
Bericht Nr. 2723003.1a

Schweizer Salinen AG, Pratteln 1

Überwachungsmassnahmen Solfelder Sulz und Grosszinggibrunn

**Konzept Grundwasserüberwachung
Stand Januar 2023**

Münchenstein, 31. Januar 2023

GEOTEST AG
FREILAGER-PLATZ 3
CH-4142 MÜNCHENSTEIN
T + 41 (0)61 205 87 50
F + 41 (0)61 205 87 51
basel@geotest.ch
www.geotest.ch

Autor(en)	Bearbeitete Themen
Céline Pittet	Struktur Konzept
Florentin Ladner	Alle Kapitel
Supervision	Visierte Inhalte
Céline Pittet	gesamter Bericht
Wichtige Hinweise	
<p>Die Überwachungsmassnahmen umfassen Konzeption, Bau und Betrieb, Messungen, Datenmanagement und -auswertung sowie die Berichterstattung. Die Überwachungsmassnahmen stehen alle noch in Entwicklung. Somit werden das vorliegende Konzept für die Grundwasserüberwachung bzw. die Arbeitsschritte (Kap. 5) periodisch überprüft und das Journal (Kap. 6) aktualisiert.</p> <p>Bei der Aktualisierung werden jeweils der Stand der Arbeiten, die neusten Erfahrungen, Erkenntnisse aus Datenerhebung und -auswertung, Resultate von Besprechungen mit Behörden sowie Entscheidungen der SSAG berücksichtigt.</p> <p>Der Stand des Konzeptes ist auf der Titelseite ersichtlich. Die Berichtsnummerierung wird mit dem Suffix (a, b, c, ...) fortlaufend nummeriert.</p> <p>Vorliegende Version: 2723003.1a vom 31.01.2023</p>	

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	4
2.	Ausgangslage	4
3.	Ziele der Grundwasserüberwachung	5
4.	Grundwasserüberwachungskonzept.....	6
5.	Arbeitsschritte	7
6.	Journal Stand Arbeitsschritte	8
7.	Dokumente	9

1. Einleitung

Die Schweizer Salinen AG (SSAG) hat ein generelles Nachsorge- und Überwachungskonzept für Salzkavernen am Ende ihrer Betriebszeit ausgearbeitet. Das Solfeld Sulz und Teile des Solfeldes Grosszinggibrunn (GZB) sind ausser Betrieb und befinden sich aktuell in der Nachsorgephase. Im Rahmen der Nachsorgephase ist der Nachweis zu erbringen, dass die Zugangsbohrungen und die Kavernen sicher und ohne negative Auswirkungen auf Mensch und Umwelt stillgelegt und verwahrt werden können.

Damit die Auswirkungen beurteilt werden können, werden folgende Überwachungsmassnahmen geplant und umgesetzt:

- Redundante Überwachung der Oberflächendeformationen (Dokument 2723003.3x)
- Mikroseismische Überwachung zwecks Erkennung und Lokalisierung von bruchhaften Prozessen im Bereich der Kavernen (Dokument 2723003.2x)
- Grundwassermonitoring mit dem Ziel die Ausbreitung von hochkonzentrierter Chloridlösung zu überwachen (Dokument 2723003.1x / vorliegendes Dokument)

Das vorliegende Konzept zeigt, wie die Grundwasserüberwachung inhaltlich und organisatorisch etabliert werden soll.

2. Ausgangslage

Das Solfeld Sulz wurde zwischen 1981 bis 2019 in vier Etappen erschlossen und betrieben. Heute sind mit Ausnahme von wenigen bereits verschlossenen Bohrungen und Kavernen in der Etappe 1 alle Bohrungen und Kavernen im Standby-Modus (Abbildung 1). Das Solfeld GZB wurde ab 2005 in zwei Etappen erstellt. Heute befinden erste Bohrungen und Kavernen im Standby-Modus, in den übrigen Bohrungen und Kavernen läuft die Produktion weiter ([2]).

Planungs- und Erkundungsphase	Bauphase	Betriebsphase	Nachsorgephase	
			Ordentliche Nachsorge	
			Wartephase / Standby	Nachsorge
variabel	variabel	variabel	ca. 5 Jahre	ca. 10 Jahre
Planung & Erkundung	Produktionsbohrungen	Solbetrieb	Beobachtung	Beobachtung
			↕ Verschluss	↕ Abnahme
			Störfall-Nachsorge	

Abbildung 1: Phasen der Salzgewinnung ([1]).

Die Ist-Zustandserhebung der Solfelder Sulz und GZB (Oktober 2021 bis Juni 2022) zeigte auf, dass der Ist-Zustand im Solfeld Sulz Abweichungen zum Soll-Zustand aufweist ([2]). Diese Abweichungen sind aktuell mit negativen Auswirkungen auf die Umwelt verbunden (lokale Chloridbelastung im Muschelkalk-Aquifer, anhaltende Oberflächendeformationen), so dass das Solfeld insgesamt als Störfall beurteilt wird.

Im Solfeld Grosszinggibrunn werden die Kavernen S141, S142 und S147 als Störfälle beurteilt, weil damit negative Auswirkungen auf den Muschelkalk-Aquifer verbunden sind.

