

Geotechnisch-markscheiderische Bewertung und bergtechnische Sanierung des Weiss-Tauben-Kellers im Kellerwald von Forchheim *

Geotechnical and mine surveying evaluation as well as mining reconstruction of a rock-cut cellar nearby Forchheim/Franconia

Günter Meier, Rico Wunsch

ZUSAMMENFASSUNG: *Partielle Firstnachbrüche im Weiss-Tauben-Felsenkeller gaben Anlass, ingenieur- und bergtechnische Arbeiten zur Gewährleistung der unter- und übertägigen Sicherheit durchzuführen. Der Weiß-Tauben-Keller wurde vor mehreren hundert Jahren sehr oberflächennah aus den Sandsteinschichten bergmännisch herausgearbeitet. Natur- und nutzungsbedingte Einwirkungen auf das Gebirge führen zunehmend zu einer Schwächung der Standsicherheit der Hohlräume. Im Rahmen der ingenieurtechnischen Bearbeitung wurde auf der Grundlage von vermessungstechnischen Aufnahmen die Über- und Untertagesituation ingenieurgeologisch dokumentiert. Den kartierten Schäden wurden Risikoklassen zugeordnet und daraus differenzierte Sanierungsmaßnahmen abgeleitet. Unter Berücksichtigung der musealen Nutzung der Felsenkeller wurden differenzierte bergmännische Sanierungsarbeiten durchgeführt, die insbesondere dem Besucherweg eine hohe Sicherheit zuordnen.*

ABSTRACT: *Partial roof failure inside the Weiss-Tauben-Keller (rock-cut cellar) has been leading to engineering and mine technical work in order to guarantee the safety on the surface and underground. The rock-cut cellar was carved out from the sandstone layers several hundred years ago. The thickness of the cap-rock is just of low extent. Natural impacts and the use of the cellar as well are increasingly leading to a structural weakening of the cavities' stability.*

The situation on the surface and inside the cellar was engineering-geological mapped, based on a new survey work. Risk categories were assigned for mapped damage and as a consequence of that a differentiated rehabilitation concept was suggested. Finally selective mining reconstruction works were carried out, especially with regard to the new visitors' track.

* Veröffentlicht in: Tagungsband 14. Altbergbau-Kolloquium, Gelsenkirchen, 06. bis 08.11.2014, S. 94 bis 104, Wagner Digitaldruck und Medien GmbH, Nossen 2014

1 Veranlassung und Zielstellung

Die denkmalgeschützten, historischen Felsenkeller im Kellerwald von Forchheim sind überregional bekannt und stellen eine bedeutende Sehenswürdigkeit dar. Sie sind auch ein kulturelles Erbe des historischen Brau- und Schankwesens sowie der Bierlagerung der Stadt Forchheim.

In der jüngsten Vergangenheit ereigneten sich in den Kellergängen des Weiss-Tauben-Kellers mehrere kleinere Firstfälle und eine großflächige Firstablösung (Abb.1 :).

Die Stadt Forchheim als Eigentümerin der Kellieranlage konnte aufgrund der eingetretenen Schäden die Sicherheit nicht mehr gewährleisten und untersagte die uneingeschränkte Nutzung der Kellergänge. Nur der Eingangsbereich des Kellers durfte von dem Erbbauberechtigten noch weiter zu Lagerzwecken genutzt werden.

Grundsätzlich musste festgestellt werden, dass ohne zielgerichtete Unterhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen ein weiterer Verfall der Kellieranlage durch die steten Einwirkungen der geodynamischen Prozesse (z. B. Verwitterung, Wurzeln) eintritt. Bei der Fortentwicklung der Deformationsprozesse in Verbindung mit einer nicht ausreichenden Festgesteinsüberdeckung können auch Tagesbrüche und somit größere Gefährdungen der öffentlichen Sicherheit im Felsenkeller und an der Tagesoberfläche nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund dieser Ausgangssituation beauftragte die Stadt Forchheim die Ingenieurbüro Dr. G. Meier GmbH, geotechnische Untersuchungen zur Schadensituation und zur Standsicherheit der Kellieranlage durchzuführen. Im Ergebnis sollten Risikobewertungen zu den Gebirgs- und Standsicherheitsverhältnissen vorgenommen und Sanierungsmöglichkeiten zur Erhaltung sowie Nutzungshinweise der historischen, denkmalgeschützten Kellieranlage vorgelegt werden. Der Weiss-Tauben-Keller soll dabei eine „Beispielfunktion“ einnehmen [1].



