

## **Erdfall Riethnordhausen, Sachsen-Anhalt**

### **1 Einleitung**

In der Ortslage Riethnordhausen ist am 17.06.2022 ein Bruch gefallen. Dabei entstand eine fast kreisrunde Grube mit einem Durchmesser von 11,5 m und eine Tiefe von 4,5 m. Am Abend vorher bemerkte der Eigentümer, dass sich Gehwegplatten vor dem Haus gegeneinander verschoben haben. Kurze Zeit später bildete sich an dieser Stelle ein Loch, das sich sofort mit Wasser füllte. In den ersten Stunden nach dem Ereignis konnte man im Sohlbereich eine freie Wasseroberfläche erkennen.

Eine freistehende Garage über dem Bruch wurde vollständig zerstört. Die Reste der Garage findet man in der Grube. Durch den Bruch wurden die Fundamente an drei benachbarten Gebäuden freigelegt. Das Streifenfundament der Giebelwand des Wohngebäudes hing zur Hälfte in der Luft. Rund um den Erdfall zeigte die Geländeoberfläche Risse, wie sie auf dem Bild 01 zu erkennen sind. Es bestand die Gefahr, dass die Gebäude weiteren Schaden nehmen oder einstürzen.

Das Wohnhaus und die angrenzende Kreisstraße wurden für jede Nutzung gesperrt.

Im Auftrag der Gebäudeversicherung wurde von Geotechnik Aberle die Schadensursache ermittelt, ein Sanierungskonzept erstellt und die späteren Maßnahmen betreut.

Die Grube wurde mit einem Sand-Kiesgemisch vollständig verfüllt und die Fundamente des Wohnhauses mit einer Rammlanzeninjektion unterfangen.



Bild 01: Risse an der Oberfläche neben der Grube



Bild 02: Drohnenaufnahme der Feuerwehr Kelbra vom 17.06.2022; 21:37 h



Bild 03: Drohnenaufnahme Aberle vom 20.06.2022; 10:30 h

## 2 Erdfälle in der Region in der Vergangenheit

Etwa 100 m von dem aktuellen Ereignis findet man im Ort die Straßenbezeichnung „Erdfall“. Der Name geht auf einen Erdfall im Jahr 1776 zurück.



Bild 04: Straßenbezeichnung in Riethnordhausen

In der Ortslage sind mehrere Erdfälle in der Vergangenheit aufgetreten. Die Hackpfüfeler See, ca. 1,3 km von der Schadstelle entfernt, sind durch einen Erdfall am 27.07.1890 entstanden [01].

In der Literatur findet man weiter Beispiele, wie den wassergefüllten Großerdfall „Tiefe Grube“ mit einem Durchmesser von fast 100 m. Er liegt ca. 2 km südlich der Ortschaft Riethnordhausen [3]. Vor einigen Jahren war dieser Erdfall mit Wasser gefüllt und wurde zum Baden genutzt. Über seine Entstehungszeit existieren keine Angaben.

### **3 Mögliche Ursachen für das Schadensereignis**

Das Loch ist durch den Verbruch eines Hohlraums unter der Geländeoberkante entstanden. Es lagen keine Kenntnisse zu dem Baugrund im Umfeld der Grube vor.

Für eine Versicherungsgesellschaft wurden mögliche Ursachen für den Bruch untersucht. Eine Elementarversicherung deckt nur Schäden ab, bei denen eine geologische Ursache zu Grunde liegt - ohne menschliches Zutun.

#### 3.1 Bergbau als Ursache

Im Südharz wurden in den letzten 800 Jahren zahlreiche Rohstoffe abgebaut. Der benachbarte Abbau von Kupferschiefer hat den Ort Riethordhausen nicht erreicht. Dem zuständigen Landesamt für Geologie und Bergbau des Landes Sachsen-Anhalt sind keine weiteren Bergbauaktivitäten bekannt [3]. Braunkohle wurde in den Nachbarorten östlich und südlich von Riethordhausen abgebaut. Es gibt keine Hinweise, dass unter der Ortslage von Riethordhausen Braunkohle gewonnen wurde.

