufgabenstellung und Herausforderung
3. Umsetzung und Forschungstätigkeit
4. Prototyp und Feldeinsatz
5. Inbetriebnahme von **KOSMOS** auf Schachtanlage Asse
6. Ausblick



1. Firmenporträt

- Geo**Plan**® Planung und Konzeptionsleistungen und Forschungsleistungen
- Geo**Service**® Einbau und Montageleistungen
- **GKSPro**® Server und digitale Infrastruktur
- Geo**Watch**® Mess- und Erfassungsanlagen
- Geo**Light**® Glasfaser-Messsysteme
- Geo**Guard**® Bereitschaftsdienste
- Geo**Level**® Setzungsmesssysteme



Leipziger Straße 14
04571 Rötha OT Espenhain

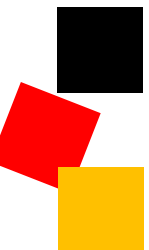
<http://www.ggb.de> ▪ info@ggb.de
Tel: +49 (0)34206 646 0

HRB 6701 Leipzig
Ust.-ID: DE 152853532

2. Aufgabenstellung und Herausforderung

Anforderungen

- Monitoring von Gebirgsspannungen mit in situ installierten, an den Versatz angebundenen Sensoren über den Zeitraum von Jahrzehnten
- Kabellos und zerstörungssicher. Angepasst an die raue Umgebung des Bergbaus.
- Beständigkeit gegen Korrosion im Salinar
- Kabellose Datenübertragung durch das Gebirge bei wechselnden Feuchtigkeitsbedingungen



