

Linder, N., Höggebe, P., Milas, I. & Hunke, A. (2022): Ein Schachtkopf als Überlaufbauwerk, Sicherung eines Luftschachtes in Witten. – In: Benndorf, J. (ed) 20. Altbergbau-Kolloquium – Tagungsband. – p. 1–14, 17 Abb.; Nossen (Wagner).

Ein Schachtkopf als Überlaufbauwerk, Sicherung eines Luftschachtes in Witten

Autoren (Nikolaus Linder¹, Peter Höggebe², Ingo Milas², Armin Hunke¹)

¹ Fichtner Water & Transportation GmbH, Abt. Bergbau und Rohstoffe, Essen

² Bezirksregierung Arnsberg, Abt. 6 Bergbau & Energie, Dortmund

ZUSAMMENFASSUNG:

Bei der Untersuchung lokaler Vernässung der Kellerräume eines Wohngebäudes in Witten fanden sich Hinweise auf einen ehemaligen Luftschacht des Steinkohlenbergbaus. Im Rahmen der Erkundungsarbeiten wurde der Luftschacht lokalisiert und als Ursache für den Wasserzufluss in das Gebäude ausgemacht. Bei hohen Grubenwasserständen trat an dem ehemaligen Schacht Grubenwasser zu Tage aus. Der Wasserzufluss in die Gebäudebereiche erfolgte über die Füllsäule sowie über den nicht konsolidierten Bereich zwischen Schachtwandung und Gebirge und ist vermutlich auf einen überstauten Grubenwasserspiegel zurückzuführen.

Da unterhalb der Gebäude Bodenausspülungen sowie in der Schachtsäule Hohlräume im Rahmen der Erkundungsarbeiten angesprochen wurden, waren gerade diese Bereiche zu sichern, da eine Standsicherheit der Tagesoberfläche im unmittelbaren Schachtbereich nicht zu gewährleisten war. Daneben war die langfristige Standsicherheit des Wohngebäudes bei weiter andauerndem Wasserzufluss und den dadurch bedingten Ausspülungen ebenfalls gefährdet.

Zur Sicherung der Situation musste eine Schachtkopfsicherung mit der Funktion eines Überlaufs für das Grubenwasser hergestellt werden. Hierzu wurde ein kombiniertes Sicherungs- und Drainagebauwerk konzipiert und umgesetzt, welches zum einen eine standsichere Abdeckung der beiden aufgefundenen Schachtsäulen nach heutigem Stand der Technik herstellt und zum anderen den Wasseraufstieg bei überstautem Grubenwasserspiegel fasst und über eine Rohrleitung in die Vorflut ableitet

ABSTRACT:

During the investigation of local water inflow in the basement of a residential building in Witten, evidence was found of a former coal mining shaft. During the investigation, the shaft was located and identified as the cause of the water inflow into the building. At higher mine water levels, the mine water leaked to the surface at the former shaft. The water leakage

occurred through the shaft as well as through the unconsolidated area between the shaft wall and the surrounding solid rock and was probably due to the seasonal higher mine water level.

Since soil washout beneath the buildings as well as cavities in the shaft backfilling were identified during the exploration work and a guarantee of the stability of the surface in the immediate shaft area could not be stated, it was necessary to secure these areas. In addition, the long-term stability of the residential building was also at risk if the water inflow and the resulting washout continued.

As safeguarding measure, the shaft head was covered by a combined safety and drainage structure. For this purpose, a reinforced concrete plate with the function to drain the overflow of the mine water level was designed and implemented. The water collected in the event of an overflow of the mine water level is discharged into the next receiving water via gravity pipeline.

1 Ausgangssituation

Anfang März 2020 wurde der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung Bergbau und Energie in NRW, ein wiederholter erheblicher Wasserzufluss im Bereich eines Wohnhauses in Witten gemeldet. Die folgende Abbildung zeigt die Lage der Schadstelle im Steinkohlenrevier Ruhr.

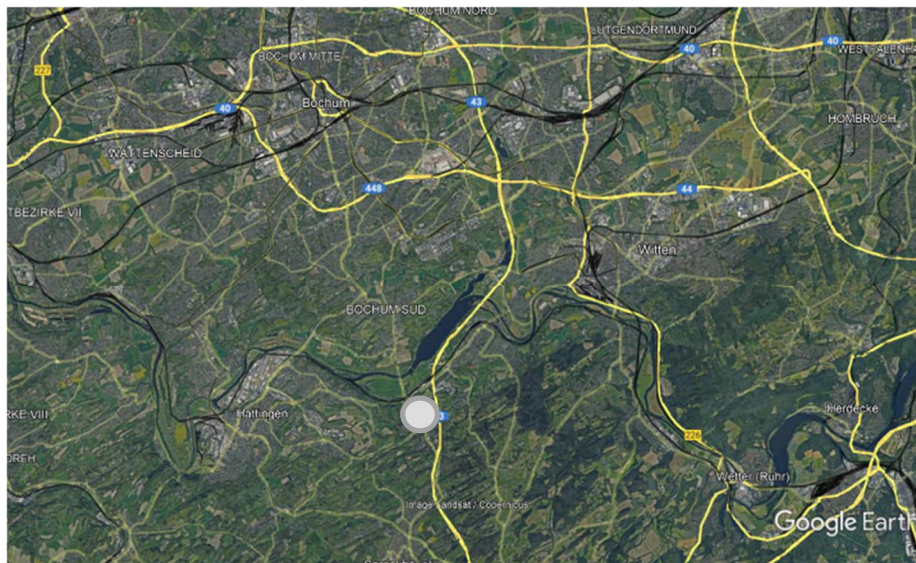


Abbildung 1: Lage der Schadstelle im Steinkohlenrevier Ruhr

In Anbetracht der schon eingetretenen Gebäudeschäden und nach Einschätzung der in im Grubenbild und sonstigen Kartenwerken dargestellten bergbaulichen Situation war die Ursache der Wasserzuflüsse und der augenscheinlich dadurch ausgelösten Bodenbewegungen mit hoher Wahrscheinlichkeit bergbaulichen Ursprungs.

