



Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart · PF 801140 · D-70511 Stuttgart

**Fachbereich/Abteilung Geotechnik**

Telefon: (0711) 685-63359

Telefax: (0711) 685-66826

Sachbearbeiter: Prof. H. Schad

E-Mail: hermann.schad@mpa.uni-stuttgart.de

**Landgericht Freiburg**

**Az.: 14 OH 5/08, Stadt Staufen ./**

**1. Sachverständigengutachten**

Selbständiges Beweisverfahren:

**Stadt Staufen**, vertreten durch den Bürgermeister Michael Benitz,  
Rathausgasse 7. 79212 Staufen

– Antragstellerin –

Prozessbevollmächtigte:

Rechtsanwälte Steiger, Schill u. Koll., Innere Neumatten 15, 79219 Staufen

**gegen**

– Antragsgegner –

Auftraggeber: Landgericht Freiburg  
Salzstraße 17 79098 Freiburg  
Tel.: 0761/205-0 Fax: 0761/205-2030  
E-Mail: Poststelle@LGFreiburg.justiz.bwl.de

Unser Auftrag: 510/901 5261  
Datum: 19.09.08  
Auftragsnummer MPA 510/901 5261  
Verteiler: Auftraggeber 7-fach  
Textfile: lg-freiburg0818

## Inhalt

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Allgemeines</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Ortstermine</b>   | <b>3</b>  |
| <b>3</b> | <b>Beschluss des LG Freiburg vom 26.02.08</b>  | <b>5</b>  |
| <b>4</b> | <b>Unterlagen</b>  | <b>6</b>  |
| <b>5</b> | <b>Beantwortung der Fragen des Beweisbeschlusses</b>   | <b>7</b>  |
| 5.1      | Frage 1: Was ist die Ursache für die beobachteten Risse und Setzungen? . . .   | 7         |
| 5.1.1    | Die Entstehung von Gebäudeschäden durch Verformungen der Geländeoberfläche . . . . .                                     | 8         |
| 5.1.2    | Mögliche Ursachen für den Quellprozess . . . . .   | 13        |
| 5.2      | Frage 2: Herstellung der Sonden . . . . .  | 14        |
| 5.3      | Frage 3: Waren die Auflagen ausreichend? . . . . .   | 14        |
| 5.4      | Frage 4: Wären zusätzliche Auflagen erforderlich gewesen? . . . . .  | 14        |
| 5.5      | Frage 5: Kann erwartet werden, dass ohne behördliche Anordnung zusätzliche Untersuchungen durchgeführt werden? . . . . . | 14        |
| 5.6      | Frage 6: Ursache Erdwärmesonden . . . . .  | 15        |
| 5.6.1    | Frage 6a: Ab welchem Zeitpunkt hätten die Risiken bekannt sein müssen? . . . . .   | 15        |
| 5.6.2    | Frage 6b: Waren die Schäden durch eine „sensiblere“ Herstellung vermeidbar? . . . . .                                    | 15        |
| 5.7      | Frage 7: Maßnahmen zum Stoppen der Rissbildungen . . . . .   | 17        |
| 5.8      | Frage 8: Weitere Rissbildung . . . . .   | 18        |
| 5.9      | Frage 9: Beginn der Sanierungsarbeiten . . . . .   | 19        |
| <b>6</b> | <b>Zusammenfassung</b>   | <b>19</b> |

## Beilagen

| Bild |  | Beilage |
|------|--|---------|
| 1    | Lageplan (M 1:1.250) mit den Hebungsgeschwindigkeiten der Messunkte .    | 1       |
| 2    | Neigungsänderungen im Profil 1 (von West nach Ost) . . . . .             | 2       |
| 3    | Neigungsänderungen in den Profilen 2 bis 4 (von Nord nach Süd) . . . . . | 3       |
| 4    | Rogowski, E.: Quellvorgänge im Gispkeuper, Blatt 1 . . . . .             | 4       |
| 5    | Rogowski, E.: Quellvorgänge im Gispkeuper, Blatt 2 . . . . .             | 5       |
| 6    | Rogowski, E.: Quellvorgänge im Gispkeuper, Blatt 3 . . . . .             | 6       |
| 7    | Anagnostou,G.: Tunnelbau in quellfähigem Gebirge . . . . .               | 7       |
| 8    | Behmel, H.: Geologie von Baden-Württemberg, Blatt 1 . . . . .            | 8       |
| 9    | Behmel, H.: Geologie von Baden-Württemberg, Blatt 2 . . . . .            | 9       |
| 10   | Tunnel im Gipskeuper: Beispiel Adlertunnel (CH), Blatt 1 . . . . .       | 10      |
| 11   | Tunnel im Gipskeuper: Beispiel Adlertunnel (CH), Blatt 2 . . . . .       | 11      |
| 12   | Tunnel im Gipskeuper: Beispiel Adlertunnel (CH), Blatt 3 . . . . .       | 12      |
| 13   | Ergebnisse der Temperaturmessungen in den Sonden . . . . .               | 13      |

## 1 Allgemeines

Mit Schreiben vom 26.02.08 erhielt der links Unterzeichnende vom Landgericht Freiburg den Gutachterauftrag in Sachen Stadt Staufen /.

Dieser Auftrag basiert auf dem Beweisbeschluss des Gerichts vom 26.02.08 (Bl. 21 ff d. A.).

## 2 Ortstermine

Bei den Ortsterminen wurden die Temperaturmessungen durchgeführt (siehe Berichte von G. . . . .), der Zustand der Gebäude besichtigt und Antragssteller und Antragsgegner über den aktuellen Stand der Messungen informiert.

Es fanden folgende Ortstermine statt:

|          |  |
|----------|--|
| 29.02.08 | Besprechung im Rathaus: Einigung auf Temperaturmessungen durch G:<br>Landratsamt für geodätische Messungen und Büro M: für Gebäudeaufnahmen.   |
| 18.04.08 | Temperaturmessungen.   |
| 15.05.08 | Temperaturmessungen.   |
| 12.06.08 | Temperaturmessungen.   |
| 27.06.08 | Besprechung in der Kanzlei des Anwalts der Antragstellerin: Information von Antragstellerin und Antragsgegnern über die Temperaturmessungen und die geodätischen Aufnahmen.                        |
| 01.08.08 | Messungen der Sondentiefen (siehe folgende Tabelle).   |
| 21.08.08 | Messungen der Durchgängigkeit der Sonden durch Wälderbau.<br>An den gemessenen Sonden 1, 2, 3, 4 und 5 keine Auffälligkeiten.<br>An allen Sonden baute sich ein Druck von 4,7 bar bis 4,8 bar auf. |

**Ortstermin 01.08.08:** Bei den Längenmessungen wurden 3 Verfahren angewendet:

1. Bleilot an einem Drahtseil (das Bleilot hat einen etwa dreieckförmigen Querschnitt mit einem äquivalenten Durchmesser von 11 mm).
2. HDPE-Rohr mit Längenmarken (Außendurchmesser 16 mm, Wandstärke 1 mm);
3. Glasfaserstab (äußerer Durchmesser der Umhüllung 10 mm, Durchmesser des Stahlkopfes 14 mm).