2. Aufgabenstellung und Herausforderung

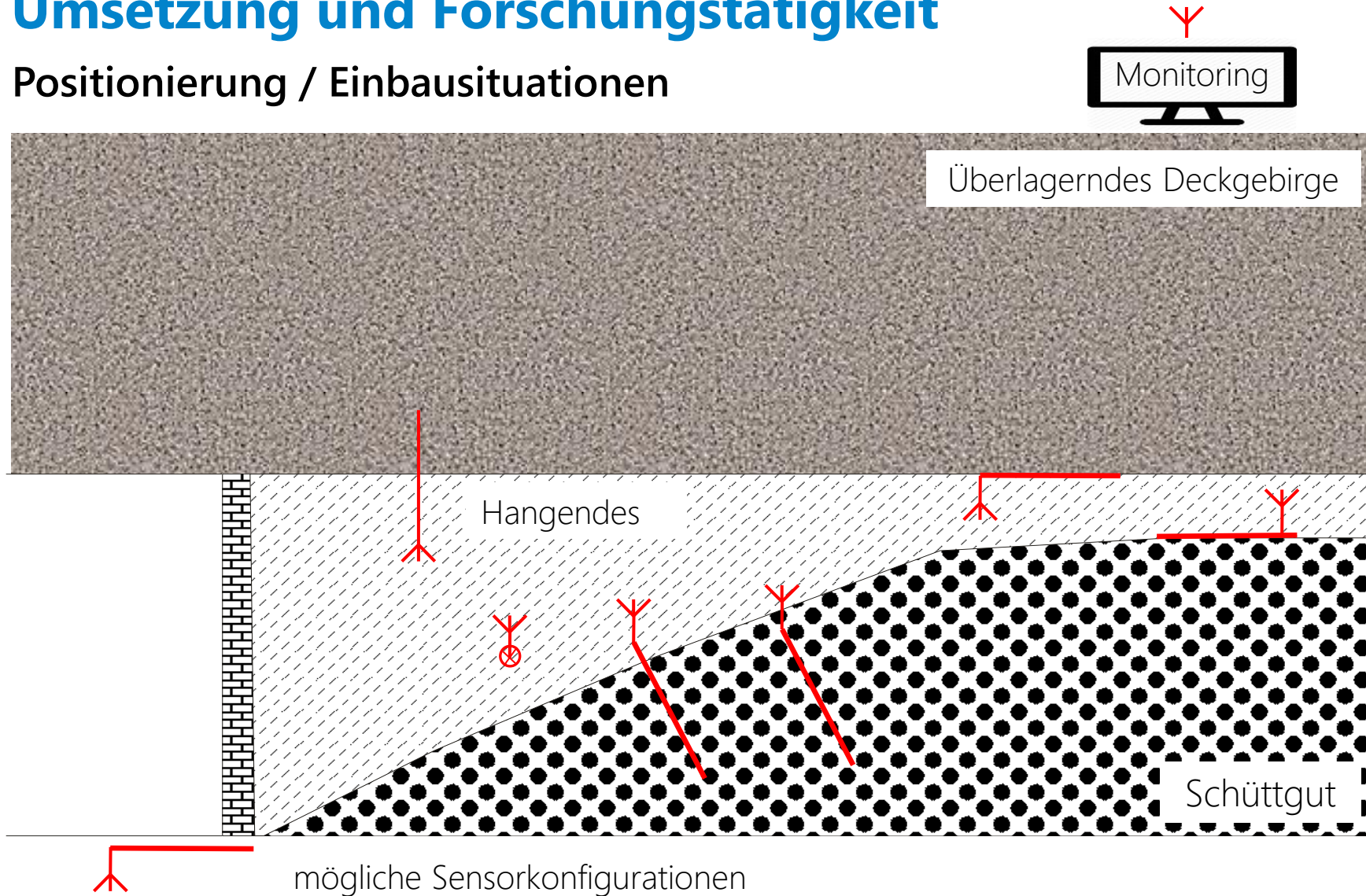
Herausforderungen

Prinzipiell stellt die autarke und kabellose Messwerterfassung hohe Anforderungen:

- Besonders hohes Maß an Ausfallsicherheit erforderlich
- Langfristiger Planungs- und Entwicklungsaufwand
- Begrenzter Energievorrat gekoppelt an ein intelligentes Energiemanagement
- Minimale Anforderungen an Platz und Zugänglichkeit
- Kostengünstiger bergmännischer Einbau
- Begrenzte Bandbreite zur Kommunikation
- Definiertes Funkband außerhalb herkömmlicher Betriebsfrequenzen

