

Freitag 20. Oktober 2017

09:00-09:30

## Geländesenkungen in Bayerisch Gmain und Großgmain „Wenn der Boden versinkt...“

Mag. Wolfgang Gadermayr

*geo<sup>2</sup> zt gesmbH, Almufertweg 8, 5400 Hallein*

### Zusammenfassung

Im Gemeindegebiet von Großgmain und Bayerisch-Gmain sind seit ca. 1958 Geländeeinsenkungen zu beobachten, die zur Bildung einer ca. 1.000 m<sup>2</sup> dolinenartigen Einsenkung (Grögern Weiher) sowie zu Gebäudeschäden an den umliegenden Wohnhäusern führen. Vielfach treten in diesem Bereich auch Erdfälle auf, die in bewohntem Gebiet eine Gefährdung von Bauten, Verkehrswegen und Leitungen bedeuten. Zur Klärung der Ursache wurden geologisch- hydrogeologische und geophysikalische Untersuchungen durchgeführt, die in mehreren Berichten zusammengefasst wurden. Zusätzlich werden geodätische Höhenmessungen vorgenommen, die im Kerngebiet seit 1981 flächige Setzungen bis zu 30 cm zeigten.

Im Zuge der hydrogeologischen Untersuchungen und Kartierungen wurden sulfathältige Wasseraustritte im Grenzgerinne zwischen den Gemeinden festgestellt. Aus diesen Wasseraustritten mit einer Gesamtschüttung von ca. **15 ... 20 l/s** treten Wässer mit 1.800 mg Gips /l aus. Dementsprechend findet ein Massenaustrag von ca. **1.000 ... 1.300 t Gips/Jahr** statt, der die Geländesenkungen verursacht.

Zur Erfassung der räumlichen und zeitlichen Entwicklung der Senkungen werden im Auftrag der Gemeinden Beobachtungen der Wasseraustritte sowie Höhennivellements durchgeführt. Die Anrainer werden regelmäßig von den Ergebnissen der Messungen informiert.

### 1. Lage des Gebietes

Das Senkungsgebiet in der Talfurche von Großgmain/Bayerisch Gmain befindet sich im nördlichen Teil der beiden Gemeinden auf deutschem und österreichischem Staatsgebiet. Das Senkungsgebiet umfasst einen ovalen, "eierförmigen" Bereich, dessen abgeplattetes Ende südöstlich des Grögern Weiher liegt und über dem Weißbach bis zu einer Geländeaufsteilung östlich des Weißbaches reicht.

Der südöstliche Senkungsbereich besteht aus Wiesenflächen, die im Süden an Bauparzellen mit Einfamilienhäusern angrenzen. Im zentralen Bereich befindet sich der Grögern Weiher und nördlich davon das gleichnamige Gut. Der periodisch aktive Überlauf des Grögern Weiher führt in nördlicher Richtung parallel zur Gemeindestraße zum Weißbach.

