Vorhabenträger:	**Deutsche Flussspat GmbH**
Vorhaben:	**Fluss- und Schwerspatgrube Käfersteige** **Rahmenbetriebsplan Sümpfung, Exploration und Probebetrieb**
Antragsteil:	**A 2.3**
Titel:	**Ergänzende Darstellung und Bewertung einwirkungsrelevanter alter Abbaue im östlichen Bereich der Lagerstätte**

TABERG Ingenieure
Infrastruktur • Geotechnik • Bergbau • Umwelttechnik

Fluss- und Schwerspatgrube „Käfersteige“ bei Pforzheim

Rahmenbetriebsplan Sümpfung, Exploration und Probebetrieb

Ergänzende Darstellung und Bewertung einwirkungsrelevanter alter Abbaue im östlichen Bereich der Lagerstätte

Auftraggeber:	Deutsche Flussspat GmbH (DFG) Alter Göbricher Weg 49 75177 Pforzheim
Auftragnehmer:	TABERG Ingenieure GmbH Zum Pier 77 44536 Lünen Tel.: 0231 / 98 70 73 - 0 Fax: 0231 / 98 70 73 - 17 E-Mail: info@taberg.de
Projekt-Nr.:	25 - 0123
Sachverständige:	Dr.-Ing. R. Scherbeck Dipl.-Geol. D. Stempelmann
Datum:	22.08.2025
Umfang:	28 Seiten und 4 Anlagen

IINHALTSVERZEICHNIS **Seite**

I	Inhaltsverzeichnis	2
II	Anlagenverzeichnis	3
III	Verwendete Unterlagen	3
IV	Verwendete Abkürzungen	5
1	Vorgang und Aufgabenstellung	5
1.1	Veranlassung	5
1.2	Aufgabenstellung	6
2	Ausgangssituation	7
2.1	Projektgebiet	7
2.2	Regionalgeologie und Lagerstätte	8
2.3	Bergbauliche Situation	11
2.4	Tagesnahe Abbaue	13
2.5	Tagesbrüche 1988 / 1989	16
2.5.1	Primärereignis im März 1988	16
2.5.2	Sekundärereignis September 1989	17
2.5.3	Ursache	18
2.5.4	Gegenmaßnahmen	19
2.6	Tagesbruch 1997	20
3	Bedeutung für die Neuplanung	22
3.1	Schutzgüter	22
3.2	Verifikation der Tagesbruchursachen	22
3.2.1	Tagesbruch 1988	22
3.2.2	Tagesbruch 1997	24
3.2.3	Fazit	26
3.3	Standsicherheit der Tagesoberfläche	26
3.4	Auswirkung einer Sümpfung	26
3.5	Auswirkung des Probebetriebs	27
3.6	Sonstige Hinweise	28
4	Weitergehende Empfehlungen	28

II Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Fotodokumentation Tagesbruch 1988

Anlage 2: Fotodokumentation Tagesbruch 1997

Anlage 3: Bohrprofile der Aufschlussbohrungen zum Tagesbruch 1997 gemäß /5/

Anlage 4: Schemaskizze zum Tagesbruch 1997

III Verwendete Unterlagen

/1/ DFG - Deutsche Flussspat GmbH (2025): Notizen von GF Bodensteiner zu mehreren Gesprächen mit Hr. Renk im Juli 2025.

/2/ arguplan GmbH (2025): Flussspatgrube Käfersteige, georeferenziertes betriebliches bergmännisches Risswerk (zur Verfügung gestellt am 30.07.2025).

/3/ arguplan GmbH (2025): Fluss- und Schwerspatgrube Käfersteige, RBL Sümpfung, Exploration und Probebetrieb. Einwirkungsbereich gemäß EinwirkungsBergV, Lageplan 1:5.000 für die DFG vom 24.07.2025.

/4/ G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH (2025): Fluss- und Schwerspatgrube Käfersteige, Rahmenbetriebsplan Sümpfung, Exploration und Probebetrieb. Teil A2.2 der Antragsunterlagen: Senkungsprognose. Bericht für die DFG vom 25.07.2025.

/5/ LGRB - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg (2025): Akten zur Grube Käfersteige. Az. 4713-112.42 Band 3 (4253.42) und Az. 4713-112.96 Band 1 (4253.96). Erhalten zur Einsicht am 04.08.2025; Rückgabe am 15.08.2025.

/6/ Fluß- und Schwerspatwerke Pforzheim GmbH (1999): Betriebschronik der Grube Käfersteige aus Dezember 1999 mit 12 Seiten.

/7/ LGRB - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg (2025): Digitale geologische Karte GK 50 (verfügbar über LGRB-Kartenviewer, https://maps.lgrb-bw.de).

/8/ Littmann, Franz (2015): Das Bergwerk Käfersteige im Würmtal. Broschüre im Eigenverlag mit 29 Seiten.

/9/ Schneider, E. (2004): Viskomat - Hilfsmittel bei der Planung flugaschehaltiger Betone. Beitrag zum 13. Kolloquium und Workshop über Rheologische Messungen an mineralischen Baustoffen, 10./11. März 2004, FH Regensburg.

/10/ arguplan GmbH (2025): Fluss- und Schwerspatgrube Käfersteige; Zusatzdarstellungen und -informationen vom 30.07.2025.

/11/ Fluß- und Schwerspatwerke Pforzheim GmbH (1996): Bericht über den Einsatz von SAFAINJEKT als Versatzstoff in der Grube Käfersteige, 1991 - 1995. Bericht vom 02.01.1996 mit 4 Seiten und 7 Anlagen.

/12/ Fluß- und Schwerspatwerke Pforzheim GmbH (1999): Bericht über den Einsatz von SAFAINJEKT als Versatzstoff in der Grube Käfersteige, 1991 - 1998. Bericht aus Februar 1999 mit 5 Seiten und 7 Anlagen.

/13/ Fluß- und Schwerspatwerke Pforzheim GmbH (1997): Abschlußbetriebsplan gemäß §53 BBergG für das Flußspatbergwerk Käfersteige. Antragsunterlage vom 25.02.1997 mit 31 Seiten und 16 Anlagen. Mit Änderungsnachträgen vom 04.09.1997 und vom 30.06.1998.

/14/ LGRB - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg (2001): Fluß- und Schwerspatwerke Pforzheim GmbH, Grube Käfersteige. Durchführung des Abschlussbetriebsplans. Ende der Bergaufsicht. Schreiben vom 24.08.2001.

/15/ DGGT - Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., DGGV - Deutsche Geologische Gesellschaft - Geologische Vereinigung e.V. und Deutscher Markscheider-Verein e.V., Herausgeber (2020): Empfehlungen des Arbeitskreises 4.6 „Altbergbau“. Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung, Bewertung und Sanierung von altbergbaulichen Anlagen. Verlag Ernst & Sohn, Berlin. ISBN 978-3-433-03296-1, 162 Seiten.

/16/ Dr.-Ing. Michael Clostermann Markscheiderisch-Geotechnisches Consulting (2020): Gutachterliche Stellungnahme zu den Themen „Einwirkungsrelevanz des Altbergbaus, Bemes-sung von Einwirkungs- und Gefährdungsbereichen und Einfluss von Grubenwasserstandsänderungen“, im Auftrag der Bezirksregierung Arnsberg Abteilung Bergbau und Energie in NRW erstellt, Dortmund, 23.06.2020.

/17/ Westfälische Berggewerkschaftskasse (1972): Der tagesnahe Bergbau als technisches Problem bei der Durchführung von Baumaßnahmen im Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlengebiet. Mitteilungen der WBK, Heft 30.

/18/ Werner, W. und Dennert, V. (2004): Lagerstätten und Bergbau im Schwarzwald. Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, 334 Seiten.

IV Verwendete Abkürzungen

ABP: Abschlussbetriebsplan

DFG: Deutsche Flussspat GmbH

FSP: Fluß- und Schwerspatwerke Pforzheim GmbH

LGRB: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau des Landes Baden-Württemberg

TGB: Tagebruch

1 Vorgang und Aufgabenstellung

1.1 Veranlassung

Die Deutsche Flussspat GmbH (DFG) ist Inhaberin der Gewinnungsrechte für Fluss- und Schwerspat und hält darüber hinaus die bergrechtliche Aufsuchungserlaubnis für weitere bergfreie Bodenschätze in der Lagerstätte „Käfersteige“ südlich der Stadt Pforzheim.

In der gleichnamigen Grube wurde von 1935 bis 1996 – zuletzt durch die Bayer AG – Flussspat untertägig bergmännisch gewonnen. Nach Stilllegung des Bergwerks wurde dieses 2001 fachgerecht verschlossen und aus der Bergaufsicht entlassen. Im Grubengebäude hat sich ein konstanter Flutungswasserspiegel eingestellt, darüberliegende Bereiche der Grube sind weiterhin zugängig.

Die Lagerstätte gilt nach wie vor als eines der größten Vorkommen von Flussspat in Europa. Ausgehend von den bereits nachgewiesenen und wahrscheinlichen Vorräten könnte die Grube Käfersteige einen nennenswerten Beitrag zur Deckung des europäischen Bedarfs an Flussspat liefern. Mit Blick auf eine mögliche Wiederaufnahme der Flussspatgewinnung plant die DFG daher eine Sümpfung der Grube und umfangreiche Explorationsmaßnahmen sowie einen Probebetrieb, der die Grundlagen für die zukünftige Abbau- und Aufbereitungstechnik schaffen soll.

Hierfür ist bei der zuständigen Landesbergdirektion im Regierungspräsidium Freiburg ein Rahmenbetriebsplan einzureichen und für dessen Zulassung ein Planfeststellungsverfahren mit Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen.

Das geplante Vorhaben der DFG umfasst:

- die Erschließung und Herstellung der übertägigen Betriebsflächen an den drei Tagesöffnungen Würmtalrampe, Würmtalstollen und Wetterschacht,
- die Sümpfung und Sicherung der Grube bis auf das Niveau der 310-m-Sohle (tiefste, zuletzt im Abbau stehende und mithin bereits vorhandene Sohle), incl. Auffahrung Sumpf / Sumpfstrecke bis unter das Niveau der 310-m-Sohle zur technisch sicheren Fassung

und Haltung des Grubenwassers für den darüberliegenden Explorations- und Probebetrieb, Einleitung des Sümpfungswassers wie in der letzten Betriebsperiode an der Würmtalrampe über den bestehenden Graben in die Würm,

- mehrjährige geologisch-hydrogeologische, rohstoffgeologische und geotechnische Erkundungsarbeiten (Explorationsbohrungen, Kartierungen, Klein- und Großprobenahmen von Rohspat),
- Probebetrieb (mehrjährige Ausrichtung, Vorrichtung und Gewinnung von Rohspat für eine externe Aufbereitung, Aus- und Vorrichtung von Grubenräumen für eine zukünftige untertägige Aufbereitung incl. Herstellung eines weiteren Tageszugangs neben der Würmtalrampe).

1.2 Aufgabenstellung

Bestandteil eines Rahmenbetriebsplans zur Sümpfung, Exploration und Probebetrieb ist u.a. die Darstellung der Auswirkungen der beantragten Tätigkeiten auf die Standsicherheit der Tagesoberfläche Hierzu liegt eine entsprechende Ausarbeitung vor /4/, in der auf Grundlage numerischer Betrachtungen eine Senkungsprognose für die Tagesoberfläche erstellt wurde.

Aufgrund der besonderen Standortsituation und der Historie der Grube Käfersteige erscheint ein ergänzender Ansatz zur Bewertung der Standsicherheit der Tagesoberfläche erforderlich, bei dem insbesondere die historischen Tagesbrüche einbezogen werden. Die TABERG Ingenieure GmbH wurde am 04.08.2025 mit der Ausarbeitung eines entsprechenden ergänzenden Gutachtens beauftragt.

Nach Sichtung der Grundlagendaten und der Unterlagen zu Bergschadensereignissen der Grube Käfersteige werden die diesbezüglichen bergbaulichen und geologischen Hintergründe näher beleuchtet und insbesondere die vorliegenden Akten der Landesbergdirektion /5/ ausgewertet. Im Anschluss daran werden die Auswirkungen des geplanten Vorhabens auf die vorhandenen Schutzgüter (insbesondere der öffentlichen Verkehrswege) unter Berücksichtigung der bergbaulich-geotechnischen Ausgangssituation dargestellt und bewertet. Abschließend werden Hinweise zum Umgang mit den bestehenden Restrisiken gegeben.

2 Ausgangssituation

2.1 Projektgebiet

Das Projektgebiet umfasst das Gebiet der Flussspatgrube „Käfersteige“ und liegt im Nordschwarzwald rund 7 km südöstlich von Pforzheim in einem größeren Waldgebiet (Staatswald District 1, Gemarkung Würm, Flurstück 2331) an der Ostseite des unteren Würmtals. Diese Flur wird lokal als Hagenschieß bezeichnet.

Das Projektgebiet wird im Westen durch den Verlauf des Flusses Würm (Stollenportal Würmtalrampe mit Würmtalstraße L572) und im Osten durch die Verbindungsstraße zwischen Pforzheim und Tiefenbronn (Tiefenbronner Straße) begrenzt. Die Drehklinge - mit dem begleitenden Würmer Sträßchen - fließt am Nordrand des Projektgebietes in westliche Richtung zur Würm. Lokal liegt die Grube Käfersteige vollständig westlich der Grenze zwischen Baden und Württemberg, die lokal etwa dem Verlauf der Tiefenbronner Straße entspricht.

Die Entfernung zwischen der Würm und der gewichtsbeschränkten Tiefenbronner Straße (zulässiges Gesamtgewicht 6 t) beträgt rund 2,0 km. Die BAB A8 ist dann rund 2,1 km weiter östlich der Tiefenbronnen Straße anzutreffen. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen hierzu die groß- und kleinräumige Situation des Projektgebietes.

Abbildung 1: Großräumige Lage des Projektgebietes (© Geoportal BW 2025)

Die größte Erhebung im erweiterten Projektgebiet ist die Hofmannshöhe, die weiter südlich auf einem Niveau von +509 mNHN anzutreffen ist. Das Gelände am östlichen Ende des Bergwerks (Tiefenbronner Straße)) liegt bei +465 mNHN. Das Gelände ist am westlichen Stollenmundloch (Würmtalrampe) bei +314 mNHN und im Bereich des südlichen Stollenmundlochs

(Würmtalstollen) bei +342 mNHN anzutreffen. Das Niveau der nach Norden fließenden Würm liegt entsprechend einige Meter tiefer (+305 mNHN im Westen und +330 mNHN im Süden).