Die nachstehenden Abbildungen verdeutlichen die Situation am Wohnhaus mit Garage und provisorische Wasserableitung durch den Hausbesitzer in den Drainageschacht auf dem Nachbargrundstück sowie die aufgetretenen Schäden.

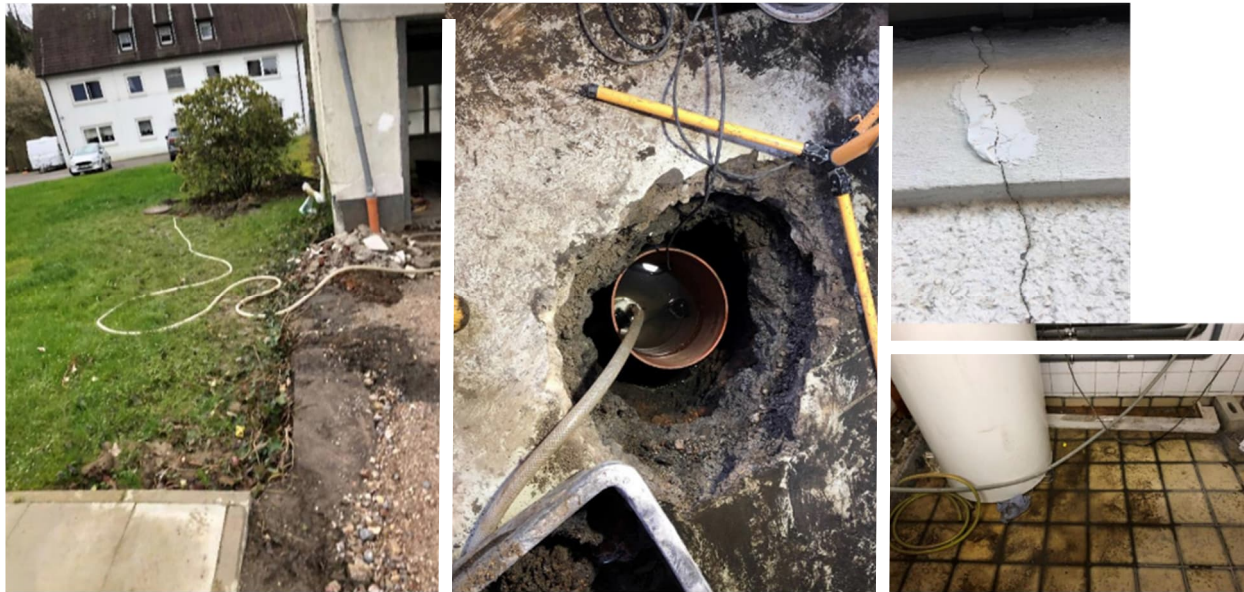


Abbildung 2: aufgetretenen Gebäudebeeinträchtigungen

Für den bergbaulichen Ursprung kamen hierbei u. a. eine nicht dokumentierte Ableitung des Grubenwassers aus dem nahe liegenden sog. „Jägerstollen“ oder ein mit einer Lagegenauigkeit von ± 15 m zu verortendes Tagesüberhauen (Luftschacht) in Flöz „Finefrau“ in Frage (Abbildung 3). Auch eine „hydrologische“ Kombination der o. a. bergbaulichen Elemente erschien möglich. Aufgrund des vorliegenden konkreten Gefahrentatbestandes leitete die Bezirksregierung Arnsberg als zuständige Sonderordnungsbehörde unverzüglich umfangreiche Untersuchungsmaßnahmen ein.

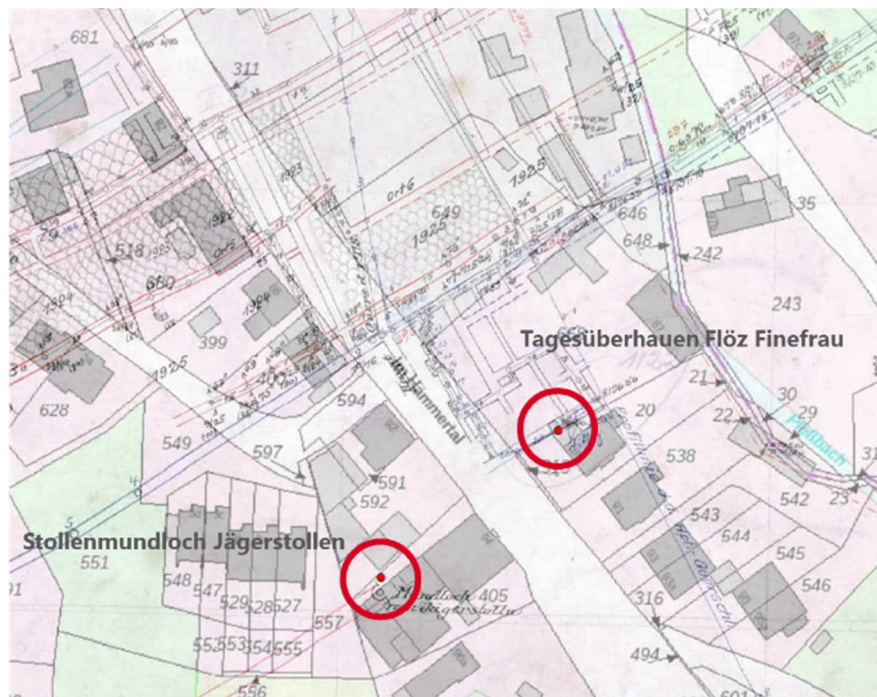


Abbildung 3: Lage der Tagesöffnungen

2 Ablauf der Erkundungsarbeiten

Unter Berücksichtigung der Schadenssituation und den vorläufigen Erkenntnissen zur bergbaulichen Situation wurden zunächst zur Erkundung der Wasserzuflüsse vier Erkundungsschürfe erstellt.

