

## 10 Jahre Hebungsrisse in Staufen

### Chronologie einer Katastrophe

- **September 2007:**  
Fertigstellung der sieben Geothermiesonden nach der Rathaussanierung zur Heizung und Kühlung der beiden Rathausgebäude
- **Oktober 2007:**  
Erste Schäden an den Rathausgebäuden und angrenzenden Häusern
- **Februar 2008:**  
Einleitung eines gerichtlichen Beweissicherungsverfahrens beim Landgericht Freiburg
- **August 2008:**  
Einrichtung eines Messnetzes mit 100 Punkten; Hebungsgeschwindigkeit bei 11 Millimetern pro Monat
- **November 2008:**  
Gründung des Arbeitskreises Hebungsrisse durch die Stadt und Bildung der Interessengemeinschaft der Rissgeschädigten
- **Januar 2009:**  
Vergabe der großen Erkundungsbohrung auf eigenes Risiko
- **Februar 2009:**  
Start der Untersuchungen aller geschädigten Gebäude auf Standsicherheit durch das Büro für Baukonstruktionen, Karlsruhe, im Auftrag der Stadt
- **November 2009:**  
Abschluss der Erkundungsbohrung, Verpressung der sieben Geothermiesonden zur Abdichtung; der erste Abwehrbrunnen wird zum Abpumpen von Grundwasser ausgebaut; die Verwaltung muss aus dem Technischen Rathaus ausziehen
- **Januar 2010:**  
Hebungsmessungen ergeben erstmals eine Reduzierung der Hebungsgeschwindigkeit
- **Februar 2010:**  
Informationsveranstaltung zur Erkundung und Sanierung des Schadensfalls Staufen durch das Regierungspräsidium Freiburg mit rund 350 Fachleuten; Gründung der Stiftung zur Erhaltung der historischen Altstadt Staufen mit professioneller Unterstützung durch die Kommunikationsagentur identis, Freiburg
- **September 2010:**  
Erste vorläufige Schlichtungsordnung für Sofortmaßnahmen zwischen Stadt und Interessengemeinschaft der Rissgeschädigten unterzeichnet; Einrichtung einer Schlichtungsstelle bei der Stadt und Beauftragung eines neutralen Schlichters (Herr Landgerichtspräsident a. D. Jochen Teigeler) zur außergerichtlichen Streitbeilegung

- **Oktober 2010 bis April 2011:**  
Inbetriebnahme eines zweiten Abwehrbrunnens zur Grundwasserabsenkung; weitere Reduzierung der Hebungsgeschwindigkeit
- **Dezember 2010:**  
Herr Ministerpräsident Mappus macht ersten Vorschlag zur Finanzierung der Schadensbeseitigung (sogenannte Drittellösung)
- **September 2012:**  
Unterzeichnung der endgültigen Schlichtungsordnung zwischen der Stadt Staufen und der Interessengemeinschaft der Rissgeschädigten
- **März 2013:**  
Über 260 Gebäudeeigentümer haben Schäden gemeldet; Verhandlungen zur Finanzierung der Schäden mit fünf Ministerien und den drei kommunalen Landesverbänden werden aufgenommen
- **August 2013:**  
Das 1952 errichtete Gebäude der früheren Schlossberg-Wäscherei war durch die Rissbildung so stark geschädigt, dass sich eine Instandsetzung nicht mehr lohnte; es musste abgerissen werden
- **März 2014:**  
Unterzeichnung einer Finanzierungsvereinbarung über die ersten 30 Millionen Euro Schadenssumme mit dem Land Baden-Württemberg und den kommunalen Landesverbänden in Anwesenheit von Herrn Ministerpräsident Kretschmann; 40 % = 12 Millionen Euro trägt das Land, 40 % = 12 Millionen Euro alle Städte und Gemeinden Baden-Württembergs und 20 % = 6 Millionen Euro übernimmt die Stadt Staufen
- **September 2014**  
Für die Durchführung der vierten Bohrung wird das rückwärtige Rathausgebäude teilabgerissen. Dieses Gebäude war so stark geschädigt, dass es nur durch Abstützmaßnahmen erhalten werden konnte. Es diente zuletzt nur noch als Anschauungs- und Besichtigungsobjekt und musste aufgrund der großen Schäden von der Verwaltung schon Ende 2009 geräumt werden
- **März 2015:**  
Der dritte Abwehrbrunnen geht in Betrieb; die Hebungsgeschwindigkeit liegt noch bei 2,8 Millimetern pro Monat
- **Oktober 2016:**  
Hebungsgeschwindigkeit erreicht zum ersten Mal nur noch 2 Millimeter pro Monat an lediglich zwei Messpunkten
- **Januar 2017:**  
insgesamt wurden durch die Schlichtungsstelle bisher 380 Schlichtungsanträge bearbeitet
- **März 2017:**  
Die Hebungsgeschwindigkeit hat sich auf max. 1,89 mm/Monat weiter reduziert, auch die horizontalen Verschiebungen gehen deutlich zurück; insgesamt sind über 60 cm Hebungen und über 45 cm seitliche Verschiebungen erreicht.
- **Mai 2017:**  
11,4 Millionen Ausgaben für die Schadensabwehr und Beseitigung von Schäden; die Stadt Staufen hat davon bisher fast 4 Millionen Euro einschließlich eigener Verwaltungsleistungen übernommen

