

## Schadensfall Staufen

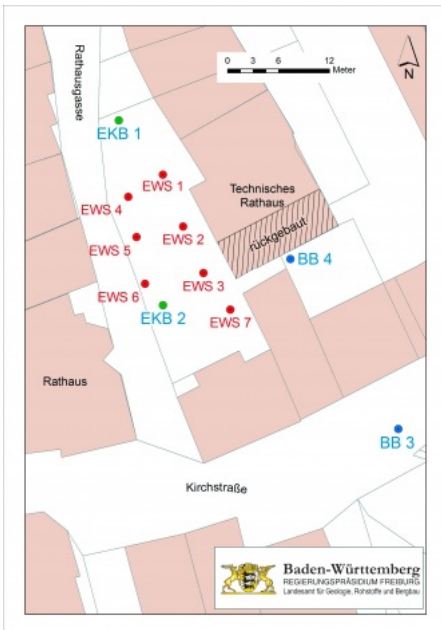
Der Kenntnisstand zum Schadensfall Staufen ist in zwei LGRB-Sachstandsberichten zusammengefasst ([LGRB, 2010](#); [LGRB, 2012](#)).



*Die Stadt Staufen liegt ca. 15 Kilometer südwestlich von Freiburg in der Neumagen-Möhlener Niederung am Ausgang des Münstertals. Die Neumagen-Möhlener Niederung bildet den nördlichen Teil des Markgräfler Hügellands. Der Kreis zeigt die ungefähre Lage des Schadensfalls.*

## Übersicht

Im September 2007 wurden in der Stadt Staufen i. Br. (Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald) Bohrungen für sieben bis 140 m tiefe Erdwärmesonden (EWS 1 bis EWS 7) ausgeführt. Sie sollten dazu dienen, das denkmalgeschützte renovierte Rathaus mit Erdwärmetechnologie zu beheizen und zu kühlen. Bereits zwei Wochen nach Fertigstellung der Erdwärmesonden wurden Anfang Oktober 2007 Risse im neu renovierten Rathaus und in benachbarten Gebäuden festgestellt.



Lageplan mit Bohransatzpunkten der Erdwärmesondenbohrungen EWS 1–7, der Erkundungsbohrungen EKB 1 und EKB 2 und der Brunnenbohrungen BB 3 und BB 4

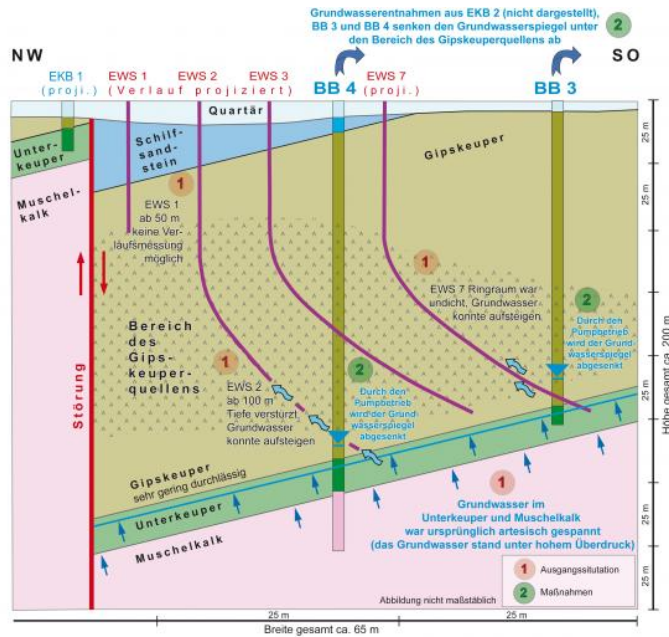
Die EWS-Bohrungen lösten Prozesse aus, die zu den seit Ende 2007 zunehmenden Schäden an Gebäuden und Infrastruktur im historischen Altstadtbereich führten (LGRB, 2010; LGRB, 2012; Ruch & Wirsing, 2013). Zur Klärung der Ursachen für diese Hebungen sowie als Bewertungsgrundlage für erforderliche Maßnahmen zum Stoppen des Hebungsprozesses führte das LGRB ab 2008 umfassende Erkundungsmaßnahmen durch.

## Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Das Stadtgebiet von Staufen im Breisgau liegt geologisch und geomorphologisch am Ostrand des südlichen Oberrheingrabens in der Sulzburg-Staufener Vorbergzone. Sie wird im Osten durch die Schwarzwaldrandverwerfung (Hauptverwerfung) vom kristallinen Schwarzwald (Paragneise mit Gangporphyren) getrennt. Westlich geht die überschottete randliche Vorbergzone in die äußere Grabenzone und die Grabenrandscholle über.