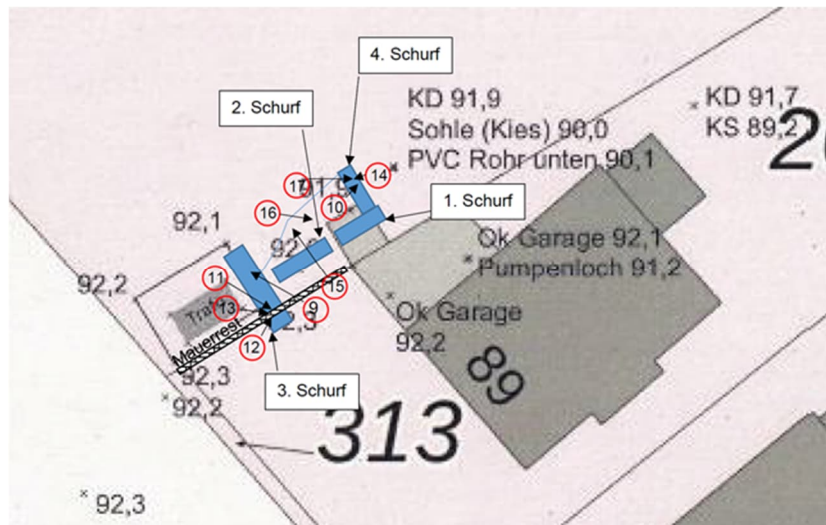


Abbildung 4: Lage der Erkundungsschürfe

Über diese Erkundungsschürfe wurde festgestellt, dass

- der Zufluss im Wesentlichen im Bereich eines bereits in der Vergangenheit angelegten Drainageschachtbauwerkes und der an das Wohnhaus angrenzenden Garage erkennbar war,
- ein in der Vergangenheit angelegtes Drainagebauwerk mit Ablauf zum nahegelegenen „Pleißbach“ augenscheinlich in seiner Funktion gestört war,
- das zutretende Wasser artesisch stark gespannt war, was auf einen überstauten Wasserspiegel hinwies und
- der Zustrom so stark war, dass er nur mit zwei 1000 l/min Saugpumpen beherrschbar war.



Abbildung 5: Wasserstand zu Beginn der Untersuchung (links) sowie erweiterter Schurf 1 mit freigelegtem Drainageschacht und Wasserzufluss (rechts)

Durch den teilweisen Rückbau des auf dem Nachbargrundstück vorhandenen Drainageschachtes und die damit verbundene Wiederherstellung der Abflussmöglichkeit zum Pleßbach konnte der Wasserspiegel vorläufig um rund 1,5 m abgesenkt werden. Der ursprüngliche Wasserablauf in den Pleßbach

konnte so provisorisch wiederhergestellt werden. Der Wasseraustritt unterhalb der Garage sowie des angrenzenden Wohngebäudes konnte auf diesem Wege reduziert werden. Nach den vorliegenden Erkenntnissen war der starke Wasseraustritt nicht auf etwaige Ableitung von Grubenwasser aus dem „Jägerstollen“, sondern dem ehemaligen Tagesüberhauen zuzuordnen.

Weiterhin konnte über die Schürfe festgestellt werden, dass Boden- und Gesteinsschichten im Untergrund im Umfeld der Garage und des Drainageschachtes starke Verockerungen zeigten, was auf bereits längere ungeordnete Fließverhältnisse im Untergrund hinweist.

Aufgrund des Umfangs der festgestellten Ausspülungen unterhalb der Garage von rund 30 cm und möglicherweise auch unterhalb der angrenzenden Gebäudewand (die in diesem Bereich auch stark durchnässt war) waren Auswirkungen auf die Standsicherheit der Gebäude nicht auszuschließen. Eine weitere Erkundung der genauen Lage und des Zustands des Tagesüberhauens als auch die Erstellung einer geordneten Wasserfassung und -ableitung waren somit zwingend notwendig.

Zum Auffinden und zur Untersuchung dieses Schachtes wurden durch ein Bohrfachunternehmen anschließend 11 Vollkronendrehbohrungen abgeteuft. Hierbei konnte der Schacht bis zu einer senkrechten Tiefe von 17 m nachgewiesen werden. Aufgrund der Bohrergebnisse konnte eine Projektion der Schachtlage im Lageplan vorgenommen werden. Diese ist in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt. Die projektierte Schachtlage stimmte weitgehend mit der im Riss dargestellten Lage überein.

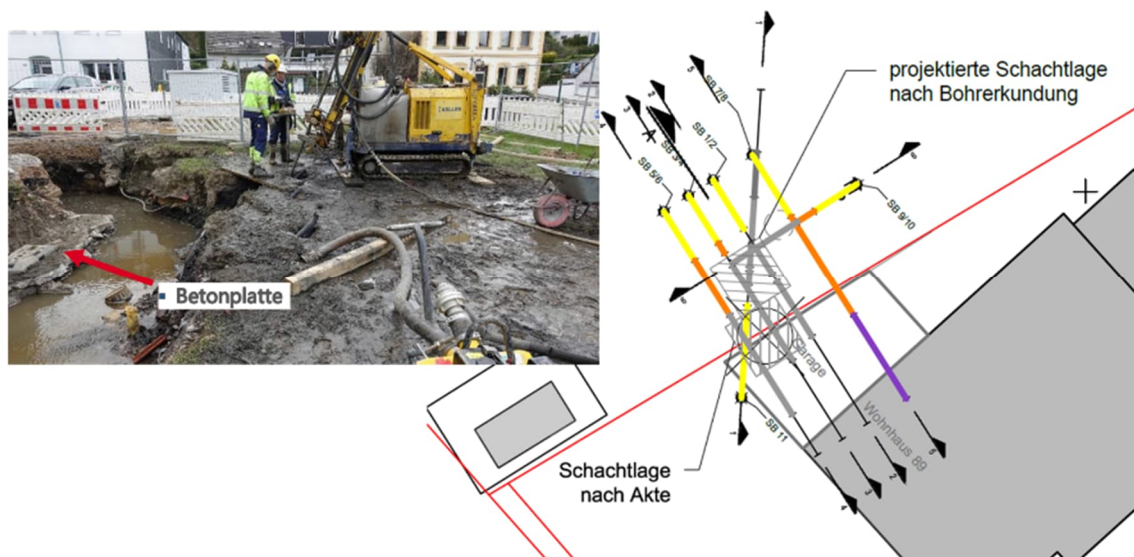


Abbildung 6: Bohrarbeiten (links) und Lage der Erkundungsbohrungen (rechts)