#### 3.2 Einbauten, Gebäude im Erdreich

Die Tiefe des Bruchs, die Wasserbewegung in der Grube unmittelbar nach dem Bruch und das Fehlen von Einfassungsmauern zeigen, dass der Bruch nicht durch einen Keller, eine Sickergrube oder ähnliches verursacht wurde.

#### 3.3 Undichte Wasserleitung oder Falleitung

Ein Ausspülen des Untergrundes durch eine undichte Wasserleitung ist nicht erkennbar. Die Wände der Grube liegen bis zu einer Tiefe von mehr als 4 m frei und zeigen keine Hinweise auf eine Wasserleitung. Zu prüfen war, ob es defekte Falleitungen und damit eine unkontrollierte Einleitung von Regenwasser gab. Die Dachneigung des Schuppens zeigte nach Süden. Es wurde somit nicht in Richtung des Bruches entwässert. Am Gebäude 46a gibt es keine Falleitung im Nachbereich des Bruches. Es gibt keine größeren versiegelte Flächen, die den Bereich um die Schadstelle entwässert haben und hier eingeleitet wurden.

#### 3.4 Geologische Ursache: Karsterscheinung und Auslaugung

Die Regionen Kyffhäuser und Südharz sind geprägt durch Sulfatkarst mit den Gesteinen Anhydrit und Gips. Zahlreiche Höhlen und Schlotten zeugen davon. Anhydrit wird in Verbindung mit Wasser zu Gips. Gips wird durch Wasser gelöst. Ein Liter Wasser kann bis zu 4 g lösen und abtransportieren. Über längere Zeiträume bilden sich im Anhydrit- und Gipsgebirge Höhlen. Charakteristisch für eine Karstlandschaft wie der Südharz sind Dolinen, die an der Oberfläche durch den Einbruch von Höhlen entstehen.



Typ	Karbonatgestein	Sulfatgestein	Salzgestein, Kali	
Mineral	Kalkmergel, Muschelkalk Dolomit (MgCa(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) Kalziumkarbonat (CaCO <sub>3</sub> )	Anhydrit (CaSO <sub>4</sub> )	Gips (CaSO <sub>4</sub> × 2H <sub>2</sub> O)	Halit (NaCl), Sylvin (KCl), Carnallit (KMgCl <sub>3</sub> · 6 H <sub>2</sub> O) Kainit (KMg[Cl SO <sub>4</sub> ] · 3 H <sub>2</sub> O) Kieserit (MgSO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O)
	H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> → H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (Kohlensäure) H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> +CaCO <sub>3</sub> ⇌ Ca <sup>2+</sup> + 2HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Kalziumhydrogenkarbonat	wasserfrei Anhydrit + H <sub>2</sub> O => Gips	Hydratisiert	$\text{NaCl} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$
Härte/ Dichte	3 – 4 Mohs / 2,3 – 2,9 g/cm <sup>3</sup>	3,0 – 3,6 Mohs / >2,9 g/cm <sup>3</sup>	1,5 – 2,0 Mohs / bis 2,3 g/cm <sup>3</sup>	1,5 – 2,0 Mohs / 1,9 – 2,3 g/cm <sup>3</sup>
Löslichkeit im Grundwasser	CO <sub>2</sub> -frei bei 10°C: 0,014 g/l Regenwasser: bis 0,050 g/l Sickerwasser*) bis 0,200 g/l ) hoher CO <sub>2</sub> -Gehalt aus Bodenluft	Volumen bis 61 % Quelldruck 1,3- 4,5 MPa	schwer löslich*) bis 2,1 g/l  ) Bad Sachsa über 100 Jahre Ablaugung von 10- 30 cm/a	NaCl bei 10 °C bis 358 g/l bewegtes Grundwasser 100 g/l Nordsee 35 g/l

Bild 05: Lösliche Gesteine [4]

In größeren Tiefen, mehrere 100 m, findet man in der Region Kali- und Salzlagerstätten. Ein Liter Wasser kann mehr als 300 g Salz lösen und abtransportieren. Ein Beispiel für die Auswirkung von Lösungsvorgängen im Salz ist der „Schiefe Kirchturm“ in Bad Frankenhausen. Verbindungen zwischen der Salzlagerstätte und der Tagesoberfläche findet man in der Nähe von Riethnordhausen als Solequelle unter anderem in Artern und Kelbra. Die Hackpfüffeler Seen, entstanden 1890 durch einen Erdfall mit einer Verbindung zu einer Salzlagerstätte. Aufgrund von Halophyten (salzliebende Pflanzen) wurde hier ein Naturschutzgebiet ausgewiesen [5].