## **Dies erforderte:**

### **10 Jahre permanentes Krisenmanagement**

- Infoveranstaltungen für die Rissgeschädigten und Einrichtung eines „Runden Tisches“, moderiert durch den ehemaligen Regierungsvizepräsidenten Dr. Wilfried Kollnig
- Zunächst monatliche Sitzungen des Arbeitskreises Hebungsrisse; seit Januar 2013 tagt dieser Krisenstab alle zwei Monate unter Einbeziehung von Fachleuten und unter Leitung des Bürgermeisters
- Regelmäßige Pressekonferenzen/Presseerklärungen nach den Sitzungen des Arbeitskreises; völlige Transparenz durch Offenlegung aller Erkenntnisse
- Unzählige Interviews mit Presse, Rundfunk und Fernsehen
- Ständiger Tagesordnungspunkt bei den Sitzungen des Gemeinderats zur Information des Gemeinderats und der Bevölkerung
- Zahlreiche Kampagnen der Stiftung zur Erhaltung der historischen Altstadt; zuletzt „Los! Für Staufen.“ (insgesamt rund 1 Million Einnahmen, rund 0,5 Millionen Euro Ertrag für die Rissgeschädigten)
- Besuch der Ministerpräsidenten in Staufen (Günther Oettinger am 09.08.2009, Stefan Mappus am 20.12.2010, Winfried Kretschmann am 20.03.2014; Ministerpräsident a. D. Dr. Erwin Teufel ist Vorsitzender des Kuratoriums unserer Stiftung)
- Zahlreiche Besuche von Ministern, Staatssekretären, Abgeordneten und aller Fraktionen des Landtags zur politischen Absicherung der Unterstützung Staufens
- Verhinderung einer Klagewelle
- Etablierung einer außergerichtlichen Lösung für die Rissgeschädigten durch das Schlichtungsverfahren
- Die Finanzierung von 30 Millionen Euro ist gesichert ohne Anerkennung von rechtlichen Verpflichtungen durch die Zuschussgeber, der Weg für eine Anschlussfinanzierung ist aufgezeigt
- Krisenbewältigung als Alltag und 10 Jahre Ausnahmezustand
- Permanente Untersuchungen und Reparaturen an den Gebäuden
- Sicherheit insbesondere des Gasnetzes als Dauerthema
- Starke Belastung der Verwaltung

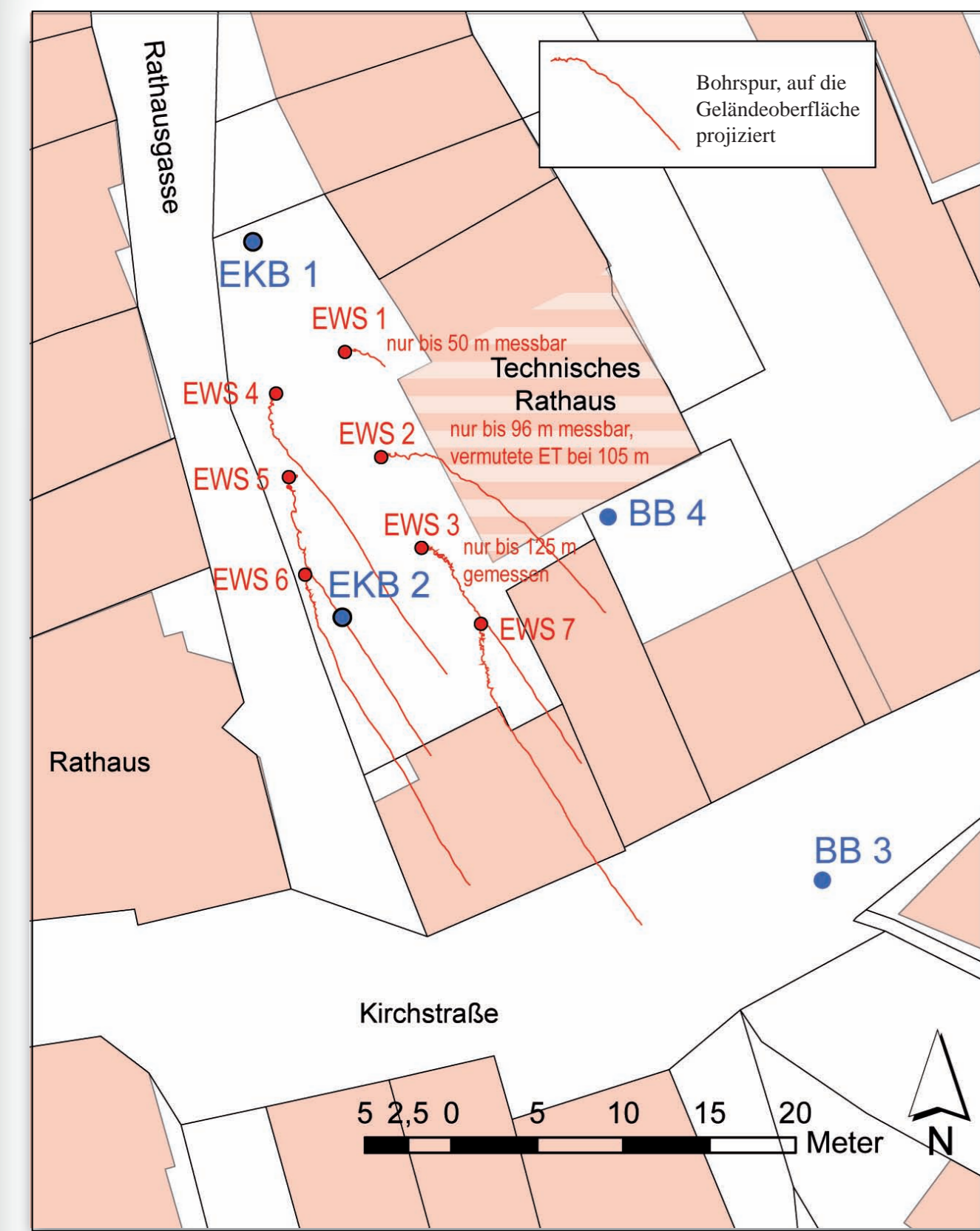
Der Hebungsprozess ist noch nicht abgeschlossen. Staufen darf nicht zerbrechen – deshalb wird unser großer Einsatz zum Schutz unserer historischen Altstadt und zur finanziellen Entschädigung aller Rissgeschädigten engagiert fortgesetzt.