Um die projektierte Schachtlage zu bestätigen, wurde dieser Bereich mittels Bagger bis zu einem Teufenniveau von ca. 2 m freigelegt. Hierzu musste eine teilweise über dem Schacht eingebaute Betonplatte entfernt werden (Abbildung 6). Diese Betonplatte war jedoch kein Schachtsicherungsselement, da sie den Schacht nicht komplett überdeckte. Im Rahmen dieser Arbeiten wurde der Schacht freigelegt (Abbildung 7). Eine Schachtabdeckung als Sicherung konnte nicht festgestellt werden. Die Abbildung zeigt die Schachtkontur in Blickrichtung zur Garage, wobei die hintere Wand bei einer geschätzten Wandstärke von 0,4 m sich wahrscheinlich bis unter das Fundament der Garage zieht. In der Mitte des Schachtes ist das Material der Schachtsäule erkennbar, welches sich bis im freigelegten Bereich leicht baggern ließ.



Abbildung 7: Schachtkontur mit überlagerndem Garagenfundament

Nachdem die Schachtkontur freigelegt worden war, konnten im Wesentlichen folgende Wasserzuflüsse aus dem Untergrund beobachtet werden.

Eine kleinere Menge stieg über die Schachtsäule auf. Der Aufstieg der größeren Wassermengen erfolgte augenscheinlich in dem nicht konsolidierten Bereich (Zwickelraum) zwischen Schachtaußenwand und gewachsenem Fels.

Auf der Basis der vorliegenden Risswerke war zu vermuten, dass für das Aufsteigen der beobachteten Wässer ein überstauter Standwasserspiegel im mit dem Schacht verbundenen Grubengebäude verantwortlich sein könnte. Der risslich dokumentierte Standwasserspiegel bei 83,94 m NN, also rund 8,5 m unterhalb der Geländeoberfläche (Abbildung 8). Der im Projektgebiet angetroffene Wasserspiegel war im März 2020 jedoch stark gespannt und lag deutlich über dem bekannten Vorflutniveau.

Die Entwässerung im Bereich der Zeche Blankenburg, zu der der Schacht gehört, soll gem. der vorliegenden risslichen Unterlage über den Laurentius Stollen erfolgen. Aufgrund des nunmehr bei ca. 92 m angetroffenen Wasserspiegels ist jedoch von einer gestörten untertägigen Wasserwegigkeit auszugehen, die eine Überstauung des Standwasserspiegels ermöglicht. Ursache für die Überstauung ist vermutlich der südwestlich des Schachtes gelegene tagesnahe Bergbau, welcher deutlich höher liegt als der Schacht. Dieser Abbaubereich verfügt gem. der risslichen Unterlagen eine direkte Verbindung zum Schacht (Abbildung 8). Die untertägige Situation ist schematisch in der Abbildung 9 dargestellt.

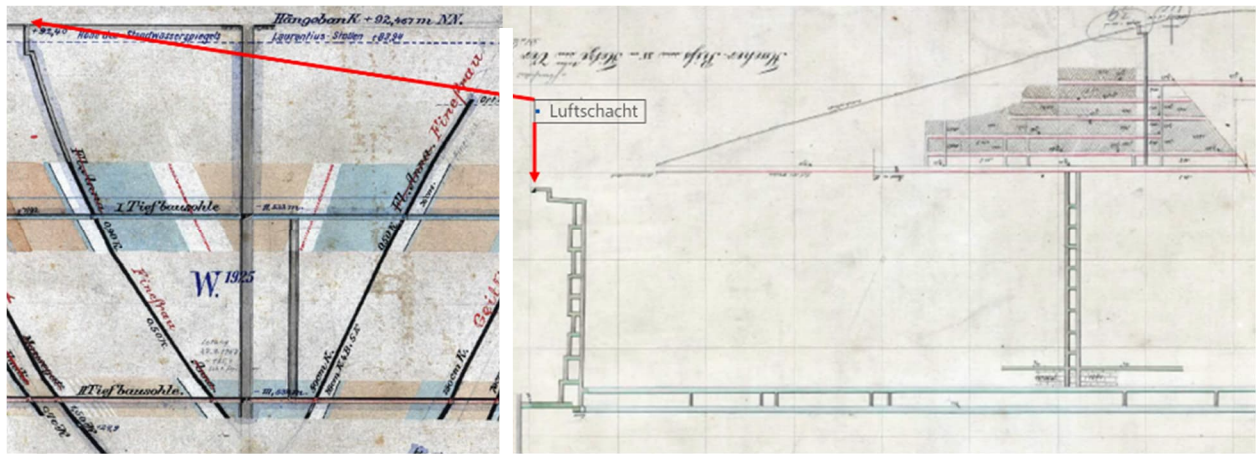


Abbildung 8: Seigerrisse zum Standwasserspiegel (links) und Grubengebäude südwestlich oberhalb der Schachtlage