Aufgrund der festgestellten Abweichungen zum Soll-Zustand und der vorläufigen Beurteilung der Auswirkungen auf den Muschelkalk-Aquifer in Form einer qualitativen Gefährdungs- und Risikoanalyse ([3]) ist als Begleitmassnahme eine Grundwasserüberwachung notwendig.

3. Ziele der Grundwasserüberwachung

Das Grundwassermonitoring umfasst folgende Ziele:

- Erfassung des Ist-Zustands im Muschelkalk-Aquifer (hydrochemische Zusammensetzung, Grundwasserpegelstände und Fliessrichtungen)
- Überwachung und Datenakquise der Grundwasserzusammensetzung des Muschelkalk-Aquifers im Zu- und Abstrombereich der Solfelder Sulz und Grosszinggibrunn
- Aufbauen eines Messnetzes zur Erkennung von Havarien (→ Ausbreitung von hochkonzentrierten Chloridlösungen)

- Überprüfung des derzeitigen Interpretationsstands in Bezug auf Grundwasser-
verhalten und -fliessrichtungen (dichtegetriebene Ausbreitung von
hochkonzentrierten Chloridlösungen)
- Überprüfung und Nachführung des bestehenden konzeptuellen Grundwas-
sermodells (→ dichte-getriebene Ausbreitung von hochkonzentrierten
Chloridlösungen)
- Grundlage schaffen für eine zukünftige Grundwassermodellierung

4. Grundwasserüberwachungskonzept

Im Austausch mit dem Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-
Landschaft (AUE BL) werden per Ende Januar 2023 die Eckpfeiler der Überwa-
chung festgelegt (Anzahl und die räumliche Verteilung der Grundwassermessstel-
len, die Tiefenlage und der Ausbau / Instrumentierung der neuen resp. bereits be-
stehenden Grundwassermessstellen). Daraus resultiert ein Monitoringkonzept ([4]
& [5]), welches den kantonalen Behörden zur Stellungnahme / Bewilligung vorge-
legt wird. Mit dem Vorliegen der Bewilligung wird die Umsetzung gestartet. Im
Laufe der Umsetzung wird das Konzept überprüft, angepasst und ergänzt (siehe
Arbeitsschritte im folgenden Kapitel).

Im Anhang 1 liegt ein Situationsplan zum aktuell vorgeschlagenen Messnetz mit
bestehenden sowie geplanten Messtellen bzw. Bohrungen bei (aus [4]).

5. Arbeitsschritte

1. Grundwasserüberwachungskonzept
 - 1.1 Abgabe überarbeitetes Konzept gemäss Inputs AUE BL zur Stellungnahme und Genehmigung
2. Bewilligung, Bau und Ausbau der neuen Grundwassermessstellen
 - 2.1. Bewilligung, Permitting und Ausschreibung Bohrungen
 - 2.2. Bau und Bohrungen
 - 2.3. Ausbau und Instrumentierung der neuen Grundwassermessstellen
3. Ausbau und Instrumentierung von bestehenden Bohrungen und Messstellen
 - 3.1. Ausbau Erkundungsbohrungen zu GW-Messstellen
 - 3.2. Ausbau von bestehende GW-Messstellen
4. Inbetriebnahme und Datenauswertung
 - 4.1. Inbetriebnahme, Datenmanagement der zu überwachenden Messparameter
 - 4.2. Auswertung Testphase
 - 4.3. Definition von Warnwerten
 - 4.4. Definition von Informationsketten und Massnahmen im Falle von überschrrittenen Warnwerten
5. Berichterstattung
 - 5.1. Definition (Art und Rhythmus) der Berichterstattung, Vorschlag an die kantonalen Aufsichtsbehörden