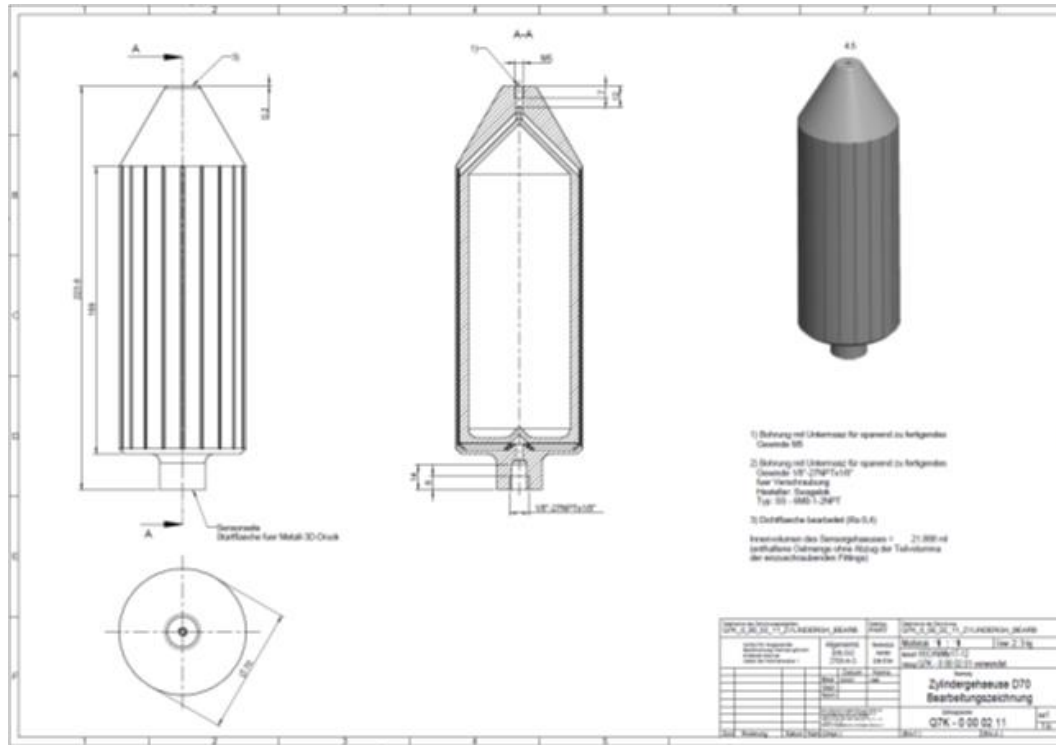
3. Umsetzung und Forschungstätigkeit

Positionierung / Einbausituationen



3. Umsetzung und Forschungstätigkeit

Konzipierung der konstruktiven Ausführung

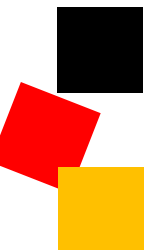


Herstellungsverfahren:
3D-Druck

Material:
Edelstahl

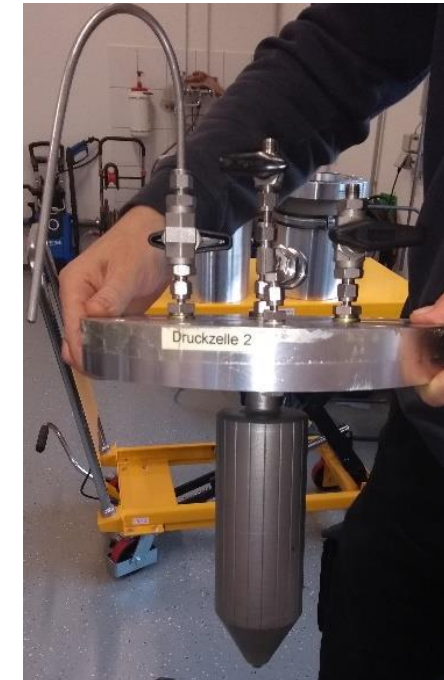
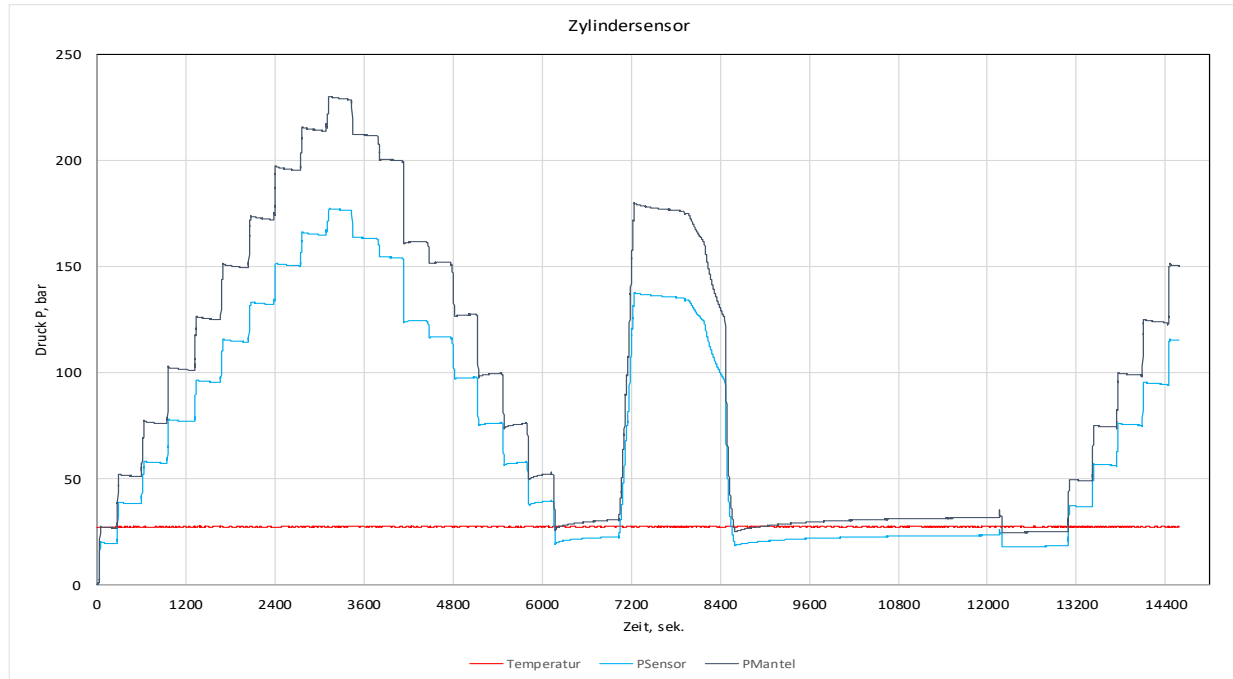
Durchmesser:
70 mm

Planung unter Verwendung einfacher Geometrien
Herstellung der Sensoren im 3D-Druck