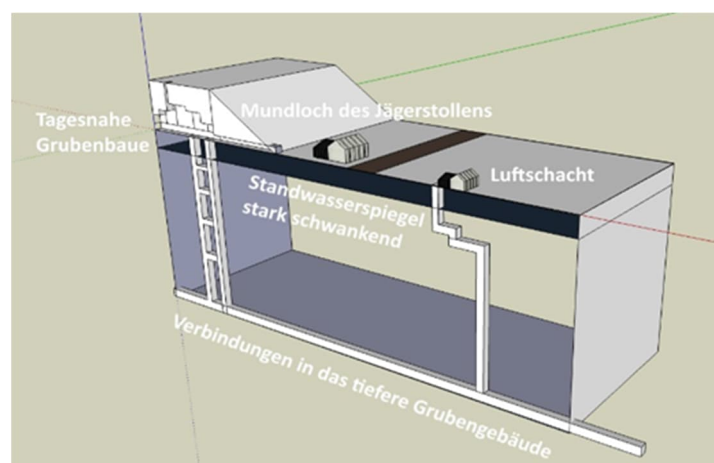


Abbildung 9: schematische Darstellung der untertägigen Verbindung

Aufgrund des nunmehr bei ca. 92 m angetroffenen Wasserspiegels war von einer gestörten untertägigen Wasserwegigkeit auszugehen, die eine Überstauung des Standwasserspiegels ermöglicht.

Als Ergebnis der Erkundung war dieser Schacht nach heutigem Standard als ungesichert zu betrachten, zumal auch die Bohrerergebnisse in der Teufe Hohlräume angesprochen hatten.

Eine Füllsäule liegt vor. Aus den Daten der Schachtake (Querschnitt: 2,2 m x 2,2 m; seigere Teufe: 17 m) ließ sich jedoch ableiten, dass der Schacht nicht komplett verfüllt wurde. Entsprechende der dokumentierten Angaben betrüge das Schachtvolumen im seigeren oberen Teil rund 77 m³, wobei jedoch nur 20 m³ Verfüllmassen eingebracht wurden.

Nach Aufmaß hatte der Schacht ein liches Maß von 1,6 x 1,3 m. Das Schachtvolumen war demnach bei rund 33 m³ anzunehmen. Bei dem erkundeten lichten Querschnitt von 2,08 m² und der dokumentierten Verfüllmenge von rund 20 m³ war somit eine vollständige Verfüllung nicht gegeben. Es war zu vermuten, dass der Schacht nur bis zu einer Teufe von rund 10 m verfüllt war. Da in den Erkundungsbohrungen in dieser teufe Hohlräume erbohrt wurden, war davon auszugehen, dass der untere, seiger Bereich des Schachtes hohl steht.

Der angetroffene Zustand der Schachtsicherung entsprach alles in allem nicht dem gegenwärtigen Stand der Technik. Hinzu kam, dass die Südseite der Schachtwandung durch eine angrenzende Garage z.T. ohne Sicherungselemente überbaut war.

Die genauen Wasserwegigkeiten konnten im Rahmen der Schachtfreilegung und auf Basis des derzeitigen Kenntnisstandes verifiziert werden. Die wesentlichen Wassermengen steigen demnach im unkonsolidierten Raum zwischen der Schachtaußenwand und dem gewachsenen Fels auf, wenn bei ein überstauter Standwasserspiegel im Grubengebäude vorliegt. Es zeigte sich auch ein Aufsteigen des Wassers in der Füllsäule, jedoch mit geringeren Mengen. Eine gewisse Niederschlagsabhängigkeit scheint vorzuliegen, da der Grubenwasserspiegel selber stark schwankend ist. Dieses konnte insbesondere bei einer Befahrung des Schachts Blankenburg, der ca. 120 m nördlich liegt, bestätigt werden. Zum Zeitpunkt der Befahrung lag der Wasserspiegel im Schacht ca. 1,7 m unter dem Schachtdeckel. Anhand der Ockerverfärbungen konnte festgestellt werden, dass das Wasser im Schacht Blankenburg bis nahezu direkt unterhalb des Schachtdeckels aufsteigen kann.

Unterhalb der Garage wurden im Rahmen der Erkundung ausgespülte Bereich festgestellt, die sich vermutlich bis an die Fundamente des an den Schacht angrenzenden Wohngebäudes ausdehnen. Entsprechende Wasserzutritte im Kellerbereich des Wohnhauses waren feststellbar.

Aufgrund der Informationen aus der Schachttakte sowie den Ergebnissen aus der Erkundung konnte die Standsicherheit der Tagesoberfläche im Bereich des Luftschachtes nicht bestätigt werden.

Demnach war die Erstellung einer Schachtkopfsicherung nach heutigem Stand der Technik geboten. Darüber hinaus war die Erstellung einer geordneten Wasserfassung und Ableitung sicherstellen, um weitere Ausspülungen zu vermeiden und somit die Standsicherheit der benachbarten Gebäude zu garantieren.

3 Sicherungsarbeiten

Aufgrund der besonderen Situation, dass in diesem Projekt neben der fehlenden Schachtabdeckung aufsteigendes Wasser für die Gefährdung der Oberfläche verantwortlich war, war keine der üblichen Schachtsicherungsvarianten geeignet die kombinierte Standsicherheitsproblematik dauerhaft zu lösen.

So würde beispielsweise ein dauerhaft abdichtender Verschluss des Schachtes (wie z.B. durch eine kohäsive Füllsäule) und eine Abdichtung des unkonsolidierten Bereichs zwischen Schachtaußenwand und Fels (wie z.B. durch Zementinjektion) sowohl Stand-sicherheit des Schachtes als auch die Wasserproblematik zwar an diesem Standort lösen. Aber letztendlich, wird sich die Gefährdung, die sich durch das Wasser einstellt, an eine andere Stelle mit entsprechenden Austritts- und Gefährdungsmöglichkeiten verlagern. Da diese Stellen nicht bekannt sind, ist nicht auszuschließen, dass sich aus der Verlagerung der Austrittswege auch ein höheres Gefährdungspotential ergibt, wenn z.B. aufgrund des sich einstellenden Wasserdrucks aus der Überstauung des Standwasserspiegels, Wasser plötzlich und schwallartig austreten kann.