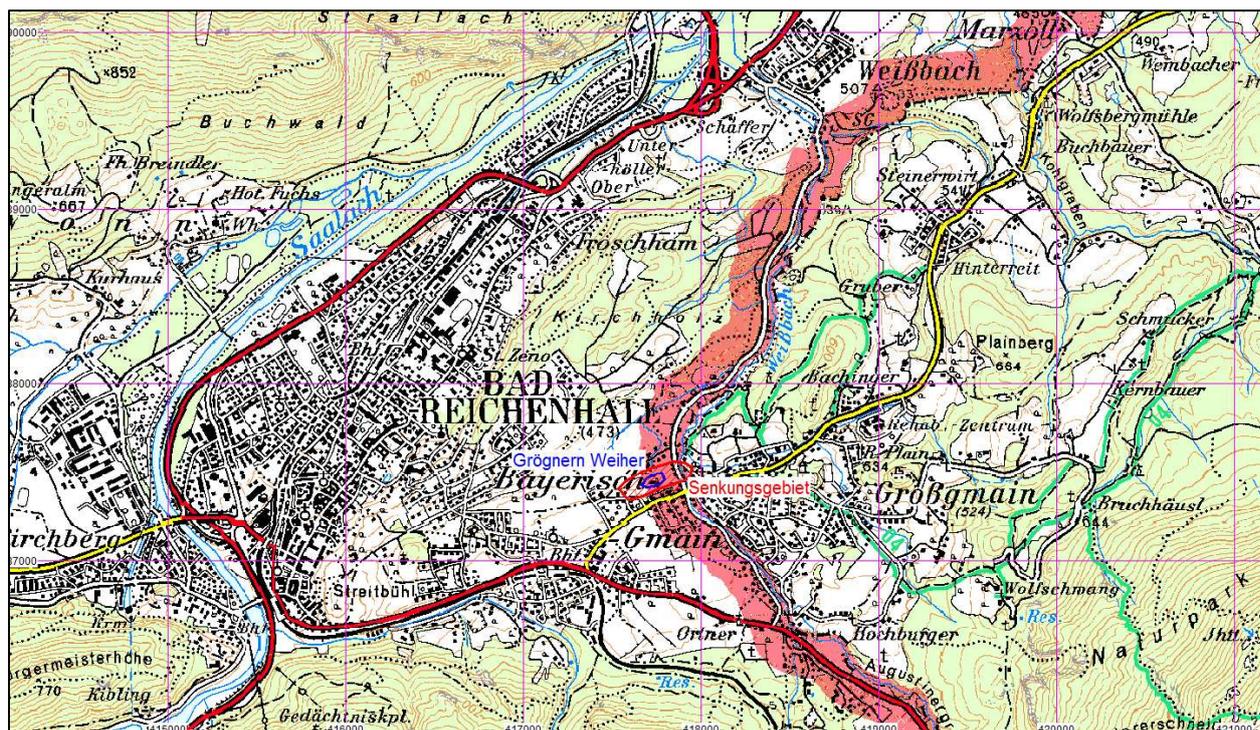


Abb. 1: Lage des Senkungsgebietes, aus AMAP 50; M 1:25.000; Koordinatengitter BMN M31.

Beim Grögern Weiher handelt es sich um einen bis ca. 8 m tiefen Teich, dessen Überlauf Richtung Norden zum Grögerngut und zur Leopoldstraße abgeleitet wird. Älteren Fotos zufolge entstand dieser Weiher erst in den Sechziger- und Siebzigerjahren dieses Jahrhunderts und tiefte sich seither um bis zu 8 m ein.

An der nördlichen und östlichen Seite des Weihers traten seit 1982 vermehrt Erdfälle in Form von schlotartigen Einbrüchen mit einem Durchmesser bis zu 5 m und einer Tiefe bis zu 3 m auf. Laut Deformationsmessungen treten umliegend des Grögern Weihers sowie in nordöstlicher Richtung starke Einsenkungen auf, die auch die Wohnobjekte umfassen. Ein Wohnhaus befand sich am Rande dieses Senkungsgebietes und zeigte äußerst starke Risse in den tragenden Wänden und Decken, so dass das Wohnobjekt im Februar/März 1998 abgerissen werden musste. Zwischenzeitlich wurde eine Ausdehnung auch in westlicher Richtung festgestellt.

## 2. Geologische Verhältnisse

Das Geländesenkungsgebiet befindet sich im nördlichen Bereich der Großgmainer/Bayerisch-Gmainer-Talsenke, die sich nördlich von Hallthurm scherenförmig weitet und durch einen drumlinisierten Rücken vom Reichenhaller Becken durch eine Geländestufe getrennt ist. Dieser Rückenbereich wird am nordwestlichen Auslauf vom Durchbruch des Wappbaches des Reichenhaller Beckens sowie am nordöstlichen Auslauf vom Durchbruch des Weißbaches Richtung Marzoll bei Leopoldstal unterbrochen. Der glazial überprägte Festgesteinsuntergrund besteht im Bereich des Senkungsgebietes aus gipsführendem Haselgebirge, das auf der österreichischen Seite in direkten Aufschlüssen am Weißbach sowie des östlich aufsteilenden Rückens ansteht. Dabei handelt es sich um steinsalz-, gips- und anhydritführende Tonsteine. Am Weißbach nördlich von Großgmain steht Haselgebirge an Böschungen zum Weißbach sowie am Weißbach an der Oberfläche an. Das Haselgebirge zeichnet sich hier durch