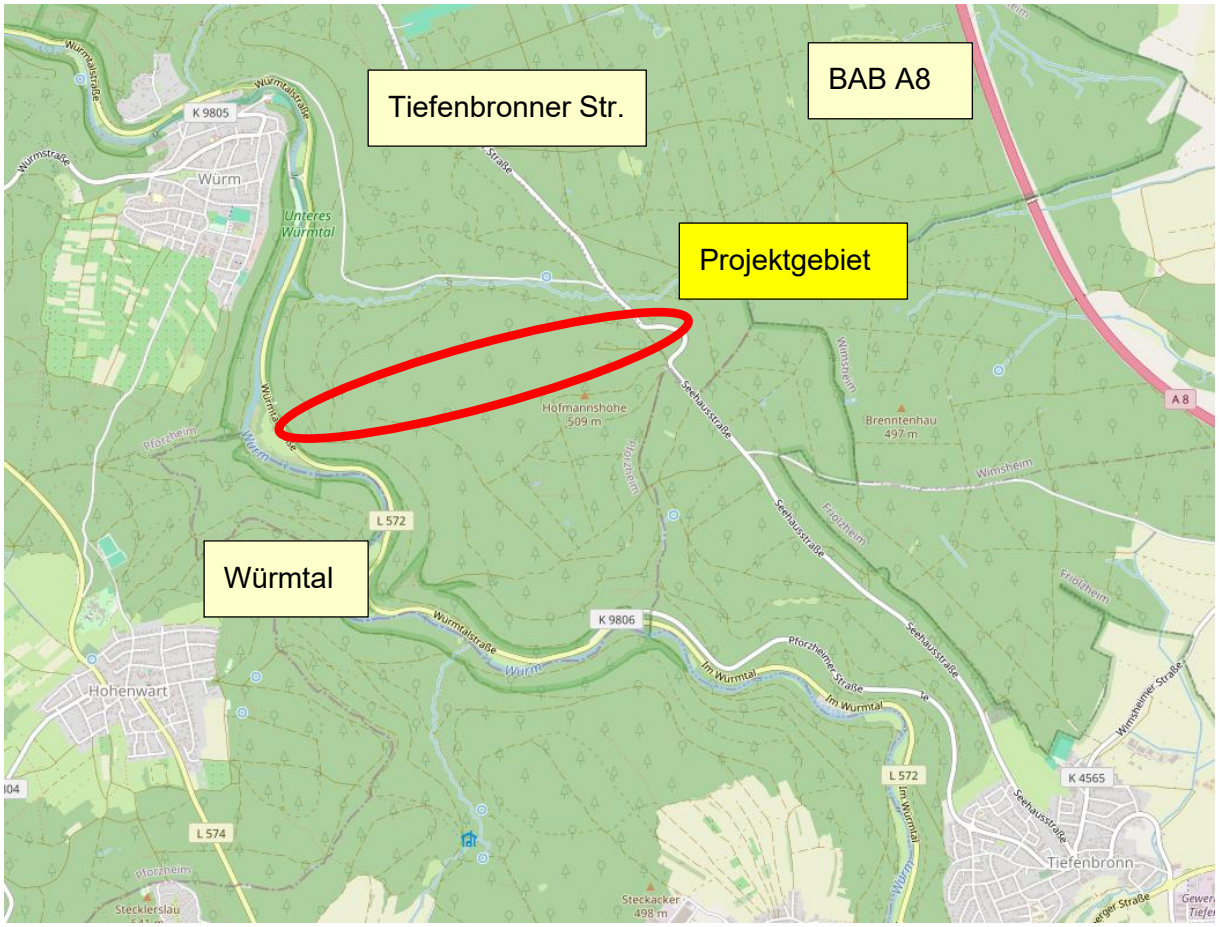


Abbildung 2: Kleinräumige Lage des Projektgebietes (© OpenStreetMap 2025)

2.2 Regionalgeologie und Lagerstätte

Großräumig befindet sich das Projektgebiet am Nordrand des Schwarzwalds. Die hydrothermal entstandene Flussspatlagerstätte ist genetisch an eine transkontinentale, WSW-ENE streichende, paläozoisch gebildete Großstruktur gebunden. Mehrfache tektonische Reaktivierung dieser tiefreichenden Störungszone führte zu wiederholten Mineralisationsvorgängen in einem annähernd seiger stehenden, leicht nach Norden einfallenden Mineralgang. Dieser durchschneidet vertikal triassische Abfolgen des Buntsandsteins (durch lokale Bruchschollentektonik in einigen Bereichen auch Muschelkalk), den permischen Tigersandstein sowie Rotliegend-Sedimente und setzt sich in der Tiefe in das kristalline Grundgebirge fort.

Die Flussspatlagerstätte streicht unter WSW/ENE (siehe Abb. 3 und 4), fällt nahezu seiger ein (siehe Schnittdarstellungen in Abb. 5) und erreicht eine Mächtigkeit von über 25 m (im Mittel etwa 10 m, siehe Angaben in /6/). Sie ist damit eines der größten Flussspatvorkommen in Europa.

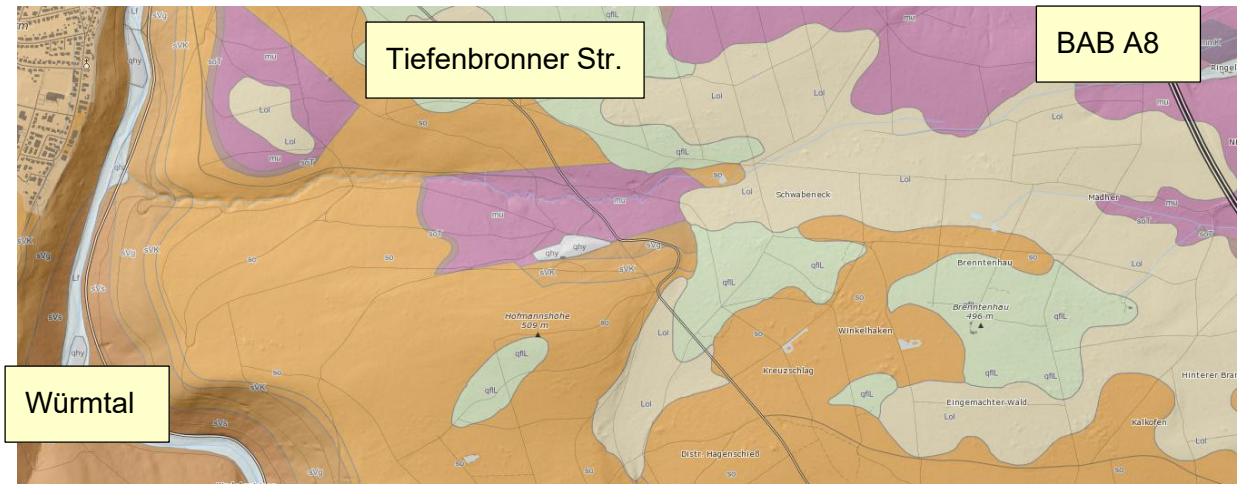


Abbildung 3: Überblick zur geologischen Situation im Projektgebiet gemäß /7/

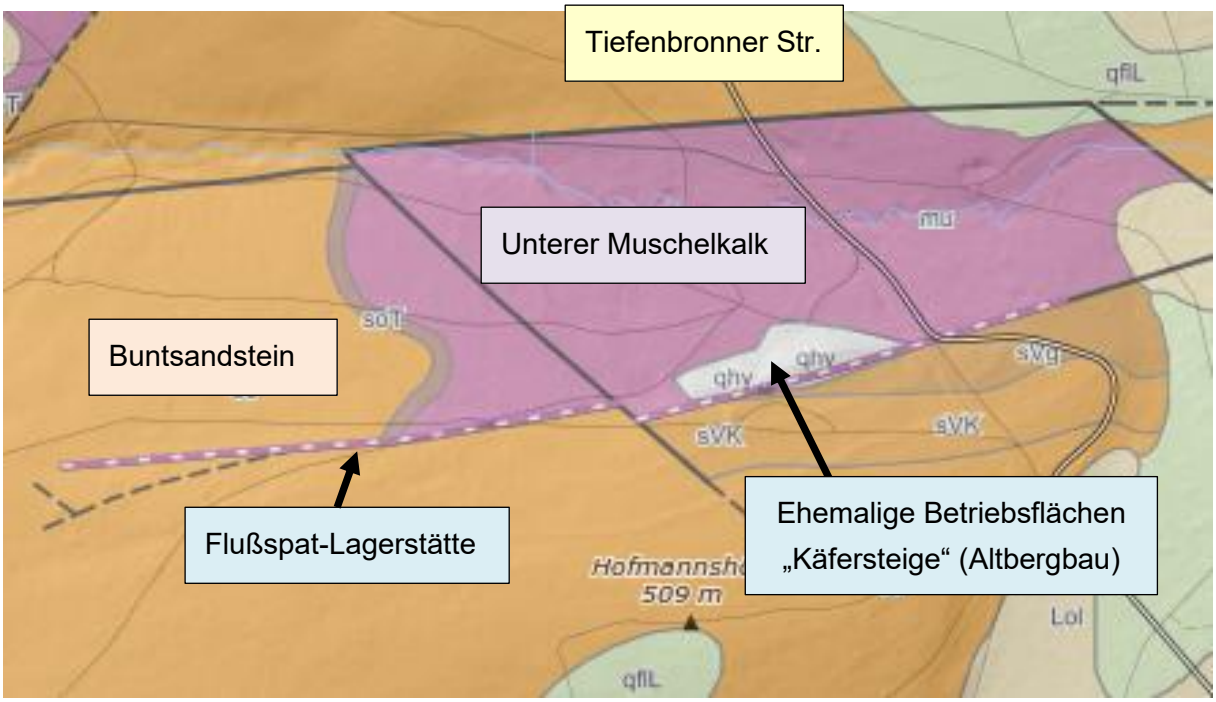


Abbildung 4: Ausschnitt aus Abb. 3 mit Projektgebiet

Bergbaulich wurde sie bislang bis zur 310 m Sohle verritzt; das tiefste gebaute Niveau ist somit bei +167 mNHN anzutreffen. Nachgewiesen wurde der Flussspatgang über Bohrungen bis etwa +70 mNHN (ca. 400 m Teufe).

Das Grubenwasser steht aktuell - nach Einstellung des Grubenbetriebs im Jahr 1996 - im Bereich der 160 m-Sohle und somit bei etwa +312 mNHN (Angabe in /4/) an. Es liegt damit wenige Meter über dem Flusswasser-Niveau des Vorfluters Würm im westlichen Projektgebiet.

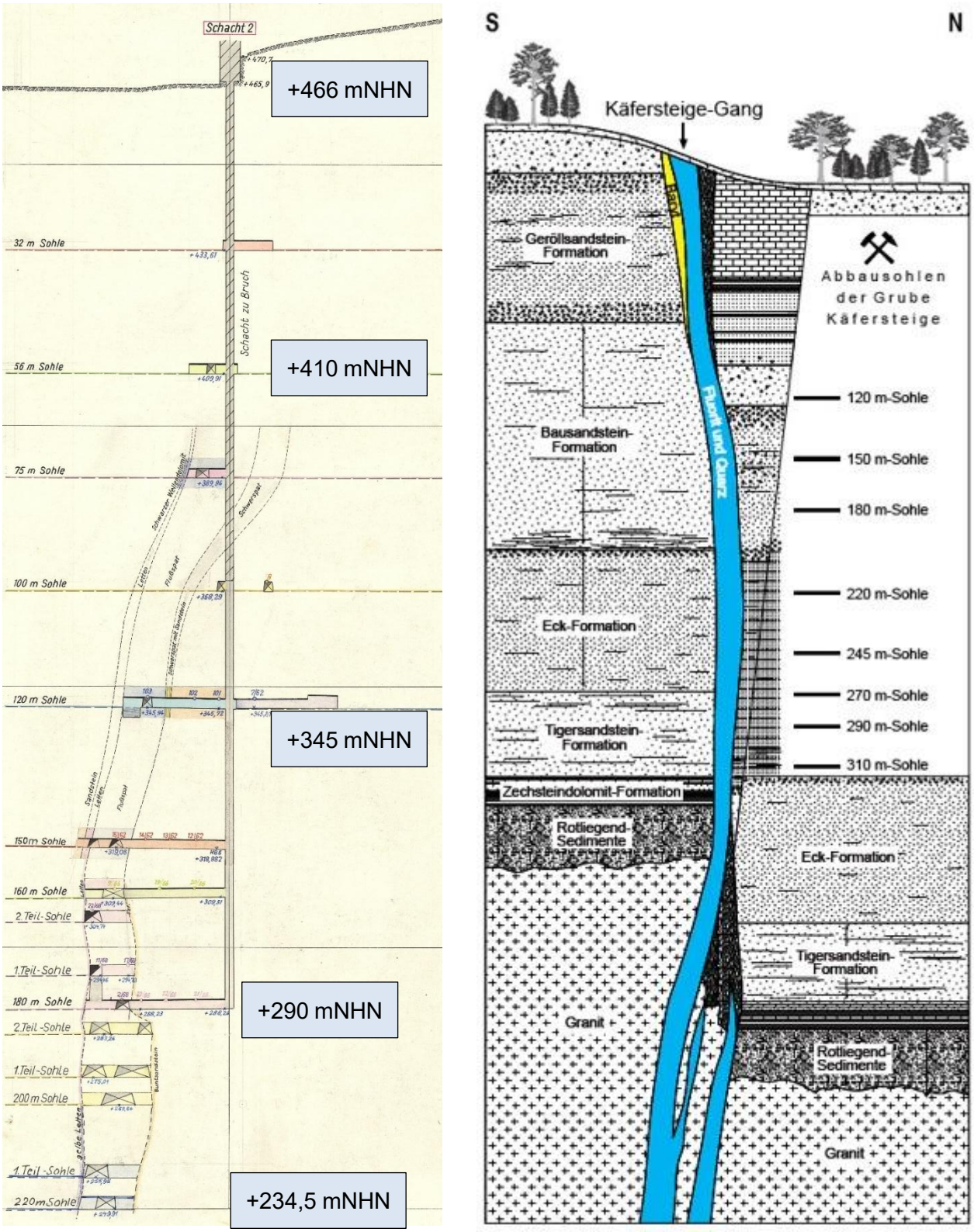


Abbildung 5: N-S-Schnitt durch Schacht 2 gemäß /2/ (Blatt 23100-003-187, links) und stratigraphisches Säulenprofil S-N der Grube Käftersteige (rechts, nach Grundlagen von A. Renk und erweitert nach /18/)

2.3 Bergbauliche Situation

Im Gewinnungsbetrieb „Käfersteige“ im Grubenfeld „Josef I“ wurde im Zeitraum 1935 bis 1996 im Wesentlichen Flussspat (Calciumfluorid CaF_2) abgebaut (insgesamt ca. 2,0 Mio t Rohhaufwerk). Die Förderung des Rohhaufwerks erfolgte bis 1961 über den Tagschacht in der Waldabteilung „Käfersteige“, bis 1989 über den Würmtalstollen nach Süden und bis 1996 über die Würmtalrampe nach Westen (siehe Abb. 6).