Ergebnisse der Messungen der Sondenlängen (Sondentiefen). Die Tiefen beziehen sich auf die Geländehöhe (Einheit [m]).

|   | Sonde 1 | Sonde 2 | Sonde 3 | Sonde 4 | Sonde 5 | Sonde 6 | Sonde 7 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Solllängen nach Angabe von W              | 135,0   | 105,0   | 140,0   | 140,0   | 140,0   | 140,0   | 140,0   |
| Bleilot an Drahtseil                      | 132,4   | 97,8    | 138,4   | 140,1   | 139,7   | 137,9   | 137,3   |
| Kontrolle im 2. Rohr                      |         | 97,1    |         |         |         |         |         |
| HDPE-Rohr                                 |         |         | 116,0   |         | 139,0   |         |         |
| Glasfaserstab                             |         |         | 137,0   |         |         |         |         |
| Temperatursonde an Drahtseil (Kabelsonde) | 130,0   | 96,0    | 135,4   | 138,3   | 137,5   | 135,7   | 135,8   |
| drahtlose Sonde (NIMO-T)                  |         | 43,7    | 75,2    | 68,4    | 74,1    | 80,2    | 56,5    |

### **3 Beschluss des LG Freiburg vom 26.02.08**

Am 26.02.08 hat das Landgericht Freiburg beschlossen (Bl. 21 ff d. A.):

*Dem Sachverständigen wird aufgegeben, zu folgenden Fragen bezüglich der unter I. dargestellten Problematik Stellung zu nehmen:*

1. Was ist die Ursache für die beobachteten Risse und Setzungen?
2. Erfolgte die Herstellung der Erdwärmesonden nach derzeitigem Stand der Technik und gemäß der Auflagen in der wasserrechtlichen Erlaubnis des Landratsamts vom 4. Mai 2007, dem Schreiben des Regierungspräsidiums vom 11. Mai 2007 und dem Schreiben des Landratsamts vom 6. September 2007?
3. Waren die Auflagen in der wasserrechtlichen Erlaubnis vom 4. Mai 2007 und den nachfolgenden Schreiben vom 11. Mai und 6. September 2007 ausreichend?
4. Wären in Kenntnis des artesisch gespannten Wassers zusätzliche Auflagen und/oder weitere Untersuchungen zur Risikobewertung erforderlich gewesen?
5. Kann von einer Fachplanung / Fachfirma erwartet werden, dass auch ohne dass eine behördliche Anordnung vorliegt, die eventuell erforderlichen zusätzlichen Untersuchungen erkannt werden und der Auftraggeber hierüber informiert wird?
6. Sofern die Setzung auf die Herstellung der Erdwärmesonden zurückzuführen ist:
  - a. Ab welchem Zeitpunkt hätten die aktuell sich realisierenden Risiken einem Fachplaner / einer Fachfirma bekannt sein müssen?
  - b. Wären die Setzungsschäden durch eine „sensiblere“ Herstellung der Erdwärmesonden vermeidbar gewesen?
7. Welche Maßnahmen sind erforderlich, um weitere Setzungen und die damit verbundene Rissbildung zu stoppen?
8. Ist nach Durchführung dieser Maßnahmen mit weiteren Rissen und Setzungserscheinungen zu rechnen, wenn ja, kann der Zeitraum eingegrenzt werden?
9. Wann kann voraussichtlich mit den Sanierungsarbeiten an den geschädigten Gebäuden begonnen werden?

## 4 Unterlagen

ANAGNOSTOU, GEORGIOS (2007): Design uncertainties in tunnelling through anhydritic swelling rocks (engl.); Planungsunsicherheiten beim Tunnelbau in anhydrithaltigem quallfähigen Gebirge. Felsbau, Rock and Soil Engineering 25, Nr. 4, S. 48 – 54.

ASFINAG (2005): Messbericht A9 Pyhrnautobahn, Bosrucktunnel, Gleitmikrometermessungen vom 02./03.11.05. Unveröffentlichter Bericht, von Herrn Plankel (3P Geotechnik) zur Verfügung gestellt.

BAUBERICHT FELSBAU (2008): Setzungsausgleich mit dem Soilfrac-Verfahren, Felsbau magazin, April 2008, S. 116 – 117.

BITZER, F.; STORZ, R. (2008): Erdwärmennutzung – Stand und aktuelle Entwicklungen, Felsbau magazin, April 2008, S. 108 – 114.

(2008A): Bericht über Temperaturmessungen in 6 Erdwärmesonden in Staufen.  
Ref. 501/FS/RW, Bericht vom 03.06.08.

(2008B): Bericht über Temperaturmessungen in 7 Erdwärmesonden in Staufen.  
Ref. 501/FS/RW, Bericht vom 18.06.08.

(2007): Geotechnische Stellungnahme Nr. 1 der I  
, vom 18.12.07.

(2008): Geotechnische Stellungnahme Nr. 2 der I  
, vom 31.01.08 mit einem Angebot TERRASOND  
vom 30.01.08 für die Durchführung einer 60 m tiefen Erkundungsbohrung.

LGRB (2008A): Stellungnahme zum vorgeschlagenen Untersuchungsprogramm zu Gebäudeschäden im Stadtgebiet von Staufen, Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Brief vom 13.02.08.

LGRB (2008B): Geologische Expertise über das Stadtgebiet von Staufen (Geologische, tektonische und hydrogeologische Verhältnisse von Staufen, Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald, Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Bericht vom 11.04.08.

LGRB (2008C): Bericht über die Ergebnisse der H/V-Messungen im Stadtgebiet von Staufen, Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Bericht vom 19.05.08.

KLEINERT, K; EINSELE, G. (1978): Sohlhebungen in Straßeneinschnitten in anhydritführendem Gipskeuper. Ber. 3. Nat. Tag. Felsmechanik Aachen: 103-124; Essen DGEG 1978.

ROGOWSKI, E. (2001): Ausgewählte Grundlagen der Baupraxis, Grundbau und Bodenmechanik, Ausbildungsgang zur Vorbereitung auf die Sachverständigentätigkeit im Bereich Schäden an Gebäuden (AG 4).

W. (2008): Bohrbericht Rathaus Staufen, W. Bericht vom 18.03.08.

(1995): Baugrundbeurteilung und Gründungberatung für das Hotel Kreuz-Post (Schladerer, Hauptstraße 65) vom 09.02.95.

## 5 Beantwortung der Fragen des Beweisbeschlusses

Vorbemerkungen: Zum Zeitpunkt des Beweisbeschlusses ging man davon aus, dass es sich bei den Bewegungen an der Geländeoberfläche<sup>1</sup> um Setzungen (Bewegungen nach unten) handelt, da die vor dem 26.02.08 durchgeführten geodätischen Messungen teilweise Setzungen zeigten und da durch Tiefbaumaßnahmen häufig Setzungen erzeugt werden. Bereits bei der Auswertung der am 28.02.08 durchgeführten Messungen zeigte sich, dass die Bewegungen nach oben (Hebungen) überwiegen.

Bei den weiteren geodätischen Messungen wurde offenkundig, dass keine relevanten Setzungen auftreten, sondern die Hebungen signifikant sind.