6. Journal Stand Arbeitsschritte

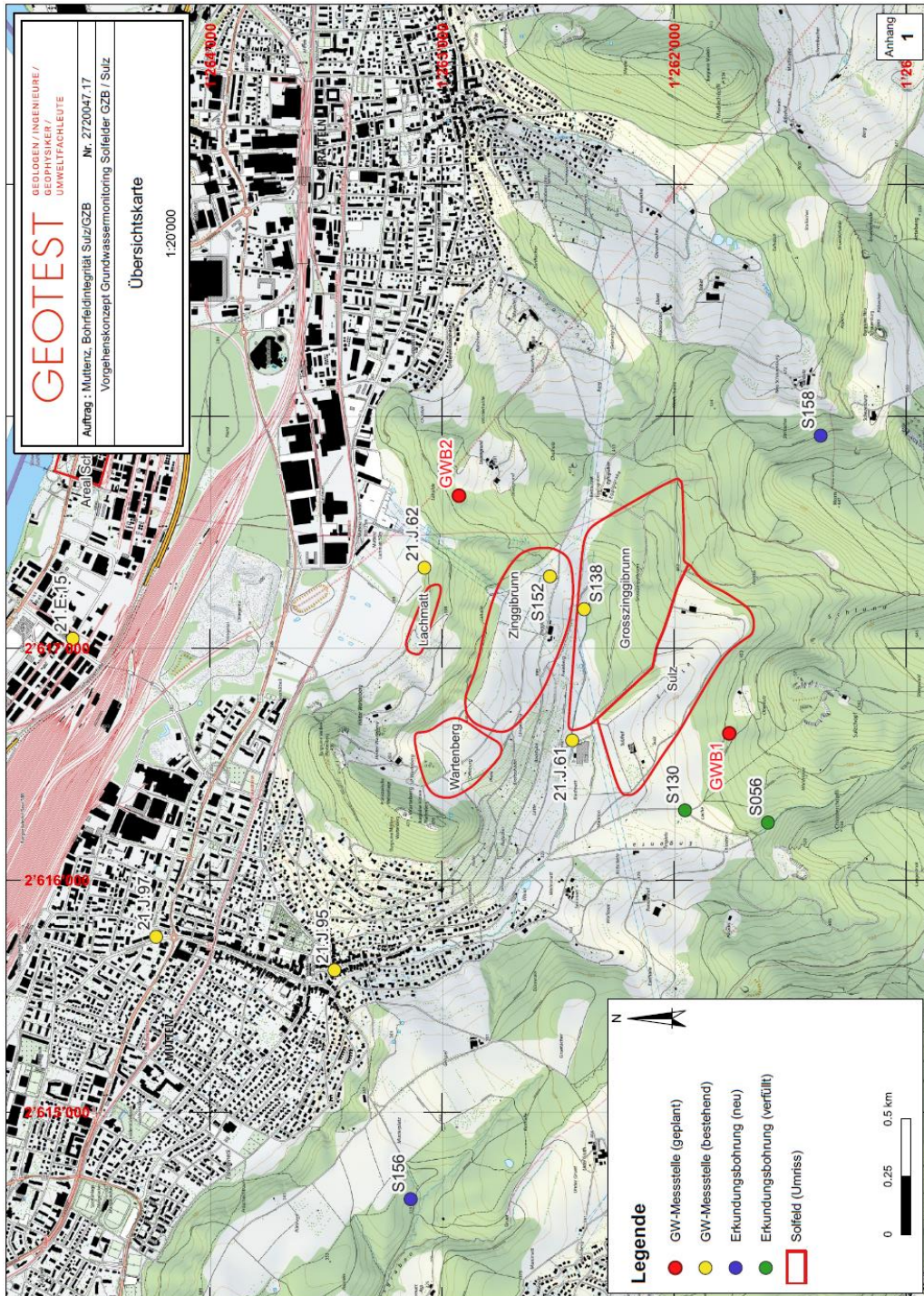
Tabelle 1: Stand Arbeiten Januar 2023

Nr.	Arbeitsschritt	Zieltermin	Stand
1	Grundwasserüberwachungskonzept		
1.1	Abgabe überarbeitetes Konzept zur Genehmigung Aktennotiz ([4]) und interner Bericht ([5])	Jan 2023	In Bearbeitung
2	Bewilligung, Bau und Ausbau der neuen Grundwassermessstellen		
2.1	Bewilligung, Permitting und Ausschreibung Bohrungen	Mar 2023	Grundeigentümer informiert. Baugesuche i.B.
2.2	Bau und Bohrung	Jul 2023	
2.3	Ausbau und Instrumentierung der neuen GW-Messstellen	Jul 2023	
3	Ausbau und Instrumentierung bestehender Bohrungen und Messstellen		
3.1	Ausbau Erkundungsbohrungen zu GW-Messstellen	Apr 2023	
3.2	Ausbau von bestehenden GW-Messstellen	Apr 2023	
4	Inbetriebnahme und Datenauswertung		
4.1	Inbetriebnahme, Datenmanagement der zu überwachenden Messparameter	Nov 2023	
4.2	Auswertung Testphase	Ende 2023	
4.3	Definition von Warnwerten	Ende 2023	
4.4	Definition von Informationsketten und Massnahmen im Falle von überschrittenen Warnwerten	Ende 2023	
5	Definition Berichterstattung		
5.1	Definition (Art und Rhythmus) der Berichterstattung, Vorschlag an die kantonalen Aufsichtsbehörden	Ende 2023	

7. Dokumente

- [1] GEOTEST AG (2021): Generelles Überwachungs- und Nachsorgekonzept für die Solfelder der Schweizer Salinen AG im Kanton Basel-Landschaft.
- [2] GEOTEST AG (09.12.2022): Technischer Bericht Phase 1 – Zustandserhebung durch GEOTEST mit Beiträgen von AFRY und DEEP.KBB (9. Dezember 2022).
- [3] GEOTEST AG (18.08.2022): Solfeld Sulz: Gefährdungs- und Risikoanalyse Oberflächendeformationen und Grundwasserversalzung (Vorläufige Beurteilung).
- [4] GEOTEST (31.01.2023): Aktennotiz «Vorgehenskonzept Grundwassermonitoring in den Solfeldern Sulz & Grosszinggibrunn (mit Inputs AUG Basel und AUE BL)»
- [5] GEOTEST (18.05.2022): Interner Bericht «Vorgehenskonzept Grundwassermonitoring für die Solfelder Grosszinggibrunn / Sulz»

Anhang 1



Bericht Nr. 2723003.2a

Schweizer Salinen AG, Pratteln 1

Überwachungsmassnahmen Solfelder Sulz und Grosszinggibrunn

**Konzept mikroseismisches Monitoring
Stand Januar 2023**

Münchenstein, 31. Januar 2023

GEOTEST AG
FREILAGER-PLATZ 3
CH-4142 MÜNCHENSTEIN
T + 41 (0)61 205 87 50
F + 41 (0)61 205 87 51
basel@geotest.ch
www.geotest.ch