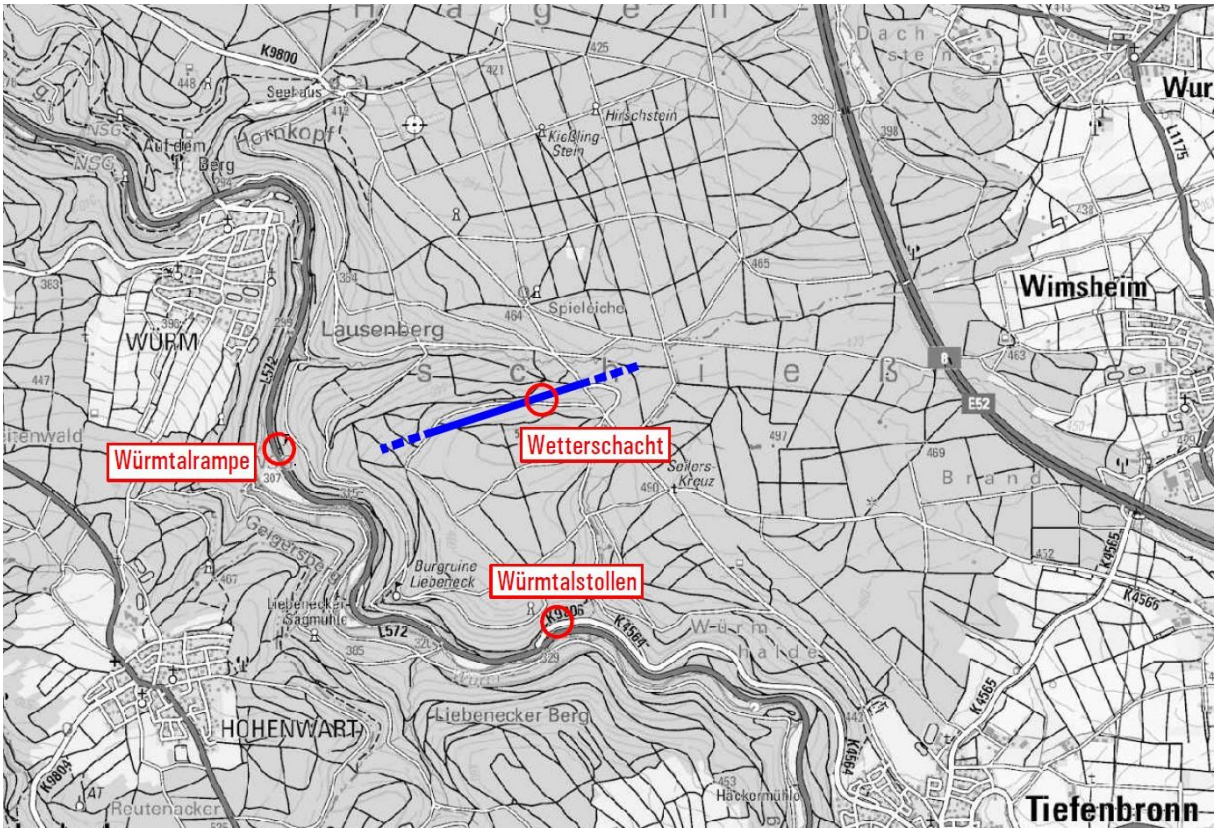


Abbildung 6: Tagesöffnungen der Grube Käfersteige gemäß /3/

Der anfänglich tätige Betrieb der Fa. Fluß- und Schwerspatwerke Pforzheim - Döppenschmitt und Co. KG wurde im Jahr 1940 durch die Fa. IG Farbenindustrie AG als Tochterunternehmen übernommen. Nach dem 2. Weltkrieg firmierte der Betrieb ab 1952 als Tochterunternehmen der Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen. Der Betrieb konzentrierte sich auf die 75 m- und 100 m-Sohle bis zum Niveau der 120 m-Sohle im Jahr 1960. Der 1,5 km lange Würmtalstollen (nach Süden) wurde im Jahr 1961 fertiggestellt. Bis zum Jahr 1979 wurde das Niveau der 240 m-Sohle auf einer streichenden Länge von 250 m erreicht. Anschließend erfolgte eine Umstellung des Abbauverfahrens (von Firstenstoßbau auf Teilsohlenpfeilerbau) und die Lagerstätte wurde über eine Rampe aufgeschlossen (245 m- Sohle bis 310 m-Sohle). Weiterhin wurde die Lagerstätte nach entsprechenden Funden nach Westen erweitert, so dass im Jahr 1986 die

größte streichende Grubenlänge von 1.200 m erreicht wurde. Über die nach Westen aufgefahrene und 1989 fertig gestellte Würmtal-Tagesrampe wurde das Rohhaufwerk bis zum Betriebsende der Flu9- und Schwerspatwerke Pforzheim GmbH (FSP) im Jahr 1996 über Lastwagen gefördert.

Im ABP-Antrag /13/ ist vermerkt, dass im Bergwerk Käfersteige insgesamt 0,800 Mio m^3 Grubenraum aufgefahren wurden und davon bei Betriebsende 1996 bereits 0,650 Mio m^3 versetzt waren. Somit waren zum Zeitpunkt der Antragstellung im Februar 1997 noch 0,150 Mio m^3 Grubenraum unverfüllt. Hiervon wurden in /13/ 0,100 Mio m^3 auf standfeste Strecken im Nebengestein zugeordnet. Nominell waren zu diesem Zeitpunkt im Februar 1997 noch 0,050 Mio m^3 Grubenraum unverfüllt.

Ein nennenswerter Versatzanteil - rund 0,200 Mio m^3 der 0,650 Mio m^3 - bestand aus dem seit 1991 untertägig und im Altbergbaubereich hydraulisch eingebrachten Versatzbaustoff aus Steinkohlenflugaschen (95 %) und Zement (5 %) eingebracht, der unter dem Namen SAFA-Injekt vermarktet wurde. Diese Baustoffsuspension erreichte nach dem Erhärten einaxiale Druckfestigkeiten nach 28 Tagen Lagerungszeit (Nennfestigkeit) von etwa 0,5 MPa, die die für die Grube Käfersteig als ausreichend angesehene Festigkeit von 0,25 MPa deutlich überschritt (siehe /11/). Der Trockenbaustoff wurde mit einem mittleren Festmassenbedarf von 0,92 t je m^3 Suspension verarbeitet.

Der Trockenbaustoff SAFA-Injekt der Fa. SAFA Saarfilterasche-Vertriebs GmbH & Co. KG aus Baden-Baden (Firma im Jahr 2015 aufgelöst), die sich noch im Jahr 2004 intensiv mit flugaschenhaltigen mineralischen Baustoffen beschäftigt hatte (siehe /9/), wurde aus Steinkohlenflugaschen regionaler Kohlekraftwerke (Karlsruhe, Pforzheim, Heilbronn, Ulm, Mannheim) zusammengemischt. Bis Juli 1998 waren dann insgesamt 263.202 m^3 = 0,263 Mio m^3 der vor Ort angemischten, hydraulisch abbindenden Baustoffsuspension verpumpt (Angaben in /6/ sowie /12/), also 0,063 Mio m^3 mehr als noch im Februar 1997 ausgewiesen. Die oben benannte Differenz von 0,050 Mio m^3 ist damit vollständig ausgeglichen.

Der für den Baustoffversatz vorgesehene Grubenraum der Flussspatgrube „Käfersteige“ war im Sommer 1998 somit vollständig verfüllt. Dies wurde letzlich durch die Feststellung der ordnungsgemäßen Umsetzung der Abschlussmaßnahmen im August 2001 durch das LGRB bestätigt (siehe /14/).

Die Strecken der 270 m- und 310 m-Sohle sowie die Würmtalrampe, der Würmtalstollen und der Blindschacht bzw. der Wetterschacht (auch Wetterüberhauen = WÜ) blieben offen und stehen somit aktuell für das neu geplante Vorhaben der DFG zur Verfügung.

2.4 Tagesnahe Abbaue

Die im Risswerk kartierten tagesnahen Abbaubereiche (siehe Abb. 7 und 8) stammen aus der Zeit zwischen 1940 und 1948 und haben dabei - von der Tagesoberfläche aus betrachtet - maximal das Niveau der 57 m-Sohle (ca. +411 mNHN) erreicht.

Abbildung 7: Tagesnaher Abbaubereich im Grundriss (14 m-, 31 m- und 57 m-Sohle)

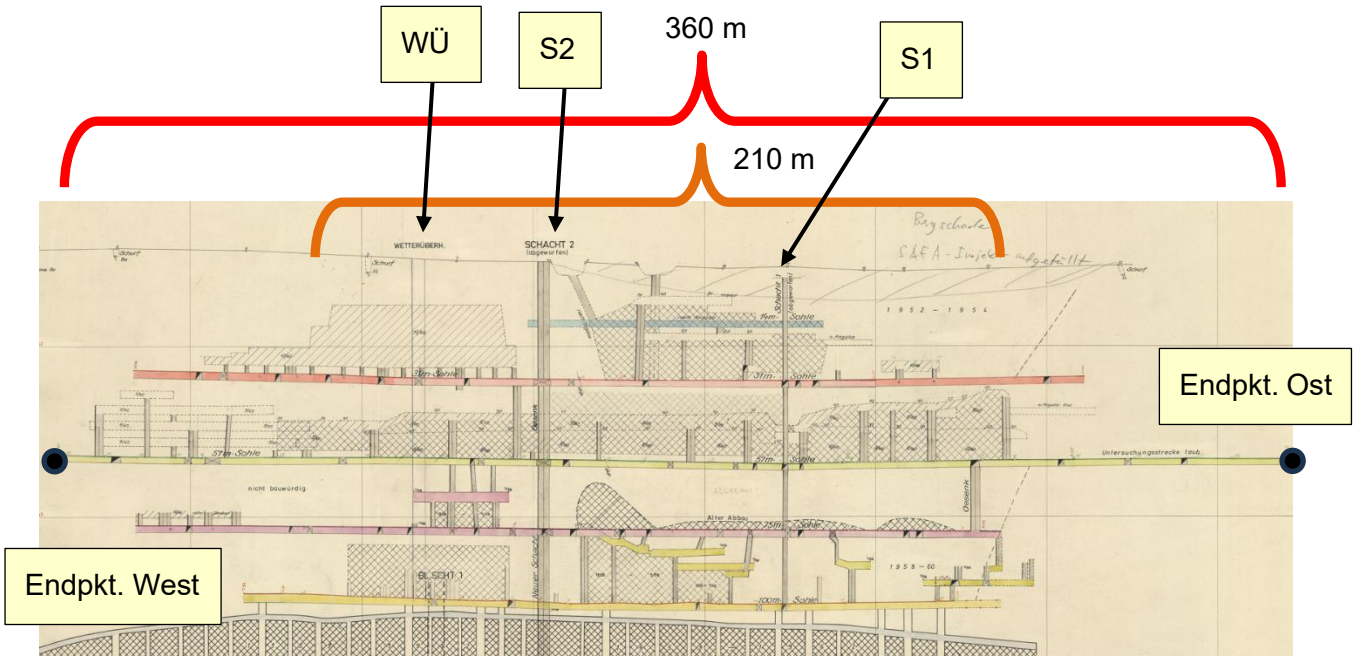


Abbildung 8: Tagesnaher Abbaubereich im Seigerriss (14 m-, 31 m- und 57 m-Sohle)

Abbaue oberhalb der 31 m-Sohle (ca. +433 mNHN) bzw. oberhalb der 14 m-Sohle (+450 mNHN) sind im Risswerk eingetragen, jedoch zeitlich nicht näher zugeordnet. Vermutlich stammen sie aus den ersten Betriebsjahren nach 1935, da in diesem Jahr bereits die 31 m-Sohle erreicht wurde. Da die Lagerstätte wenig Eisenerz besaß, gab es am Standort

Käfersteige in Vorzeiten vermutlich noch keinen Bergbau, der im Nordschwarzwald ansonsten bis ins 16. Jahrhundert zurückreicht, siehe /8/. Die ersten Schürfe auf Flussspat datieren gemäß /8/ auf das Jahr 1932 und führten zur Erschließung der Lagerstätte, die im vorliegenden Risswerk dokumentiert ist.

Die tagesnahen Auffahrungen der FSP konzentrieren sich auf den östlichen Teil der Lagerstätte und betreffen somit den Bereich östlich des Wetterschachtes (auch mit Wetterüberhauen WÜ bezeichnet), dessen Lage in Abb. 6 vermerkt ist. Die tagesnahen Abbaue auf Flussspat weisen eine Gesamtlänge von 360 m im Streichen auf (zwischen Endpunkt West und Ost in Abb. 7 und 8), wobei ein flächiger Abbau von Flussspat auf einer Länge von etwa 210 m erfolgte (siehe Abb. 8). eingetragen.

Aufgrund der tagesnahen Abbausituation ist dieser Bereich von lokalen Tagesbrüchen und diffusen Senkungen in Mitleidenschaft gezogen worden, wie aus dem Luftbild von 1968 in Abb. 9 bzw. dem Tageriss in Abb. 10 zu erkennen ist. Hier sind zur besseren Orientierung die Positionen der markanten Tagesöffnungen Wetterüberhauen WÜ - siehe auch Abb. 6 - sowie S1 = Schacht 1 und S2 = Schacht 2 eingetragen. Die drei Bruchbereiche in Abb. 9 und 10 kennzeichnen großflächige Zonen an der Tagesoberfläche oberhalb des Flussspatganges, in denen erhebliche Senkungen bzw. Bodenbewegungen mit Beträgen von bis zu mehreren Metern stattgefunden haben.