Ein großer Dank gilt allen, die uns finanziell, mit Sachverstand oder auf andere Weise auf unserem bisherigen Weg unterstützt haben, und selbstverständlich vor allem auch den Rissgeschädigten für ihre Geduld, ihr Verständnis und Durchhaltevermögen. Wir brauchen Sie alle auch weiterhin an unserer Seite – damit Staufen nicht zerbricht.

Michael Benitz  
Bürgermeister

# Die Hebungen des Untergrundes in der Altstadt von Staufen

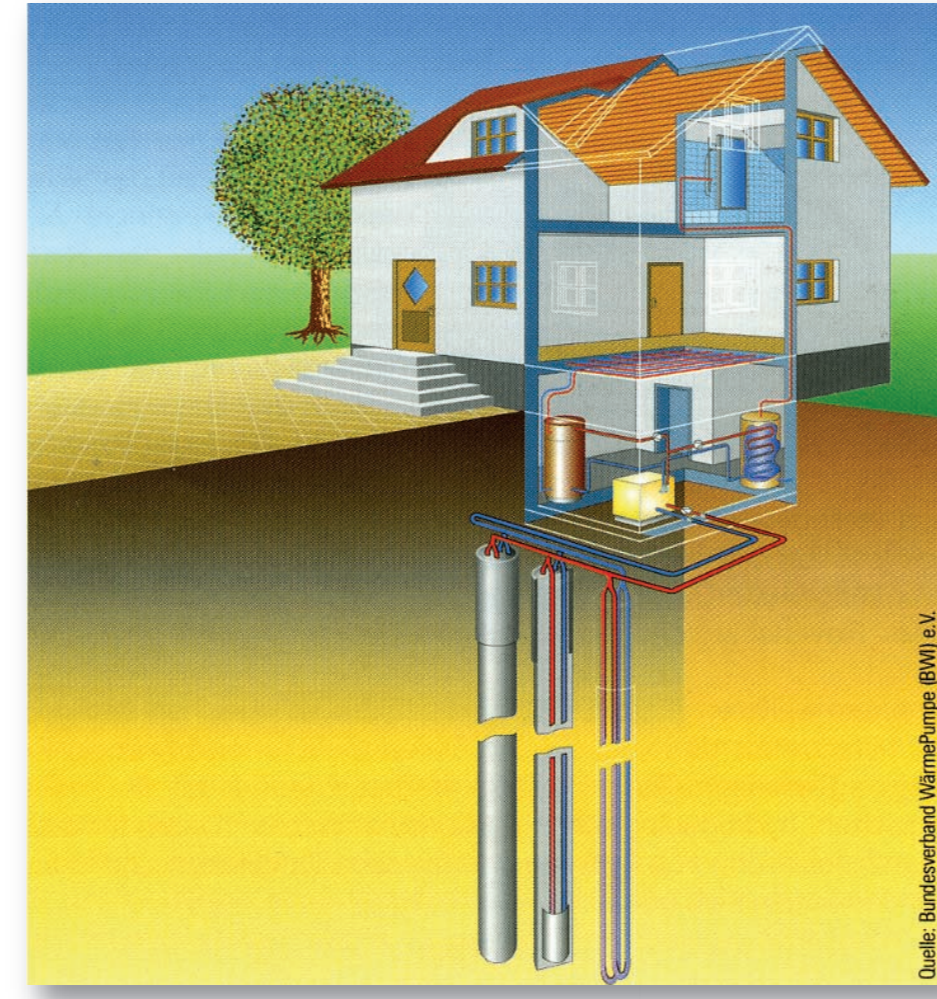
## Situation



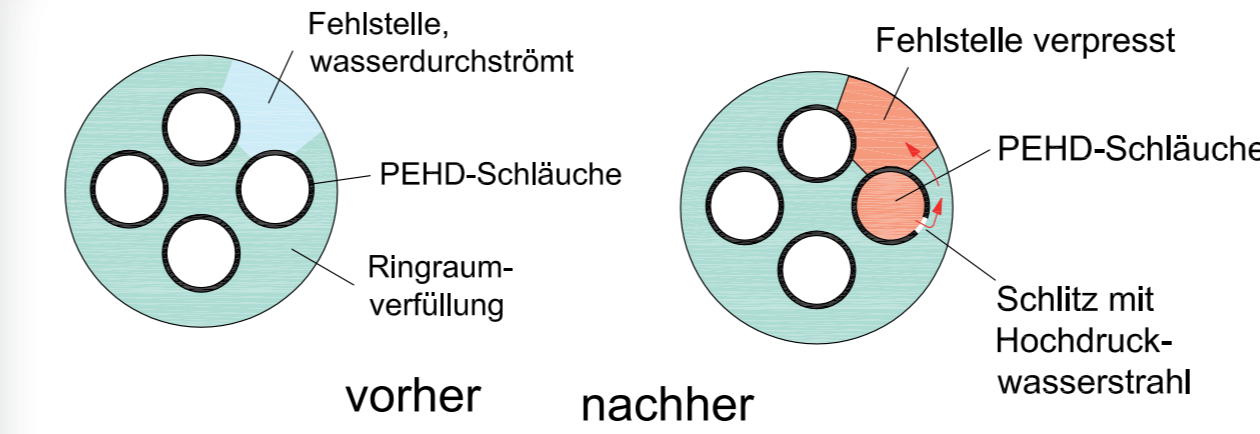
Im September 2007 hatte die Stadt Staufen sieben bis zu 140 m tiefe Erdwärmesonden (EWS) bauen lassen (Abb. 1, 2). Das renovierte Rathaus sollte ökologisch mit Erdwärmetechnologie nicht nur geheizt, sondern auch gekühlt werden. Bereits Ende 2007 wurden erste Risse an Gebäuden im historischen Altstadtbereich beobachtet. Mit geodätischen Messungen wurden im Frühjahr 2008 Hebungen des Untergrundes als Schadensursache nachgewiesen. Nach aufwändigen geologischen Untersuchungen unter fachlicher Leitung des Regierungspräsidiums Freiburg - Abteilung 9 (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau) und der Ingenieurgruppe Geotechnik (Kirchzarten) wurde festgestellt, dass die Hebungen auf mindestens eine undichte Erdwärmesonde zurückzuführen sind.