auffallend geringen Salz- und Tongehalt aus, besteht also fast ausschließlich aus Gips und Anhydrit. Im weiter südlichen Gebiet wird das durch halokinetische Ausgleichsbewegungen aufgedrungene Haselgebirge von mergeligen Sedimenten der Gosau überdeckt. Die das Becken von Großgmain und Bayerisch-Gmain umrahmenden Gebirge bestehen aus karbonatischen Gesteinen (Ramsaudolomoit und Dachsteinkalke) die nahezu vollständig unterirdisch entwässern und stark verkarstet sind.

Die Festgesteine werden großflächig von eiszeitlichen, spät- und posteiszeitlichen Lockersedimenten überdeckt. Besonders im nördlich Bereich lagern mächtige, hochverdichtete (überkonsolidierte Grundmoränen). Diese keilen in südlicher Richtung aus und werden von fluvioglazialen Sanden, Kiesen und Schluffen des Eiszerfalles abgelöst. Nach dem Abschmelzen der bis zu 1.200 m mächtigen Eismassen der letzten Eiszeit (Würm) entstand auf dem Gemeindegebiet von Bayerisch Gmain ein postglazialer See, der zunächst mit graublauen Seetonen (Schlufftone) aufgefüllt wurde und bei den Aufschlussbohrungen angetroffen wurde. Nach der Sedimentation der Seetone schütteten/schütten die vom Lattengebirge zutretenden Oberflächengerinne (Wapp-, Weiß- und Augustinergraben) mächtige Schuttkegel in die Talung, die zu den heute deutlich erkennbaren Schwemmfächern führten. Am Staubereich sind in den meist sandig-kiesigen Schwemmassen auch feinkornreiche schluff-sandige bis schluff-tonige Stausedimente keilförmig eingelagert.

Die im Zuge der Erkundung der Geländesenkungen abgeteufte Aufschlussbohrungen auf der bayerischen Seite zeigen unterschiedliche quartäre Lockersedimente, wobei deren Mächtigkeit um den Grögern Weiher bis zu 50 m erreicht. Es handelt sich dabei um dicht gelagerte, feinkörnige Grundmoräne sowie konglomerierte Schotter, die grundwasserführend sind.

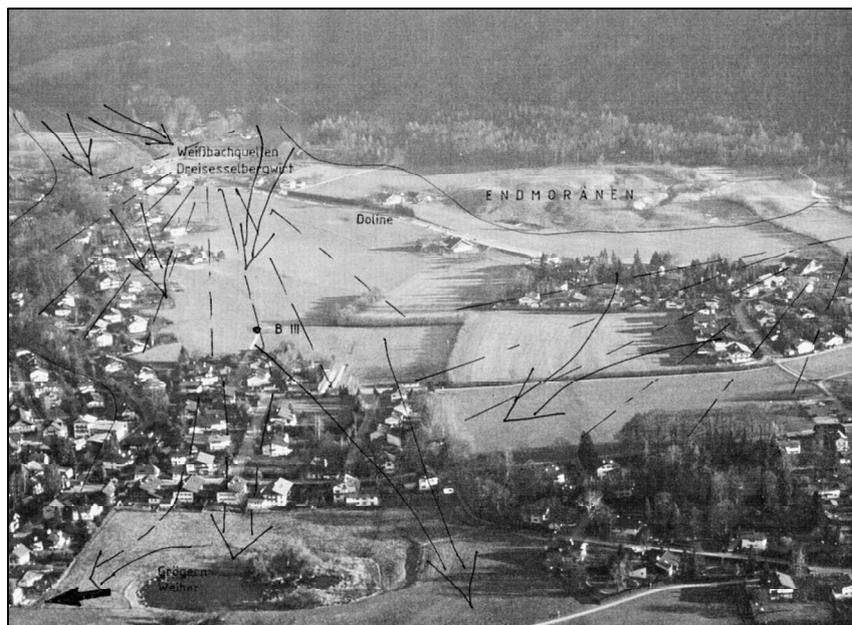
### **3. Hydrogeologische Verhältnisse**