Autor(en)	Bearbeitete Themen
Céline Pittet	Struktur Konzept
Florentin Ladner	Alle Kapitel
Supervision	Visierte Inhalte
Céline Pittet	gesamter Bericht
Wichtige Hinweise	
<p>Die Überwachungsmassnahmen umfassen Konzeption, Bau und Betrieb, Messungen, Datenmanagement und -auswertung sowie die Berichterstattung. Die Überwachungsmassnahmen stehen alle noch in Entwicklung. Somit werden das vorliegende Konzept für das mikroseismische Monitoring bzw. die Arbeitsschritte (Kap. 5) periodisch überprüft und das Journal (Kap. 6) aktualisiert.</p> <p>Bei der Aktualisierung werden jeweils der Stand der Arbeiten, die neusten Erfahrungen, Erkenntnisse aus Datenerhebung und -auswertung, Resultate von Besprechungen mit Behörden sowie Entscheidungen der SSAG berücksichtigt.</p> <p>Der Stand des Konzeptes ist auf der Titelseite ersichtlich. Die Berichtsnummerierung wird mit dem Suffix (a, b, c, ...) fortlaufend nummeriert.</p> <p>Vorliegende Version: 2723003.2a vom 31.01.2023</p>	

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	4
2.	Ausgangslage	4
3.	Ziele des mikroseismischen Monitorings	5
4.	Mikroseismisches Monitoringkonzept	6
5.	Arbeitsschritte	6
6.	Journal Stand Arbeitsschritte	7
7.	Dokumente	8

1. Einleitung

Die Schweizer Salinen AG (SSAG) hat ein generelles Nachsorge- und Überwachungskonzept für Salzkavernen am Ende ihrer Betriebszeit ausgearbeitet. Das Solfeld Sulz und Teile des Solfeldes Grosszinggibrunn (GZB) sind ausser Betrieb und befinden sich aktuell in der Nachsorgephase. Im Rahmen der Nachsorgephase ist der Nachweis zu erbringen, dass die Zugangsbohrungen und die Kavernen sicher und ohne negative Auswirkungen auf Mensch und Umwelt stillgelegt und verwahrt werden können.

Damit die Auswirkungen beurteilt werden können, werden folgende Überwachungsmassnahmen geplant und umgesetzt:

- Redundante Überwachung der Oberflächendeformationen (Dokument 2723003.3x).
- Mikroseismische Überwachung zwecks Erkennung und Lokalisierung von bruchhaften Prozessen im Bereich der Kavernen (Dokument 2723003.2x, vorliegendes Dokument).
- Grundwassermonitoring mit dem Ziel die Ausbreitung von hochkonzentrierter Chloridlösung zu überwachen (Dokument 2723003.1x).

Das vorliegende Konzept zeigt, wie das mikroseismische Monitoring inhaltlich und organisatorisch etabliert werden soll.

2. Ausgangslage

Das Solfeld Sulz wurde zwischen 1981 bis 2019 in vier Etappen erschlossen und betrieben. Heute sind mit Ausnahme von wenigen bereits verschlossenen Bohrungen und Kavernen in der Etappe 1 alle Bohrungen und Kavernen im Standby-Modus (Abbildung 1). Das Solfeld GZB wurde ab 2005 in zwei Etappen erstellt. Heute befinden erste Bohrungen und Kavernen im Standby-Modus, in den übrigen Bohrungen und Kavernen läuft die Produktion weiter ([2]).

Planungs- und Erkundungsphase	Bauphase	Betriebsphase	Nachsorgephase	
			Ordentliche Nachsorge	
			Wartephase / Standby	Nachsorge
variabel	variabel	variabel	ca. 5 Jahre	ca. 10 Jahre
Planung & Erkundung	Produktionsbohrungen	Solbetrieb	Beobachtung	Beobachtung
			↕ Verschluss	↕ Abnahme
			Störfall-Nachsorge	

Abbildung 1: Phasen der Salzgewinnung ([1]).

Die Ist-Zustandserhebung der Solfelder Sulz und GZB (Oktober 2021 bis Juni 2022) zeigte auf, dass im Solfeld Sulz zwei teilverbundene Kavernen (S109 und S126) existieren ([2]). Das Ausmass des Teilverbruchs konnte nur in S126 messtechnisch erfasst werden. Es zeigt sich, dass dieser Teilverbruch bereits in die Dolomitzone / Basis Schinznach-Fm. fortgeschritten ist. Eine gebirgsmechanische Analyse (felsmechanische Modellierung) des Teilverbruchs zeigt, dass der Teilverbruch nicht massgeblich weiter nach oben wächst und im Bereich der Dolomitzone verbleibt ([3]). Zwecks Etablierung eines besseren Prozessverständnisses der Teilverbrüche und zwecks Überwachung der beiden beobachteten Teilverbrüche resp. der Überwachung der anderen Kavernen in den Solfeldern Sulz und Grosszinggibrunn will die SSAG ein mikroseismisches Monitoring einrichten.