Die Schichtenfolge in der Vorbergzone bei Staufen reicht über dem kristallinen Grundgebirge vom triassischen Buntsandstein bis zum tertiären (oligozänen) Küstenkonglomerat. Von besonderer Bedeutung für den Schadensfall sind der Obere Muschelkalk sowie die überlagernde Abfolge des Keupers.

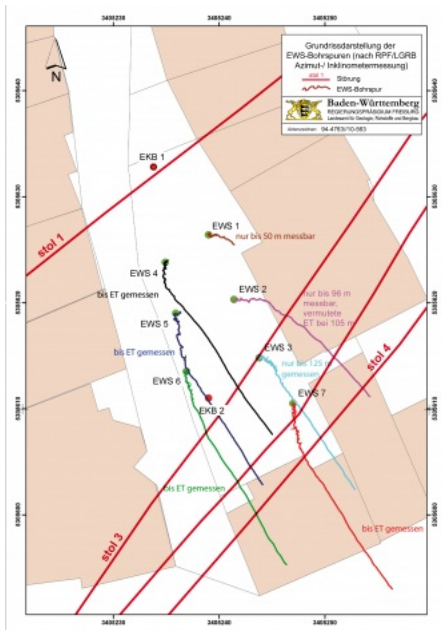
Zur Erkundung der geologischen Verhältnisse wurden im näheren Umfeld der Erdwärmesonden die zwei Erkundungsbohrungen EKB 1 und EKB 2 niedergebracht. Die Bohrarbeiten wurden durch intensive geologische, ingenieurgeologische und hydrogeologische Untersuchungen begleitet. Außerdem wurden die Raumlagen der EWS vermessen.



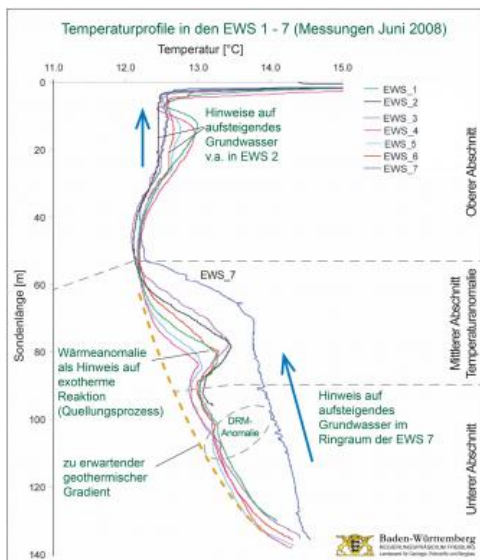
Schematische Darstellung der geologischen Situation im Bereich des Erdwärmesondenfeldes (Darstellung nicht maßstäblich, siehe Maßstabsbalken)

Die Erkundungsmaßnahmen lieferten folgende Ergebnisse:

- Die Erdwärmesonden erschließen eine Schichtenfolge, die unter gering mächtiger, quartärer Überdeckung von der Stuttgart-Formation (Schilfsandstein-Formation) über die Grabfeld-Formation (Gipskeuper-Formation) und die Erfurt-Formation (Unterkeuper) bis in die Obere Hauptmuschelkalk-Formation reicht.
- Sulfat führendes Gebirge wurde in der Grabfeld-Formation zwischen 28,60 m u. GOK (Oberer Gipsspiegel) und 141,70 m u. GOK (Unterer Gipsspiegel), Anhydrit zwischen 61,50 m u. GOK (Oberer Anhydritspiegel) und 126,10 m u. GOK (Unterer Anhydritspiegel) angetroffen.
- Der Untergrund im Bereich des EWS-Felds (mit sieben Erdwärmesonden) besteht aus einem kleinräumigen Mosaik von Gebirgsschollen, die durch tektonische Störungen versetzt und begrenzt sind. Die Schichten fallen generell in nordwestliche Richtung ein.
- Es wurden vier hydraulisch, hydrochemisch und isotopenhydrologisch voneinander getrennte Grundwasserstockwerke identifiziert. Die beiden oberen (in der Stuttgart-Formation und im Gipskarst der Grabfeld-Formation) führen stark gespannte, die beiden unteren (in der Erfurt-Formation und im Oberen Muschelkalk) artesisch gespannte Grundwässer.
- Die EWS-Bohrungen EWS 1 bis 7 wurden nicht vertikal abgeteuft, sondern ihre Bohrspuren weichen in ihrer Raumlage stark nach Südosten ab (im tiefsten Abschnitt bis 40° aus der Vertikalen).