3. Umsetzung und Forschungstätigkeit

Kalibrierung des Systems



Test des Messensors im Autoklaven

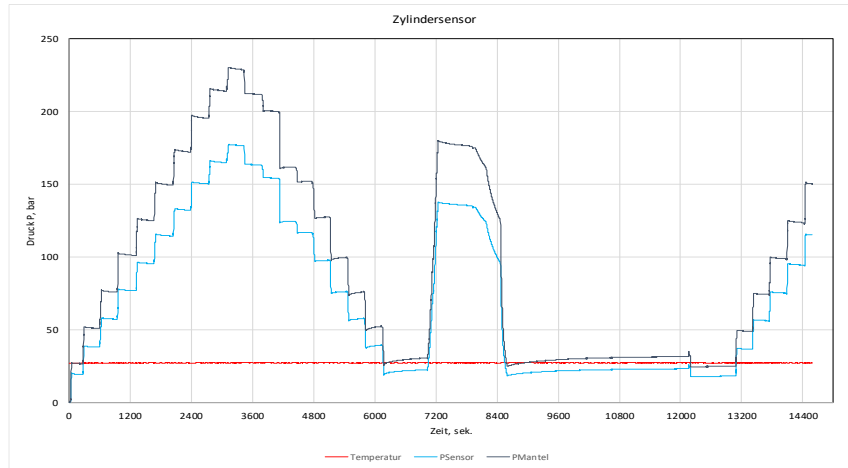
Bestimmung der Übertragungsfunktion

$$P_{\text{Sensor}} = f(P_{\text{Autoklav}})$$



3. Umsetzung und Forschungstätigkeit

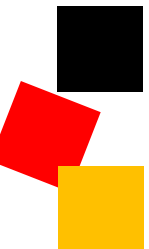
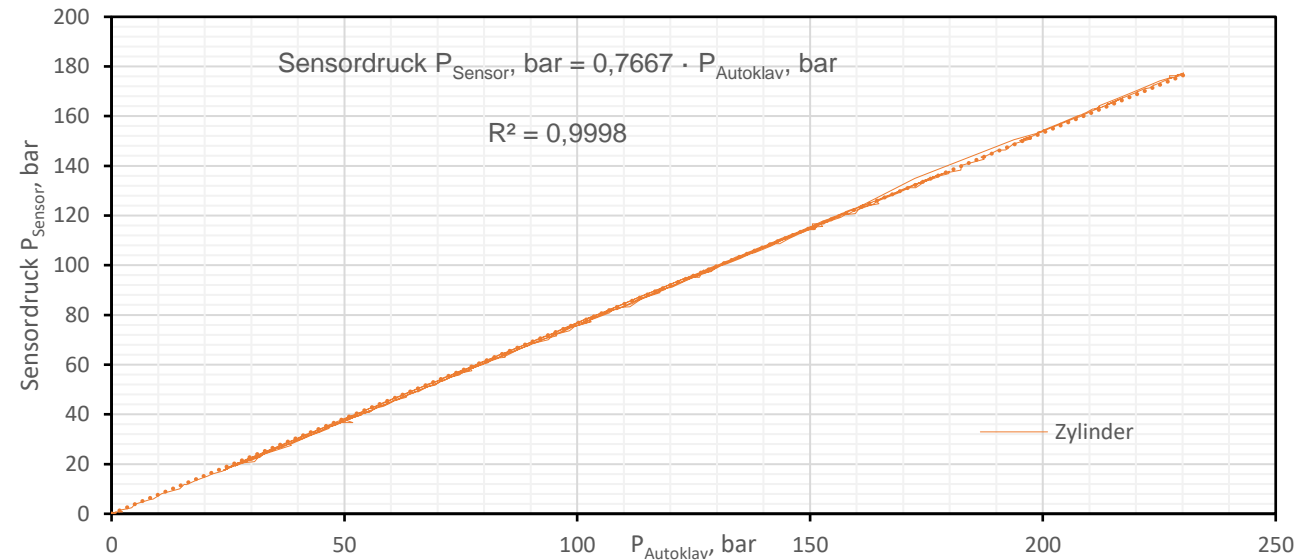
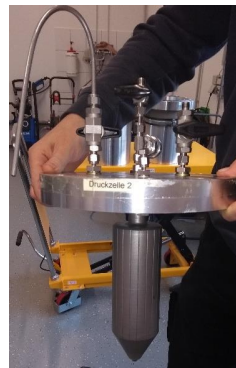
Kalibrierung des Systems