Die Talfurche von Großgmain/Bayerisch Gmain wird von grundwasserführenden Schwemmsedimenten bedeckt, die von versickernden Oberflächen- und Niederschlagswässern des Lattengebirges gespeist werden.

Das Grundwasser strömt, zusätzlich alimentiert durch versickernde Oberflächenwässer des Weißbachs und des Wappbachs, zu den Schichtquellen bei der Uisl (Brunnen B 2, Bayerisch-Gmain) und fließt im Haberbach ab. Ein weiterer Teil des im Becken befindlichen Grundwassers strömt wahrscheinlich an der Talenge des Wappbachs nach Bad Reichenhall in das gleichnamige Becken ab. Der jeweilige Anteil des unterschiedlich abfließenden Grundwassers hängt von den hydrometeorologischen Verhältnissen und dem daraus resultierenden Grundwassergefälle ab.

Das im Becken von Bayerisch-Gmain abströmende Grundwasser wird aus Brunnen für die Trinkwasserversorgung der Gemeinde Bayerisch-Gmain genutzt.

Der **Grögern Weiher** besitzt keinen oberirdischen Zufluss. Nach längeren Niederschlagspausen fällt der durch ein Ablaufrohr geregelte Überlauf des Weihers trocken, bei hohem Grundwasserstand erreicht der Ablauf zum Haberbach bis zu 60 l/s.



**Abb. 2:** Becken von Bayerisch-Gmain mit eingetragenen Schwemmfächern des Weiß- und Wappbaches, der mutmaßlichen Grundwasserströmungsrichtung und den Brunnen und Quellen

Der vergleichbar mächtige und großflächige Aquifer schafft die Voraussetzungen für lange Verweildauer des Wassers im Untergrund, das sich durch zeitlich stark verzögerte und gepufferte Abflussschwankungen an der Uisl und am Haberbach sowie durch starke Grundwasserspiegelschwankungen im Becken zeigt. Weitere Wasseraustritte wurden am Weißbach unmittelbar vor der Mündung des Mesnerbaches festgestellt, wobei ein beachtlicher Teil des Grundwassers im Bachbett verdeckt austritt. Diese Wasseraustritte zeigen sich teilweise durch milchige Trübungen und können durch die deutlich höhere elektrische Leitfähigkeit des Bachwassers identifiziert werden.



**Abb. 3:** Weißbach vor der Mündung in den Mesnerbach mit Wasseraustritten aus der Sohle (8) mit Erdfällen und starke, getriebte Austritte an der Sohlschwelle (9) und der Auslauf der „Drainage Pliem“ (10).

#### 4. Chronik der Geländesenkungen

Seit dem Jahr 1978 kam es im Weißbach, kurz vor der Mündung des Mesnerbaches zu Trübungen des Wassers, die mit Aufwallungen von der Bachsohle vom Salzburger Bachufer her verbunden waren. Anfangs hatten die Trübungen braune Färbung, in weiterer Folge wurden diese milchig-grau.

Am Nachmittag des 26.05.1981 kam es im Bachbett zur Ausbildung eines „Schlotes“. Dieses Ereignis trat nach Augenzeugenberichten momentan auf und war mit dem Aufgehen einer mehrere Meter hohen Fontaine aus weißgrauem Staub und Wasser verbunden. Zu diesem Zeitpunkt waren um den Grögern Weiher bereits zahlreiche frische Anrisse und Bruchlenden festgestellt worden.