◀ **Abb. 1:** Lage des Erdwärmesondenfeldes (EWS 1 bis EWS 7) hinter dem historischen Rathaus sowie der Bohrungen EKB 1 und 2 sowie BB 3 und 4. Aus den Bohrungen EKB 2, BB 3 und BB 4 wird Grundwasser abgepumpt. Der südöstliche Teil des technischen Rathauses wies starke Gebäudeschäden auf und wurde im Zuge der Errichtung der Brunnenbohrung BB 4 abgerissen (schraffiert).

**Abb. 2:** Prinzip der Erdwärmesonde ▶ In die Bohrlöcher für die Erdwärmesonden werden jeweils vier Rohre eingeführt. Jeweils zwei Rohre sind durch den Sondenfuß U-förmig verbunden und bilden somit zwei Rohrtouren, in denen das Wasser zirkulieren kann (Doppel-U-Sonde). Dem Untergrund wird Wärme entzogen und unter Einsatz einer Wärmepumpe dem Heizsystem zugeführt. Der Zwischenraum zwischen Bohrlöcherwandung und den Rohren muss mit einem Bentonit-Zementgemisch dicht verpresst werden. Eine misslungene Verpressung von zumindest einer Sonde war in Staufen die Ursache für die Geländehebungen.



## Maßnahmen zum Stoppen des Hebungsprozesses



**Abb. 4:** Nachträgliche Verpressung einer EWS Schematischer Querschnitt einer Erdwärmesonde (EWS): die Verpressung der Fehlstelle verhindert den vertikalen Wasserfluss.

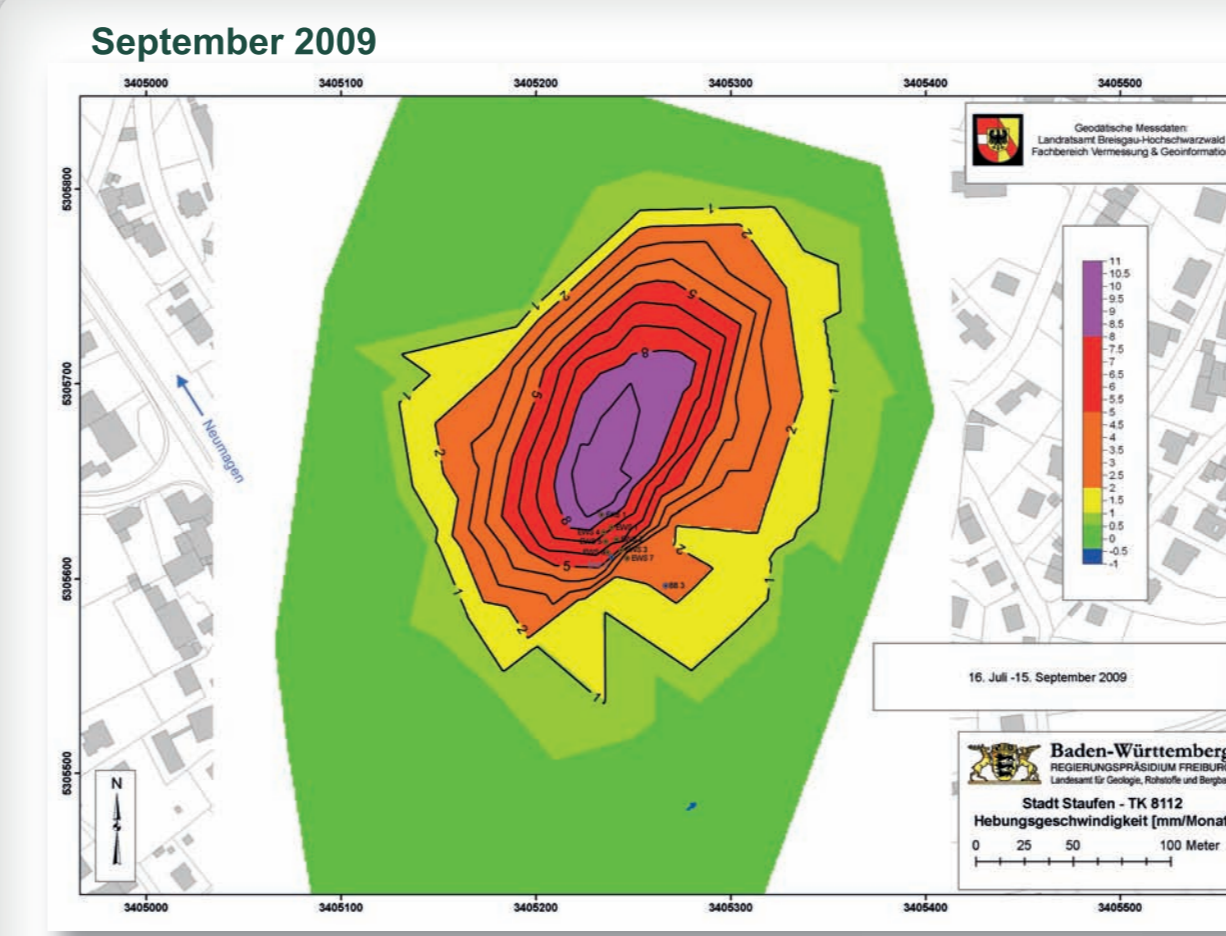
Der Hebungsprozess kann nur gestoppt werden, wenn es gelingt, den Grundwasseraufstieg aus dem Unterkeuper/Muschelkalk und den Wasserzutritt in den quellfähigen Gebirgsabschnitt des Gipskeupers zu unterbinden.