Test des Messensors im Autoklaven



Bestimmung der Übertragungsfunktion

$$P_{\text{Sensor}} = f(P_{\text{Autoklav}})$$



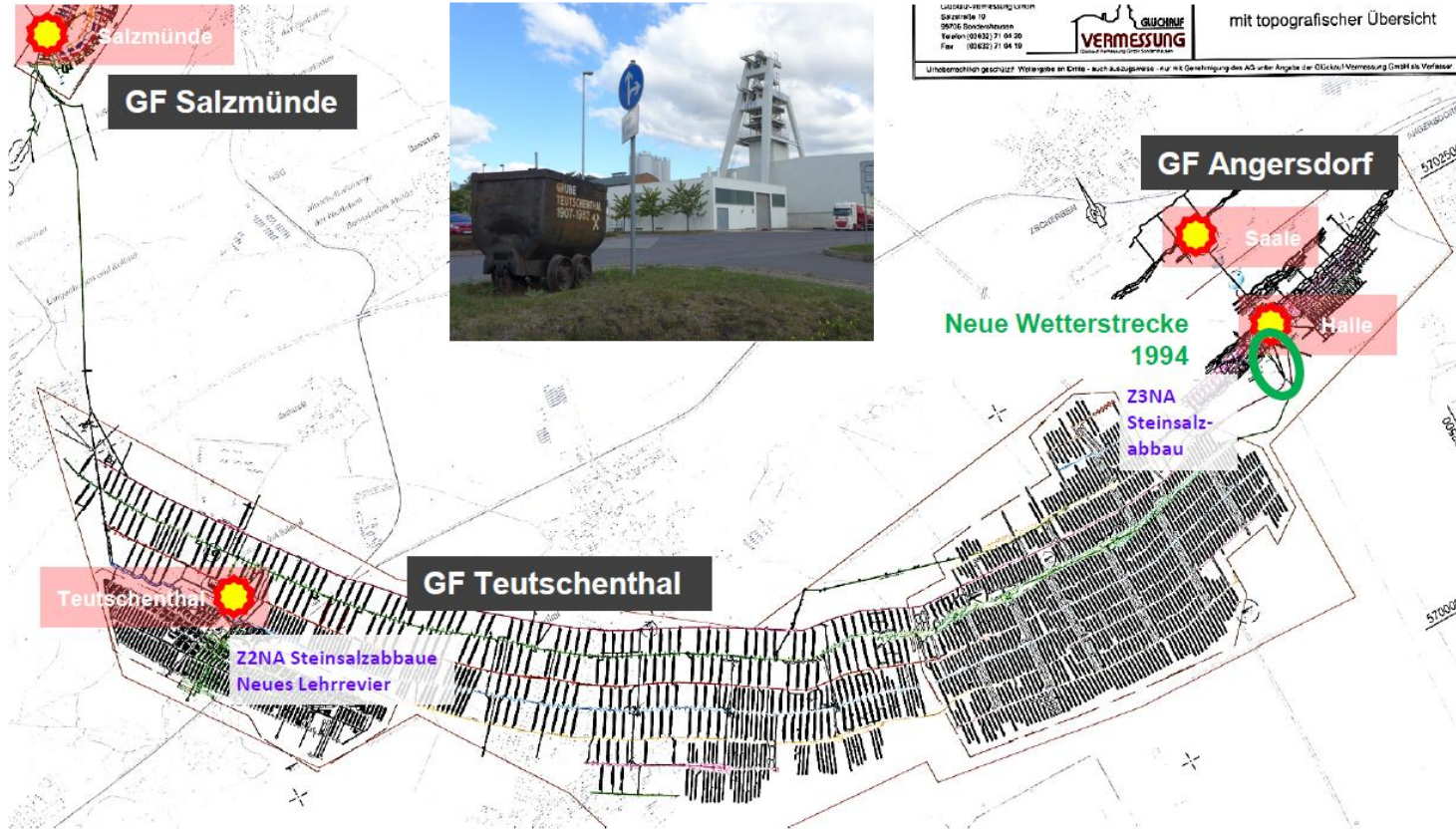
3. Umsetzung und Forschungstätigkeit

Komponenten der Systemkonfiguration

Magnet-Modul + Antenne Übertragung im feuchten Gebirge	UHF-Antenne Übertragung im trockenen Gebirge	Elektronik + Energieversorgung + Energiemanagement + Steuerung Messung und Datenübertragung + UHF-Funkmodul	Messsensor Messung Versatzspannung + Temperatur
			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ keine galvanische Anbindung ans Gebirge → keine Korrosion ▪ kein Metallgehäuse, vollkommen dicht → keine Korrosion ▪ Reichweite in Abhängigkeit von Antennenkonfiguration 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ keine galvanische Anbindung ans Gebirge → keine Korrosion ▪ kein Metallgehäuse, vollkommen dicht → keine Korrosion ▪ Reichweite mehrere 100 m 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Edelstahlgehäuse, vollkommen dicht → sehr geringe Korrosion ▪ Reichweite mehrere 100 m ▪ Mess- und Kommunikationsregime – frei wählbar ▪ bidirektionale Kommunikation für Konfiguration Messregime ▪ Steuerung/Kommunikation Magnet-Modul ▪ Zwischenspeicherung Messdaten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stahlgehäuse in Bettungsmörtel → beständig ▪ 3D-Einspannung im Versatz / Gebirge