In den folgenden Jahren wurden zahlreiche **Erdfälle** bis zu 3 m Tiefe und 5 m Durchmesser beobachtet, die entlang der Linie nördlich des Grögern Weihers zum Weißbach nördlich der Mündung des Mesnerbaches verlaufen. Dabei wurde auch am 26.03.1982 die Leopoldstalstraße durch einen Einsturz beschädigt. Weitere Erdfälle auf dieser Linie traten auch am Busparkplatz sowie auf der österreichischen Seite des Weißbaches auf. Die Erdfälle im Weißbach wurden durch das Bachgeschiebe zusedimentiert, die Erdfälle großteils mit Erdreich und/oder Beton verfüllt. Die Lage der bekannten und neuen Erdfälle wird in einem Kataster- Lageplan evident gehalten.



*Abb. 4: Erdfall an der bayerischen Weißbachseite von 1997*

#### 5. Erkundungen und Messungen

Zur Erkundung der Ausdehnung der Geländesenkungen wurden seit 1981 Höhenmessungen (**Deformationsmessungen**) durchgeführt, die bei Gebäuden maximale vertikale Einsenkungen bis zu **250 mm** zwischen 1981 und 1999 (12 mm / Jahr) zeigen. Das ermittelte eierförmige Senkungsoval weist eine Ausdehnung von ca. 30.000 m<sup>2</sup> auf.

Der Grögern Weiher war bis ca. 1958 als Vernässungszone bekannt, wobei das Wasser in einer Drainage ostwärts dem Weißbach zugeführt wurde. Auf einer Luftbildaufnahme von 1958 ist der vom Grögerngut in südlicher Richtung verlaufende Weg deutlich zu erkennen. Die Lotung des Weihers vom Oktober 1999 ergab eine maximale Tiefe von 7,3 m, wobei aufgrund der schlammigen Sohle eine wesentlich größere Eintiefung angenommen werden muss. Das Volumen des Teiches wurde mit ca. **10.500 m<sup>3</sup>** errechnet



**Abb. 5:** Grögerl Weiher Luftbild 1958



**Abb. 6:** Luftbild des Grögerl Weihers vom 15.09.1999

Zusätzlich zu den Höhenbeobachtungen wurden 1981/82 **geophysikalische und geoelektrische Messungen** durchgeführt, die in Verbindung mit Aufschlussbohrungen das Relief der Oberkante des Haselgebirges zeigten. Messungen mit **Stangenextensimetern** ergaben, dass sich **Senkungen in einer Teufenstufe von mindestens 10 ... 17 m unter GOK** stattfinden. Bei einer Bohrung wurde ein etwa 1 m klaffender Karsthohlraum in einer Tiefe von 55 m festgestellt. Die Bohrungen wurden wieder verfüllt, eine als Grundwassermessstelle ausgebaute Bohrung B 3 wurde durch die Geländesenkungen zerstört. Die geophysikalischen Messungen ergaben eine nach Norden abfallende Oberkante des Haselgebirges.

### Pumpversuch Grögern Weiher Oktober/November 1999

Zur Ermittlung einer eventuellen Verbindung zwischen dem Grögern Weiher, dessen Überlaufwasserspiegel deutlich über den Grundwasseraustritten am Haberbach und am Weißbach liegt, und den sulfathältigen Wasseraustritten am Weißbach wurde zwischen 29.10.99 und 05.11.99 ein Pumpversuch durchgeführt. Dabei wurde mittels Saug- und Unterwasserpumpen der Freiwilligen Feuerwehren Großmain und Bayerisch-Gmain sowie von der Fa. A. Voutta der Wasserspiegel des Weihers abgesenkt und die Wassermengen an der Drainage Pliem mittels Eimermethode gemessen. Zur Ermittlung der Gipslösungsfracht wurde am Weißbach eine Leitfähigkeitssonde mit digitaler Aufzeichnung ober- und unterhalb der sulfathältigen Austritte angebracht. Zusätzlich wurde die elektrische Leitfähigkeit am Ablauf des Grögern Weihers zur Beweissicherung, dass durch den Pumpversuch keine weiteren Wässer gepumpt werden gemessen. Die Leitfähigkeitsmessungen wurden durch Wasserproben ergänzt. Im Zuge des im Oktober 1999 durchgeführten Versuchs konnte der Wasserspiegel im Teich kurzfristig um ca. 3,7 m abgesenkt werden.