### 5.1 Frage 1: Was ist die Ursache für die beobachteten Risse und Setzungen?

Die Ursache für die Verformungen der Geländeoberfläche ist mit sehr großer Wahrscheinlichkeit das so genannte *Gipskeuperquellen*. Dieser Quellprozess ist aus dem Tunnel- und Verkehrswegebau bekannt. Er ergibt sich bei der Umwandlung von Anhydrit zu Gips, wenn der Anhydrit in den Tonsteinen in einer bestimmten Form eingelagert ist und Wasser Zutritt. Das Phänomen wird u. a. bei ANAGNOSTOU (2007) und KLEINERT/EINSELE 1978 (zitiert nach ROGOWSKI 2001) ausführlich beschrieben. (Eine stark vereinfachte Darstellung ist auf den Beilagen 4 bis 6 zu finden.)

Wenn der Hebungsvorgang vollkommen gleichmäßig ablaufen würde, käme es natürlich zu keinen Rissbildungen. Ursache der Rissbildungen sind die Buckel und Mulden, die beim *Gipskeuperquellen* entstehen.

Im Abschnitt 5.1.1 werden die entstandenen Oberflächenverschiebungen beschrieben und dargestellt. Im Abschnitt 5.1.2 werden dann mögliche Ursachen für die Entstehung des Quellprozesses erläutert.

---

<sup>1</sup>Wenn in diesem Gutachten von „Bewegungen der Geländeoberfläche“ die Rede ist, sind damit Bewegungen der oberen Bodenschicht von 10 m Stärke gemeint. Im Rahmen der Mess- und Rechengenauigkeit ist davon auszugehen, dass die Bewegungen im Gründungsbereich eines Gebäudes denen an der Geländeoberfläche entsprechen.

### 5.1.1 Die Entstehung von Gebäudeschäden durch Verformungen der Geländeoberfläche

In den folgenden Tabelle 1 und 2 sind die bis jetzt gemessenen Hebungen (positives Vorzeichen) und Setzungen (negatives Vorzeichen) zusammengestellt. Die Lage der Messpunkte und die Hebungsgeschwindigkeiten sind aus Beilage 1 ersichtlich. Die maximale Hebung im Zeitraum 14.01.08 bis 19.08.08 (7 Monate) wurde beim Punkt 9 (Rathausgasse 8) mit 66 mm gemessen.

Da sich im Zuge der Messungen zeigte, dass erhebliche Hebungen auftreten, wurden ergänzend zu den im Januar 08 eingerichteten 26 Messpunkten (Hauptpunkte) weitere Punkte (Nebenpunkte) in das Messprogramm aufgenommen.

- Im Mai 08 wurden die Punkte 27 bis 48 eingerichtet, für die schon erste Ergebnisse vorliegen (siehe Tabelle 2).
- Nachdem im Sommer 08 auch an relativ weit von den Erdwärmesonden entfernten Punkten, vor allem an den Straßen *Auf dem Graben* und *Mühlegasse*, Schäden gemeldet wurden, erfolgte im August 08 die Ausweisung weiterer Messpunkte (49 bis 59), für die noch keine Ergebnisse vorliegen. Die Punkte sind jedoch bereits in den Tabellen 2 und 4 aufgelistet und auf den entsprechenden Beilagen dargestellt.

Da die Beobachtungszeiten bei den verschiedenen Messpunkten ungleich sind, ist ein Vergleich der Messwerte der Hebungen/Setzungen nur bedingt möglich. Ein guter Vergleich ergibt sich bei den Verformungsgeschwindigkeiten, da diese für jedes Zeitintervall berechnet werden können.

Bei den Geschwindigkeiten zeigt sich auch, ob der Quellprozess abklingt, sich beschleunigt oder konstant bleibt. Als Maß für die Verformungsgeschwindigkeit wurden die Hebungen/Setzungen (in mm) pro Monat gewählt.

Einen Überblick über die räumliche Verteilung der Verformungsgeschwindigkeiten geben die Beilagen 1 bis 3. Die Zahlenwerte der Verformungsgeschwindigkeiten sind in den Tabellen 3 und 4 zusammen gestellt.



TABELLE 1: Bis zum 19.08.08 gemessene Oberflächenverformungen an den Hauptpunkten 1 bis 26

Hebungen (+), Setzungen (-), Veränderungen gegenüber der Nullmessung (ersten Messung) in Millimeter

**Hauptpunkte** (Beginn der Messungen am 14.01.08 oder 30.01.08)

| Pkt.-Nr./Lage d. Pkt.    | Büro F. LRA Müllheim |       |       |       |       |       |
|--------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                          | Messungen 2008       |       |       |       |       |       |
|                          | 30/01                | 14/02 | 28/02 | 06/05 | 19/06 | 19/08 |
| 8112281 Rath. West       | 2                    | 3     | 4     | 15    | 21    | 28    |
| 8112501 A. d. Remp.      | 1                    | 1     | -3    | -5    | -5    | -5    |
| 1 A. d. Rempart 14       |                      | -1    | -2    | 0     | 0     | 0     |
| 2 Freihofg. 5            |                      | -1    | 0     | 4     | 5     | 7     |
| 3 Hauptstr. 61           |                      | 0     | 1     | 8     | 10    | 12    |
| 4 Hauptstr. 45           |                      | 1     | 3     | 19    | 26    | 37    |
| 5 Hauptstr. 25           |                      | -1    | 0     | 11    | 12    | 16    |
| 6 Hauptstr./Järgg.       |                      | 0     | 1     | 9     | 10    | 12    |
| 7 Meiergasse 6           |                      | 2     | 6     | 31    | 44    | 62    |
| 8 Meiergasse 1           |                      | 1     | 3     | 21    | 29    | 40    |
| 9 Rathausgasse 8         | 2                    | 5     | 8     | 33    | 46    | 66    |
| 10 Rathausgasse 5        | 2                    | 5     | 9     | 33    | 46    | 65    |
| 11 Rathaus Ostseite      |                      | 1     | 4     | 18    | 24    | 34    |
| 12 Wasserwerk            | 1                    | 4     | 8     | 30    | 41    | 57    |
| 13 Rath. Rückg. Nordost  | 1                    | 4     | 7     | 27    | 38    | 53    |
| 14 Rath. Rückg. Südost   |                      | -1    | 1     | 10    | 13    | 18    |
| 15 Kirchstraße 5         | 0                    | -1    | 1     | 8     | 11    | 15    |
| 16 Kirche Westseite      |                      | -1    | -1    | 7     | 9     | 13    |
| 17 Järggasse 10          |                      | -1    | 0     | 9     | 13    | 17    |
| 18 Järggasse 7           |                      | 0     | 2     | 15    | 21    | 31    |
| 19 Schule Südwest        | 2                    | 2     | 0     | 3     | 5     | 7     |
| 20 Schule Südost         | 0                    | 1     | -2    | -2    | -1    | 1     |
| 21 Schule Ostseite       | -1                   | 1     | -1    | 0     | 1     | 3     |
| 22 Schule Nordost        | 0                    | 1     | 0     | 1     | 3     | 5     |
| 23 A. d. Remp. 7 West    | -2                   | 1     | -2    | -4    | -5    | -5    |
| 24 A. d. Remp. 7 Südost  | -2                   | 1     | -1    | -5    | -5    | -5    |
| 25 A. d. Remp. 7 Nordost | -3                   | 1     | -2    | -5    | -6    | -5    |
| 26 A. d. Rempart 2       |                      | 0     | -1    | 5     | 4     | 5     |