4. Prototyp und Feldeinsatz

In-situ-Test der Sensorkonfiguration



Grube Teutschenthal (Leine-Subformation z3) → GTS

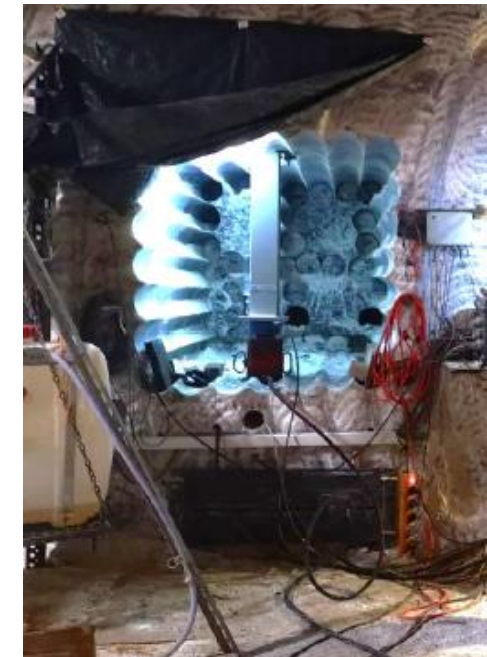
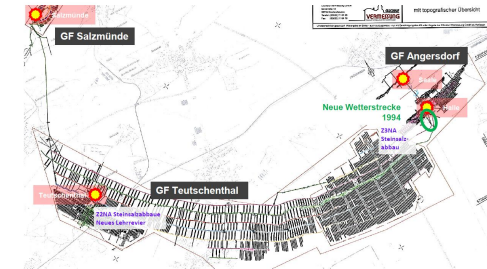


4. Prototyp und Feldeinsatz

In-situ-Test der Sensorkonfiguration

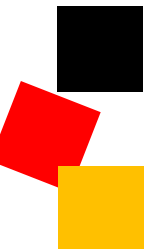
Test Programm

- Installation des Messsystems unter Bergbaubedingungen im Salinar
- Testphasen für unterschiedliche Belastungsszenarien
 1. kurzzeitige Belastung – Ermittlung Messverhalten Spannungssensor
 2. Monitoring über mindestens 3 Monate in einer Bohrung
 - a. Erfassung des Mess- und Sendeverhalten
 - b. Energieverbrauch
 - c. bidirektionale Kommunikation zwischen Empfangsstation und Sensor
 3. Kurzzeittests bei unterschiedlichen Feuchtigkeitsbedingungen zur Beurteilung der Wirksamkeit der automatischen Anpassung der Übertragungsmethoden
- Testzeitraum 11/2019 - 03/2020



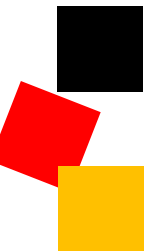
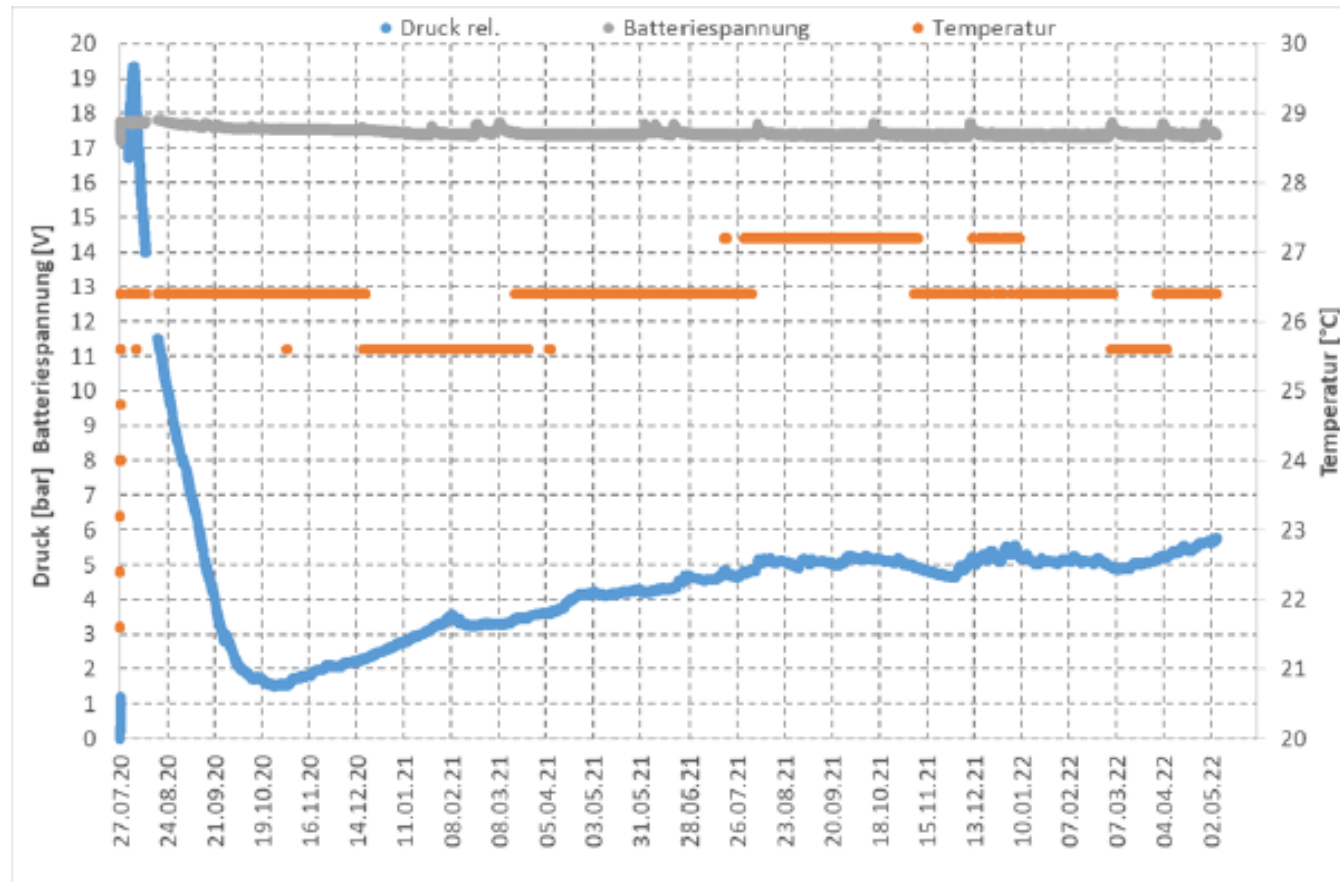
4. Prototyp und Feldeinsatz