Grundrissdarstellung der EWS-Bohrspuren  
(Inklinations-/Azimutmessungen)



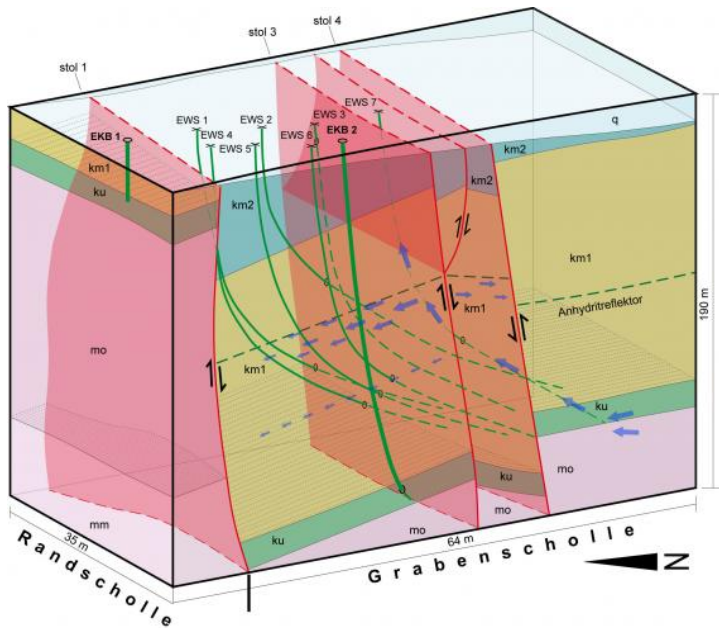
Ruhetemperaturprofile in den Erdwärmesonden EWS 1 bis EWS 7 (Juni 2008); (DRM-Anomalie: Dunkelrote Mergel-Anomalie)

- Die Temperaturprofile der EWS lassen charakteristische Temperaturanomalien im Anhydrit- und quellfähige Tonminerale führenden Gebirge im Bereich des Mittleren Gipshorizonts der Grabfeld-Formation (Gipskeuper-Formation) erkennen. Sie werden auf die exotherme Reaktion bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips zurückgeführt.
- Die Temperaturanomalie ist in der EWS 7 am stärksten ausgeprägt. Das Temperaturprofil in der EWS 7 deutet auf einen Aufstieg von gespanntem Grundwasser aus tieferen Schichten der Erfurt-Formation (Unterkeuper) über eine undichte Ringraumverfüllung in den Anhydrit-führenden Gebirgsabschnitt hin.

Die umfangreichen Untersuchungen ergaben somit, dass eine missglückte Ringraumabdichtung zumindest einer der sieben Erdwärmesonden ursächlich für die eingetretenen Schäden war. Hierdurch gelangte über den Ringraum der EWS artesisch gespanntes Grundwasser aus der unterlagernden Erfurt-Formation des Unteren Keupers und aus dem Oberen Muschelkalk in Anhydrit führende Gebirgsabschnitte der Grabfeld-Formation. Dort löste es den Prozess des so genannten „Gipskeuperquellens“ aus.

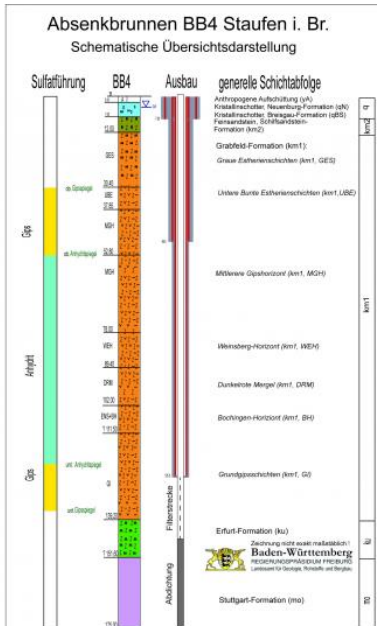


*Die Ruhetemperaturprofilmessungen erfolgen u. a. durch stationär in die Erdwärmesonden eingebaute Glasfaserkabel*



Synoptische Darstellung der geologischen Erkundungsergebnisse zum EWS-Schadensfall Staufen (EKB: Erkundungsbohrung, EWS: Erdwärmesondenbohrung, stol 1 bis stol 4: Störung 1 bis 4, mm: Mittlerer Muschelkalk, mo: Oberer Muschelkalk, ku: Erfurt-Formation (kuE), km1: Grabfeld-Formation (kmGr), km2: Stuttgart-Formation (kmSt))