Das Auftreten von Erdfällen im Salinar ist an tektonische Störungszonen des Kyffhäusergebirges, sowie an die Verbreitungsgrenze des Staßfurt-Steinsalzes gebunden. Im Gebiet Riethnordhausen-Hackpfüffel traten und treten durch Subrosionsprozesse in den Salzgesteinen des Zechsteins zahlreiche Erdfallereignisse auf.

Völker hat 1997 in einem Artikel über Salzwasser in den Hackpfüffeler Seen ein Modell beschrieben. Demnach tritt Sole aus dem Staßfurt-Steinsalz über ein geklüftetes Gebirge an der Oberfläche aus.

T. Pleil hat 2023 in seiner Bachelorarbeit an der Hochschule Nordhausen Wasserproben aus Erdfällen in der Region untersucht. Demnach ist in der Ortslage Riethnordhausen nicht nur die Salzlagerstätte, sondern auch die darüber liegende Anhydritschicht in die Lösungsvorgänge involviert [6].

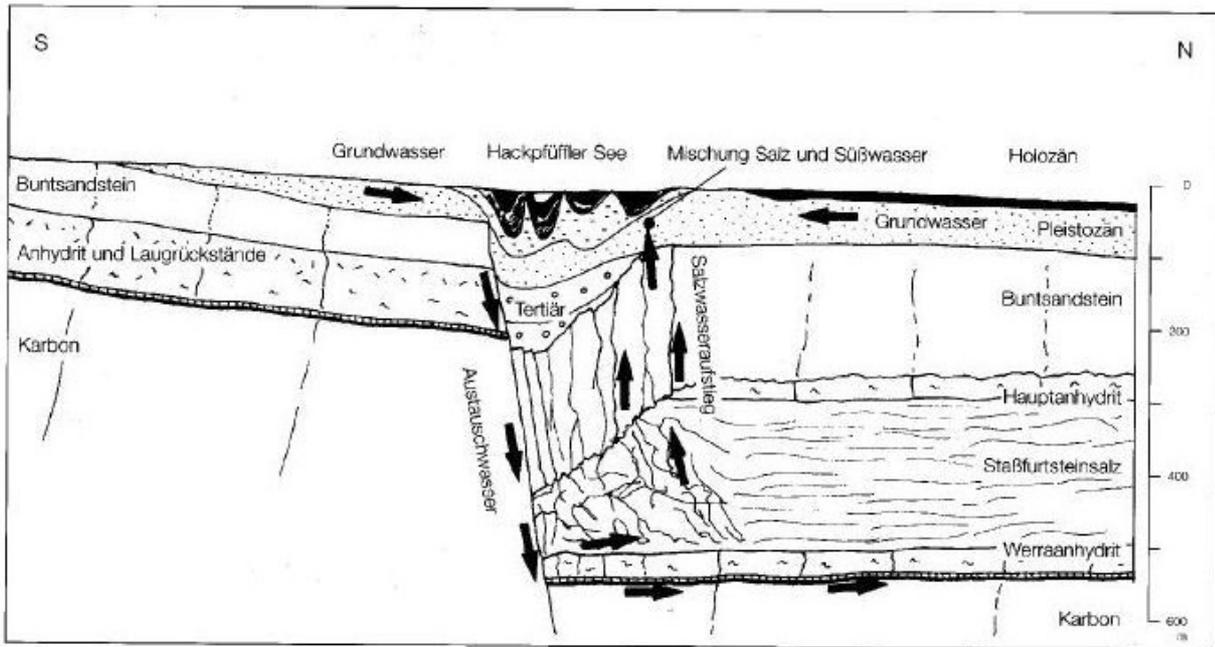


Bild 06: Schnitt durch die Kelbraer Störungszone im Bereich des Hackpüffler Sees (Schematisch) und Bewegung des Grundwassers in der Störungszone [7]

Die Kelbra Störungszone wird in der Geologie als Störungszone nördlich des Kyffhäusers beschrieben und schneidet die Ortslage Riethordhausen.