TABELLE 2: Bis zum 19.08.08 gemessene Oberflächenverformungen an den Nebenpunkten 27 bis 59

Hebungen (+), Setzungen (-), Veränderungen gegenüber der Nullmessung (ersten Messung) in Millimeter

**Nebenpunkte** (Beginn der Messungen zwischen dem 06.05.08 und dem 19.08.08)

| Pkt.-Nr./Lage d. Pkt.   | Büro F         |       | LRA Müllheim |       |       |       |
|-------------------------|----------------|-------|--------------|-------|-------|-------|
|                         | Messungen 2008 |       |              |       |       |       |
|                         | 30/01          | 14/02 | 28/02        | 06/05 | 19/06 | 19/08 |
| 27 Kirche Südwest       |                |       |              |       | 2     | 5     |
| 28 Kirche Süd           |                |       |              |       | 1     | 3     |
| 29 Kirche Südost        |                |       |              |       | 1     | 2     |
| 30 Kirche Ost           |                |       |              |       | 1     | 3     |
| 31 Kirche Nord          |                |       |              |       | 3     | 7     |
| 32 Kirche Nordwest      |                |       |              |       | 2     | 7     |
| 33 Kirchstr. 7 Nord     |                |       |              |       | 2     | 5     |
| 34 Wasserwerk Süd       |                |       |              |       | 2     | 6     |
| 35 Wasserwerk Nord      |                |       |              |       | 13    | 33    |
| 36 Rath. Rückg. Ost     |                |       |              |       | 7     | 18    |
| 37 Rath. Rückg. Südwest |                |       |              |       | 4     | 12    |
| 38 Rath. Rückg. West    |                |       |              |       | 7     | 19    |
| 39 Rath. Rückg. Nordw.  |                |       |              |       | 10    | 26    |
| 40 Rath. Rückg./Trich   |                |       |              |       | 11    | 27    |
| 41 Rathausgasse 5       |                |       |              |       | 14    | 36    |
| 42 Rathausgasse 3       |                |       |              |       | 14    | 35    |
| 43 Kirchstraße 1        |                |       |              |       | 1     | 5     |
| 44 Kirchstraße 2        |                |       |              |       | 2     | 5     |
| 45 Hauptstr. 47/49      |                |       |              |       | 10    | 25    |
| 46 Hauptstr. 46         |                |       |              |       | 7     | 19    |
| 47 Hauptstr. 37         |                |       |              |       | 5     | 11    |
| 48 Kirchstraße 4        |                |       |              |       |       | 2     |
| 49 Frickstr. 2          |                |       |              |       |       |       |
| 50 Frickstr. 2/3        |                |       |              |       |       |       |
| 51 Frickstr. 3          |                |       |              |       |       |       |
| 52 A. d. Graben 20      |                |       |              |       |       |       |
| 53 A. d. Graben 5/7     |                |       |              |       |       |       |
| 54 A. d. Graben 7       |                |       |              |       |       |       |
| 55 A. d. Graben 42      |                |       |              |       |       |       |
| 56 A. d. Graben 21      |                |       |              |       |       |       |
| 57 Mühleg./Hauptstr.    |                |       |              |       |       |       |
| 58 Mühleg./Friedhofg.   |                |       |              |       |       |       |
| 59 Mühlegasse 4 Ost     |                |       |              |       |       |       |

TABELLE 3: Bis zum 19.08.08 registrierte Hebungs(Setzungs)-Geschwindigkeiten an den Hauptpunkten 1 bis 26

| <b>Hauptpunkte</b> (Beginn der Messungen am 14.01.08 oder 30.01.08) |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| Pkt.-Nr./Lage d. Pkt.   | Büro Fr               |                       | LRA Müllheim          |                       |                       |                       | Mittelwert |
|   | <b>Messungen 2008</b> |                       |                       |                       |                       |                       |            |
|   | 14/01<br>bis<br>30/01 | 30/01<br>bis<br>14/02 | 14/02<br>bis<br>28/02 | 28/02<br>bis<br>06/05 | 06/05<br>bis<br>19/06 | 19/06<br>bis<br>19/08 |            |
| Dauer des Intervalls [Tage]   | 16                    | 15                    | 14                    | 68                    | 44                    | 61                    |            |
| 8112281 Rath. West  | 3,8                   | 2,0                   | 2,2                   | 4,9                   | 4,1                   | 3,5                   | 3,9        |
| 8112501 A. d. Remp.   | 1,9                   | 0,0                   | -8,6                  | -0,9                  | 0,0                   | 0,0                   | -0,7       |
| 1 A. d. Rempart 14  |                       | -2,1                  | -2,1                  | 0,9                   | 0,0                   | 0,0                   | 0,0        |
| 2 Freihofgasse 5  |                       | -2,0                  | 2,2                   | 1,8                   | 0,7                   | 1,0                   | 1,0        |
| 3 Hauptstr. 61  |                       | 0,0                   | 2,1                   | 3,1                   | 1,4                   | 1,0                   | 1,8        |
| 4 Hauptstr. 45  |                       | 2,0                   | 4,3                   | 7,1                   | 4,8                   | 4,0                   | 5,5        |
| 5 Hauptstr. 25  |                       | -2,0                  | 2,2                   | 4,9                   | 0,7                   | 2,0                   | 2,4        |
| 6 Hauptstr./Järgg.  |                       | 0,0                   | 2,2                   | 3,6                   | 0,7                   | 1,0                   | 1,8        |
| 7 Meiergasse 6  |                       | 4,0                   | 8,7                   | 11,1                  | 9,0                   | 9,0                   | 9,3        |
| 8 Meiergasse 1  |                       | 2,0                   | 4,3                   | 8,0                   | 5,5                   | 5,5                   | 6,0        |
| 9 Rathausgasse 8  | 3,8                   | 6,1                   | 6,5                   | 11,2                  | 9,0                   | 10,0                  | 9,2        |
| 10 Rathausgasse 5   | 3,8                   | 6,1                   | 8,7                   | 10,7                  | 9,0                   | 9,5                   | 9,1        |
| 11 Rathaus Ostseite   |                       | 2,0                   | 6,5                   | 6,2                   | 4,1                   | 5,0                   | 5,1        |
| 12 Wasserwerk   | 1,9                   | 6,1                   | 1,7                   | 9,8                   | 7,6                   | 8,0                   | 7,9        |
| 13 Rath. Rückg. Nordost   | 1,9                   | 6,1                   | 6,5                   | 8,9                   | 7,6                   | 7,5                   | 7,4        |
| 14 Rath. Rückg. Südost  |                       | -2,0                  | 4,3                   | 3,1                   | 2,0                   | 2,0                   | 2,7        |
| 15 Kirchstraße 5  | 0,0                   | -2,0                  | 4,3                   | 3,1                   | 2,1                   | 2,0                   | 2,1        |
| 16 Kirche Westseite   |                       | -2,0                  | 0,0                   | 3,6                   | 1,4                   | 2,0                   | 2,0        |
| 17 Järggasse 10   |                       | -2,0                  | 2,1                   | 4,0                   | 2,8                   | 2,0                   | 2,6        |
| 18 Järggasse 7  |                       | 0,0                   | 4,3                   | 5,8                   | 4,1                   | 5,0                   | 4,7        |
| 19 Schule Südwest   | 3,8                   | 0,0                   | -4,3                  | 1,3                   | 1,4                   | 1,0                   | 1,0        |
| 20 Schule Südost  | 0,0                   | 2,0                   | -6,5                  | 0,0                   | 0,7                   | 1,0                   | 0,1        |
| 21 Schule Ostseite  | -1,9                  | 4,0                   | -4,3                  | 0,4                   | 0,7                   | 1,0                   | 0,4        |
| 22 Schule Nordost   | 0,0                   | 2,0                   | -2,0                  | 0,4                   | 1,4                   | 1,0                   | 0,7        |
| 23 A. d. Remp. 7 West   | -3,8                  | 6,1                   | -6,5                  | -0,9                  | -0,7                  | 0,0                   | -0,7       |
| 24 A. d. Remp. 7 Südost   | -3,8                  | 6,1                   | -4,3                  | -1,8                  | 0,0                   | 0,0                   | -0,7       |
| 25 A. d. Remp. 7 Nordost  | -5,7                  | 8,1                   | -6,5                  | -1,3                  | -0,7                  | 0,5                   | -0,7       |
| 26 A. d. Rempart 2  |                       | 0,0                   | -2,1                  | 2,7                   | -0,7                  | 0,5                   | 0,7        |