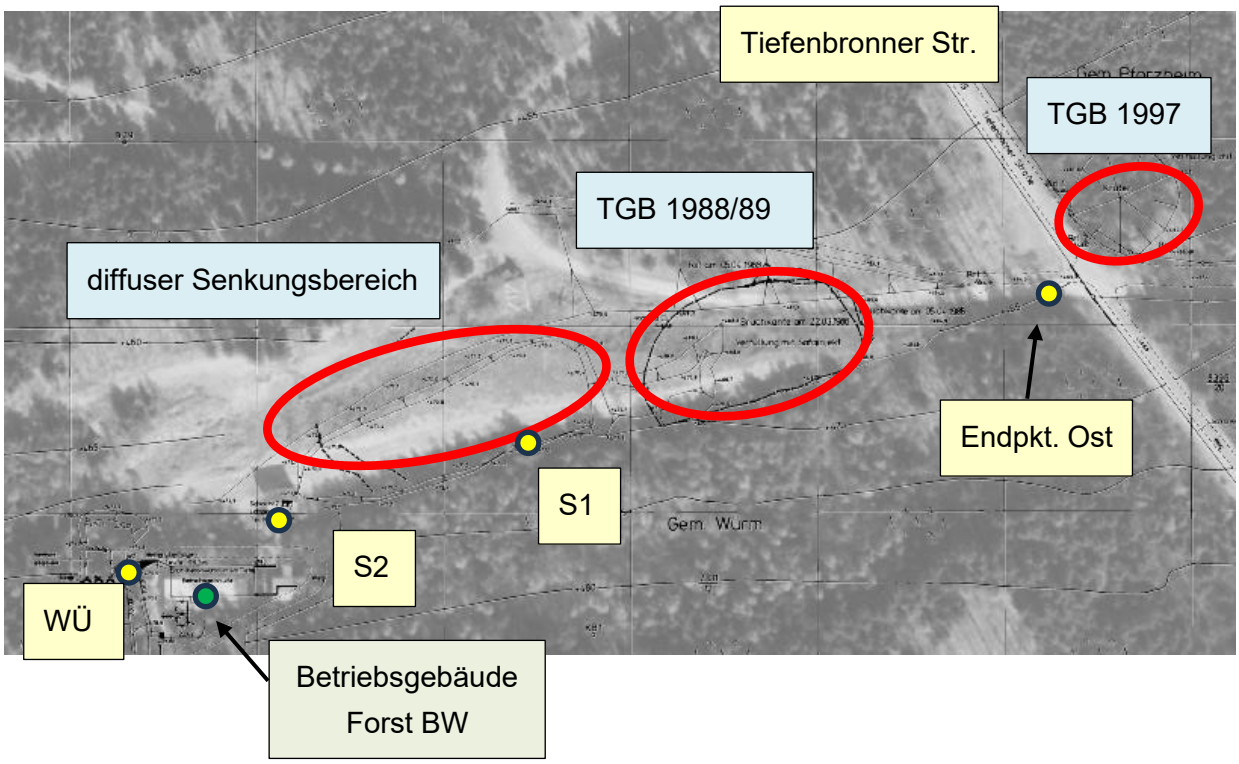


Abbildung 9: Luftbild aus dem Jahr 1968 gemäß /10/ mit Eintragung von Bruchbereichen

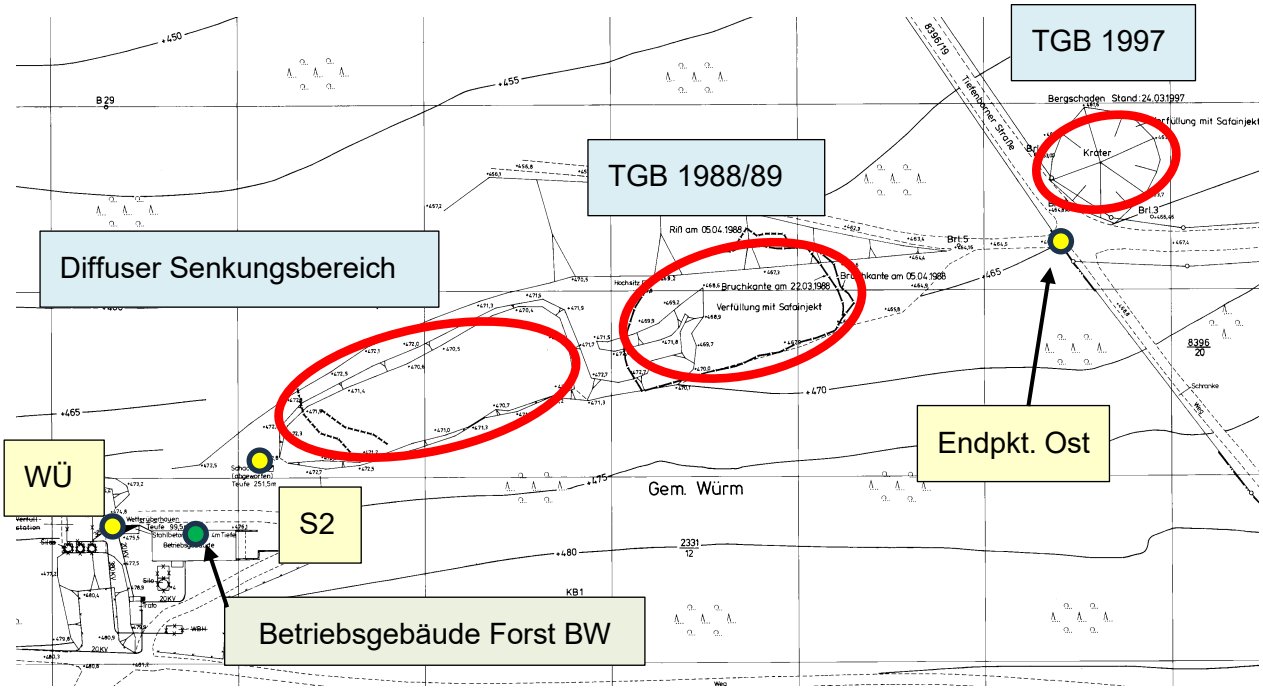


Abbildung 10: Tageriss Huchenfeld_14_23 mit Eintragungen wie Abb. 9

Im Rahmen der Umsetzung der Abschlussmaßnahmen bis zum Jahr 1999 haben hier umfangreiche Sanierungsmaßnahmen unter Beteiligung des Bergwerksbetreibers FSP und des Grundstückseigentümers (Forst Baden-Württemberg) stattgefunden. In diesem Bereich wurden auch vorher schon durch Dritte mineralische Massen (z.B. Kriegstrümmer) unbekannter Art und Menge eingebracht. Dies betraf insbesondere den in Abb. 9 und 10 als „diffusen Senkungsbereich“ beschriebenen westlichen Bereich. Die bergbaulich verursachten Brüche und Senkungen sind durchweg östlich des Schachtes S2 und damit auch östlich des knapp 35 m westlich entfernten Wetterschachtes WÜ anzutreffen.

Die Sanierungsmaßnahmen bestanden aus dem Einbringen von Bodenmassen zur Begradigung der Tagesoberfläche sowie partiell aus dem Verfüllen mit einer fließfähigen, hydraulisch abbindenden Baustoffsuspension aus SAFA-Injekt, einem Trockenbaustoff auf Basis von saarländischen Steinkohlenflugaschen und Zement, siehe /9/. Diese Baustoffsuspension wurde auch zwischen 1991 und 1998 zum untertägigen Versatz von Abbauhohlräumen - mit sehr guten betrieblichen Erfahrungen - eingesetzt.

Die beiden in Abb. 9 und 10 gekennzeichneten Tagesbrüche werden im Folgenden näher gekennzeichnet, da es sich um größere Tagesbrüche mit zwei unterschiedlichen Ursachen handelt.

Im ABP-Antrag der FSP /13/ (dortiges Kapitel 5.5) sind Hinweise zur geplanten Sicherung des Wetterschachtes enthalten, wobei in der Örtlichkeit eine Abdeckung ausgeführt wurde, die

dem heutigen Bestand entspricht. Hinweise zur explizten Sicherung der alten, bereits abgeworfenen Schächte (wie Schacht S1 und S2) sind in /13/ nicht enthalten.

2.5 Tagesbrüche 1988 / 1989

2.5.1 Primärereignis im März 1988

In der Nacht vom 21. auf den 22.03.1988 und damit noch zu Betriebszeiten der FSP kam es in Verbindung mit einer plötzlich einsetzenden Schneeschmelze zu einem größeren Tagesbruch über der Flussspatlagerstätte. Das Verbruchzentrum befand sich dabei etwa auf halbem Weg zwischen Schacht 1 im Westen und dem östlichen Endpunkt der Auffahrungen in der 57 m-Sohle (vergleiche Abb. 7 und 8). Es kam zu einem Massenentzug von rund 10.000 m^3 Bodenmaterial auf einer halbkreisförmigen Grundfläche von rund 1.539 m^2 (Länge im Streichen ca. 60 m und Breite bis zu 30 m, Tiefe bis rund 10 m). Die anfänglich erkennbare Bruchtiefe lag hier bei rund 23 m (Befahrungsbericht LGRB vom 25.03.1988, siehe /5/). Durch den Bruch wurde die Waldfahrstraße in Mitleidenschaft gezogen; sie zeigte noch in 45 m westlicher Entfernung Risse im Oberbau. Der Bruch legte die Südflanke der Lagerstätte im Muschelkalk frei, was in den vorhandenen Fotos in Anlage 1 gut erkennbar ist. Die Oberkante der Bruchhohlform lag dabei im Süden bei bis zu +470 mNN und die Nordseite (mit Waldfahrstraße) bei +460 mNN.

Der Sonderbetriebsplan der FSP zur Verfüllung des Tagesbruchs datiert vom 07.04.1988. Hierzu wurde am 05.04.1988 seitens der FSP eine vertragliche Vereinbarung mit dem Staatlichen Forstamt Pforzheim zur Verfüllung des Verbruchs mit inertem Erd- und Felsaushub getroffen. Die mineralischen Massen sollten in Verantwortung des Forstamtes bereit gestellt werden und in ausreichendem Abstand von der Bruchkante abgekippt und dann mit einer Schubraupe über die Kante geschoben werden. Die Materialauswahl für die Verfüllung lag beim Forstamt und wurde von diesem möglicherweise an einen Dritten (Baufirma) delegiert, da zeitlich parallel auf dem Forstgrundstück Straßenbaumaßnahmen ausgeführt wurden (Erneuerung der Alten Würmtalstraße). In diesem Zusammenhang liegen Hinweise darauf vor (siehe /1/), dass auch bodenmechanisch ungeeignete Materialien für die Verfüllung eingesetzt wurden.

Die Verfüllarbeiten am Tagesbruch wurden vom Forst am 05.04.1988 aufgenommen und waren bis Ende des Jahres 1988 vermutlich abgeschlossen.

2.5.2 Sekundärereignis September 1989

Am 13.09.1989 kam es am späten Abend zu einem untertägigen Schlammeinbruch über die Firste der 245 m-Sohle rund 200 m östlich des Schachtes S2, im Bereich der dortigen Servicerampe. Der dünnflüssige Schlamm ergoss sich dabei in eine noch nicht versetzte Abbaukammer und erreichte dabei über die Rampe auch den Pumpensumpf des dort bis zur 310 m-Sohle reichenden Blindschachtes, der auch für die Seilfahrt genutzt wurde (mehr oder weniger in Verlängerung des WÜ). Diese Situation ist auch in einer Skizze zum Bericht der FSP vom 17.10.1989 näher erläutert, siehe Abb. 11.

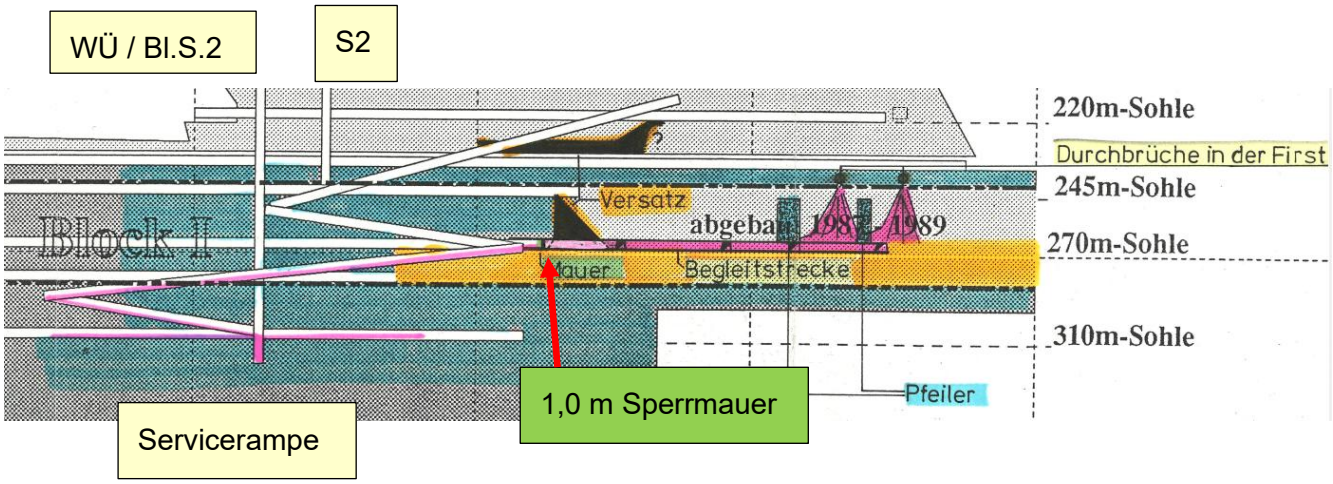


Abbildung 11: Weg des untertägigen Schlammeinbruchs von der 245 m-Sohle bis zum Pumpensumpf in der 310 m-Sohle (violette Markierungen), Anlage zum Bericht FSP vom 17.10.89 /5/.

In diesem Bericht wird auch darauf verwiesen, dass erst am 14.09.1989 eine mit der untertägigen Massenbewegung einhergehende Senkung der Tagesoberfläche von bis zu 15 m auf einer Grundfläche von rund 300 m^2 entdeckt wurde. Diese Senkung trat dabei im Zentrum des Verbruchkraters aus März 1988 auf, wie aus der Skizze zum FSP-Berichtes in Abb. 12 zu erkennen ist. Nach dem Ereignis wurden die betroffenen Verbindungsstrecken, die Servicerampe sowie der Pumpensumpf (ca. 100 m^3 Geröll) z.T. aufwendig händisch gereinigt. Insgesamt waren bis zu 2.000 m^3 in den Grubenbereich unterhalb der 245 m-Sohle eingedrungen. Untertägig wurde weiterhin ein Absperrdamm aus Sandsteinblöcken sowie eine Betonmauer (Dicke 0,5 m mit Rückverankerung im Fels) in der Begleitstrecke zur Abbaukammer gesetzt, um einen offenbar erwarteten weiteren Schlammzutritt ins Grubengebäude zu verhindern. Da der Schlammeinbruch zudem die Wasserhaltungspumpen außer Betrieb gesetzt hatte und es in der Folge zu einem zügigen Wasseranstieg kam, musste auch die gesamte Grubenwasserhaltung ertüchtigt werden.

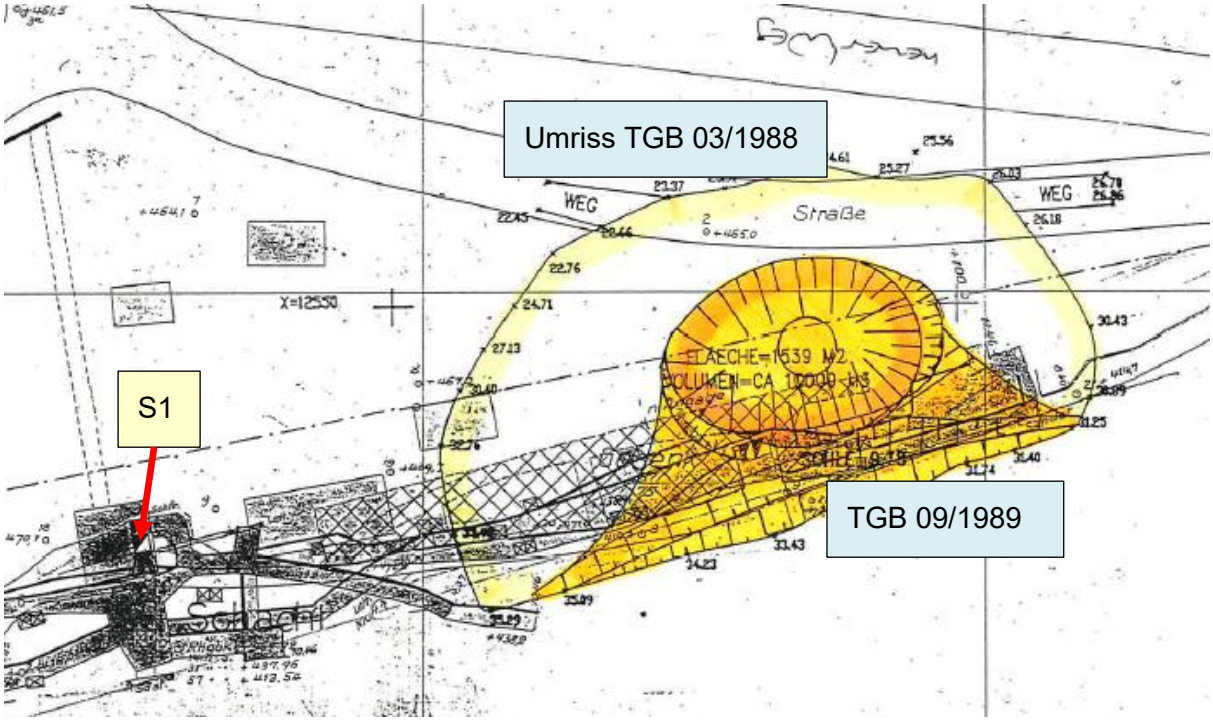


Abbildung 12: Kartierung der Situation an der Tagesoberfläche nach dem Tagesbruch vom 14.09.1989

Am 23.09.1989 (also 10 Tage nach dem Ereignis) kam es zu einem weiteren Schlammzutritt entlang der zuvor aktivierten Wegigkeiten, wobei die Folgen durch die in Bau befindliche Beton- und Felssperre deutlich abgemindert wurden. Es wurde daraufhin entschieden, eine zweite bewehrte Absperrmauer mit 1,0 m Dicke firstbündig zu errichten (mit Verankerung im umgebenden Gestein). Damit war der gesamte Ostteil der Grube gegen das restliche Grubengebäude dauerhaft abgeschottet.