Um die Wasserproblematik in Kombination mit der Herstellung der Standsicherheit an der Oberfläche an diesem Standort zu beseitigen wurde die Erstellung eines Drainagebauwerkes vorgeschlagen,

das zum einen die auftretenden Grubenwässer fasst und sicher in die Vorflut ableitet sowie zum anderen den Anforderungen einer dauerhaften Schachtsicherung entspricht.

Abbildung 10 zeigt einen Schnitt durch die Situation nach Abschluss der Schachterkundungsmaßnahmen.

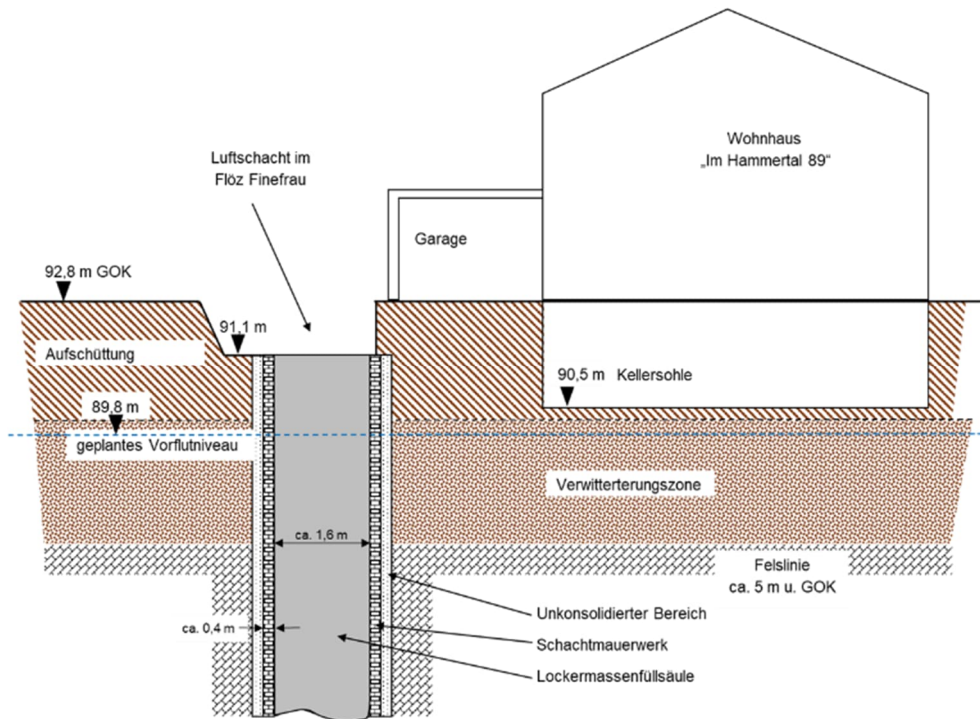


Abbildung 10: Schnitt durch den Schacht nach der Aufsuchung als Plangrundlage

Das Drainagebauwerk wurde analog zu einem großdimensionierten Drainagerohr konzipiert und besteht aus einer gelochten, 40 cm starken Stahlbetonplatte, die auch gleichzeitig zur Schachtsicherung dimensioniert ist. Betonsohle, Betonseitenwände sowie eine Betondecke bilden einen Hohlkörper in den das Wasser über die Lochungen aufsteigen kann, und von hier aus abgeleitet wird (Abbildung 11).

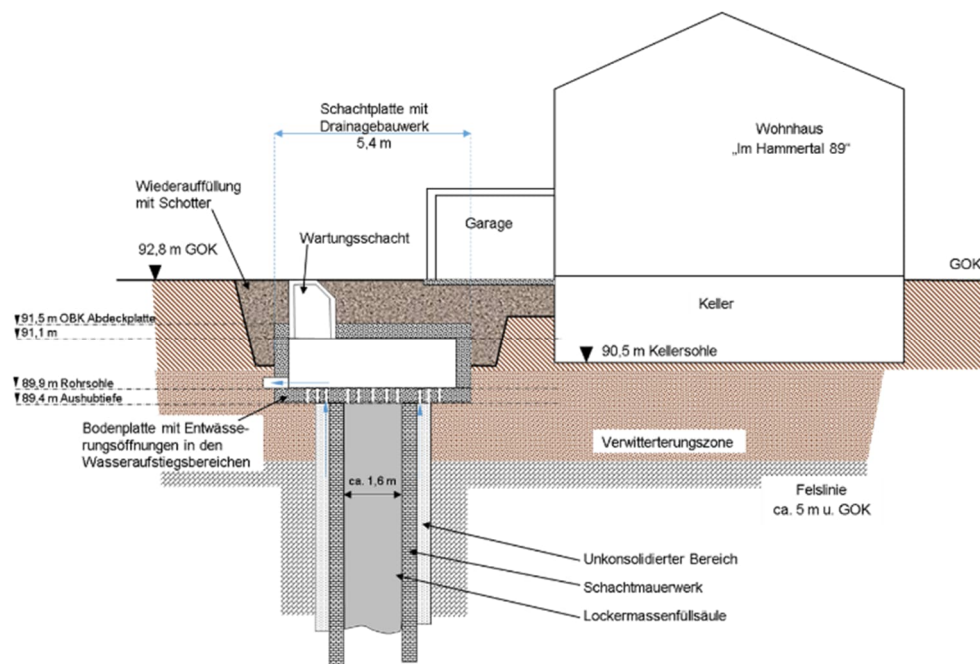


Abbildung 11: Schnitt durch das geplante Sicherungs- und Drainagebauwerk

Zur Umsetzung des Projektes sah die Planung die Entfernung der an den Schacht angrenzenden Garage vor, da der Platz für die Erstellung der Baugrube notwendig war. Die Garage sollte dann nach Abschluss der Sicherungsarbeiten wieder neu aufgebaut werden.