Um dies zu erreichen, wurden zwei Maßnahmen kombiniert:

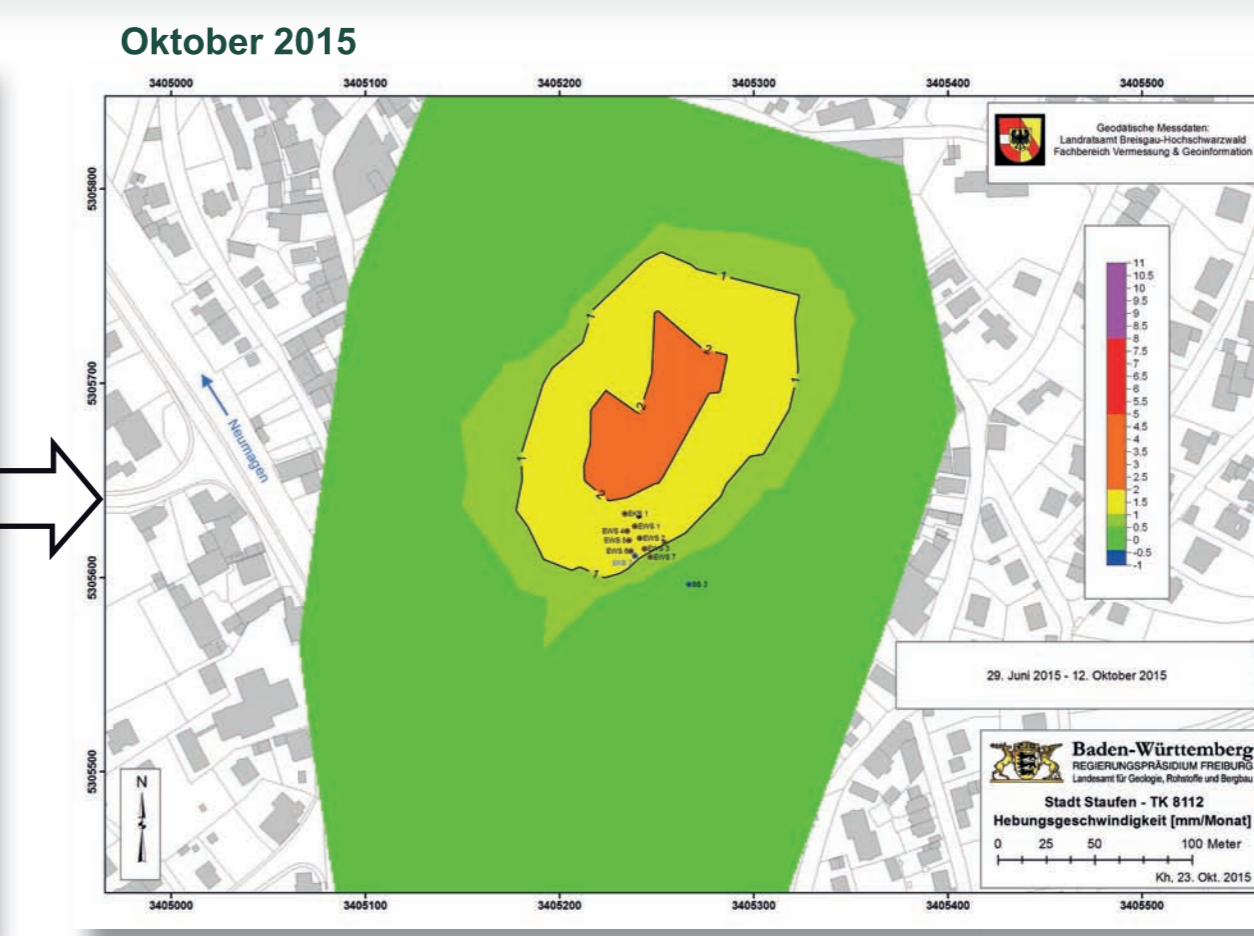
- **Nachträgliche Ringraumabdichtung der Erdwärmesonden** Von November 2009 bis April 2010 wurden die Erdwärmesonden nachträglich technisch abgedichtet (Abb. 4). Der Zugang zum Ringraum erfolgte über die Sondenschläuche, die mit einem eigens entwickelten Perforationsverfahren abschnittsweise geschlitzt wurden. Durch diese wenige Dezimeter langen Schlitzte wurde der Ringraum mit spezieller Injektionstechnik injiziert. Die Erdwärmesonde 2 konnte allerdings nur bis in eine Tiefe von ca. 100 m nachträglich abgedichtet werden. Darunter war die 140 m tiefe Bohrung vor dem Einbau der EWS-Schläuche verstürzt (Abb. 3a). Die Abdichtungsmaßnahme ist abgeschlossen, die Wirksamkeit der nachträglichen Ringraumabdichtung wird regelmäßig kontrolliert. Im Bedarfsfall kann nachinjiziert werden.