Übertage wurde zwischen Oktober 1989 und Juli 1990 im Schadensbereich regelmäßige Senkungsmessungen ausgeführt (im 14-tägigen Turnus), wobei seit Anfang 1990 nur noch geringfügige Bewegungen festgestellt werden konnten.

Im Sonderbetriebsplanantrag der FSP vom 01.03.1991 wird beschrieben, dass die Fläche des Bergschadensgebietes an der Käfersteige insgesamt rund 10.000 m^2 beträgt und über alten Abbauen die Geländeoberfläche seit September 1989 großflächig um bis zu 15 m eingebrochen ist. Das Verfüllvolumen wird dort mit rund 50.000 m^3 abgeschätzt.

2.5.3 Ursache

Als Ursache für den ersten Tagesbruch aus März 1988 wurde zuerst das Durchbrechen von Schweben im Bereich alter Abbaue angeführt, die zum weiteren Absenken unverfestigter

Versatzmassen geführt haben. In Verbindung mit dem Nachbrechen des tonigen Muschelkalks am Nordrand der Lagerstätte haben sich die Senkungsbereiche lateral vergrößert. Es wird in /1/ darauf hingewiesen, dass die Auswahl der seit Frühjahr 1988 eingebrachten Verfüllmaterialien beim Staatlichen Forstamt Pforzheim lag und dass der Bergbau hier keinerlei Einfluß besaß. Vermutlich wurden hier auch durch einen Nachunternehmer des Forstamtes ungeeignete Materalchargen (mit einem zu hohen Wassergehalt) verfüllt, die keine ausreichende Eigenfestigkeit entwickelten und damit als äußerst mobil zu bezeichnen waren, was durch den „Schlammeinbruch“ im September 1989 bestätigt wurde.

Beide Tagesbrüche hängen damit zusammen, da beim Ereignis im September 1989 ein Großteil der zuvor zur Sicherung des Verbruchs aus März 1988 eingebrachten Bodenmassen ins tiefer liegende Grubengebäude gelangt sind. Eine Fortsetzung der Sicherung durch eine reine Bodenverfüllung ohne Bindemittel war damit nicht mehr zielführend.

2.5.4 Gegenmaßnahmen

Der bereits oben erwähnte Sonderbetriebsplanantrag der FSP vom 01.03.1991 beinhaltet das zusätzliche Einbringen einer hydraulisch abbindenden Baustoffsuspension auf Flugaschenbasis (Produkt SAFA-Injekt, siehe /6/ sowie /11/ und /12/). Hiermit sollte eine Betonplombe bzw. ein stabiler Baustoffkeil im unteren Teil des rund 15 m tiefen Einbruchtrichters hergestellt werden und eine Abdichtung gegen den Zutritt destabilisierender Tagwässer erreicht werden. Die Erfahrung aus dem Schlammeinbruch im September 1989 führte somit zur Überzeugung, dass nur eine hydraulisch abbindende Verfüllung der zugänglichen bergbaulichen Hohlräume eine ausreichende Standsicherheit der Tagesoberfläche ermöglicht.

Dieser Sonderbetriebsplan wurde durch das LGRB am 08.04.1991 zugelassen und auf den 31.03.1993 befristet. Betriebliche Voraussetzung für die beantragte Verfüllung war die Inbetriebnahme eines Mischwerks (Bergbaumörtelmischanlage) im Mai 1991. In Verbindung mit dem geschätzten Verfüllvolumen von 50.000 m^3 nach dem Schlammeinbruch ins Grubengebäude im September 1989 war die Anmischung vor Ort die logische Konsequenz.

Aufgrund der Befristung der Zulassung wurden in der Folge weitere Verlängerungen beantragt. Zunächst mit Verweis auf die noch nicht vollständig abgeschlossene Verfüllung mit SAFA-Injekt „im oberen Bereich“ (Fristverlängerung bis zum 30.09.1993). Dann mit Verweis auf ein Restvolumen von 3.000 m^3 im westlichen Bergschadensbereich (Fristverlängerung bis zum 31.12.1994) und von 500 m^3 Restvolumen (Fristverlängerung bis zum 31.12.1995). Da die Verfüllmaßnahme (über- und untertägig) bis Anfang Januar 1996 noch nicht abgeschlossen war, wurde am 02.01.1996 eine fünfjährige Fristverlängerung bis zum 31.04.2001 beantragt, die mit Schreiben des LGRB vom 23.04.1996 zugelassen wurde. Durch die Betriebseinstellung im September 1996 wurde diese Frist nicht mehr ausgenutzt. Die Verfüllung mit SAFA-Injekt wurde gemäß /12/ bis Juli 1998 durchgeführt.

Gemäß der Angaben in /12/ wurden im Zeitraum Ende 1992 bis Mitte 1997 rund 27 % der gesamten SAFA-Injekt-Baustoffsuspension im sogenannten Altbergbaubereich eingebracht. Hierbei zeigt Abb. 13 die zeitliche Entwicklung der Halbjahresmengen. Aus der Darstellung wird deutlich, dass der Altbergbaubereich bis Ende 1996 bearbeitet wurde und danach die dortige Verfüllung abgeschlossen war.

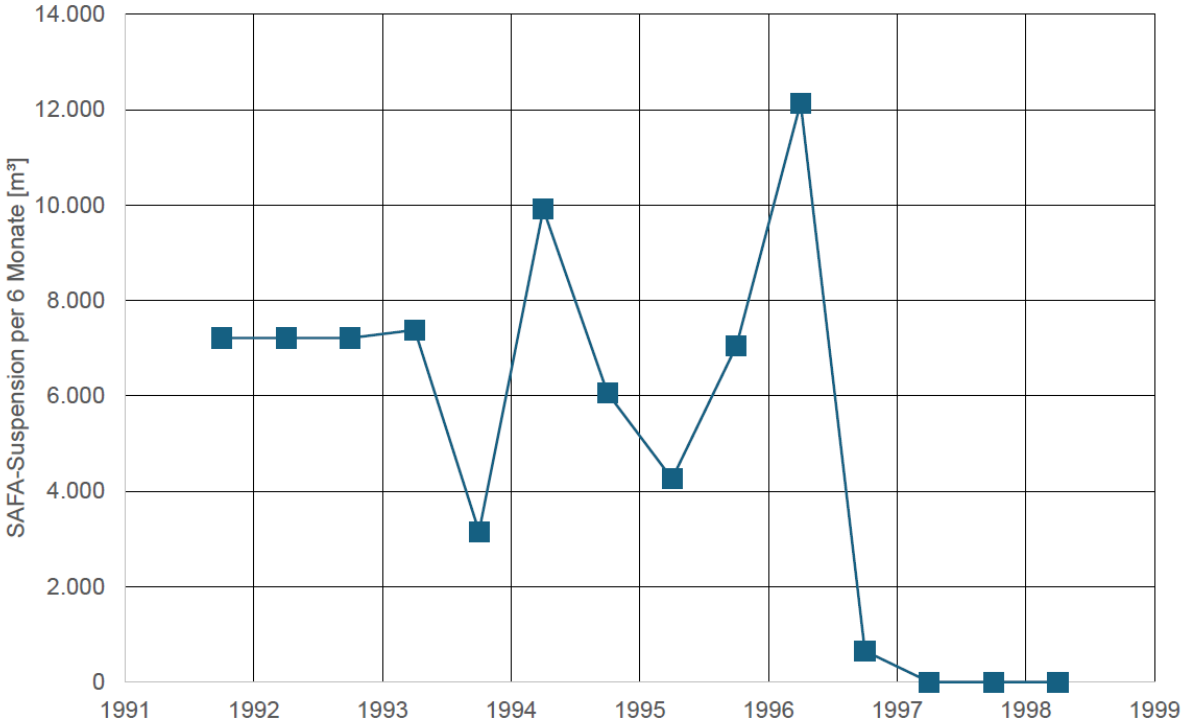


Abbildung 13: Zeitliche Entwicklung der im Altbergbaubereich eingebrachten Halbjahresmengen SAFA-Injekt-Baustoffsuspension

2.6 Tagesbruch 1997

Nach einem Starkregenereignis kam es am 28.02.1997 (Freitag) - und damit rund fünf Monate nach der Betriebsstilllegung - zu einem weiteren größeren Tagesbruch an der Ostseite der Tiefenbronner Straße, etwa in Höhe der Straßenkreuzung, an deren Westseite der Endpunkt Ost der Auffahrungen in der Untersuchungsstrecke im Niveau der 57 m-Sohle liegt (vergleiche Abb. 9). Aus der umfangreichen bergamtlichen Dokumentation dieses Tagesbruchs in /5/ lassen sich folgende Punkte festhalten:

- Der anfänglich überschaubare Tagesbruch vergrößerte sich über das Wochenende schnell auf ca. 30 m Durchmesser (an der Tagesoberfläche) und einer maximalen Teufe von bis zu 18 m (siehe Anlage 2). Durch frühzeitiges Einschieben von Bodenmaterial

(aus einem betrieblichen Bereitstellungslager) konnte ein größerer Schaden an der Tiefenbronner Straße verhindert werden.

- Ab dem 03. März (Montag) wurden in dem bei etwa 10 m Tiefe vorhandenen Kratertiefpunkt zusätzlich insgesamt 320 m^3 SAFA-Injekt-Baustoffsuspension über eine Rohrleitung eingefüllt, um vorhandene Lockerzonen zu stabilisieren. Diese Suspension versikkerte sehr schnell und bildete später einen „SAFA-See“ im Tiefsten, woraufhin die Verfüllung beendet wurde.
- Der am 04.03. eingereichte Sonderbetriebsplan zur Verfüllung des Tagesbruchs wurde vom LGRB am 10.03. zugelassen. Gemäß Auflage des LGRB wurden auch fünf Aufschlussbohrungen mit zusammen 173,5 Bohrmetern im Tagesbruchbereich im Zeitraum 17. bis 24.03. abgeteuft, deren Profile in /5/ vorliegen (siehe auch Tabelle 1).
- Die Tagesbruchverfüllung mit - neben der Zugabe von 320 m^3 SAFA-Injekt-Suspension - ca. 2.000 m^3 Erdaushub war am 21.03. beendet. Anschließend wurde noch Oberboden aufgebracht (bis zum 18.04.). Die Tiefenbronner Straße konnte bereits am 27.03. für den Verkehr freigegeben werden.

Tabelle 1: Bohraufschlüsse aus März 1997 gemäß Anlage 3 bzw. /5/

Bohrung Nr.		**Bohransatz**	**Endteufe**		**Sandstein-oberfläche**	**Lagebeschreibung**
TB	**BL**	**[mNN]**	**[m]**	**[mNN]**	**[mNN]**	
1	4	+468,8	16,0	+452,8	n.e.	43 m östlich TB 2, nördlich TbStr.
2	3	+466,5	24,5	+442,0	n.e.	Südostseite TGB, nördlich der TbStr.
3	1	+463,0	35,5	+427,5	+433	neben Ostseite TbStr. bzw. Westseite TGB
4	2	+464,8	44,5	+420,3	+422	auf Ostseite TbStr. bzw. Südwestseite TGB
5	5	+464,2	53,0	+411,2	+416	ca. 9 m nordöstlich der Bergemühle bei PP25 und 27 m westlich TB 4

n.e. = nicht erbohrt TbStr. _ Tiefenbronner Straße TGB = Tagesbruch
TB = Nummerierung der Bohrfirma, BL = Bohrloch-Nr. in Plänen der FSP

Der seitens des LGRB geforderte Schlussbericht zur Tagesbruchsanierung wurde mit Datum vom 27.06.1997 von der FSP vorgelegt. Hier wird als Ursache des Tagesbruchs eine Verbindung zu einer Bergemühle im Bereich des Polygonpunktes 23 auf der 57 m-Sohle hergestellt,

die im Bericht jedoch nicht näher in Verbindung zu den eigenen Bohraufschlüssen gebracht wird. Das Tagesbruchtiefste (ca. 10 m bzw. +453 mNN) und der Ansatz der Anfang der 1940er Jahre aufgefahrenen Bergemühle sind rund 44 m in der Horizontalen und 38 m in der Vertikalen voneinander entfernt, was einem räumlichen Abstand von rund 58 m entspricht.

Der erläuterte Tagesbruchmechanismus ist schematisch in Anlage 4 mit Berücksichtigung der Angaben aus dem Grubenbild und der vorhandenen Aufschlussbohrungen gemäß Tabelle 1 bzw. Anlage 3 (Bohrprofile) dargestellt.

3 Bedeutung für die Neuplanung

3.1 Schutzgüter

Der potenziell durch bergbaulich induzerte Senkungen gefährdete Bereich der Tagesoberfläche erstreckt sich über eine Länge von rund 350 m im östlichen Teil der Grube Käfersteige bis zur Tiefenbronner Straße. Hier sind als Schutzgüter die Verkehrsstraße (Gewichtsbeschränkung auf 6 t zulässiges Gesamtgewicht) sowie die Forstwege zu bennenen.