## Maßnahmen zum Stoppen des Hebungsprozesses



Geologisches Profil und Ausbauplan des Absenkbunnens BB4

Die durchgeführten Untersuchungen dienten auch dazu, verschiedene Möglichkeiten zu prüfen, die geeignet sind, den Quellhebungsprozess schadensbegrenzend zu beeinflussen. Insbesondere muss hierfür der weitere Zufluss von Grundwasser in den in Quellung befindlichen Gebirgsabschnitt verhindert werden. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Nachverpressung: nachträgliche technische Abdichtung der Ringräume der EWS-Bohrungen EWS 1 bis 7
- hydraulischer Abwehrbetrieb: Dauerpumpmaßnahme in der zum Brunnen ausgebauten Erkundungsbohrung EKB 2 und den nachfolgend ausgeführten Brunnenbohrungen BB 3 und BB 4

Die durch die Dauerpumpmaßnahme über insgesamt drei Förderbrunnen erzeugte hydraulische Drucksenke verhindert einen unerwünschten Aufstieg von artesisch gespanntem Grundwasser über sekundäre, durch den Quellhebungsprozess verursachte Fließpfade in den quellfähigen Gebirgsabschnitt.

Die Entnahmerate betrug zu Beginn des gleichzeitigen Absenkbetriebes im April 2012 aus EKB 2 und BB 3 zusammen ca. 5,5 l/s. Seitdem nimmt sie kontinuierlich ab. Im April 2020 betrug sie aus EKB 2, BB 3 und BB 4 zusammen ca. 2,75 l/s. Sie liegt damit deutlich unter der wasserrechtlich genehmigten Entnahmerate von 6 l/s.



Bohrarbeiten zum Absenkbrunnen BB 4

Begleitend zum Dauerabsenkbetrieb werden die Entnahmeraten und Absenkbeträge, die Vor-Ort-Parameter Leitfähigkeit und Temperatur sowie die Trübung des geförderten Wassers im Online-Betrieb kontinuierlich gemessen. Daneben werden die geförderten Grundwässer in vierteljährlichem Abstand umfangreich hydrochemisch, in größeren Abständen auch isopenhydrologisch untersucht.

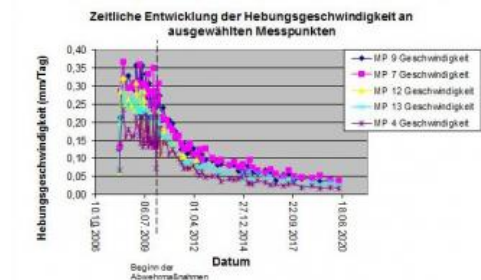
Die Kontrollanalysen zeigen leichte Verschiebungen in der Mineralisation der Wässer aus den drei Entnahmestellen, die Gesamtfracht der geförderten gelösten Stoffe blieb jedoch über die letzten Jahre weitgehend konstant. Isotopisch zeichnet sich eine leichte

Zunahme eines Jungwasseranteils aus dem weiteren Umfeld ab.

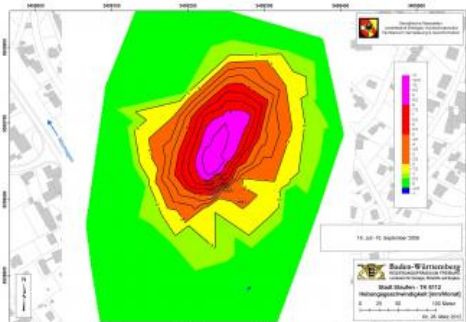
Die kontinuierlich aufgezeichneten Parameter sind in ein Online-Warnsystem eingebunden. Dieses meldet Abweichungen von den festgelegten Entnahmeraten bzw. vom Absenkziel in Echtzeit an eine zentrale Stelle. Von dort aus kann nach vorab definierten Handlungsanweisungen kurzfristig situationsabhängig reagiert werden. Eine Ersatzpumpe wird redundant vorgehalten. Damit ist sichergestellt, dass eventuelle Ausfallzeiten im Absenkbetrieb möglichst kurz sind.

## Zeitliche Entwicklung der Geländedeformation

Die Hebungsgeschwindigkeiten haben in der Anfangsphase schnell und stark zugenommen. Danach blieben sie über einen Zeitraum annähernd gleich. Mit Beginn der schadensbegrenzenden Maßnahmen (Oktober 2009) setzte zunächst eine starke, annähernd lineare Abnahme der Hebungsgeschwindigkeit ein. Daran schließt eine Phase mit geringerer Abnahme an.