TABELLE 4: Bis zum 19.08.08 registrierte Hebungs(Setzungs)-Geschwindigkeiten an den Nebenpunkten 27 bis 59

| Nebenpunkte (Beginn der Messungen zwischen dem 06.05.08 und dem 19.08.08) |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| Pkt.-Nr./Lage d. Pkt.   | Büro Fr               |                       | LRA Müllheim          |                       |                       |                       | Mittelwert |
|   | Messungen 2008        |                       |                       |                       |                       |                       |            |
|   | 14/01<br>bis<br>30/01 | 30/01<br>bis<br>14/02 | 14/02<br>bis<br>28/02 | 28/02<br>bis<br>06/05 | 06/05<br>bis<br>19/06 | 19/06<br>bis<br>19/08 |            |
| Dauer des Intervalls [Tage]   | 16                    | 15                    | 14                    | 68                    | 44                    | 61                    |            |
| 27 Kirche Südwest   |                       |                       |                       |                       | 1,4                   | 1,5                   | 1,4        |
| 28 Kirche Süd   |                       |                       |                       |                       | 0,7                   | 1,0                   | 0,9        |
| 29 Kirche Südost  |                       |                       |                       |                       | 0,7                   | 0,5                   | 0,6        |
| 30 Kirche Ost   |                       |                       |                       |                       | 0,7                   | 1,0                   | 0,9        |
| 31 Kirche Nord  |                       |                       |                       |                       | 2,1                   | 2,0                   | 2,0        |
| 32 Kirche Nordwest  |                       |                       |                       |                       | 1,4                   | 2,5                   | 2,0        |
| 33 Kirchstr. 7 Nord   |                       |                       |                       |                       | 1,4                   | 1,5                   | 1,5        |
| 34 Wasserwerk Süd   |                       |                       |                       |                       | 1,4                   | 2,0                   | 1,7        |
| 35 Wasserwerk Nord  |                       |                       |                       |                       | 9,0                   | 10,0                  | 9,6        |
| 36 Rath. Rückg. Ost   |                       |                       |                       |                       | 4,8                   | 5,5                   | 5,7        |
| 37 Rath. Rückg. Südwest   |                       |                       |                       |                       | 2,8                   | 4,0                   | 3,5        |
| 38 Rath. Rückg. West  |                       |                       |                       |                       | 4,8                   | 6,0                   | 5,5        |
| 39 Rath. Rückg. Nordw.  |                       |                       |                       |                       | 6,9                   | 8,0                   | 7,6        |
| 40 Rath. Rückg./Trich   |                       |                       |                       |                       | 7,6                   | 8,0                   | 7,9        |
| 41 Rathausgasse 5   |                       |                       |                       |                       | 9,7                   | 11,0                  | 10,5       |
| 42 Rathausgasse 3   |                       |                       |                       |                       | 9,7                   | 10,5                  | 10,1       |
| 43 Kirchstraße 1  |                       |                       |                       |                       | 0,7                   | 2,0                   | 1,4        |
| 44 Kirchstraße 2  |                       |                       |                       |                       | 1,4                   | 1,5                   | 1,4        |
| 45 Hauptstr. 47/49  |                       |                       |                       |                       | 6,9                   | 7,5                   | 7,2        |
| 46 Hauptstr. 46   |                       |                       |                       |                       | 4,8                   | 6,0                   | 5,5        |
| 47 Hauptstr. 37   |                       |                       |                       |                       | 3,5                   | 3,0                   | 3,2        |
| 48 Kirchstraße 4  |                       |                       |                       |                       |                       | 1,0                   | 1,0        |
| 49 Frickstr. 2  |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |
| 50 Frickstr. 2/3  |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |
| 51 Frickstr. 3  |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |
| 52 A. d. Graben 20  |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |
| 53 A. d. Graben 5/7   |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |
| 54 A. d. Graben 7   |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |
| 55 A. d. Graben 42  |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |
| 56 A. d. Graben 21  |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |
| 57 Mühleg./Hauptstr.  |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |
| 58 Mühleg./Friedhofg.   |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |
| 59 Mühlegasse 4 Ost   |                       |                       |                       |                       |                       |                       |            |

Die Darstellungen auf den Beilagen 2 und 3 zeigen, dass die Hauptschäden in den Bereichen mit den größten Neigungsänderungen auftreten. Der Hebungs buckel steigt von der Kirch-

straße her relativ steil an und fällt flach nach Norden ab. Die stärksten Risbbildungen treten im Bereich des südlichen Anstiegs auf.

Mit einem geschätzten Maß von etwa 10 cm Hebung im ersten Jahr (Maximalwert) liegt man in dem beim Gipskeuperquellen üblichen Bereich. Bei der Autobahn A 81 (siehe Beilage 6) wurden im ersten Jahr 130 cm (km 73 + 450) bzw. 40 cm (km 73 + 475) gemessen. Bei den Messungen ASFINAG (2005) wurden Hebungen von 6 mm/Jahr registriert. Beim Wagenburgtunnel in Stuttgart lagen die Hebungen über viele Jahre hinweg in der Größenordnung von 1 cm/Jahr.

### 5.1.2 Mögliche Ursachen für den Quellprozess

Für den relativ intensiven Quellprozess kommen 2 Ursachen in Betracht:

1. Natürliche Veränderungen der geologischen Verhältnisse, die zu einer Veränderung der Wasserwegigkeit führen.
2. Induzierung von Wasserwegigkeiten durch die Sondenbohrungen.