3. Ziele des mikroseismischen Monitorings

Die geplante Überwachung mittels Mikroseismizität hat folgende Ziele:

- Überwachung von mikroseismischen Ereignissen (Detektion)
- Lokalisierung von mikroseismischen Ereignissen (Lokation)
- Zeitnahe Warnung vor sichtbaren geotechnischen Ereignissen in kritischen Bereichen der Solfelder Sulz und Grosszinggibrunn (Frühwarnsystem)

4. Mikroseismisches Monitoringkonzept

Im Mai 2022 hat die Firma K-UTEC im Auftrag der SSAG die Konzeption für eine mikroseismische Überwachung gestartet ([4]). Das Konzept wurde anschliessend durch die Geo-Energie Suisse AG übergeprüft ([5]). Zusätzlich wurde von der Geo-Energie Suisse AG eine seismische Ereignisanalyse an der neuen Erdbebenstation MuttENZ (MUTEZ) des Schweizerischen Erdbebendienstes durchgeführt ([5]). Auf Basis dieser Überprüfung und Analyse wurde das Konzept von K-UTEC überarbeitet, mit dem Ziel, die Sensitivität und die räumliche Abdeckung der Überwachung steigern zu können. Dies soll nun erreicht werden, indem zusätzlich zu den Oberflächensensoren auch Bohrlochensensoren eingesetzt werden. Im Anhang 1 liegt eine Übersicht der geplanten Messstandorten bei (Stand Januar 2023).

Nach Fertigstellung resp. Inbetriebnahme des Überwachungssystems wird dieses dem Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft (AUE BL) vorgestellt. Es wird davon ausgegangen, dass es keine behördlichen Bewilligung für die Installation der Sensoren braucht.

5. Arbeitsschritte

1. Mikroseismisches Monitoringkonzept
 - 1.1 Vorstellung des Konzeptes beim AUE BL
2. Installation
 - 2.1. Installation Oberflächen- und Bohrlochensensoren
3. Inbetriebnahme und Datenauswertung
 - 3.1. Inbetriebnahme (Testphase) und Definition Datenmanagement der überwachten Messparameter
 - 3.2. Auswertung Testphase
 - 3.3. Definition von Warnwerten
 - 3.4. Definition von Informationsketten und Massnahmen im Falle von überschrittenen Warnwerten
4. Berichterstattung
 - 4.1. Definition (Art und Rhythmus) der Berichterstattung, Vorschlag an die kantonalen Aufsichtsbehörden