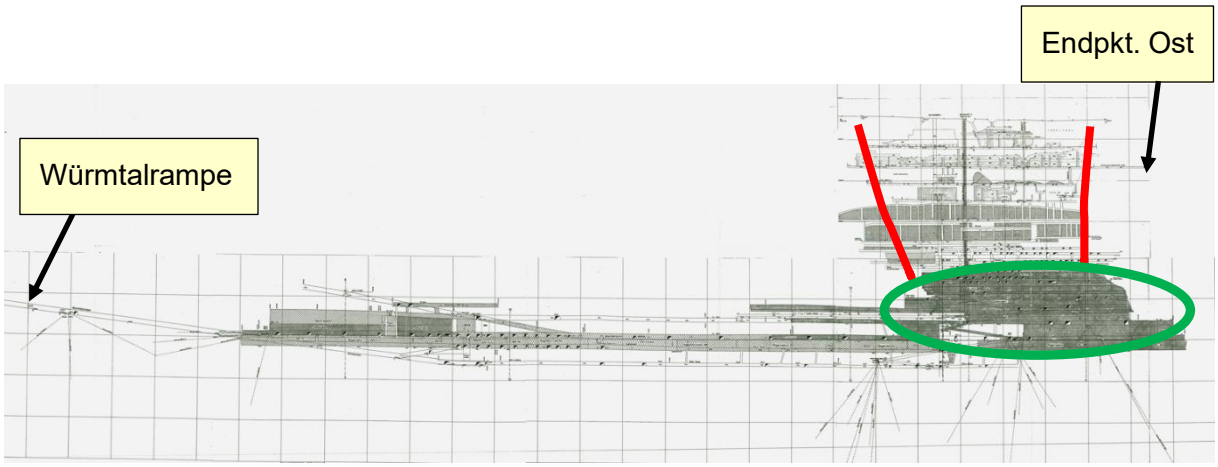
Im Forstbereich sind waldtypische Bodensenkungen (z.B. Wurzelteller im Bereich umgestürzter Bäume) jederzeit hinzunehmen, so dass hier nur darüber hinaus gehende Bodensenkungen problematisch sind.

Wie der bergbaulich hervorgerufene Tagesbruch März 1997 gezeigt hatte, musste die Tiefenbronner Straße für einen Zeitraum von vier Wochen komplett gesperrt werden. Das geplante Vorhaben „Sümpfung, Exploration und Probebetrieb“ der Grube Käfersteige wird ein solches Szenario sicher ausschließen.

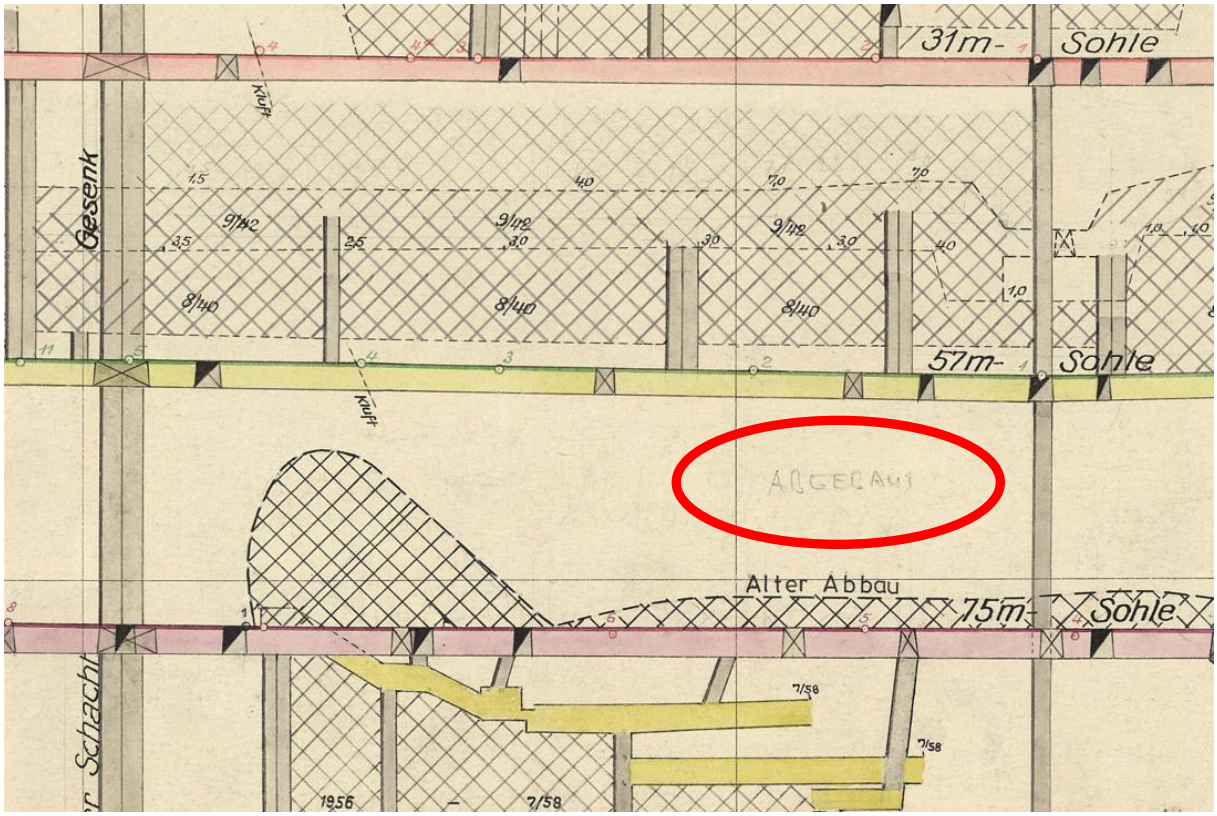
3.2 Verifikation der Tagesbruchursachen

3.2.1 Tagesbruch 1988

Die von der FSP angeführte Ursache für den Verbruch aus März 1988 einschließlich der bis September 1989 folgenden massiven Senkungen an der Tagesoberfläche erscheint mit Blick auf die Form der gebauten Lagerstätte und den wenigen Schweben bis zum Niveau der 180 m-Sohle plausibel (siehe Abb. 14). Darüberhinaus ist im Seigerriss vermerkt (Bleistifteintrag), dass einzelne dargestellte Flussspatschweben vermutlich sogar geraubt wurden (z.B. zwischen 57 m- und 75 m-Sohle, siehe Abb. 15).



Abbbildung 14: Seigerriss, Anlage 3 der Betriebschronik /2/. Die roten Linien begrenzen den bis zur Tagesoberfläche reichenden flächigen Abbaubereich. Die grüne Ellipse kennzeichnet den darunter liegenden tieferen Abbaubereich.



Abbbildung 15: Ausschnitt aus Seigerriss /2/

Die zunächst im Zeitraum März 1988 bis September 1989 vorgenommene Tagesbruchverfüllung mit Lockermassen (Boden- und Felsaushub, z.T. auch in fließfähigen Zustand) war nicht dazu geeignet, die untertägige Verbruchsituation zu stabilisieren. Im Gegenteil: Die bis dato

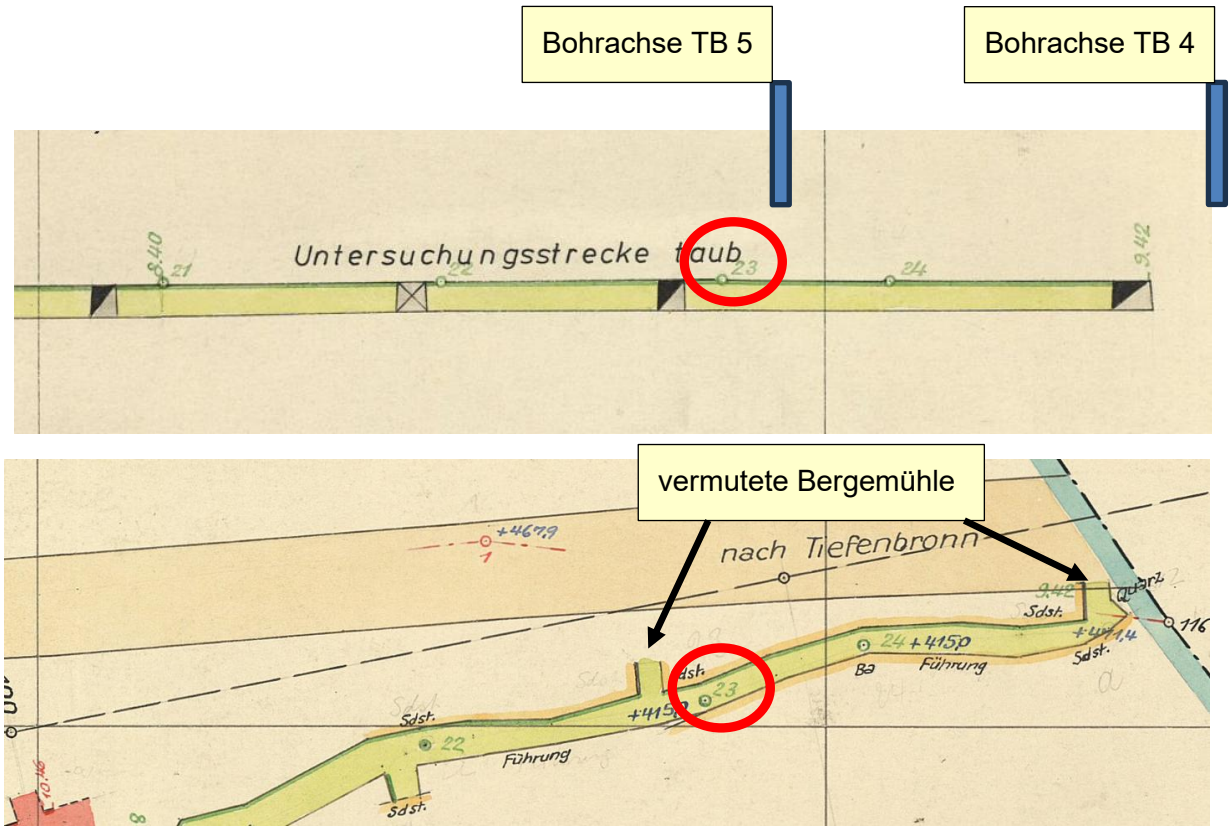
vorgenommene Verfüllung setzte sich im September 1989 in Bewegung und erreichte dabei den Grubenbereich unterhalb der 245 m-Sohle.

Anschließend wurde die Abflußstelle ins Grubengebäude - die sehr gut untertage zu lokalisieren war (siehe Seigerriss in Abb. 11) - durch einen im Gebirge verankerten Stahlbetondamm („Sperrmauer“) gesichert. Im Nachgang wurde auch bei der Verfüllung der übertägigen Brüche (auf ca. 1 ha Grundfläche) ab 1991 eine hydraulisch abbindende Baustoffsuspension (SAFA-Injekt) eingesetzt, die vor Ort in einer neu errichtenden Mischanlage hergestellt wurde. Seitens der FSP wurde der Einsatz der Baustoffsuspension aus SAFA-Injekt im Zeitraum 1991 bis 1998 dokumentiert (siehe /11/ bis 1996 und /12/ bis 1998) und insgesamt ein Maßnahmenerfolg testiert.

Es ist anzumerken, dass der in Abb. 14 mit der grünen Ellipse gekennzeichnete Abbaubereich durch hydraulisch erhärtende Verfüllmassen bereits zu Betriebszeiten (Zeitraum 1970 bis 1993) umfassend und vollvolumig versetzt wurde. Demnach ist der gebaute Lagerstättenbereich unterhalb der 180 m-Sohle bis zur 290 m-Sohle (zwischen etwa +284 mNN und +188 mNN) nachweislich verfestigt. Die Basis bildet dabei eine rund 12 m dicke Magerbetonschicht (unterhalb der 270 m -Teilsohle zwischen +200 mNN und +188 mNN). Dieser Magerbetonriegel erstreckt sich über eine Länge von rund 400 m im Streichen der Lagerstätte, wie aus dem Risswerk zu entnehmen ist. Ob dieser Riegel zur Sicherung der späteren Zuänglichkeit zur Restschwebe oder zum Umgang mit einer spätestens seit 1988/1989 bekannten Standsicherheitsproblematik angeordnet wurde, ist nicht bekannt.

3.2.2 Tagesbruch 1997

Bezüglich der Verifikation der vermuteten Tagesbruchursache der FSP ist von Bedeutung, dass drei der fünf Erkundungsbohrungen den anstehenden Sandstein erreicht haben, in dem die 53 m-Sohle in östliche Richtung aufgefahren wurde. Diesbezüglich ist festzuhalten, dass mit der Bohrung TB 5 (siehe Tabelle 1) unmittelbar benachbart zur Bergemühle am Polygonpunkt PP 23 die Sandsteinoberfläche bei +416 mNN angetroffen wurde. Im Grubenbild ist die dortige Sohlhöhe mit +415 mNN ausgewiesen. Die Bergemühle hat somit die Sandsteinoberfläche erreicht bzw. diese „angekratzt“. Darüber lagert gemäß dem Bohrprofil in Anlage 3 bis rund +447 mNN ein Mergel- bzw. Kalkstein (des Unteren Muschelkalks) und oberhalb bis zur Geländeoberfläche ein quartärer Lehm (sandig-toniger Schluff). In der Bohrung TB 4 reicht der quartäre Boden sogar bis zu einem Niveau von +434 mNN. Ein Verbruch über der möglicherweise am Ostende der 53 m-Sohle im September 1942 aufgefahrenen Bergemühle wäre hingegen sehr unwahrscheinlich, da hier die Mächtigkeit der Sandsteindecke rund 6 m größer als am PP 23 ist (siehe Bohrung TB 4 gemäß Tabelle 1). Abbildung 16 zeigt hierzu die bergbauliche Situation.



Abbbildung 16: Ausschnitt aus Grund- und Seigerriss am Ostende der 57 m-Sohle /2/

Aus den vorliegenden Bohrergebnissen aus 1997 kann geschlossen werden, dass der über dem im Sandstein aufgefahrenen östlichen Streckenabschnitt der 53 m-Sohle anstehende Mergel- bzw. Kalkstein im Laufe der Zeit mürbe und materialgängig geworden ist und durch das Starkregenereignis letztlich der Tagesbruch infolge von Erosionseffekten im Boden ausgelöst wurde. Die hier lokal tiefreichenden quartären Lehmböden sind diesbezüglich nicht als dauerhaft lagestabil zu kennzeichnen. In Verbindung mit einem bergbaulichen Hohlraum (z.B. vorhandene Bergemühle) kommt es dann in dieser Konstellation häufig zu einem großvolumigen Materialentzug. Dieser Tagesbruchmechanismus ist auch in anderen Regionen, wie z.B. im südlichen Ruhrgebiet bekannt. Auch erscheint der vorhandene Abstand zwischen Ursache und Auswirkung an der Tagesoberfläche von 58 m nicht ungewöhnlich.

Gemäß dem bergmännischen Risswerk /2/ ist diese Situation im Grubenraum „Käfersteige“ jedoch einzigartig, da lediglich in der 57 m- Sohle ein größerer Streckenabschnitt im standfesten Sandstein zu Erkundungszwecken aufgefahren wurde und somit ein entsprechendes Hohlraumvolumen für einen Massenentzug im einwirkungsrelevanten Teufenbereich zur Verfügung stand.

3.2.3 Fazit

Die vorliegenden Darstellungen der Tagesbruchursachen im östlichen Bereich des Flussspatganges „Käfersteige“ sind in sich bergbaulich-geotechnisch plausibel und erlauben eine detaillierte Sicht auf die zugrunde liegenden Phänomene. Die über- und untertage vorgenommenen Sicherungen sind aus heutiger Sicht zielführend gewesen und vom Umfang her ausreichend. Die vorliegende ausgeglichene Volumenbilanzierung der FSP kann hierfür als belastbarer Beleg angesehen werden.