**Abb. 7:** Grögern Weiher beim Pumpversuch um 3,6 m abgesenkt (02.11.99)

Die Messungen zeigten, dass der Wasserspiegel im umliegenden Grundwasserkörper mit dem Grögern Weiher korrespondiert und die sulfathältigen Wasseraustritte bei einer Absenkung des Teichwasserspiegels mengenmäßig zurückgehen.

## **6. Ursache der Senkungen**

Die gegenständlichen Geländesenkungen stehen zweifelsfrei mit Lösungsvorgängen des Haselgebirges im Untergrund in Verbindung. Im Normalfall bewirkt der hohe Anteil an Tonmineralien im Haselgebirge schon nach geringen Auslaugungen der lösungsfähigen Mineralkomponenten (Gips und Salz) eine „Abdichtung“ durch die „Residualtone“, also jene quellfähigen, nicht löslichen Mineralien. Durch den hohen Tonanteil im Bereich Großmain - Bayerisch-Gmain konnte sich hier offensichtlich die Abdichtung des Haselgebirges nicht ausbilden und somit das Grundwasser in das Gipsgestein eindringen und das Gestein auflösen.

Die im gegenständlichen Senkungsbereich auftretenden Geländeeinsenkungen und Erdfälle stehen mit Laugungsvorgängen des Untergrundes in Verbindung. Dabei wird der gut wasserlösliche Gips mit einer maximalen Konzentration von ca. **2 g Gips/l** Wasser aus dem Untergrund gelöst. Die am Weißbach und bei der Drainage Pliem austretenden Quellen weisen nahezu Sättigungskonzentration von Gips auf. Die Menge der hier austretenden Wässer wird im Jahresmittel auf ca. 15 ... 20 l/s geschätzt, was unter

Annahme der maximalen Lösungskonzentration von 2.000 mg/l einem jährlichen Gipsaustrag von **ca. 1.000 .... 1.250 t Gips/Jahr** entspricht.

Bei Annahme eines Senkungsbereiches von ca. 30.000 m<sup>2</sup> und dem spezifischen Gewicht von Gips von 2,3 g/cm<sup>3</sup> würde dieser Gipsaustrag eine **mittlere Einsenkung von 13mm/Jahr** entsprechen, was erstaunlich gut mit den Deformationsmessungen übereinstimmt. Unter Annahme, dass auch die Einsenkung des Grögern Weihers mit einem ermittelten Volumen von > 10.000 m<sup>3</sup> durch diese Auslaugung des Untergrundes binnen der vergangenen 30 Jahre entstanden ist, wären weitere 700 t Gips/Jahr erforderlich, was einer zusätzlichen mittleren Abflussmenge von nur ca. 10 l/s entspricht.

Grundsätzlich muss davon ausgegangen werden, dass derartige Laugungsvorgänge im Untergrund auf natürliche, geologische Prozesse zurückzuführen sind, die sicherlich durch glazial bedingte Erosionsvorgänge seit dem Abschmelzen der würmeiszeitlichen Eismassen (vor ca. 12.000 Jahren) beschleunigt sind. Vergleichbare Prozesse finden vielfach im Alpenraum statt, wo gipsführendes Gestein nahe der Oberfläche liegt.