Die Bewegungen des Schollenmosaiks entlang des Rheintalgrabens sind schon lange Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. In der vereinfachenden Darstellung von BEHMEL (2001) (siehe Beilagen 8 und 9) wird ausgeführt: *„Die Größenordnung der aktuellen horizontalen Bewegungskomponenten wird mit 1 mm/Jahr am Rande des Rheingrabens angenommen, mit ruckartigen Verschiebungen bis zu einigen cm muß stets gerechnet werden. Die vertikalen Differentialbewegungen liegen in in der Größenordnung von mm/Jahrzehnt.“*

Wenn nun im Herbst 2007 eine solche „ruckartige“ Bewegung, die nicht den Charakter eines Erdbebens haben muss, stattgefunden hat, kann sie den Hebungsprozess verursacht haben. Die vermutete *Roter-Berg-Störung*, die zwischen *Jänergasse* und der Straße *Auf dem Rempart* verläuft sowie die von Südwest nach Nordwest verlaufende vermutete Störung südöstlich der Stauffer Altstadt (siehe Anlage 3 von LGRB 2008B) könnten die Lage des Hebungsgebietes erklären.

Auch im Abschnitt 5 *Baugrundverhältnisse* von LGRB (2008B) wird auf natürliche Vorgänge, die zu Rissen an Gebäuden geführt haben können, verwiesen. *„Eine weitere Möglichkeit wären Erscheinungen einer unterirdischen Gipsauslaugung oder Volumenzunahme durch die Umwandlung von Anhydrit in Gips.“*

Das zeitliche und räumliche Zusammentreffen der Hebungen und der Sondenbohrungen führt natürlich zu der Überlegung, dass die Bohrungen den Hebungsprozess verursacht haben. Es gibt viele Fälle, dass Störungen des Untergrunds durch Tunnel- oder Straßenbaumaßnahmen das Gipskeuperquellen auslösten. Es ist auch von Maßnahmen des Spezialtiefbaus bekannt, dass viele Bohrungen auf engem Raum zu Setzungen an der Geländeoberfläche führen können. Dass Erkundungsbohrungen, bei denen die Bohrungen Abstände von 20 m bis 100 m haben, zum Gipskeuperquellen führen, ist nicht bekannt.

Im Hinblick auf die Intensität der Einwirkungen auf den Untergrund liegen die Bohrungen für ein Sondenfeld zwischen Erkundungsbohrungen und Tunnelbaumaßnahmen. Gerade das

sehr leistungsfähige Bohrverfahren mit Imlochhammer und Luftspülung kann zu Störungen des Untergrundes führen.

Nach dem gegenwärtigen Stand der Untersuchungen und Messungen ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Sondenbohrungen den Hebungsprozess ausgelöst haben größer als die Auslösung durch natürliche Bewegungen. Wenn man die Wahrscheinlichkeit in Quoten angibt, ergibt sich ein Verhältnis von 2:1 für die Sondenbohrungen.

Es ist nicht eindeutig, dass Fehler beim Bohren oder Verpressen den Hebungsprozess verursachen. In dem Bericht von Gi (2008B) wird die begründete Vermutung geäußert, dass es längs der Sonden 2 und 7 Wasserwegigkeiten gibt. Diese wären u. U. bei einem korrekten Verpressen und der Wahl der optimalen Suspension nicht aufgetreten.

Da der Bohrprozess und der Sondeneinbau nicht wiederholt werden können, bleibt nur die Möglichkeit die Wahrscheinlichkeiten abzuschätzen. Auch wenn von Planern und ausführender Firma optimal gehandelt worden wäre (Hinweise auf die Unzulänglichkeiten siehe Abschnitt 5.6.2) wäre es u. U. trotzdem zu dem Hebungsprozess gekommen. Wenn die Hebungen durch die Sondenbohrungen ausgelöst wurden, was nicht bewiesen, sondern nur vermutet werden kann, ist die Wahrscheinlichkeit, dass Unzulänglichkeiten bei Planung und Ausführung die Hebungen initiiert haben, gleich groß wie die Wahrscheinlichkeit, dass die Hebungen auch bei perfekter Planung und Herstellung aufgetreten wären.

## **5.2 Frage 2: Herstellung der Sonden**

Die Herstellung der Sonden erfolgte nach dem Stand der Technik in der Geothermie und gemäß den behördlichen Auflagen.

## **5.3 Frage 3: Waren die Auflagen ausreichend ?**

Nach den geologischen Erkenntnissen und dem zum Zeitpunkt der Erstellung der Schriftstücke gültigen Sicherheitsniveau waren die Auflagen ausreichend.

## **5.4 Frage 4: Wären zusätzliche Auflagen erforderlich gewesen ?**

Auch wenn man zum Zeitpunkt der Formulierung der Auflagen gewusst hätte, dass artesisch gespanntes Wasser angetroffen werden wird, wären die Auflagen nach dem allgemeinen Stand des Wissens und der Technik in der Geothermie ausreichend gewesen.

## **5.5 Frage 5: Kann erwartet werden, dass ohne behördliche Anordnung zusätzliche Untersuchungen durchgeführt werden ?**

Grundsätzlich kann von Fachplanern und Fachfirmen erwartet werden, dass sie eigenständig die Ausführbarkeit einer Arbeit prüfen und ggf. Bedenken anmelden. Nach dem Stand des Wissens und der Technik in der Geothermie zum Zeitpunkt der Planung und der Ausführung

hatten sie jedoch keinen Anlass, Bedenken anzumelden oder weitergehende Untersuchungen zu fordern.

## 5.6 Frage 6: Ursache Erdwärmesonden

Da angenommen wird, dass die Hebungen – zumindest teilweise – auf die Herstellung der Erdwärmesonden zurückzuführen sind, werden in den folgenden Abschnitten die Fragen 6a. und 6b. beantwortet.

### 5.6.1 Frage 6a: Ab welchem Zeitpunkt hätten die Risiken bekannt sein müssen ?

Dass das Risiko der Herstellung möglicherweise in der Auslösung von *Gipskeuperquellen* besteht, war erst nach der Auswertung der geodätischen Messungen vom 28.02.08, also im März 08, erkennbar. (Von der Ing.-Gr. ... wurden noch am 31.01.08 WD-Tests, bei denen Wasser in den Untergrund eingepresst wird, vorgeschlagen und vom LGRB befürwortet. Siehe ING.-G. ... (2008) und LGRB (2008A). Solche WD-Tests sind geeignet das Gipskeuperquellen erheblich zu verstärken.).

### 5.6.2 Frage 6b: Waren die Schäden durch eine „sensiblere“ Herstellung vermeidbar ?

Unter Umständen hätte ein „sensibleres“ Vorgehen beim Bohren und eine sorgfältigere Verpressung die Schäden verhindert.

Wenn die Schäden durch die Sondenbohrungen verursacht sind, was wahrscheinlich, aber nicht sicher ist, so waren folgende Faktoren maßgebend:

**Bohrverfahren:** Das Bohrverfahren mit Imlochhammer und Luftspülung ist sehr wirtschaftlich und leistungsfähig, stellt aber eine erhebliche Einwirkung auf den Untergrund dar. Schonendere Bohrverfahren hätten zu deutlich höheren Kosten geführt. Außerdem ist das von Wi ... eingesetzte Bohrverfahren als *Stand der Technik* einzustufen, wenn nach der Ausschreibung der Unternehmer das Bohrverfahren wählen kann.