Abb.1 : Großflächiger Firstfall im Südgang

Eine detaillierte unter- und übertägige vermessungstechnische Aufnahme bildete die Grundlage für alle ingenieurgeologischen Erfassungs- und Bewertungsarbeiten in der Kellieranlage. Eine besondere Bedeutung bei der geotechnischen Dokumentation wurde dem Kluftsystem des Sandsteins, dem Wasserzutritt und der fortschreitenden Durchwurzelung der hangenden Schichten beigemessen.

2 Ingenieur- und hydrogeologische Situation

Die im Bearbeitungsgebiet anstehenden Fest- und Lockergesteine besitzen sehr unterschiedliche Gesteins- und Gebirgseigenschaften. Sie werden überprägt durch die Morphologie, Lagerungsverhältnisse und durch das räumlich ausgebildete tektonische Trennflächengefüge, das partiell auch Störungscharakter tragen kann. Großen Einfluss auf die dauerhafte Standsicherheit der Hohlraumkonturen nehmen des Weiteren die bergmännischen Eingriffe und die damit verbundenen Gebirgsauflockerungen sowie erhöhten Wasserwegigkeiten.

Die Gesteinsabfolge im Bearbeitungsgebiet ist gekennzeichnet durch eine Wechsellagerung von Sand- und Tonsteinen. Der gelbe bis ockerfarbene Sandstein ist ein verwitterungsresistentes Festgestein. Das eisenschüssige Bindemittel mindert teilweise die Bindekraft. Dies wird bestätigt durch felsmechanische Untersuchungen an ausgewählten Gesteinsproben des Werksandsteines [2]. Der Sandstein weist Gesteinsdruckfestigkeiten von 2 bis 8 MN/m² auf. Gänzlich andere ingenieurgeologische Eigenschaften besitzen die Tonsteine (Knollenmergel, Hauptton). Sie können den Halbfestgesteinen zugeordnet werden. Die Tonsteine sind verwitterungsanfällig, was sich morphologisch an „weichen“ Geländeformen zeigt. Auf dem Plateau über dem Weiss-Tauben-Keller sind sie abgetragen. Die Verwitterungsdecke des Sandsteines besteht aus Lehm und Verwitterungsschutt. Die Mächtigkeit beträgt durchschnittlich ca. 2,5 m.

Der Weiss-Tauben-Keller steht im Werksandstein („Obere Bierkeller“), der grundsätzlich standfest ist, jedoch bei Klufthäufungen zum Firstfall und dem Ausbruch von größeren Kluftkörpern neigt. Als Trennflächen werden zwei senkrecht aufeinander und steil stehende Hauptklufflächen (annähernd E-W und N-S streichend) und schichtparallele Schluff- und Tonbänder („Pflanzentone“) wirksam. Der Horizont der „Pflanzentone“ ist insgesamt 30 bis 40 cm mächtig. Er streicht im Ostteil des Kellers im Firstbereich aus. Er besteht aus dünnen, 1 bis 3 cm mächtige Schluff- und Tonlagen, die den Werksandstein durchziehen. Besonders dort, wo die „Pflanzentone“ im Firstgewölbe austreichen, wie das im Ostteil der Kellieranlage auftritt, kommt es gehäuft zum Firstfall (Abb.2 :).



Abb.2 : Durchwurzelte und durchnässte „Pflanzentone“ führen im Firstbereich zu Gesteinsablösungen

Weitere Ablösungsflächen sind Schichtflächen, auf denen Glimmerminerale (Muskovit) angereichert sind. Durch die Tagesnähe der Kellergänge ist das Gebirge verstärkt aufgelockert

und entfestigt, zumal ein erhöhter, niederschlagsbedingter Wassereinfluss deutlich wirksam wird.