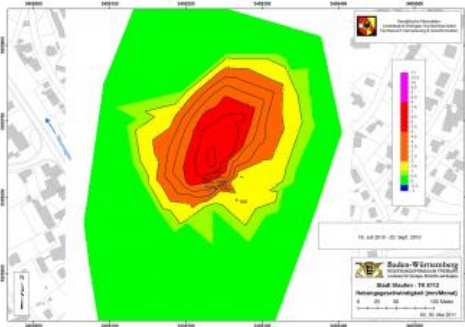
Zeitliche Entwicklung der Hebungsgeschwindigkeit [mm/Tag]



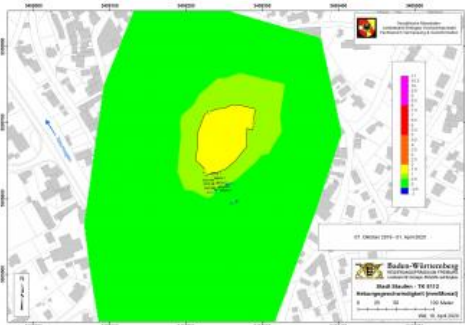
Hebungsfigur Staufen: September 2009

Die Hebungsfigur hat bereits seit Juni 2008 weitgehend ortsfest ihre markante elliptische Ausbildung angenommen. Die Hebung erfolgt überwiegend senkrecht zur Schichtung, sodass sich der Quellhebungsvorgang stark anisotrop verhält.

Entsprechend dem vorhandenen Schichteneinfallen liegt das Hebungszentrum an der Geländeoberfläche deshalb nicht im Bereich des Erdwärmesondenfeldes bzw. nicht senkrecht über dem in Quellung befindlichen Gebirgsbereich, sondern es ist nach Nordwesten versetzt.



Hebungsfigur Staufen: September 2010



Hebungsfigur Staufen: April 2020

Die maximale Hebungsgeschwindigkeit lag anfangs bei rd. 11 mm/Monat und hat bis April 2020 auf maximal 1,25 mm/Monat abgenommen. Insgesamt beträgt der maximale Hebungsbetrag im Hebungszentrum ca. 64 cm (Stand April 2020).

Neben den Vertikalbewegungen wurden in Staufen westlich der Hauptverwerfungszone Horizontalverschiebungen von maximal ca. 46 cm in nordwestliche Richtung und östlich davon ca. 13 cm in südöstliche Richtung festgestellt (Stand Ende 2018), wobei die Geschwindigkeit der Lageverschiebung ebenso wie die Hebungsgeschwindigkeit abnimmt.

## Weiterführende Links zum Thema

- [RPF/LGRB: Schadensfall Staufen](#)

## Literatur

- LGRB (2010). *Geologische Untersuchungen von Baugrundhebungen im Bereich des Erdwärmesondenfeldes beim Rathaus in der historischen Altstadt von Staufen i. Br.* – LGRB (Hrsg.). – Sachstandsbericht, Az.: 94-4763//10-563, S. 1–304, 7 Anl., 01.03.2010, Freiburg i. Br. (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau), verfügbar unter [https://lgrb-bw.de/geothermie/staufen/schadensfall\\_staufen\\_bericht/pdf/bericht\\_staufen\\_lgrb.pdf](https://lgrb-bw.de/geothermie/staufen/schadensfall_staufen_bericht/pdf/bericht_staufen_lgrb.pdf).
- LGRB (2012). *Zweiter Sachstandsbericht zu den seit dem 01.03.2010 erfolgten Untersuchungen im Bereich des Erdwärmesondenfeldes beim Rathaus in der historischen Altstadt von Staufen i. Br.* – LGRB (Hrsg.). – Sachstandsbericht, Az.: 94-4763//12-2487, S. 1–108, 5 Anl., 01.06.2012, Freiburg i. Br. (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau), verfügbar unter [https://lgrb-bw.de/geothermie/staufen/schadensfall\\_staufen\\_bericht\\_2012](https://lgrb-bw.de/geothermie/staufen/schadensfall_staufen_bericht_2012).
- Ruch, C. & Wirsing, G. (2013). *Erkundung und Sanierungsstrategien im Erdwärmesonden-Schadensfall Staufen i. Br.* – *geotechnik* 36, 3, S. 147–159.

**Quell-URL (zuletzt geändert am 30.09.20 - 07:58):** <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/geothermie/oberflaechennahe-geothermie/erdwaermesonden/ews-schadensfaelle/schadensfall-staufen>