**Verrohrung:** Grundsätzlich gilt ein Bohren mit Verrohrung als schonender und risikoloser als ein Arbeiten ohne Verrohrung. Das Arbeiten mit Verrohrung verursacht jedoch höhere Kosten. W. ... hat sich von der wirtschaftlichen und unsicheren Seite her an die Aufgabe „herangetastet“. Bei den Sonden 1 und 2 wurde bis 14 m Tiefe verrohrt, bei den weiteren Sonden bis 74 m Tiefe. Das Bohrloch bei Sonde 1 ist auf den unteren 5 m zusammen gefallen, das Bohrloch 2 auf den unteren 35 m. Ein kausaler Zusammenhang zwischen dem Einfallen des Bohrlochs und der Verrohrungstiefe ist nicht nachweisbar.

**Verpressen:** Von Wi ... wurde die Bohrung 1, mit dem starken artesischen Wasserdruck, mit einer feststoffreichen Suspension (1.800 l Wasser, 300 kg Tonmehl und 1.000 kg Zement verpresst). Bei dieser Suspension ergibt sich eine Dichte von 1,35 kg/l.

Bei den übrigen Bohrungen wurde eine dünnere Suspension mit einer Dichte von etwa 1,2 kg/l verwendet (Mischung aus 1.800 l Wasser, 200 kg Tonmehl und 400 kg Zement).

Nach der allgemeinen geologischen Erfahrung ist an der Schichtgrenze Schilfsandstein/Gipskeuper, also etwa bei 30 m Tiefe, mit Wasser zu rechnen. Bei der Bohrung 1 baute sich sehr schnell ein artesischer Wasserdruck auf, bei Bohrung 2 ein schwacher. Auch bei Bohrung 3b wird der Grundwasserspiegel bei 32 m Tiefe festgestellt und das Bohrgut ab dieser Tiefe nach unten wird als nass beschrieben.

Da von den Bohrungen 4 bis 7 keine Schichtenverzeichnisse geführt wurden, ist davon auszugehen, dass bei diesen Bohrungen die geologischen Verhältnisse ähnlich waren wie bei den Bohrungen 1 bis 3 und daher zu Recht auf das Führen von Schichtenverzeichnissen verzichtet wurde.

Grundsätzlich verdrängt eine Suspension mit höherer Dichte besser das Wasser und hat eine bessere Wirkung im Hinblick auf die Abdichtung. Das Handling mit der zementreichen Suspension ist jedoch deutlich aufwändiger und auch das Risiko von Verstopfern ist höher, so dass häufig die „dünne“ Suspension als besser eingestuft wird. Es geht dabei weniger um die Zementersparnis, eine Tonne Zement kostet in der Größenordnung von 100 EURO, als um das einfachere Arbeiten.

Von G1 (2008) wird festgestellt: *„Der Temperaturverlauf in der EWS Nr. 2 zeigt in Tiefen zwischen 10 m und 25 m Merkmale, wie sie für aufsteigendes oder absinkendes Grundwasser typisch sind. Dasselbe ist in der EWS Nr. 7 zwischen ca. 54 m und ca. 35 m erkennbar.“*

Aufsteigendes oder absinkendes Grundwasser kann es nur geben, wenn die Verpressung unvollkommen ist. In einem Großteil der Fachliteratur zu Erdwärmesonden wird darauf hingewiesen, dass der gut verpresste Ringraum entscheidend ist für den Schutz des Grundwassers sowie die Funktionsfähigkeit und die Lebensdauer der Sonde. Dabei wird die perfekte Ringraumverpressung als Stand der Technik dargestellt.

Wenn man den Standard bei Verpressankern nach DIN EN 15137 und Verpresspfählen nach DIN EN 14199 als Maßstab nimmt, ist der Standard bei den Erdwärmesonden unzureichend. Während bei den Ankern und Pfählen Abstandhalter, die für eine ausreichende Überdeckung des Stahlgliedes mit Zementstein sorgen, zwingend sind, ist dies bei Erdwärmesonden nach BITZER/STORZ (2008) nicht der Fall. Sie schreiben: *„Abstandhalter zwischen Sondenrohr und Bohrlochwandung (Zentrierhilfen) haben die Serienreife noch nicht erreicht. Verschiedenste Ausführungen befinden sich zur Zeit in der Entwicklung bzw. im Erprobungsstadium. Sie sollen das Anliegen der Sonde an die Bohrlochwandung verhindern und einen zentrischen Einbau der Sonde garantieren. Hierdurch soll die Wirksamkeit und Qualität der Ringraumabdichtung um die Sonde verbessert werden.“*

**Dialog mit Fachplanern und Behörden:** Im Schreiben des Landratsamtes Breisgau-Hochschwarzwald vom 06.09.07 (ASt 8, Blatt 1) heißt es: *„Herr K. von S. hat durch E-Mail vom 05.09.07 mitgeteilt, dass bereits am 03.09.07 (siehe Bohrprotokoll) gespanntes Grundwasser angebohrt wurde.“* Aus dem Text zu Abschnitt 2.1 der Ausschreibung (ASt 4), in dem es heißt: *„ . . . . in Abstimmung mit den Genehmigungs-*



behörden, bzw. nach erforderlicher hydrogeologischer Situation.“ ergibt sich, dass W: den direkten Dialog mit den Behörden hätte führen können.

Es ist ungeklärt, ob S: bei der Meldung an das Landratsamt als „Gehilfe“ für W: tätig war oder ob S: von W: eingeschaltet wurde, weil im Vorspann der Ausschreibung steht: *Geologische und Erdwärmetechnische Planung: S:*

Es hätte dem Bohrmeister gesagt werden müssen, dass er alle Sonden mit der feststoffreicheren Suspension zu verpressen hat. Als qualifizierte Bohrfirma müsste W: ausreichend kompetent sein, um solche Entscheidungen selbständig zu treffen.

Aus dem Tagesbericht von W: für den 06.09.07 ergibt sich, dass das Bohrloch für die Sonde 2 zwischen 105 m Tiefe und 140 m zusammengefallen ist.

Über dieses Ereignis hat es eine Absprache, vermutlich mit S: , gegeben. Denn es heißt: „Sonde nach nach Absprache bei 105 m stehengelassen.“. Das bereichsweise Zusammenfallen des Bohrlochs und die Reduzierung auf 105 m Sondentiefe hatte Auswirkungen auf die erdwärmetechnische Planung. Zu der Reduzierung der Sondenlänge musste W: die Zustimmung des Planers einholen.

**Kostendruck und Arbeitszeiten:** Im Hinblick auf die Qualität der erbrachten Leistungen sind die Faktoren *Kostendruck und Marktsituation* sowie *Arbeitszeit des Personals* nicht unbedeutend.

Nach der Zusammenstellung der Pi : vom 05.07.07 lagen die Angebotspreise von 4 Firmen zwischen 68.853,40 EUR und 77.975,50 EUR. Eine Firma hatte mit 90.975,50 EUR ein deutlich teureres Angebot abgegeben. Die Preise von 68.853,40 EUR bis 77.975,50 EUR sind für die gewünschte Leistung als niedrig anzusetzen. Sie sprechen für einen harten Wettbewerb, so dass dann, wenn letztendlich ein Pauschalbetrag abgerechnet wird, von der Qualität her nur Mindeststandard erwartet werden darf.