6. Journal Stand Arbeitsschritte

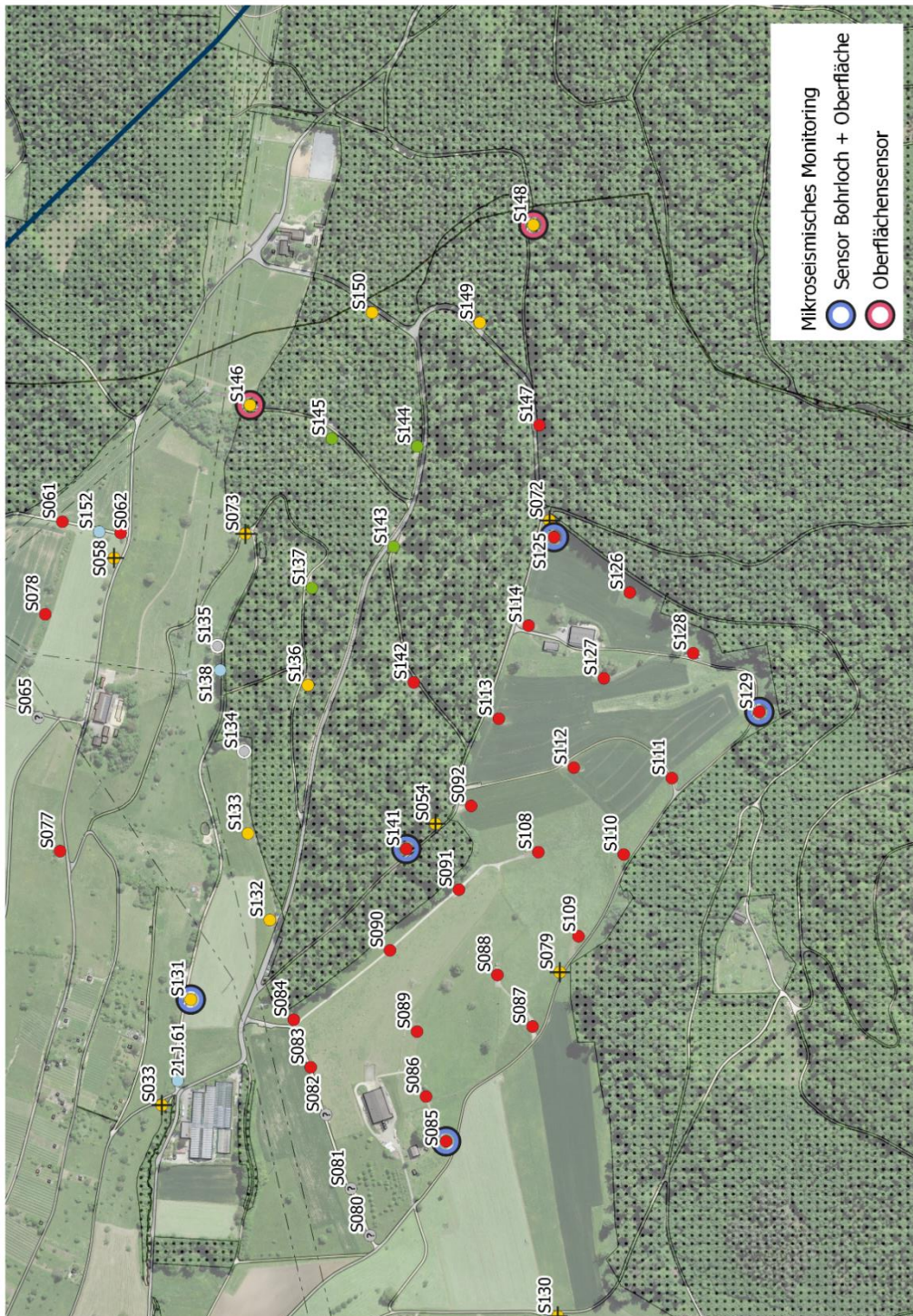
Tabelle 1: Stand Arbeiten Januar 2023

Nr.	Arbeitsschritt	Zieltermin	Stand
1	Mikroseismisches Monitoringkonzept		
1.1	Vorstellung des Konzeptes beim AUE BL	Q1 2023	in Bearbeitung
2	Installation		
2.1	Installation Oberflächen- und Bohrlochensoren	Q2 2023	Lieferfrist 3-4 Monate
3	Inbetriebnahme und Datenauswertung		
3.1	Inbetriebnahme (Testphase) und Definition Datenmanagement der überwachten Messparameter	Q3 2023	
3.2	Auswertung Testphase	zu definieren	
3.3	Definition von Warnwerten	zu definieren	
3.4	Definition von Informationsketten und Massnahmen im Falle von überschrittenen Warnwerten	zu definieren	
4	Definition Berichterstattung		
4.1	Definition (Art und Rhythmus) der Berichterstattung, Vorschlag an die kantonalen Aufsichtsbehörden	zu definieren	

7. Dokumente

- [1] GEOTEST AG (2021): Generelles Überwachungs- und Nachsorgekonzept für die Solfelder der Schweizer Salinen AG im Kanton Basel-Landschaft.
- [2] GEOTEST AG (09.12.2022): Technischer Bericht Phase 1 – Zustandserhebung durch GEOTEST mit Beiträgen von AFRY und DEEP.KBB (9. Dezember 2022).
- [3] AFRY (16.01.2023): Aktennotiz Gebirgsmechanische Modellierungen
- [4] K-UTEC (17.05.2022): Seismisches Überwachungssystem – Sulz/Grosszinggibrunn der Schweizer Salinen AG.
- [5] Geo-Energie Suisse AG (11.08.2022): Bewertung seismisches Überwachungssystem Sulz/Grosszinggibrunn der Schweizer Salinen und Auswertung SED Station MUTEZ. Powerpoint-Präsentation.

Anhang 1



Bericht Nr. 2723003.3a

Schweizer Salinen AG, Pratteln 1

Überwachungsmassnahmen Solfelder Sulz und Grosszinggibrunn

**Konzept Überwachung Oberflächendeformationen
Stand Januar 2023**

Münchenstein, 31. Januar 2023

GEOTEST AG
FREILAGER-PLATZ 3
CH-4142 MÜNCHENSTEIN
T + 41 (0)61 205 87 50
F + 41 (0)61 205 87 51
basel@geotest.ch
www.geotest.ch

Autor(en)	Bearbeitete Themen
Céline Pittet	Struktur Konzept
Felix Bussmann	Alle Kapitel
Supervision	Visierte Inhalte
Céline Pittet	gesamter Bericht
Wichtige Hinweise	
<p>Die Überwachungsmassnahmen umfassen Konzeption, Bau und Betrieb, Messungen, Datenmanagement und -auswertung sowie die Berichterstattung. Die Überwachungsmassnahmen stehen alle noch in Entwicklung. Somit werden das vorliegende Konzept für die Überwachung der Oberflächendeformationen bzw. die Arbeitsschritte (Kap. 5) periodisch überprüft und das Journal (Kap. 6) aktualisiert.</p> <p>Bei der Aktualisierung werden jeweils der Stand der Arbeiten, die neusten Erfahrungen, Erkenntnisse aus Datenerhebung und -auswertung, Resultate von Besprechungen mit Behörden sowie Entscheidungen der SSAG berücksichtigt.</p> <p>Der Stand des Konzeptes ist auf der Titelseite ersichtlich. Die Berichtsnummerierung wird mit dem Suffix (a, b, c, ...) fortlaufend nummeriert.</p> <p>Vorliegende Version: 2723003.3a vom 31.01.2023</p>	

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	4
2.	Ausgangslage	4
3.	Ziele Überwachung Oberflächendeformationen	5
4.	Methodik.....	6
5.	Arbeitsschritte	7
6.	Journal Stand Arbeitsschritte	8
7.	Dokumente	9

1. Einleitung

Die Schweizer Salinen AG (SSAG) hat ein generelles Nachsorge- und Überwachungskonzept für Salzkavernen am Ende ihrer Betriebszeit ausgearbeitet. Das Solfeld Sulz und Teile des Solfeldes Grosszinggibrunn (GZB) sind ausser Betrieb und befinden sich aktuell in der Nachsorgephase. Im Rahmen der Nachsorgephase ist der Nachweis zu erbringen, dass die Zugangsbohrungen und die Kavernen sicher und ohne negative Auswirkungen auf Mensch und Umwelt stillgelegt und verwahrt werden können.