- **Absenkung des artesisch gespannten Grundwassers im Unterkeuper/Muschelkalk** Aus den Pumpbrunnen EKB 2, BB 3 und BB 4 wird kontinuierlich Grundwasser entnommen (Entnahmeraten Januar 2016: EKB 2 ca. 1,3 l/s, BB 3 ca. 1,2 l/s, BB 4 ca. 1,0 l/s). Die Grundwasserabsenkung dient dazu, einen Grundwasseraufstieg aus dem Unterkeuper/Muschelkalkaquifer in den quellfähigen Gipskeuper zu unterbinden. Dies umfasst auch den unteren, verstürzten und nicht nachträglich abgedichteten Abschnitt der EWS 2 (Abb. 3a).

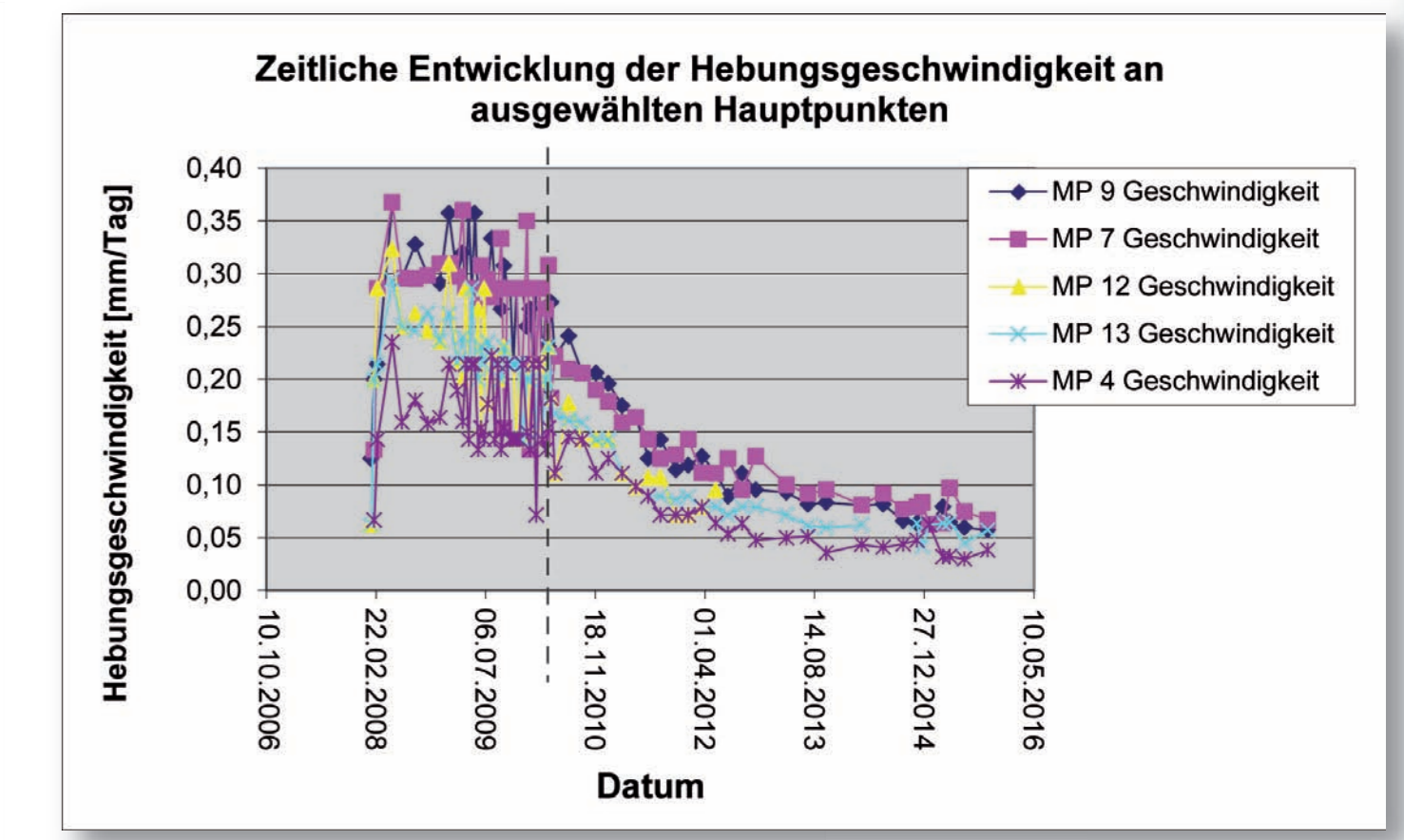
## Zeitliche Entwicklung der Geländedeformation



**Abb. 5:** Hebungsgeschwindigkeiten [mm/Monat] im Stadtkern von Staufen (im Sept. 2009).



**Abb. 6:** Hebungsgeschwindigkeiten [mm/Monat] im Stadtkern von Staufen (im Okt. 2015).



**Abb. 7:** Zeitliche Entwicklung der Hebungsgeschwindigkeit [mm/Tag] (strichlierte Linie: Beginn der schadensbegrenzenden Maßnahmen).