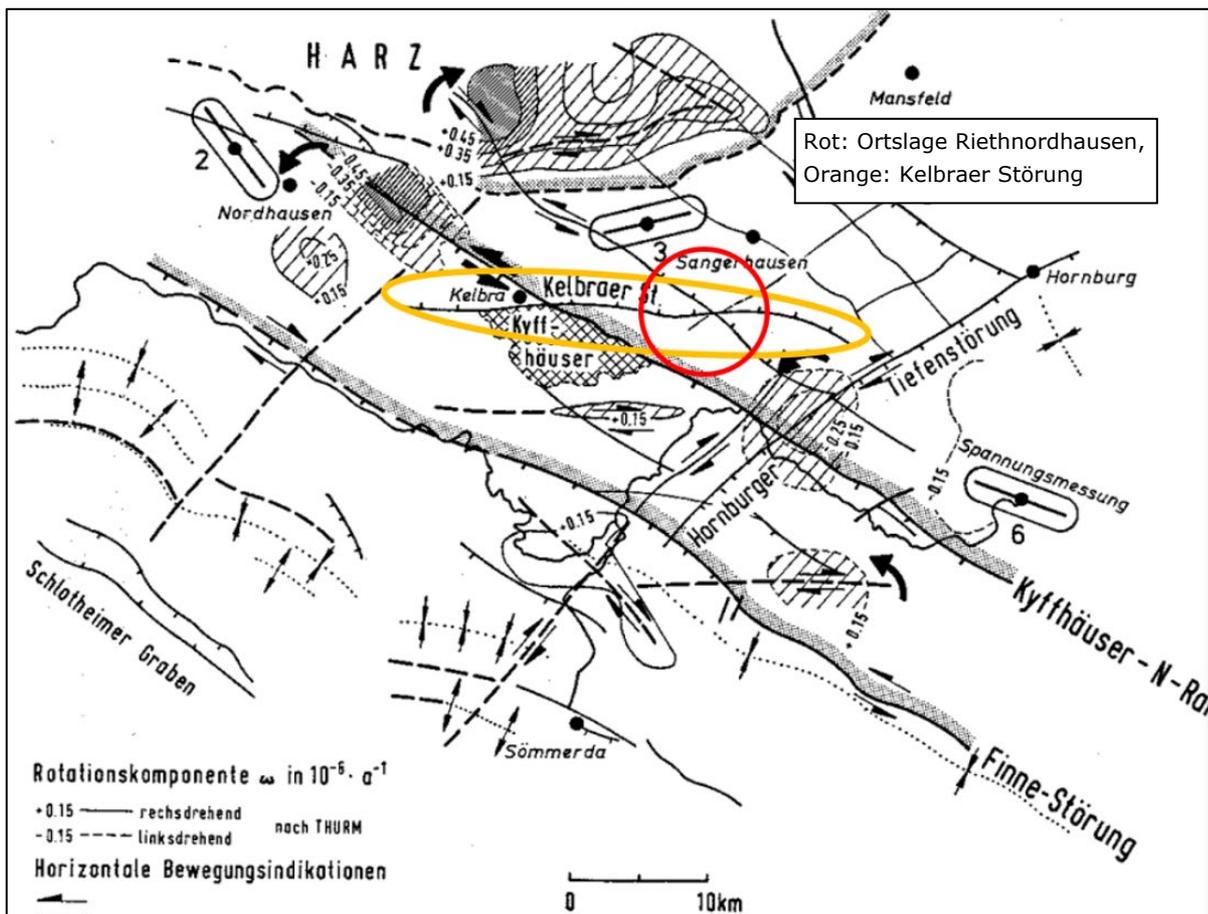


Bild 07: Modell der rezenten Horizontalbewegungen im Südharzgebiet [8]

Eine oberflächige Auswertung von auffälligen Flächen in der Nähe von Riethnordhausen zeigt mehr als ein Dutzend Stellen, die auf Erdfälle schließen lassen.