3.3 Standsicherheit der Tagesoberfläche

Die vorliegenden Unterlagen belegen die seit Anfang der 1990er Jahre vorgenommene Verfüllung der zugänglichen bergbaulichen Hohlräume - vornehmlich im Bereich von Tagesbrüchen - mit einer hydraulisch abbindenden Baustoffsuspension (SAFA-Injekt), die somit grundsätzlich dem Stand der Technik im Altbergbau (siehe z.B. /15/ bis /17/) entsprach. Die durch einen lokal konzentrierten Wasserzutritt Ende der 1980er Jahre im östlichen Teil des gebauten Flussspatgangs hervorgerufenen Erosionseffekte haben nach der Verfüllung mit SAFA-Injekt nicht mehr stattgefunden.

Hierbei ist zu betonen, dass der Tagesbruch 1997 im Bereich der Tiefenbronner Straße offensichtlich aufgrund der geologischen Besonderheiten im Bereich der östlichen Untersuchungsstrecke in der 57 m-Sohle (mit lokal sehr geringer Sandsteindecke) verursacht wurde. Eine dazu vergleichbare Konstellation ist entlang des Lagerstättenausbisses nicht mehr vorhanden. Die zur Sicherung des Bruches und der Wegigkeiten zur Strecke eingebrachte Baustoffsuspension hat diese offensichtlich ausreichend stabilisiert.

Inwieweit die alten abgeworfenen Tagesöffnungen (z.B. Schächte S1 und S2) ausreichend stabilisiert sind, kann an dieser Stelle nicht weiter beurteilt werden. Alte Schächte wurden häufig im oberen Bereich nur abgedeckt bzw. nur oberhalb einer tagesnahen Bühne verfüllt. Ob diese Schächte auch mit SAFA-Injekt-Baustoffsuspension verfüllt wurden, ist nicht belegt. Ein Freifallen der Füllung ist unwahrscheinlich, aber nicht auszuschließen. Inwieweit dies auch den Schacht auf der Betriebsfläche ForstBW betrifft, kann an dieser Stelle nicht geprüft werden, sollte aber als Restrisiko den Verantwortlichen bewusst sein.

3.4 Auswirkung einer Sümpfung

Aktuell steht das Grubenwasser bei +312 mNHN und damit im Bereich der 160 m-Sohle. Es soll auf das Niveau der 310 m-Sohle (ca. +165 mNHN) und damit um rund 150 m gesümpft und im Zuge der Exploration und des Probebetriebs auf diesem Niveau gehalten werden.

In Bezug auf die Tagesoberfläche sind zunächst keine direkten Auswirkungen zu erwarten, da der Flurabstand des Grubenwassers bzw. Grundwassers bisher bereits bei über 150 m liegt. Dies betrifft insbesondere die seit Anfang der 1990er Jahre zur Sicherung der tagesnahen Grubenbereiche eingebrachte, hydraulisch abbindende Baustoffsituation. Für die bereits stabilisierten Grubenbereiche in den oberen 150 m ist keine Änderung zu erwarten. Auch ist die Tagesbruchsicherung 1997 im Niveau der 57 m-Sohle (bei +410 mNHN) unbeeinflusst von den geplanten Sümpfungs- und Wasserhaltungsmaßnahmen.

Untertägig ist zu beachten, dass die 1989 im Niveau der 270 m-Sohle (bei +200 mNHN) eingebaute Trennmauer zum Ostfeld durch die Sümpfung trocken fällt. Hiermit verbunden ist ggfs. auf der Ostfelddseite ein lokaler Wasseraufstau, der nicht zügig abgeführt werden kann und die Trennmauer belastet. Diese bewehrte Stahlbetonwand wurde durch eine Verankerung im Fels gesichert, wobei keine näheren Angaben vorliegen. Bei der Dimensionierung war damals jedoch die Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg beteiligt.

Eine ähnliche Situation lag bereits nach dem Einbau der Trennmauer im Jahr 1989 in den Folgejahren vor, da der Zustand des Ostfeldes nicht mehr in Augenschein genommen werden konnte und dort auch ein lokaler Wasser- bzw. Schlammeinstau erwartet wurde. Folgeschäden sind bis zum Betriebsende 1996 nicht bekannt geworden.

Der in der Betriebszeit bis 1993 zwischen +200 mNHN und +188 mNHN über eine nahezu durchgehende Länge von 400 m eingebrachte rund 12 m mächtige Magerbetonriegel schützt die unterhalb vorhandenen Grubenbereiche zusätzlich. Es ist dabei betrieblich sicherzustellen, dass ggfs. auf diesem Magerbetonriegel vorhandene Standwässer sicher abgeführt werden können. Nichtsdestotrotz sollte der Bereich der Trennmauer bei +200 mNHN während der Sümpfung besonders betrachtet werden.

3.5 Auswirkung des Probebetriebs

Es ist davon auszugehen, dass der geplante Probenbetrieb mit untertägig erzeugten Erschütterungen einher geht. Diesbezüglich ist anzumerken, dass durch die Verwendung eines gebundenen Verfüllstoffes (SAFA-Injekt) eine Mobilisierung von eingebrachten Verfüllmassen unwahrscheinlich ist. Zudem sind vergleichbare bergmännische Erschütterungen in den Betriebsjahren seit 1989 aufgetreten, ohne dass sich ein vergleichbarer Massenentzug ergeben hat. Der Tagesbruch aus dem Jahr 1997 ist - wie bereits in Kapitel 3.2.2 detailliert ausgeführt - auf andere Ursachen zurück zu führen.

3.6 Sonstige Hinweise

Zum Sicherungszustand der alten, abgeworfenen Tagesöffnungen (Schächte S1 und S2 gemäß Abb. 9 und 10 sowie zwei dazwischenliegende Verbindungen zur 14 m-Sohle) an der Tagesoberfläche liegen keine expliziten Angaben in den zur Verfügung stehenden Unterlagen vor. Die DFG wirkt auf diesen Bereich durch ihr Vorhaben jedoch nicht ein, so dass das diesbezüglich grundsätzlich bestehende Restrisiko nicht beeinflusst wird.

4 Weitergehende Empfehlungen

Es wird empfohlen, aus Gründen der Sorgfalt den Bereich der Tiefenbronner Straße im Bereich des Tagesbruchs aus 1997 durch regelmäßige geodätische Messungen (z.B. Einrichten von drei Festpunkten) zu überwachen.

Während der Sümpfung sollte im Niveau der 270 m-Sohle (bei +200 mNHN) der Zustand der vorhandenen untertägigen Sicherungen (vorhandene Stahlbeton-Trennmauern zum Ostfeld) regelmäßig auf Veränderungen erkundet werden, sobald der erreichte Grubenwasserstand dies zulässt.

Lünen, den 22.08.2025

TABERG Ingenieure GmbH

Dr.-Ing. R. Scherbeck

Von der Bezirksregierung Arnsberg - Abteilung Bergbau und Energie in Nordrhein-Westfalen - öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Standsicherheit der Tagesoberfläche im Bereich von Tagesöffnungen und Grubenbauen des Altbergbaus im Bezirk des Landes NRW
Dr.-Ing.
Rainer Scherbeck

Abbildung 1: Situation am 22.03.1988 (gemäß /5/)

Abbildung 2: wie vor, Blick nach Nordosten auf Fahrweg

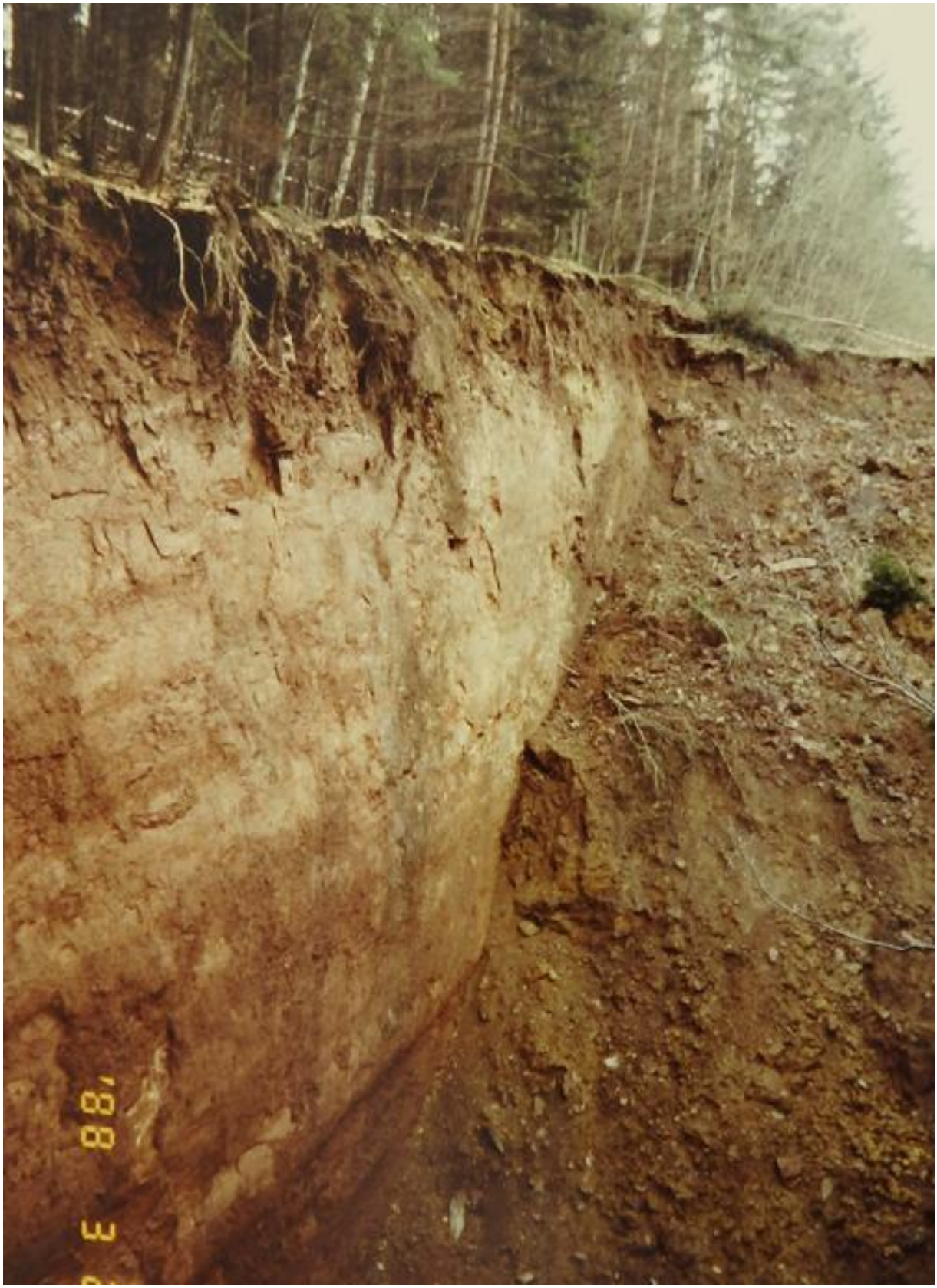


Abbildung 3: Blick auf die südliche Begrenzung des Tagesbruchs, Foto vom 22.03.1988

Abbildung 4: Blick in den Tagesbruch 03/1988

Abbildung 5: Am Verbruchrand, 22.03.1988

Abbildung 6: Sicherung der Oberfläche der Verfüllung mit Baustoffsuspension mit Geogitter zur bauzeitlichen Betretung, 27.05.1991

Abbildung 7: Verfüllung des Verbruchkörpers aus 1988/1989 mit Baustoffsuspension aus SAFA-Injekt, Aufnahme vom 09.03.1992

Abbildung 1: Pforzheimer Zeitung, 03.03.1997 (Blick in südliche Richtung)

Abbildung 2: wie vor, Blick nach Südosten mit Tiefenbronner Straße

Abbildung 3: wie Abb. 2, geringe Aufbreitung des Tagesbruchs in den Straßenkörper

Abbildung 4: Blick nach Norden mit gesperrter Tiefenbronner Straße

Abbildung 5: Blick in den Tagesbruch 03/1997 (von Tiefenbronner Straße in östliche Richtung) mit Einfüllleitung für Baustoffsuspension links

Abbildung 6: wie vor, Blickwinkel verändert

Abbildung 7: wie Abb. 6 mit Schwenk nach Südosten

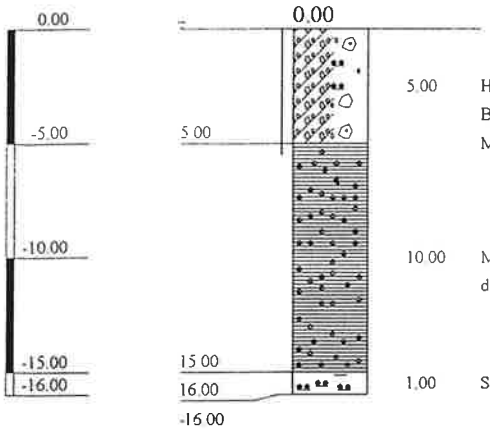
Abbildung 8: wie Abb. 1, jedoch Pforzheimer Zeitung vom 04.03.1997, Blick nach Westen

Heinz Burkhardt
Gesellschaft für geologische
und hydrologische Bohrungen mbH & Co. KG
75389 Neuweiler · Tel. (0 70 55) 92 97-0 · Fax (0 70 55) 92 97-77

BURKHARDT
Geologische und hydrologische Bohrungen

Kote

TB1



5.00	Hangschutt, steinig, mit Blöcken, schluffig, (Sandstein, Mittelsand), braunrot
10.00	Mittelsand, Sandstein, düsterrot
1.00	Schluff, tonig, schwarzbraun

Geologische Benennung:
smc2/smk, Störung

Bauvorhaben:
Fluß- und Schwerspatwerke
Pforzheim

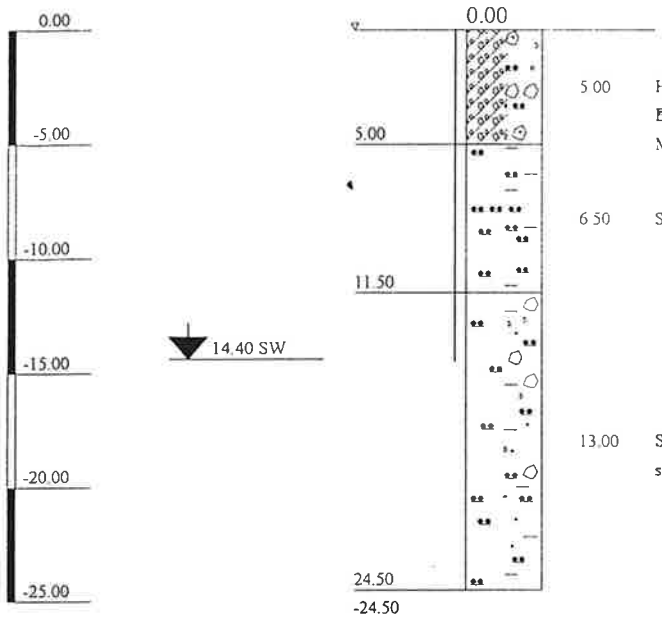
Planbezeichnung:
TB1 -TB5
Pegel 1 - 5

Plan-Nr:	Maßstab: 1:333	
Burkhardt GmbH & Co. KG Geol. und Hydrol. Bohrungen Tulpenstraße 15 75389 Neuweiler Tel.: 07055 / 9297-0 Fax 07055 / 9297-77	Bearbeiter:	Datum:
	Gezeichnet: bi	17.03.97
	Geändert:	
	Gesehen:	
	Projekt-Nr: PforzTB1	