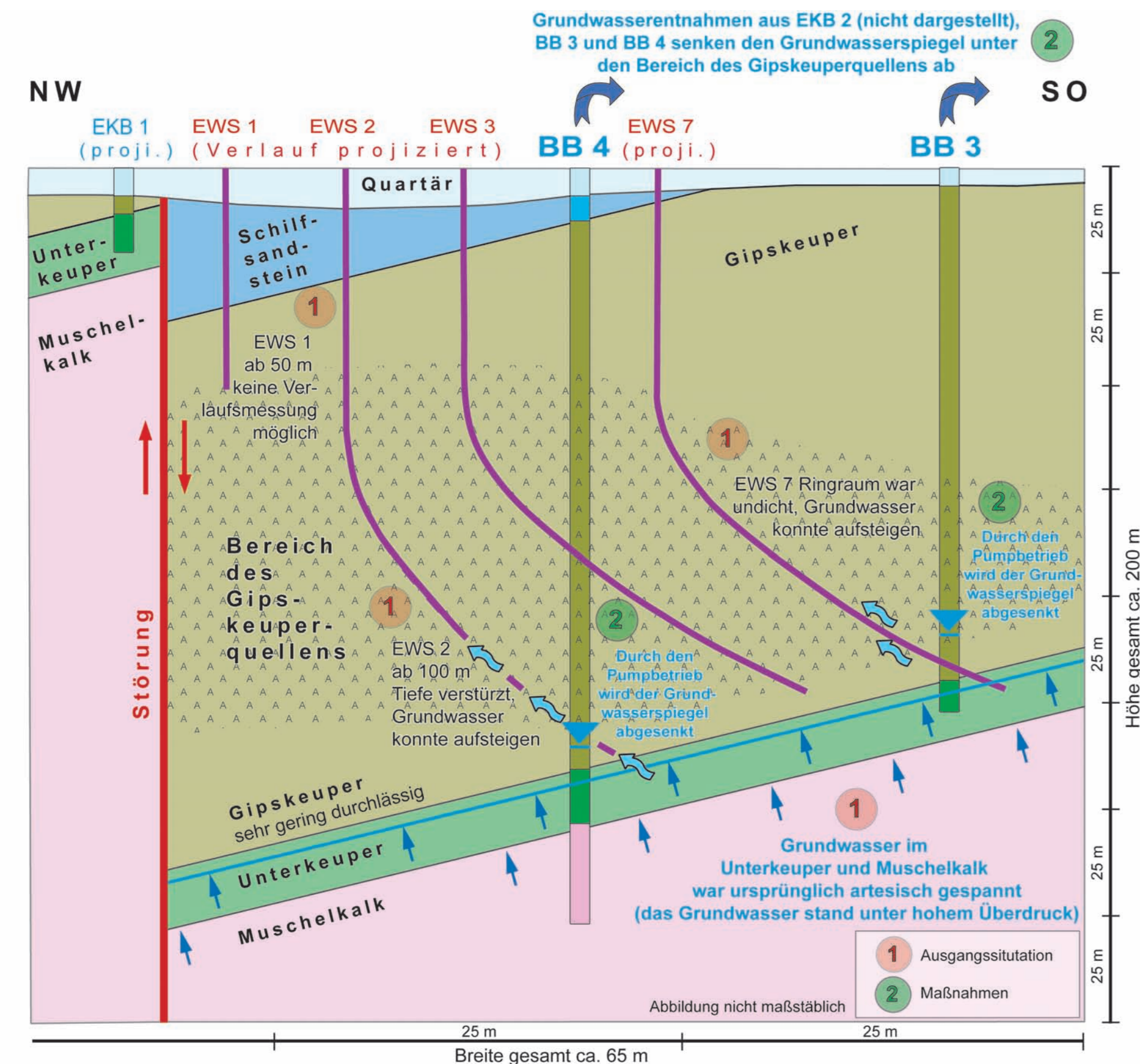
Während die maximalen Hebungenbeträge im Jahr 2009 bei ca. 11 mm im Monat lagen (Abb. 5), zeigt sich in den am stärksten betroffenen Gebieten seit der technischen Abdichtung der Erdwärmesonden und der Aufnahme des Abwehrbetriebs bis zum Oktober 2015 eine deutliche Abnahme der Hebungsgeschwindigkeit auf maximal 2,3 mm im Monat (Abb. 6). In der Peripherie sind die Hebungen zum Stillstand gekommen, die Hebungsfurur hat sich in diesem Zeitraum deutlich verkleinert.

Abbildung 7 zeigt die zeitliche Entwicklung der Hebungsgeschwindigkeit vom Beginn der Messungen im Frühjahr 2008 bis Oktober 2015. Die Hebungsgeschwindigkeiten haben in der Anfangsphase stark zugenommen. Daran schließt ein Zeitraum mit gleichbleibenden Hebungsgeschwindigkeiten an. Mit Beginn der schadensbegrenzenden Maßnahmen setzte zunächst eine starke, annähernd lineare Abnahme der Hebungsgeschwindigkeit ein. Danach schließt eine Phase mit geringerer Abnahme der Hebungsgeschwindigkeit an. Die maximalen Hebungenbeträge seit Beginn der Messungen im Jahr 2008 liegen bei ca. 48 Zentimeter. Mit den Höhenänderungen geht auch eine horizontale Geländeverschiebung von bis zu mehreren Dezimetern einher. Aufgrund der Schichtlagerung ist sie in nordwestliche Richtung stärker ausgebildet als nach Südosten. Auch die horizontalen Bewegungsgeschwindigkeiten verlangsamten sich mit der Zeit.