In-situ-Test des Gesamtsystems



4. Prototyp und Feldeinsatz

In-situ-Test der Sensorkonfiguration



4. Prototyp und Feldeinsatz

Entwicklungsergebnis zum Einsatz bei BGE



- Robuster Versatzdrucksensor mit Ankopplung an das Gebirge durch ein geeignetes Bettungs-Vergussmaterial
- Kabellose Datenübertragung und bidirektionale Kommunikation in veränderbaren Feuchtigkeitszuständen in der zu überwachenden Formation
- Energieversorgung und Energiemanagement zur Absicherung der Messung, Datenerfassung und Übertragung für lange Funktionsdauern (bis 10+ Jahre sicher)
- Das Monitoringsystem kann standortbezogen auf die Messaufgabe und den Monitoringzeitraum konfiguriert werden.



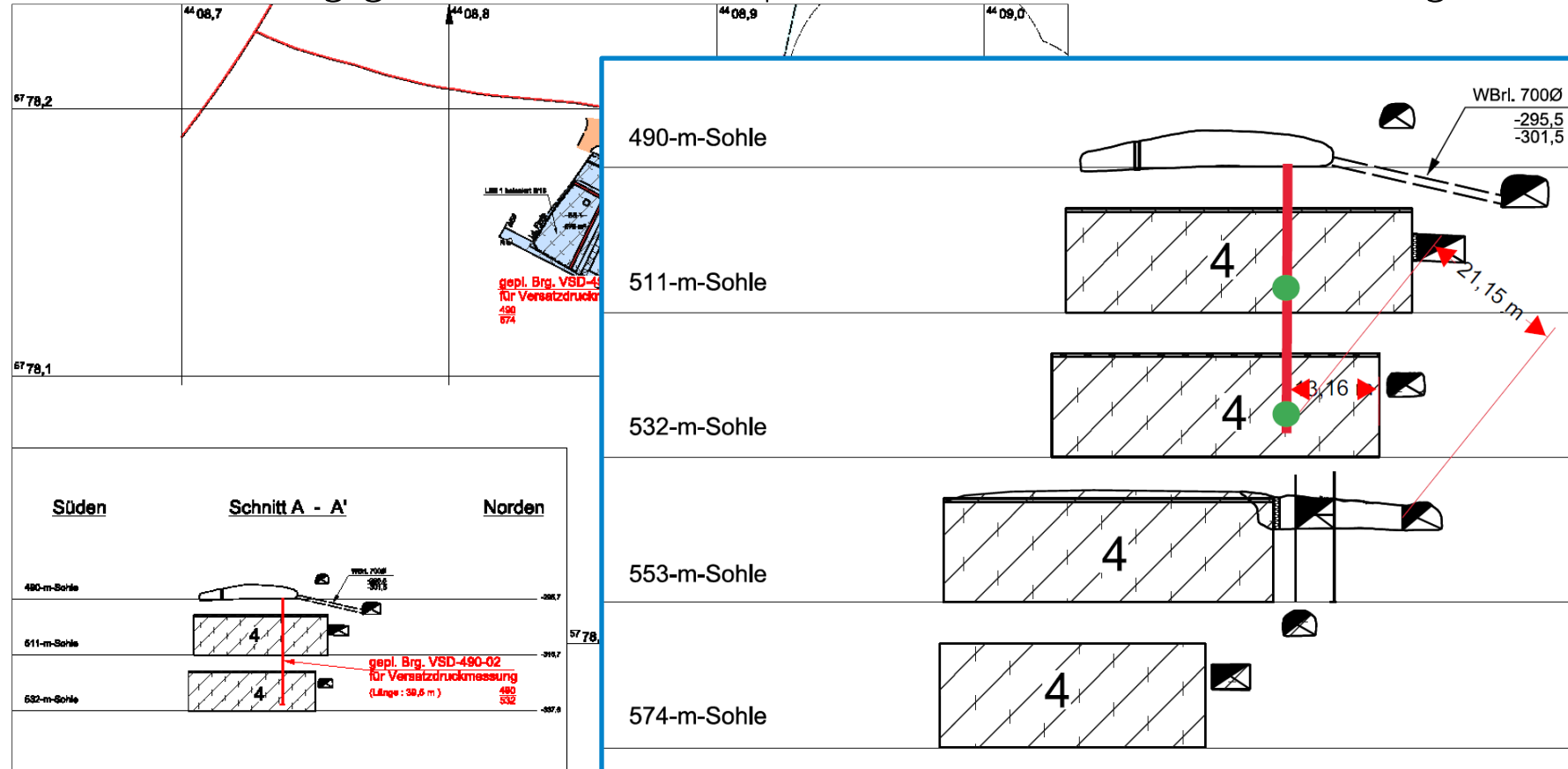
5. Inbetriebnahme auf Schachtanlage ASSE



- **Auslieferung des Messsystems KOSMOS** als fertiges Produkt zur Instrumentierung in vorab bauseits abgeteufte Bohrung
- Bedarfserfassung durch das Oberbergamt 2013, Kenntnissnahme anlässlich eines Fachgesprächs auf der Asse
- Forschungsbeginn 2017, Forschungsende 2020
- Übernahme des Messsystems durch BGE im Dezember 2021
- Instrumentierung im Oktober 2023

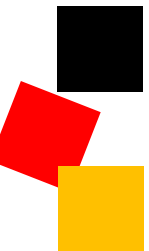
5. Inbetriebnahme auf Schachtanlage ASSE

Instrumentierung gemäß Einbaukonzept der BGE/GGB/IBeWa in Bohrung 490 in 2023_10