Heinz Burkhardt
Gesellschaft für geologische
und hydrologische Bohrungen mbH & Co. KG
75389 Neuweiler · Tel. (0 70 55) 92 97-0 · Fax (0 70 55) 92 97-77

BURKHARDT Geologische und hydrologische Bohrungen

TB2



Geologische Benennung:
verlehmter mu
Lößlehm, Gangletten

Bauvorhaben:
Fluß- und Schwerspatwerke
Pforzheim

Planbezeichnung:
TB1 -TB5
Pegel 1 - 5

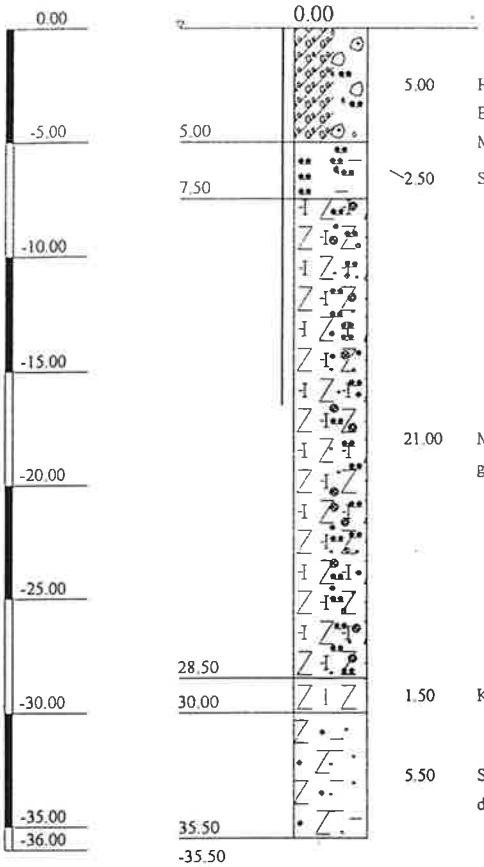
Plan-Nr:	Maßstab: 1:333	
Burkhardt GmbH & Co. KG Geol. und Hydrol. Bohrungen Tulpenstraße 15 75389 Neuweiler Tel.: 07055 / 9297-0 Fax: 07055 / 9297-77	Bearbeiter:	Datum:
	Gezeichnet: bi	17.03.97
	Geändert:	
	Geschen	
	Projekt-Nr: PforzTB1	

Heinz Burkhardt
Gesellschaft für geologische
und hydrologische Bohrungen mbH & Co. KG
75389 Neuweiler · Tel. (0 70 55) 92 97-0 · Fax (0 70 55) 92 97-77

BURKHARDT
Geologische und hydrologische Bohrungen

Kote

TB3



5.00	Hangschutt, steinig, mit Blöcken, schluffig, (Sandstein, Mittelsand), braunrot
2.50	Schluff, tonig, gelb/oliv
21.00	Mergelstein, schluffig, sandig, grau
1.50	Kalkstein, dunkelgrau
5.50	Sandstein, feinsandig, tonig, dunkelrot/ z. T. grünlich

Geologische Benennung:
verlehmter mu, mu,
(grenze mu/so bei-30m)

Bauvorhaben:
Fluß- und Schwerspatwerke
Pforzheim

Planbezeichnung:
TB1 -TB5
Pegel 1 - 5

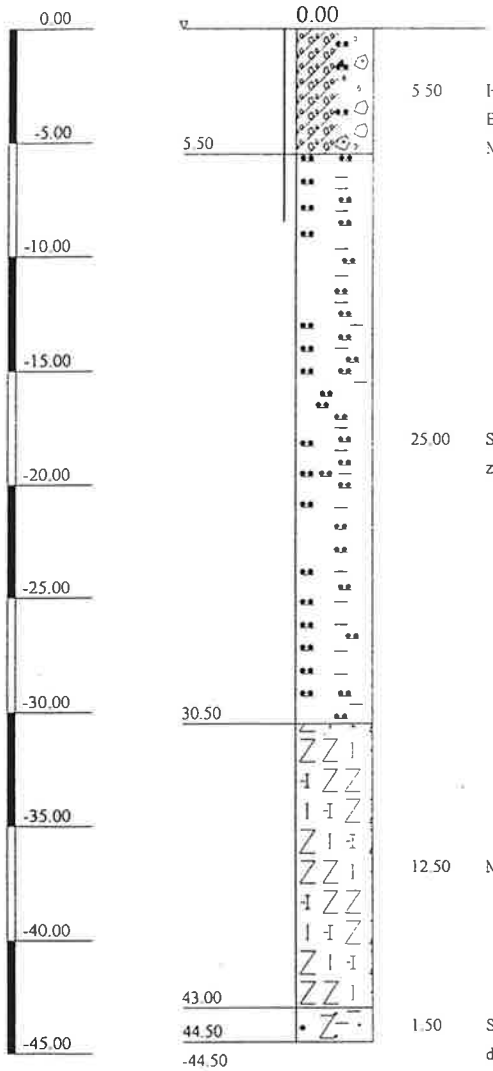
Plan-Nr:	Maßstab: 1 333	
Burkhardt GmbH & Co. KG Geol. und Hydrol. Bohrungen Tulpenstraße 15 75389 Neuweiler Tel.: 07055 / 9297-0 Fax: 07055 / 9297-77	Bearbeiter:	Datum:
	Gezeichnet: bi	17.03.97
	Geändert:	
	Gesehen:	
	Projekt-Nr: PforzTB1	

Heinz Burkhardt
Gesellschaft für geologische
und hydrologische Bohrungen mbH & Co. KG
75389 Neuweiler · Tel. (0 70 55) 92 97-O · Fax (0 70 55) 92 97-77

BURKHARDT Geologische und hydrologische Bohrungen

TB4

Kote



5.50	Hangschutt, steinig, mit Blöcken, schluffig, (Sandstein, Mittelsand), braunrot
25.00	Schluff, tonig, zur Teufe zunehmend steinig, gelb/oliv
12.50	Mergelstein, Kalkstein, grau
1.50	Sandstein, feinsandig, tonig, dunkelrot/ z T. grünlich

Geologische Benennung:
verlehmter mu, mu, so,
(Grenze mu/so bei -43 m

Bauvorhaben:
Fluß- und Schwerspatwerke
Pforzheim

Planbezeichnung:
TB1 -TB5
Pegel 1 - 5

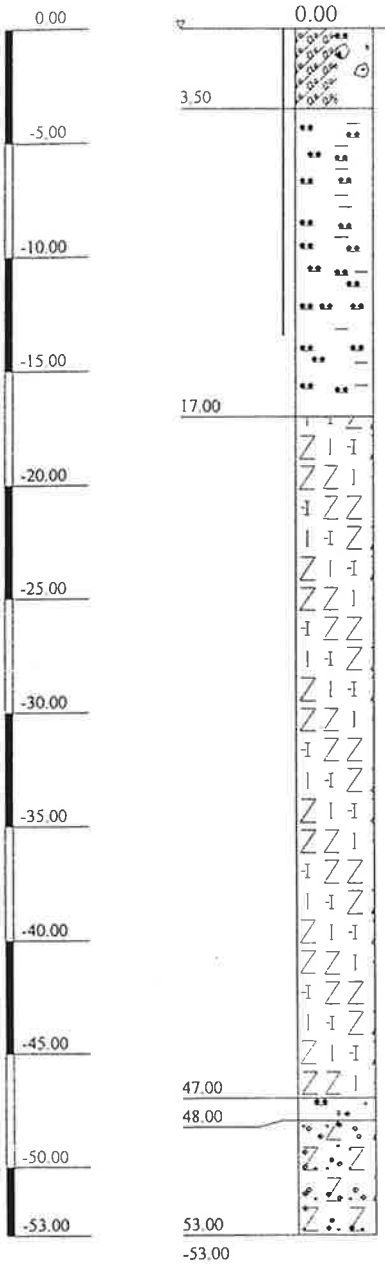
Plan-Nr:	Maßstab: 1:333	
Burkhardt GmbH & Co. KG Geol. und Hydrol. Bohrungen Tulpenstraße 15 75389 Neuweiler Tel : 07055 / 9297-0 Fax: 07055 / 9297-77	Bearbeiter:	Datum:
	Gezeichnet: bi	17.03.97
	Geändert:	
	Gesehen:	
	Projekt-Nr: PforzTB1	

Heinz Burkhardt
Gesellschaft für geologische
und hydrologische Bohrungen mbH & Co. KG
75389 Neuweiler · Tel. (07055) 9297-0 · Fax (07055) 9297-77

BURKHARDT
Geologische und hydrologische Bohrungen

TB5

Kote



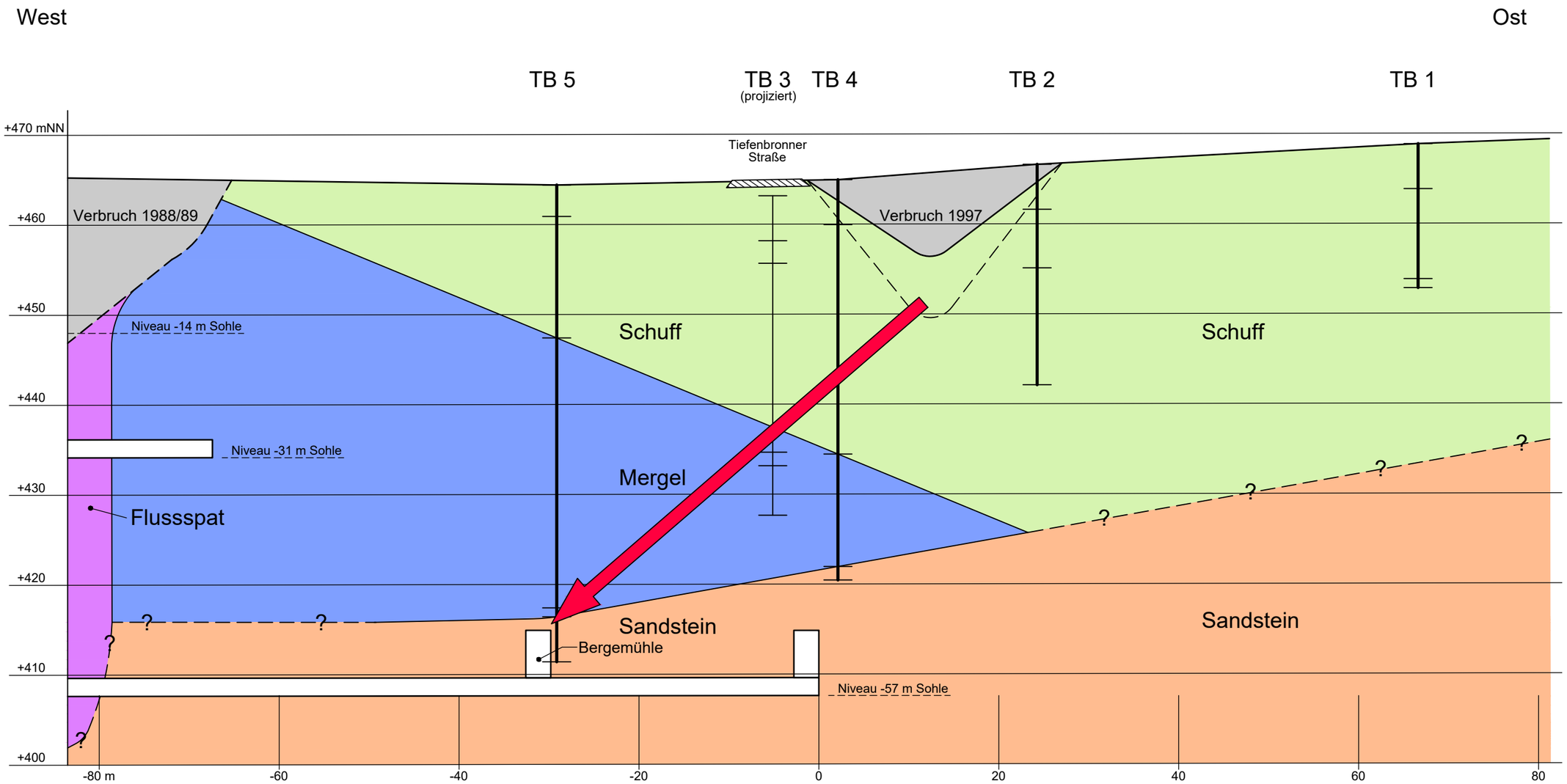
3.50	Hangschutt, steinig, mit Blöcken, schluffig, (Sandstein, Mittelsand), braunrot
13.50	Schluff, tonig, zur Teufe zunehmend steinig, gelb/oliv
30.00	Mergelstein, Kalkstein, grau, gelblich
1.00	Schluff, sandig, steinig, schwarzbraun
5.00	Mittel- bis Feinsand, Sandstein düsterot

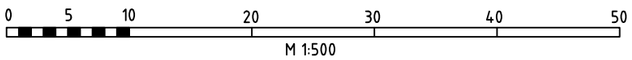
Geologische Benennung:
velehmter mu/Lößlehm;
mu, Störungszone, so/smk(?)

Bauvorhaben:
Fluß- und Schwerspatwerke
Pforzheim

Planbezeichnung:
TB1 -TB5
Pegel 1 - 5

Plan-Nr:	Maßstab: 1:333	
Burkhardt GmbH & Co. KG Geol. und Hydrol. Bohrungen Tulpenstraße 15 75389 Neuweiler Tel. 07055 / 9297-0 Fax 07055 / 9297-77	Bearbeiter:	Datum:
	Gezeichnet: bi	17.03.97
	Geändert:	
	Geschen	
	Projekt-Nr: PforzTB1	





Index	Datum	Art der Änderung	geändert

Planersteller:

TABERG

TABERG Ingenieure GmbH
44536 Lünen - Zum Pier 77
Telefon 0231/987073-0 - Telefax 0231/987073-17

Auftraggeber / Projekt

Deutsche Flussspat GmbH (DFG)
Fluss- und Schwerspatgrube „Käfersteige“ bei Pforzheim
Rahmenbetriebsplan Sümpfung, Exploration und Probebetrieb

Anlage Nr.: 4

Index: --

Planbezeichnung:
Schemaskizze zum Tagesbruch 1997
(in Seigerrissebene)

Maßstab: 1 : 500

	Datum	Name		Datum	Name
bearbeitet	20.08.2025	Sk	geändert		
gezeichnet	20.08.2025	Be	geändert		
geprüft			Projekt-Nr.: 2507-0123		

P:\01 Bergbau\2025\P-2507-0123 DFG Käfersteige Altbergbau\80 Pläne\25-0123 Lageplan und Schnitte.dwg