Der Grögern Weiher, der sich nachweislich in der Zeit seit 1958 um > 8 m eingetieft hat, stellt als grundwasserführender Teich ohne oberirdischen Zufluss vermutlich eine zentrale Stellung im Senkungsprozess dar. **Das aus dem Teich aufwallende Grundwasser ist frei von Sulfat.** Die doppeltrichterförmige Einsenkung des Grögern Weihers kann als „Doline“ angesehen werden, wobei sich Laugungsprozesse vermutlich in Teufen > 30 ... 50 m (Oberkante des Haselgebirges) abspielen.

Das am Grögern Weiher austretende Grundwasser ist hydrogeochemisch mit jenem der Trinkwasserbrunnen der Gemeinde Bayerisch-Gmain sowie Grundwasseraustritten ident. Bei der Isotopenuntersuchung wurde festgestellt, dass auch die in der Drainage Pliem austretenden, sulfathältigen Wässer demselben Grundwasserkörper zuzurechnen sind. Bei der Auswertung der hydrogeochemischen Analysen lässt sich erkennen, dass die am Weißbach austretenden, sulfathältigen Wässer nahezu kein Natriumchlorid (Steinsalz) oder Kalium gelöst haben. Dieser Umstand weist auf praktisch reinen Gips hin, der im Untergrund gelöst (ausgelaugt) wird.

Der Pumpversuch im Grögern Weiher vom Oktober – November 1999 zeigte, dass trotz Absenkung des Wasserspiegels im Weiher auf Höhe der Wasseraustritte der Drainage Pliem diese den erhofften Rückgang ihrer Ergiebigkeit nicht zeigte.

Es wird angenommen, dass das von Süden kommende Grundwasser im Bereich des Grögern Weihers aus den fluviatilen Schottern in den Gipskarst (Haselgebirge) eindringt. Bedingt durch die vergleichbar rasche Lösung von Gips in Wasser stellt der Eindringpunkt des Wassers in den „Gipskarst“ die Bereiche der stärksten Lösung und damit der stärksten Einsenkungen dar, wie sie am Weiher zweifelsohne auftreten. Von hier gelangt das Wasser wahrscheinlich an großlumigen, kavernenartigen Hohlräumen zum Weißbach. Weitere Laugungen sind die Folge und im Bereich der Mündung des Mesnerbachs in den Weißbach tritt das „Gipskarstwasser“ in den Bach bzw. die Bachschotter aus.

Bedingt durch die Auslaugung des Gipses (ca. 1.000 ... 1.250 t/Jahr) kommt es zur Ausbildung von kavernenartigen, wassergefüllten Hohlräumen. Beim Überschreiten der tragfähigen Volumen stürzt die Firste des Hohlraumes ein, wobei sich der Einbruchsschlot nahezu vertikal nach oben fortsetzt. Die überlagernden Grundmoränen weichen durch den Grundwasserzutritt auf und brechen ebenfalls an der Firste nach, bis sie sich als Einbruchsschlot die Oberfläche erreichen und somit als **Erdfall** in Erscheinung treten.

Umliegend der Einsenkungen wurden auch Hebungszone bei den Deformationsmessungen ausgewiesen. Diese Hebungen im mm-Bereich lassen sich durch die Volumenzunahme von Anhydrit in Gips, durch halokinetische Bewegungen oder durch Fixpunkte, die ebenfalls von Senkungen beeinflusst werden, erklären.

## **7. Auswirkungen und Gefährdung**

Von den Erdfällen geht aufgrund des raschen und unvermittelten Auftretens eine deutliche Gefahr für Fahrwege (Leopoldstalstraße) aus. Zusätzlich können diese Erdfälle massive Gebäudeschäden, die zum partiellen Einsturz von beschädigten Gebäudepartien führt, bewirken. Diese Erdfälle treten perlenschnurartig an einer Linie nördlich des Grögern Weihers zur Mündung des Mesnerbaches in den Weißbach (auf Höhe der Wasseraustritte) auf.