5. Inbetriebnahme auf Schachtanlage ASSE

Vorbereitung der Einbausituation durch den Bergbaubetrieb Vorort



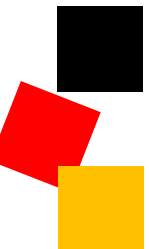
5. Inbetriebnahme auf Schachtanlage ASSE



- Messsystem **KOSMOS** zur Instrumentierung vorbereitet
- Übertragungreichweite überprüft
- **KOSMOS** instrumentiert und gesichert
- Am 16.01.2024 Ringraumverfüllung bauseits mit IM-Asse 1 (ca. 500 Liter Baustoff verbraucht)
- Datenaufzeichnung minütlich
- Datenübertragung nach **GKSPro**[®]
- Bereitstellung der Daten aus **GKSPro**[®] zur Berichtserstellung gemäß behördlichen Vorgaben der Bundesrepublik Deutschland

6. Ausblick

- Von der Bedarfserfassung bis zur Umsetzung → **ein weiter und kostspieliger Weg**
- Der Wunschvorstellung wird mit dem System **KOSMOS** vollumfänglich entsprochen.
- Das neue Messsystem **KOSMOS** steht dem Markt und dem Vertrieb uneingeschränkt zur Verfügung.
- Wir freuen uns darüber, dass weitere Abrufe für **KOSMOS** angekündigt sind und damit unser Engagement positiv anerkannt wird.



Fazit

Wichtig ist, dass das Richtige richtig gemessen wird.

Mit effizienten Gesamtlösungen:

- Auswahl der passenden Sensortechnologie
- Fachgerechter kraft- und formschlüssiger Einbau
- Intelligente Erfassung und Meldung
- Bereitstellung auskunftsstarker Ergebnisse