Damit die Auswirkungen beurteilt werden können, werden folgende Überwachungsmassnahmen geplant und umgesetzt:

- Redundante Überwachung der Oberflächendeformationen (Dokument 2723003.3x / vorliegendes Dokument)
- Mikroseismische Überwachung zwecks Erkennung und Lokalisierung von bruchhaften Prozessen im Bereich der Kavernen (Dokument 2723003.2x)
- Grundwassermonitoring mit dem Ziel die Ausbreitung von hochkonzentrierter Chloridlösung zu überwachen (Dokument 2723003.1x)

Das vorliegende Konzept zeigt, wie die Überwachung der Oberflächendeformationen inhaltlich und organisatorisch etabliert werden soll.

2. Ausgangslage

Das Solfeld Sulz wurde zwischen 1981 bis 2019 in vier Etappen erschlossen und betrieben. Heute sind mit Ausnahme von wenigen bereits verschlossenen Bohrungen und Kavernen in der Etappe 1 alle Bohrungen und Kavernen im Standby-Modus (Abbildung 1). Das Solfeld GZB wurde ab 2005 in zwei Etappen erstellt. Heute befinden erste Bohrungen und Kavernen im Standby-Modus, in den übrigen Bohrungen und Kavernen läuft die Produktion weiter ([2]).

Planungs- und Erkundungsphase	Bauphase	Betriebsphase	Nachsorgephase	
			Ordentliche Nachsorge	
			Wartephase / Standby	Nachsorge
variabel	variabel	variabel	ca. 5 Jahre	ca. 10 Jahre
Planung & Erkundung	Produktionsbohrungen	Solbetrieb	Beobachtung	Beobachtung
			Verschluss	Abnahme
			Störfall-Nachsorge	

Abbildung 1: Phasen der Salzgewinnung ([1]).

Die Ist-Zustandserhebung der Solfelder Sulz und GZB zeigte auf, dass die gemessenen Senkungsraten und Senkungsbeträge deutlich über den prognostizierten Werten liegen ([2]). Aufgrund der gebietsweise deutlichen Abweichung der gemessenen Oberflächendeformationen zu den prognostizierten Werten liegt für die beiden Solfelder diesbezüglich ein Störfall vor. Zwecks Überwachung der Oberflächendeformationen wird der Parameter Senkung bereits seit Beginn des Salzabbaus im Gebiet Sulz und Grosszinggibrunn mittels jährlich stattfindenden Präzisionsnivellements überprüft. Infolge der dabei festgestellten Abweichungen der gemessenen zu den prognostizierten Senkungsbeträgen wurde von der SSAG entschieden, die Oberflächendeformationen im Gebiet Sulz und Grosszinggibrunn im Rahmen eines Überwachungskonzepts mit redundanten Methoden zu überwachen.

3. Ziele Überwachung Oberflächendeformationen

Die geplante redundante Überwachung der Oberflächendeformationen hat folgende Ziele:

- Periodische Erfassung der Deformationsparameter
 - (1) vertikale Senkung und
 - (2) horizontale Verschiebung
- Abgleich der gemessenen Oberflächendeformationen mit analytisch berechneten, d.h. im Rahmen von Vorausberechnungen prognostizierten Oberflächendeformationen
- Unterscheidung von lokalen (Massstab Solfeld) und regionalen (Massstab einige km²) Deformationsmustern (Prozessverständnis)

- Unterscheidung zwischen linearen («plastischen») und nicht-linearen («bruchhaften») Gebirgsdeformationen (Prozessverständnis)
- Frühzeitige Erkennung von Änderungen (Beschleunigung oder Verlangsamung) in den Deformationsraten
- Lokalisierung von «bruchhaften» Deformationsprozessen im Untergrund

4. Methodik

Die Deformationskomponenten (1) vertikale Senkung und (2) horizontale Verschiebung werden im Bereich der Solfelder Sulz und Grosszinggibrunn mit redundanten Methoden überwacht werden:

- Jährliche Messung der vertikalen Senkungen mittels Präzisionsnivelllements (seit 2002 in der heutigen Form bestehendes Messnetz). Sehr hohe Genauigkeit.
- Vierteljährliche Messung der vertikalen Senkungen mittels Präzisionsnivelllements mit gegenüber der jährlichen Messung reduziertem Messnetz (erstmalig im Frühjahr 2022 durchgeführt). Etwas tiefere Genauigkeit.
- Jährliche Messung der horizontalen Verschiebungen mittels einer Kombination von statischen GNSS-Messungen sowie tachymetrischer Verdichtung (erstmalig im Jahr 2018 durchgeführt).
- Jährliche photogrammetrische Vermessung eines ca. 10 km² grossen Gebiets mittels Drohne für eine bessere regionale Einordnung der mit den anderen Methoden erzielten Resultate. Erstbefliegung im März 2021 durchgeführt.
- Installation einer permanenten InSAR-Überwachung der Oberflächendeformationen im Gebiet der Solfelder Sulz und Grosszinggibrunn (Bau von 13 fix installierten Reflektoren im 2023). Auswertung auf monatlicher Basis.