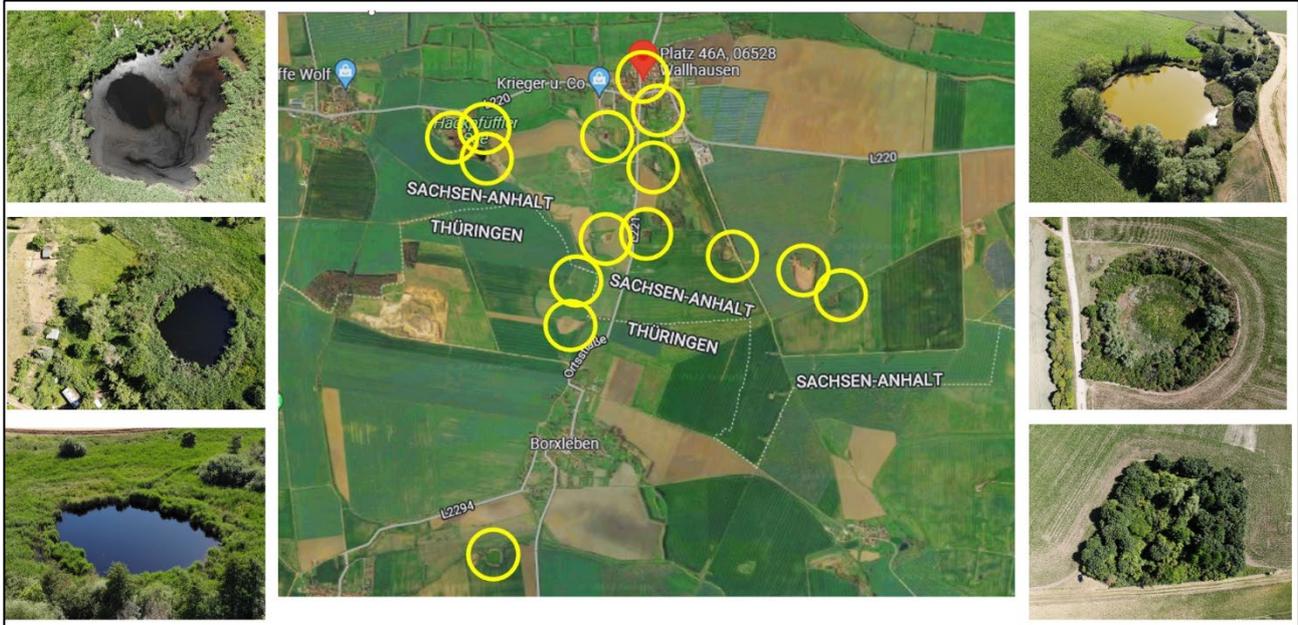


Bild 08: Erdfallverdachtsflächen im Umfeld, Auswertung einer Karte von Google Maps  
Die rote Markierung zeigt die Lage des untersuchten Erdfalls

#### 4 Sanierung des Erdfalls

Unmittelbar nach dem Erdfall wurde das am Stärksten betroffene Gebäude geräumt und die angrenzende Straße für den Durchgangsverkehr gesperrt. Die Risse an den Gebäuden im Umfeld wurden mit 8 Rissmonitoren beobachtet.



Bild 09: Rissmonitore an der Gartenmauer und Hauswand

Die vorhandenen Risse haben sich den Sanierungsarbeiten nicht mehr vergrößert.

#### 4.1 Verfüllung des Erdfalls

Nach der Schadensermittlung wurde entschieden den Erdfall mit einem Sand-Kies-Gemisch zu verfüllen. Die Überreste der Garage in der Grube wurden nicht entfernt. Es bestand die Gefahr, dass die Entfernung der Reste der Dachkonstruktion aus der Grube weitere Risse bilden, oder sogar die Giebelwand zum Einsturz bringen könnte.



Bild 10: Fundamente des Hauses liegen frei

An der Geländeoberkante in der Nähe des Erdfalls waren mehrere tiefe Risse mit einer Öffnungsweite von 5 cm und mehr entstanden (siehe Bild 01). Die steilen Kraterwände konnten jederzeit nachgeben.

Die Verfüllung erfolgte mit einem Förderband, um Erschütterungen durch Fahrzeuge in der Nähe des Erdfalls zu vermeiden. Das Material wurde mit einem großen Radlader zu einem Zwischenlager vor die Grundstücksgrenze transportiert, von hier mit einem Kompaktlader aufgenommen und damit ein Förderband beschickt.