Das im Bauwerk gefasste Wasser sollte dem Pleßbach zugeführt werden. Hierzu wurde eine Freispiegelleitung DN 300 konzipiert.

Für die Umsetzung der Sanierungsarbeiten, musste zunächst die an den Schacht angrenzende Garage abgerissen werden, da der Platz für die Baugrube zur Erstellung des Sicherungs- und Drainagebauwerks benötigt wurde (Abbildung 12). Das Sicherungsbauwerk war mit den Außenmaßen $B=5,3\text{ m}$, $L=5,3\text{ m}$, $H=2,2\text{ m}$ geplant worden.

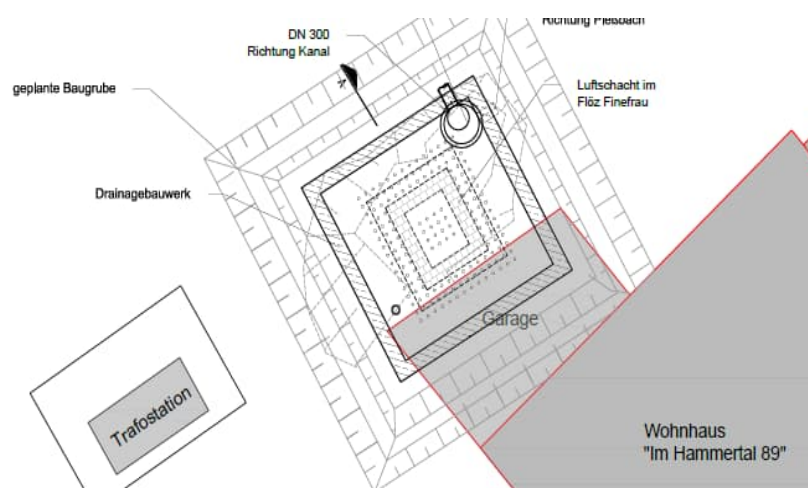


Abbildung 12: Geplante Lage Sicherungs- und Drainagebauwerk mit Baugrubenplanung

Die Sicherungsarbeiten begannen dann mit den Erdarbeiten der Baugrubenherstellung. Im Rahmen dieser Arbeiten wurde ein zweiter Schachtkörper direkt an den Luftschacht angrenzend aufgefunden.

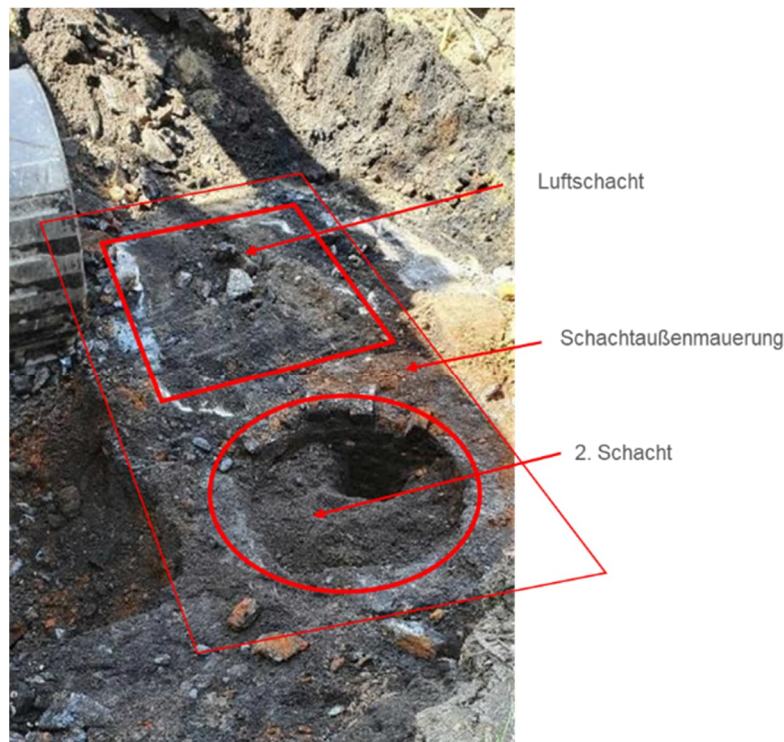


Abbildung 13: Zweiter Schacht und Gesamtdimension

Im Rahmen der Freilegung des Schachtkörpers zeigten sich die eigentlichen Dimensionen. Ca. 2,40 m breit und rund 3,5 m lang mit einer rechteckigen Schachtröhren (lichtes Maß ca. 1,6 x 1,3 m) und einer runden Schachtröhre (lichter & ca. 1 m). Die Schächte haben eine gemeinsame Schachtaußenmauerung (Abbildung 13).

Aufgrund der neuen Situation musste die Planung geändert werden. Die Dimensionen des Sicherungs- und Drainagebauwerkes wurden an die neuen Schachtmaße angepasst. Das Sicherungsbauwerk hatte nun die Außenmaße B= 6,0 m, L=7,0 m, H=2,15 m.

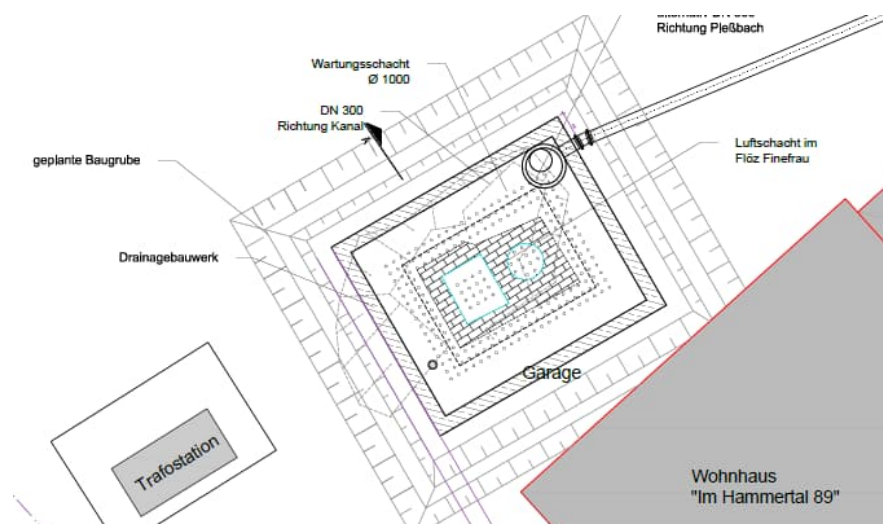


Abbildung 14: Geplante Lage Sicherungs- und Drainagebauwerk nach Planungsanpassung mit Baugrubenplanung und aufgemessenem Schachtkörper