Nach Fertigstellung resp. Inbetriebnahme des kompletten Überwachungssystems wird dieses dem Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft (AUE BL) vorgestellt.

5. Arbeitsschritte

1. Konzept Überwachung Oberflächendeformationen
 - 1.1. Vorstellung des Konzeptes beim AUE BL
2. Analytische Berechnung der Oberflächendeformationen
 - 2.1. Retrospektive Nachberechnung der Oberflächendeformationen im Gebiet der Solfelder Sulz und Grosszinggibrunn (Deformationskomponenten Senkung v_z sowie Verschiebung v_x und v_y) von Beginn der Solung bis heute
 - 2.2. Prospektive Nachberechnung der Oberflächendeformationen im Gebiet der Solfelder Sulz und Grosszinggibrunn (Deformationskomponenten Senkung v_z sowie Verschiebung v_x und v_y) für die verbleibende Betriebsphase sowie die Nachsorgephase
 - 2.3. Definition von Warnwerten für die Deformationskomponenten Senkung v_z sowie Verschiebung v_x und v_y
3. Installation noch fehlender Komponenten
 - 3.1. Installation von 13 fix installierten InSAR-Reflektoren
4. Inbetriebnahme und Datenauswertung
 - 4.1. Inbetriebnahme (Testphase) und Definition Datenmanagement der redundant überwachten Messparameter (Deformationskomponenten)
 - 4.2. Auswertung Testphase alle Messsysteme (Präzisionsnivelements, Lagevermessung, InSAR-Überwachung, Photogrammetrie)
 - 4.3. Überprüfung und ggf. Anpassung der in Arbeitsschritt 2.3 festgelegten Warnwerte für die Deformationskomponenten Senkung v_z sowie Verschiebung v_x und v_y auf Basis der Testphase
 - 4.4. Definition von Informationsketten und Massnahmen im Falle von überschrittenen Warn- und allenfalls Alarmwerten
5. Berichterstattung
 - 5.1. Definition (Art und Rhythmus) der Berichterstattung, Vorschlag an die kantonalen Aufsichtsbehörden
6. Fertigstellung und Betrieb des Überwachungskonzeptes
 - 6.1. Fertigstellung / Konsolidieren des Überwachungskonzeptes und Betrieb bis Abschluss der Nachsorgephase

6. Journal Stand Arbeitsschritte

Tabelle 1: Stand Arbeiten Januar 2023

Nr.	Arbeitsschritt	Zieltermin	Stand
1	Konzept Überwachung Oberflächendeformationen		
1.1	Vorstellung des Konzeptes beim AUE BL	Q1 2023	in Bearbeitung
2	Analytische Berechnung der Oberflächendeformationen		
2.1	Retrospektive Nachberechnung der Oberflächendeformationen im Gebiet der Solfelder Sulz und Grosszinggibrunn von Beginn der Solung bis heute	Q1/Q2 2023	
2.2	Prospektive Nachberechnung der Oberflächendeformationen im Gebiet der Solfelder Sulz und Grosszinggibrunn für die verbleibende Betriebsphase sowie die Nachsorgephase	Q1/Q2 2023	
2.3	Definition von Warnwerte für die Deformationskomponenten Senkung vz sowie Verschiebung vx und vy	Q2 2023	
3	Installation noch fehlender Komponenten		
3.1	Installation von 13 fix installierten InSAR-Reflektoren	Q2 2023	in Bearbeitung
4	Inbetriebnahme und Datenauswertung		
4.1	Inbetriebnahme (Testphase) und Definition Datenmanagement der redundant überwachten Messparameter (Deformationskomponenten)	Q3 2023	
4.2	Auswertung Testphase alle Messsysteme (Präzisionsnivelements, Lagevermessung, InSAR-Überwachung, Photogrammetrie)	Q2 2024	
4.3	Überprüfung und ggf. Anpassung der in Arbeitsschritt 2.3 festgelegten Warnwerte für die Deformationskomponenten Senkung vz sowie Verschiebung vx und vy auf Basis der Testphase	Q2 2024	
4.4	Definition von Informationsketten und Massnahmen im Falle von überschrittenen Warn- und allenfalls Alarmwerten	Q2 2024	
5	Berichterstattung		
5.1	Definition (Art und Rhythmus) der Berichterstattung, Vorschlag an die kantonalen Aufsichtsbehörden	zu definieren	
6	Fertigstellung und Betrieb des Überwachungskonzepts		
6.1	Fertigstellung / Konsolidieren des Überwachungskonzepts und Betrieb bis Abschluss der Nachsorgephase	zu definieren	

7. Dokumente

- [1] GEOTEST AG (2021): Generelles Überwachungs- und Nachsorgekonzept für die Solfelder der Schweizer Salinen AG im Kanton Basel-Landschaft.
- [2] GEOTEST AG (09.12.2022): Technischer Bericht Phase 1 – Zustandserhebung durch GEOTEST mit Beiträgen von AFRY und DEEP.KBB (9. Dezember 2022).