Insgesamt wurden 750,05 t des Sand-Kies-Gemisch in den Erdfall verfüllt. Das Material wurde ca. 10 cm über der ursprünglichen Geländeoberkante verfüllt, um spätere Setzungen auszugleichen.

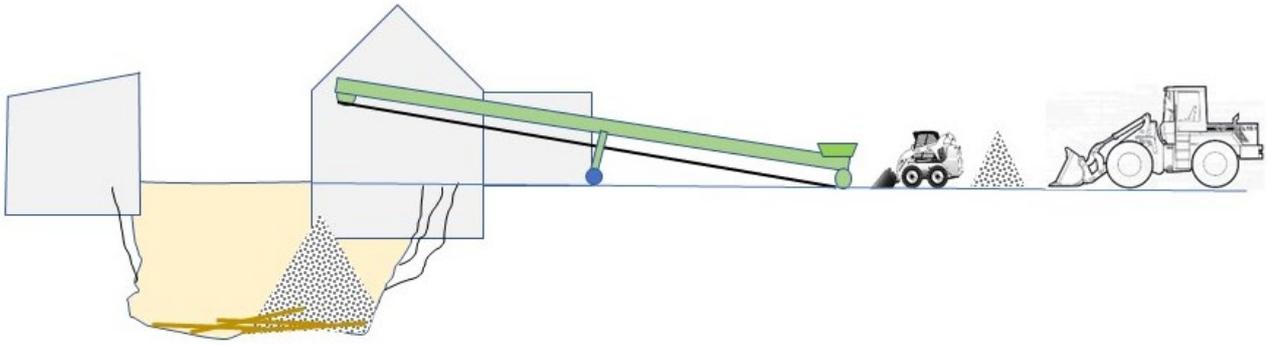


Bild 11: Prinzipskizze zu der Verfüllung mit einem Förderband



Bild 12: Einbau des Materials

Die Verfüllarbeiten durch ein lokales Unternehmen haben am gleichen Tag, zwei Stunden nach der Auftragsvergabe begonnen und wurden nach einer Woche abgeschlossen.

#### 4.2 Injektion

Das eingebaute Material wurde nicht verdichtet um Erschütterungen zu vermeiden, die zu weiteren Schäden an dem Haus führen, oder die ein Nachrutschen in dem Erdfall verursachen könnten.

Es wurde davon ausgegangen, dass die Verfüllung durch die Rückstände in der Grube und besonders unter dem Fundament der Giebelwand nicht ausreicht um weitere Risse in dem Gebäude zu verhindern.

Anstelle einer Verdichtung wurde direkt unter die Fundamente des Gebäudes eine Zementsuspension verpresst. Die Suspension wurde mit einer Rammlanzeninjektion eingebracht.