Die Geländeeinsenkungen treten ungleichförmig und unregelmäßig auf, weshalb auch auf kurzen räumlichen Distanzen Relativbewegungen vorkommen, die zu Gebäudeschäden (Rissen) führen. Ein Wohnhaus musste aufgrund der Lage am Randbereich der Senkungszone abgerissen werden.

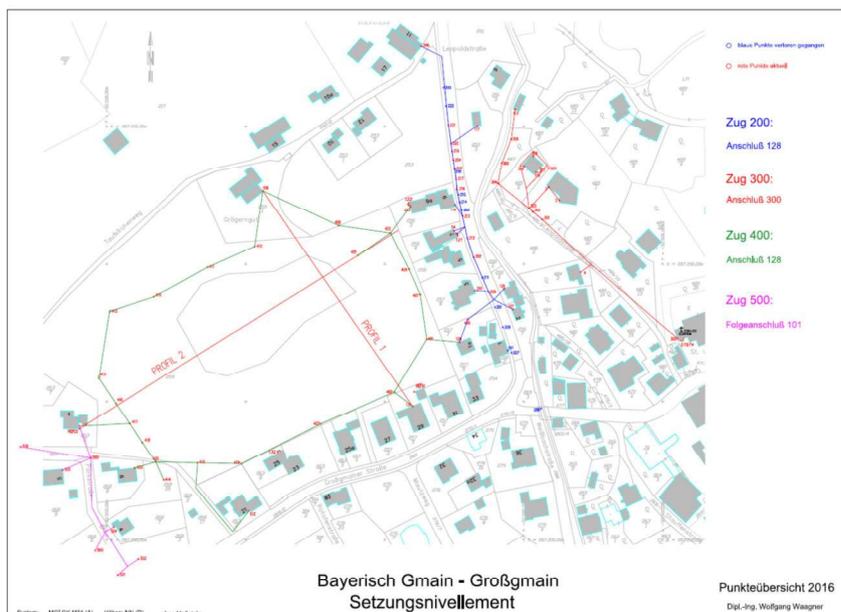
Jene Leitungen, die das Senkungsgebiet queren (Abwasserkanal, Erdgasleitung, Telekommunikationsleitungen, Wasserleitungen, etc.) können durch die auftretenden Relativbewegungen beschädigt werden. Regelmäßige Dichtheitsprüfungen der Kanäle und Leitungen in diesem Bereich werden durchgeführt.

Zur Minimierung der Gefährdung der Leopoldstalstraße im Senkungsgebiet wurde diese auf einem Unterbau, welcher mit Geotextil eingedeckt wurde, gegründet.

Die bestehenden Bauten dürfen erst nach Vorlage eines geologisch- geotechnischen Gutachtens umgebaut werden. Bei Gründungen von Bauten ist eine stahlbetonbewehrte Bodenplatte vorzusehen, welche seitlich auskragt und in der Lage ist Erdfälle bis zu 5 m Ø schadlos aufzunehmen. Um das Senkungsgebiet wurde eine Bauverbotszone für Neubauten ausgewiesen.

## **8. Weitere Erkundungen und Monitoring**

Die weiteren Erkundungen beschränken sich derzeit auf die Fortführung der Höhenbeobachtungen als Präzisionsnivelement, welche seit 2017 ausgedehnt wurden. Zudem werden die Messungen der chemisch- physikalischen Eigenschaften an den Quellen und Wasseraustritten fortgeführt um Veränderungen der unterirdischen Abflusswege erkennen zu können.



**Abb. 8:** Lage der Messzüge des Präzisionsniwellements

Vor einer technischen Sanierung mit hydraulischen Maßnahmen (Absenkung des Wasserspiegels im Grögern Weiher) wurde jedoch aufgrund der derzeitig noch nicht absehbaren sonstigen Auswirkungen abgesehen.

Die Anwohner werden in Informationsveranstaltungen in regelmäßigen Abständen informiert und wurden angehalten Veränderungen auf ihren Grundstücken bei der Gemeinde zu melden um eine anschließende Beurteilung durchzuführen.