Die Arbeitszeiten nach den Tagesberichten sind auch sehr hoch:

- in der Woche vom 09.09.07 bis 07.09.07: 52,5 h;
- in der Woche vom 10.09.07 bis 14.09.07: 54,5 h;
- in der Woche vom 10.09.07 bis 14.09.07: 54,5 h;
- in der Woche vom 17.09.07 bis 20.09.07 an 4 Tage: 44,5 h.

Wenn man von diesen Zeiten noch die Pausen abzieht, die nach allgemeiner Erfahrung bei maximal 1 h pro Tag liegen, sieht man, dass der gesetzliche Rahmen nahezu ausgeschöpft wird.

## 5.7 Frage 7: Maßnahmen zum Stoppen der Rissbildungen

Gezielte technische Maßnahmen zur Unterbindung des Quellprozesses sind nicht *Stand der Technik*. (Siehe dazu die Ausführungen von ANAGNOSTOU (2007) auf Beilage 7 und die Ausführungen zum Adlertunnel auf den Beilagen 10 bis 12).

Es wird empfohlen die Sonden 2 und 7 nicht in den Heiz(Kühl)kreislauf einzubeziehen, sondern den wahrscheinlich durchlässigen Ringraum durch Injektionen aus den Sondenrohren

heraus oder durch Vereisen zu dichten. Beide Verfahren sind nicht *Stand der Technik*, so dass kein ausführender Unternehmer den Erfolg seiner Leistung garantieren wird.

Das Vereisen müsste etwa über 2 Jahre hinweg betrieben werden. Wenn man dann sieht, dass durch das Vereisen die Hebungen nahezu zum Stillstand gekommen sind, würde dem Vereisen das Verpressen folgen müssen. Sollten trotz des Vereisens des Ringraums die Hebungen nicht gebremst werden, könnten die Sonden 2 und 7 wie die übrigen Sonden betrieben werden.

Als erfolgreich könnte man die Maßnahmen dann einstufen, wenn sich von Jahr zu Jahr die Hebungen zumindest halbieren. Nach der allgemeinen Erfahrung ist davon auszugehen, dass von Jahr zu Jahr die Hebungen um 15 % bis 30 % zurückgehen. Also 2009 70 % bis 85 % der Hebungen von 2008 auftreten.

Erforderlich sind Maßnahmen zur Stabilisierung der Gebäude mit wesentlichen Schäden. Nach dem derzeitigen Stand sind umgehend Maßnahmen für die Gebäude Rathaus, Rathaus-Rückgebäude, Stadtcafe, Hotel Löwen, Hermann und Wiesler zu planen und möglichst noch 2009 zu realisieren.

Die Untergeschosse der Gebäude sind zu einem möglichst steifen Kasten mit einer Sohlplatte auszubauen, so dass die Gebäude später durch *Compensation Grouting* oder dgl. in ihrer Lage korrigiert werden können. (Siehe dazu auch die Veröffentlichung BAUBERICHT FELSBAU 2008.)

Außerdem sollten zusammenhängende Gebäude wie z. B. Rathaus – Stadtcafe – Hotel Löwen getrennt werden, so dass es keine gemeinsamen Tragwände gibt. Die Fugen zwischen den Gebäuden sollten so gestaltet werden, dass Verdrehungen von 1/200 möglich sind.

Dort wo kein Aufklaffen im Übergangsbereich zwischen zwei Gebäuden festzustellen ist, wie z. B. beim Übergang Rathaus-Rückgebäude – Trch, ist zumindest die Dachhaut so auszubilden, dass Verschiebungen nicht zum Eindringen von Niederschlagswasser führen.

## 5.8 Frage 8: Weitere Rissbildung

Auch wenn die im vorigen Abschnitt beschriebenen Maßnahmen durchgeführt werden, ist mit weiteren Hebungen und Rissbildungen zu rechnen. Die Rissbildungen werden jedoch wesentlich langsamer ablaufen.

Nach den allgemeinen Erfahrungen mit dem Gipskeuper-Quellen kann der Hebungsprozess Jahrzehnte andauern. Die Vorgehensweise beim Sanieren der Gebäude wird sich an den in Bergsenkungsgebieten erprobten Methoden orientieren müssen.

Der Kernbereich der Hebungen wird durch die Meiergasse im Norden, die Jäbergasse im Osten, die Kirchstraße im Süden und die Hauptstraße im Westen begrenzt. In diesem Bereich dürften die meisten Gebäudeschäden wesentlich durch das Gipskeuperquellen verursacht sein. Hier werden in den nächsten Jahren immer wieder Sanierungsarbeiten erforderlich sein.

Ob Schäden außerhalb des Kernbereichs dem Gipskeuperquellen zuzurechnen sind, müssen

die weiteren Beobachtungen zeigen.

## 5.9 Frage 9: Beginn der Sanierungsarbeiten

Bei der Beantwortung von Frage 7 ist für einige Gebäude schon die Notwendigkeit angegeben. Ein wesentliches Gebäude, das wahrscheinlich in den Hebungsbereich fällt, ist die Kirche. Bei der Kirche sollten vor der Planung aufwändiger Maßnahmen weitere geodätische Messungen abgewartet werden. Bei der *Lindenhofschule (Auf dem Rempart)* wurden schon frühzeitig Schäden gemeldet. Nach den geodätischen Messungen ist es zweifelhaft, ob die Schule in den Hebungsbereich fällt.

In weiteren Gutachten wird die Situation bei der Lindenhofschule und der Kirche erörtert werden.

## 6 Zusammenfassung

In zeitlichem und räumlichem Zusammenhang mit Sondenbohrungen in der Altstadt von Staufen im September 2007 kam es zu Rissbildungen an Gebäuden und zu Hebungen der Geländeoberfläche. Obwohl erst in deutlichem zeitlichem Abstand zu den Rissbildungen die Hebungen messtechnisch erfasst werden konnten, sind die Rissbildungen eine Folge der Hebungen.

Die Hebungen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf das *Gipskeuperquellen*, einem aus dem Straßen- und Tunnelbau bekannten Phänomen, zurückzuführen.

Das Quellen kann durch natürliche Vorgänge initiiert worden sein oder durch den technischen Eingriff mit den Sondenbohrungen. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Sondenbohrungen ursächlich waren, ist etwas größer als die Wahrscheinlichkeit eines natürlichen Vorgangs.

Die Erdwärmesonden wurden im Wesentlichen nach dem Stand der Technik in der Geothermie hergestellt. Wenn die Sondenherstellung ursächlich für den Quellprozess ist, so sind unvermeidliche und vermeidbare Risiken in gleicher Weise beteiligt.

Da der Betrieb der Sonden für den Quellprozess nicht relevant sein dürfte, könnten sie unter der Erfüllung einiger zusätzlicher Anforderungen (Bewegungsmöglichkeit am Sondenkopf, Abschaltautomatik etc.) als „experimentelle Anlage“ betrieben werden.

Prof. Dr.-Ing. H. Schad  
vom Gericht bestellter  
Sachverständiger

Prof. Dr.-Ing. Ch. Gehlen  
Direktor