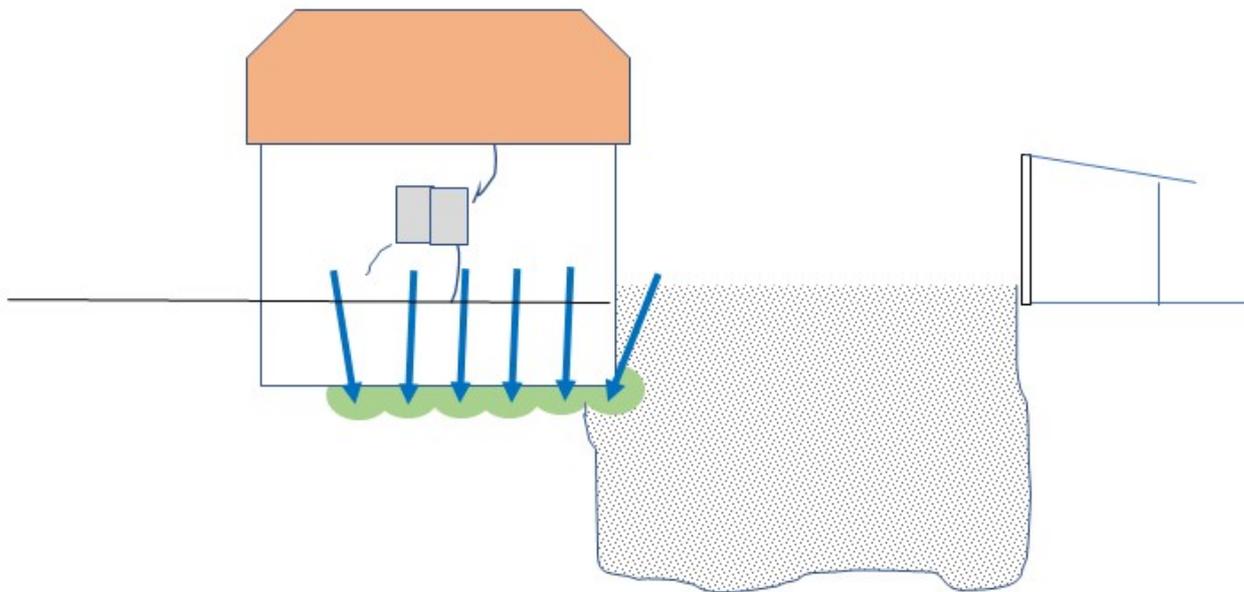


Bild 13: Prinzipskizze zu den Injektionsarbeiten

Insgesamt wurden 20 Rammlanzen im Pilgerschrittverfahren eingebaut und verpresst. Innerhalb einer Woche wurde 15.360 l Suspension, das entspricht einer Menge von 18,7 t Zement in den Baugrund eingebracht. Bei der Verpressung der ersten 5 Lanzen sind geringe Zementmengen über Risse in der Bodenplatte in den Keller des Gebäudes eingedrungen. Mit der Injektion wurden die Hohlräume unter dem Kellerboden soweit verfüllt, dass später keine weitere Suspension im Keller eingedrungen ist.

Auch nach mehr als einem Jahr wurde keine weiteren Bewegungen an den Rissmonitoren beobachtet. Die Verfüllsäule im Erdfall hat sich geringfügig gesetzt, wie es zu erwarten war.



Bild 14: Rammlanze (hier Nr. 11) und Verpresseinrichtung

## 5 Fazit

Nach dem Stand der Erkenntnisse ist davon ausgehen, dass auf dem Grundstück in Riethnordhausen ein Erdfall aufgetreten ist. Die Ursache für den Erdfall ist der Zusammenbruch eines Hohlraums im Erdreich. Bergbau, Einbauten wie ein alter Keller, eine Sickergrube oder eine defekte Wasserleitung können als Ursache ausgeschlossen werden.

Die Ursache für den Erdfall ist mit hoher Sicherheit eine Subrosion im Bereich der Kelbraer Störung, die sich bis an die Oberfläche durchgestanzt hat. Durch Lösungsercheinungen im Salinar ist ein Hohlraum entstanden. Der Hohlraum ist durch Nachfall nach oben gewandert.