Auf Basis der neuen Planung wurden die einzelnen Komponenten des Sicherungsbauwerks in einem Betonwerk als Betonfertigteile parallel zu den Erd- und fundamentierungsarbeiten gefertigt. Hierdurch konnte sowohl die Bauzeit als auch der Kostenrahmen reduziert werden. Gegenüber einer Ausführung in Ortbeton war die Fertigteilbauweise rund 30.000 Euro preiswerter.

Nach Fertigstellung der Baugrube sowie der bewehrten Streifenfundamente (Abbildung 15) wurde das Sicherungs- und Drainagebauwerks über dem Luftschacht innerhalb von drei Tagen montiert (Abbildung 16).



Abbildung 15: Fundament für das Sicherungs- und Drainagebauwerk



Abbildung 16: Montage der Fertigteile (links) und fertiggestelltes Bauwerk (rechts)

Aufgrund seiner Lage auf einem Privatgrundstück, das vorwiegend als Garten genutzt wird, wurde das Sicherungs- und Drainagebauwerk statisch nur für Lasten aus der Überdeckung, der Garagenüberbauung und einer Verkehrslast von 3 kN/m^2 ausgelegt. Die Fläche über dem Bauwerk, darf somit nicht weiter überbaut bzw. mit schwerem Gerät oder Lastkraftwagen befahren werden.

Die Bauzeit betrug insgesamt 5 Monate einschließlich Erkundung, Planung und Ausführung.

Für das Sicherungs- und Drainagebauwerk ergeben sich folgende wesentliche Daten:

- Gründungssohle: 89,45 m NHN
- Außenmaße: B=6,0 m, L=7,2 m, H=2,15 m
- Lichte Innenmaße: B=5,4 m, L=6,6 m, H=1,4 m

- Zulässige Verkehrslast über dem Bauwerk: 3 kN/m²
- Überdeckung: ca. 1,2 m
- Höhe des Wasserablaufes im Bauwerk: 89,8 m NHN
- Höhe der Einleitstelle: 89,18 NHN
- Gefälle Entwässerungsleitung: 1,95 %
- Länge der Entwässerungsleitung: 31,9 m.

Die Sicherungsarbeiten wurden Ende August 2020 mit der Wiederherstellung der Geländeoberfläche abgeschlossen.

Die Standsicherheit im Sicherungsbereich war wiederhergestellt und die kontrollierte Wasserabführung in den „Pleißbach“ sichergestellt.

Die Gesamtkosten für die Erkundungs- und Sicherungsmaßnahmen inkl. Ingenieurleistungen beliefen sich auf ca. 237.000 €

Aufgrund der geringen Niederschläge im Jahr 2020 und des damit verbundenen abgesenkten Standwasserspiegels konnte nach der Fertigstellung die Funktionsfähigkeit der Wasserfassung nicht überprüft werden. Erst im Februar 2021, nach einer entsprechend langen Zeit mit Niederschlägen konnte die Funktion des Bauwerkes festgestellt werden mit dem Fazit "Das Wasser läuft".



Abbildung 17: Drainage in Funktion

4 Fazit

Im Rahmen der Erkundungsarbeiten wurde der Luftschacht in Flöz Finefrau im Untersuchungsgebiet der Stadt Witten aufgefunden und als Ursache für den Wasserzufluss in die Kellerräume des Gebäudes sowie unter die Garage ausgemacht. Der Wasserzufluss in die Gebäudebereiche erfolgte

über die Füllsäule sowie über dem Zwickelraum zwischen Schachtwandung und Gebirge. Da unterhalb der Gebäude Bodenausspülungen sowie in der Schachtsäule Hohlräume im Rahmen der Erkundungsarbeiten angesprochen wurden, waren gerade diese Bereiche zu sichern, da eine Standsicherheit der Tagesoberfläche im unmittelbaren Schachtbereich nicht zu gewährleisten war und die Gebäude bei weiter andauerndem Wasserzufluss und den dadurch bedingten Ausspülungen in ihrer Standsicherheit gefährdet waren.

Die Sicherung erfolgte durch den Einbau eines Sicherungs- und Drainagebauwerkes, welches zum einen eine standsichere Abdeckung der beiden aufgefundenen Schachtsäulen nach heutigem Stand der Technik hergestellt und zum anderen den Wasseraufstieg bei überstautem Standwasserspiegel fasst und über eine Rohrleitung in die Vorflut ableitet. Die Schachtsicherung erfüllt die Anforderungen hinsichtlich der Langzeitstandsicherheit und der Standsicherheit an der Tagesoberfläche, im Sinne der Abwendung einer Tagesbruchgefahr.

Die Standsicherheit im Sicherungsbereich des aufgefundenen tagesnahen Bergbaus ist im Untersuchungsbereich somit wiederhergestellt.

LITERATURVERZEICHNIS

Hunke, Armin; Linder, Nikolaus: Sicherung des Luftschafts in Flöz Finefrau Abschlussbericht / Fichtner Water & Transportation GmbH; nicht veröffentlicht, 2020

Milas, Ingo; Reinersmann, Nicole: Sicherung eines Luftschaftes in Witten unter Berücksichtigung eines überstauten Grubenwasserspiegels...