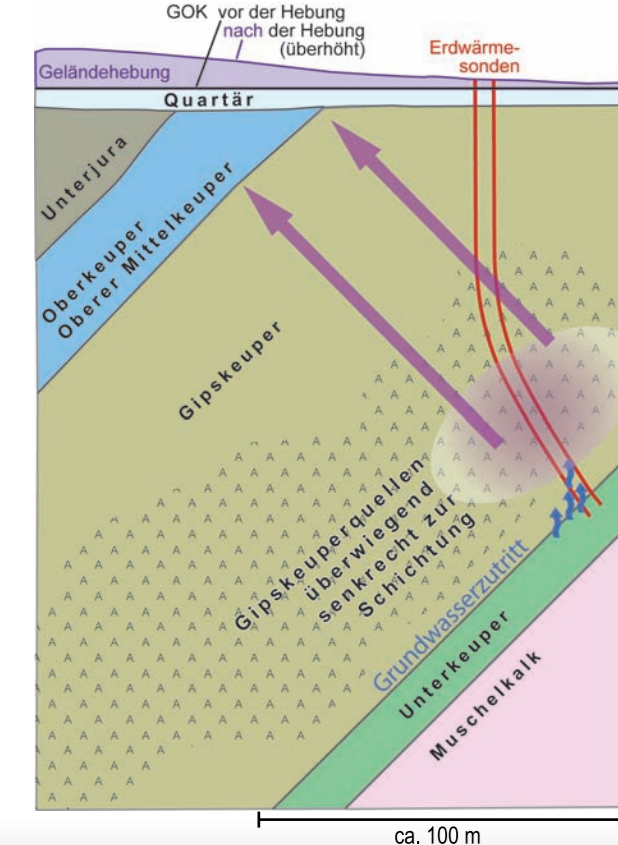
## Chronologie

Sept. '07:	Bau von sieben 140 m tiefen Erdwärmesonden (EWS) durch die Stadt Staufen (Abb. 1)
Ende '07:	Auftreten erster Risse an Gebäuden im historischen Altstadtbereich
Anfang '08:	Geodätische Messungen belegen Geländehebungen im Altstadtbereich
Juni '08:	Temperaturmessungen in den EWS zeigen Temperaturanomalien im Tiefenabschnitt mit gips- und anhydritführendem Gestein
Mrz. – Okt. '09:	Geologische Erkundung: Abteufen von zwei Erkundungsbohrungen (EKB 1: 18,20 m tief, EKB 2: 163 m tief), Messung der Raumlage der EWS, geophysikalische Erkundung
	Hebungsursache: Misslungene Abdichtung mindestens einer Erdwärmesondenbohrung
Okt. '09:	Ausbau der Erkundungsbohrung EKB 2 als Pumpbrunnen, Beginn des Dauerabsenkbetriebs aus EKB 2
Nov. '09 – Apr. '10:	Nachverpressung der Ringraumhinterfüllung der EWS 1 bis 7
Nov. '11 – Apr. '12:	Abteufen und Ausbau der Brunnenbohrung BB 3 (122,3 m tief)
Apr. '12:	Beginn des gleichzeitigen Dauerabsenkbetriebs aus EKB 2 und BB 3
Sept. '14:	Teilabriss des Technischen Rathauses
Okt. '14 – Aug. '15:	Abteufen und Ausbau der Brunnenbohrung BB 4 (175 m tief, Ausbau bis 140 m unter Gelände), hydraulische Tests
Sept. '15:	Beginn des gleichzeitigen Dauerabsenkbetriebs aus EKB 2, BB 3 und BB 4

## Ursache der Geländedeformation



▲ **Abb. 3a:** Schematische Darstellung der geologischen Situation im Bereich des Erdwärmesondenfeldes (Darstellung nicht maßstäblich, siehe Maßstabsbalken!).



◀ **Abb. 3b:** Prinzipskizze zur Erläuterung der Geländehebung (Darstellung maßstäblich).

Zur Erkundung der Schadensursache wurde ein umfangreiches geowissenschaftliches Erkundungsprogramm durchgeführt, bei dem auch speziell für die Fragestellung in Staufen neu entwickelte Methoden zum Einsatz kamen. So konnte z.B. festgestellt werden, dass die Erdwärmesondenbohrungen unterhalb von ca. 70 m um mehr als 30° von der vertikalen Richtung abweichen (Abb. 1 und 3a). Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse führte zum Schluss, dass die beobachteten Geländedeformationen (sowohl Geländehebung als auch Horizontalverschiebung) auf das sogenannte "Gipskeuperquellen" zurückzuführen sind.

Im Bereich des Erdwärmesondenfeldes besteht der Untergrund aus den geologischen Formationen des Keupers und des Muschelkalks (Abb. 3). Über den unzureichend abgedichteten Ringraum einer oder mehrerer Erdwärmesonden stieg unter artesischem Druck stehendes Grundwasser aus dem Unterkeuper/Muschelkalk auf und drang in den ehemals trockenen Gebirgsabschnitt des Gipskeupers ein. Der Gipskeuper (neue Bezeichnung: Grabfeld-Formation) enthält u. a. Gips und Anhydrit sowie quellfähige Tonminerale. Bei Anwesenheit von Wasser wandelt sich Anhydrit in Gips um. Damit geht eine große Volumenzunahme einher, welche die Geländehebungen bewirkt. Unterstützt wird der Hebungsvorgang zusätzlich durch das Quellen von Tonmineralen. Der Quellprozess wirkt überwiegend senkrecht zum Einfallen der Gesteinsschichten.

Der Untergrund unter dem Erdwärmesondenfeld ist kleinräumig zerbrochen, die Gesteinsschichten sind nach Nordwesten verkippt (Abb. 3a und b). Aufgrund dieser Schichtlagerungsverhältnisse entwickelte sich eine großflächige Hebung, die nicht nur direkt über dem Sondenfeld liegt, sondern auch darüber hinaus weit nach Norden und Nordwesten reicht (Abb. 3, 5 und 6). In der maßstäblichen Darstellung (Abb. 3b) wird deutlich, dass die Schichten mit etwa 45° nach Nordwesten einfallen. Das Gipskeuperquellen wirkt überwiegend senkrecht zur Schichtung.