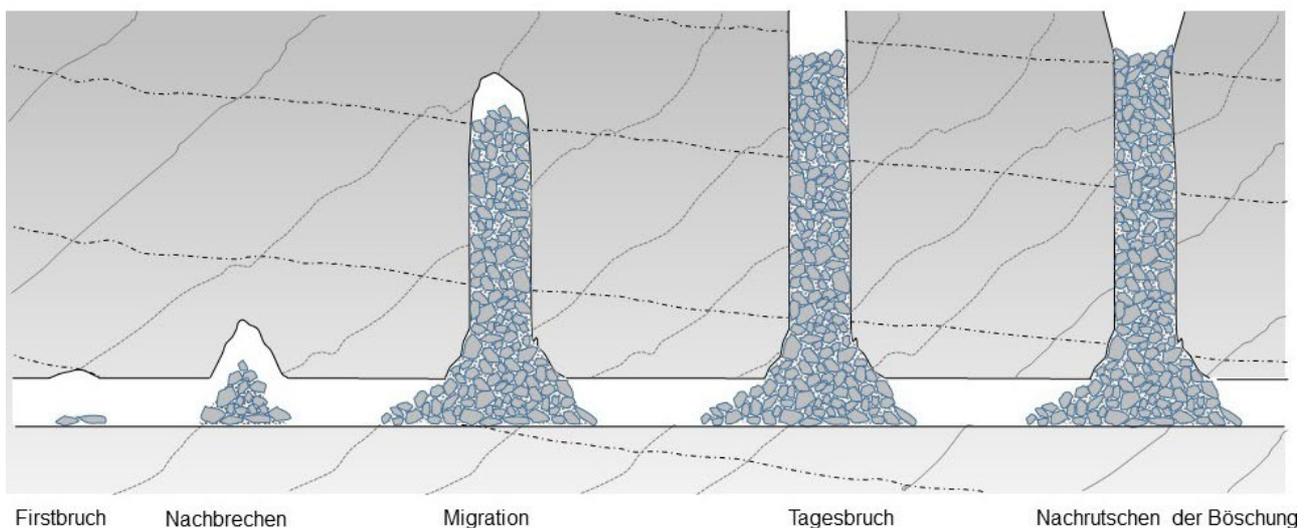


Bild 15: Bewegung eines Hohlraums an die Tagesoberfläche hier am Beispiel eines Hohlraums im Altbergbau.

Die Kosten für die Sanierung des Schadens wurde von der Gebäudeversicherung übernommen. Durch die schnelle Reaktion der Versicherung und der beteiligten Unternehmen konnten die Arbeiten innerhalb von 4 Wochen vollständig abgeschlossen werden. Die Familie konnte nach der Freigabe durch den Statiker wieder einziehen, die benachbarte Durchgangsstraße für den Verkehr freigegeben werden. Auch ein Jahr nach dem Erdfall wurden keine Setzungen aufgrund des Erdfalls beobachtet. Die Risse haben sich nicht erweitert.

Das Ingenieurbüro Aberle hat im Auftrag der Versicherung die Schadensursache ermittelt, eine Sanierungskonzept erstellt und die Arbeiten betreut.

B. Aberle, Kelbra, 2022

## **6 Quellenangabe**

- [1] Aussage des Heimatforschers Heinz Noack, Bennungen
- [2] [http://www.kupferspuren.eu/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=150:168-grosserdfall-tiefe-grube-bei-riethnordhausen&Itemid=421&showall=1](http://www.kupferspuren.eu/index.php?option=com_k2&view=item&id=150:168-grosserdfall-tiefe-grube-bei-riethnordhausen&Itemid=421&showall=1)
- [3] mündliche Auskunft LAGB am 20.06.2022
- [4] Vorlesungsskript Fels- und Spezialtiefbau, THGA Bochum, Aberle
- [5] [https://de.wikipedia.org/wiki/Hackpf%C3%BCffler\\_See](https://de.wikipedia.org/wiki/Hackpf%C3%BCffler_See)
- [6] Ursachen für Erdfälle um Riethnordhausen, Bachelorarbeit von T. Pleil, 2023 Hochschule Nordhausen, Fachbereich Geotechnik
- [7] Völker, R. (1997): Karsterscheinungen am Nordkyffhäuserrand – Das Auftreten von Salzwasser im Bereich des Hackpfüffler Sees. – Gipskarst im Landkreis Sangerhausen, S. 85-95, Förderverein Gipskarst Südharz e. V., Uftrungen
- [8] Krustendeformation im Bereich der Finne-Kyffhäuser-Gera-Jachymov-Zone; Zeitschrift für geologische Wissenschaften, 01.02.1993, P. Bankewitz; U. Gross; E. Bankewitz

## **7 Projektbeteiligte**

### **Geotechnische Beratung**

Geotechnik Aberle  
Ziegelhüttenstraße 3, 06537 Kelbra  
0178 41818267, [geotechnik@aberle.biz](mailto:geotechnik@aberle.biz), [www.aberle.biz](http://www.aberle.biz)

### **Verfüllung**

Schatz Umwelt GmbH  
Hohlstedter Weg 1, 06528 Brücken  
034656 561-0, [info@schatz-umwelt.de](mailto:info@schatz-umwelt.de)

### **Bohr- und Verpressarbeiten**

w+s bau-instandsetzung gmbh  
Crumbacher Str. 23-25, 34277 Fuldabrück-Bergshausen  
0561 94878-0; <https://www.ws-bau.de/>