Die Gebirgsauflockerung wird auch durch die morphologischen Gegebenheiten begünstigt. Im Kellerwald ragt der heutige Ausstrich des Werk- und Kellersandsteines zungenförmig nach Westen. Er wird von Taleinschnitten begrenzt, so dass faktisch an drei Talflanken kein Gebirgsdruck entgegenwirkt und ein „Zertriften“ des Gebirgsverbandes auftritt. Dies zeigt sich in geöffneten Spalten (Bergzerreißung).

Das hydrogeologische Regime wird im Allgemeinen durch die Morphologie, Geologie, bergmännische Eingriffe und Niederschläge bestimmt. Im Raum Forchheim sind die hydrogeologischen Standortbedingungen in besonderem Maße durch die rasche Abfolge von wasserundurchlässigen und wasserdurchlässigen Schichten charakterisiert. Der Knollenmergel des Mittleren Keupers, der Hauptton des Oberen Keupers sowie die Ton- und Tonmergelsteine des Lias β sind als Wasserstauer wirksam. Die wasserstauende Eigenschaft des Knollenmergels, der die unteren, flachen Talhänge des Regnitztales einnimmt, zeigt sich sehr deutlich an zahlreichen Fischweihern auf diesem Horizont. Der Hauptton ist der bedeutendste Quellhorizont der Region, auf dem vielerorts Schichtquellen austreten.

Keller- und Werksandstein sind hingegen durch ihre Klüftung wasserdurchlässig. Die Sandsteine sind z. T. sehr geklüftet und in tagesnahen Bereichen sind die Klüfte spaltenartig erweitert. Sie fungieren als wichtige Kluftgrundwasserleiter in der Region. Im Bearbeitungsgebiet wird die Versickerungs- bzw. die Grundwasserneubildungsrate im Werksandstein als sehr hoch eingeschätzt, da die aufliegende Verwitterungsdecke sehr dünn ist und die Sandsteinschichten geöffnete Klüfte aufweisen. Das Oberflächenwasser kann den tagesnahen Bierkellern direkt zufließen. Oberhalb des bergmännisch aufgefahrenen Weiss-Tauben-Kellers („Obere Bierkeller“) ist kein geschlossener Grundwasserspiegel zu erwarten.

Entsprechend der Morphologie ist die Entwässerung im Bearbeitungsgebiet von Osten nach Westen zur Regnitz gerichtet. Der mittlere Jahresniederschlag liegt in der Region Forchheim bei 600 bis 800 mm [3].

3 Vermessung und Beschreibung der Kellieranlage

Die vermessungstechnischen Arbeiten während der Erkundung und Dokumentation umfassten die Aufmessung der untertägigen Kellerkontur und der übertägigen Topografie einschließlich der Schächte im Bearbeitungsbereich. Untertage wurden die Schäden (Verbruchkonturen) und wichtige Trennflächen (Klüfte, Störungszonen) vermessungstechnisch erfasst. Die Vermessung wurde an das amtliche Lage- und Höhensystem des Freistaates Bayern angeschlossen.

Der Lage- und Höhenanschluss erfolgte satellitengestützt. Die vermessungstechnische Detailaufnahme erfolgte mit einem Tachymeter. Ergänzungsmessungen oder unerreichbare Flächen/Objekte wurden mittels Handlasergerät oder einem Gliedermaßstab eingemessen. Im Ergebnis entstand ein Risswerk unter Berücksichtigung der DIN 21 900 ff. (Bergmännisches Risswerk). Für die graphische Darstellung kam ein freier Blattschnitt zur Anwendung.

Der heutige Grundriss des Weiss-Tauben-Kellers lässt drei parallel zueinander liegende, ursprüngliche Kellieranlagen erkennen, die nachträglich miteinander verbunden wurden (Abb.1 :). Ihre Erstreckung verläuft in Ost-West-Richtung. Die Gänge werden im Folgenden als Nordgang, Hauptgang und Südgang bezeichnet.

Die Gesamtlänge der drei Kellergänge beträgt zusammen 127 m. Der Kellerzugang erfolgt von Osten über den Hauptgang auf einem Niveau von 323,3 m NHN. Der Zugang ist als Segmentbogenportal aus Sandstein ausgeführt. Das Portal befindet sich direkt an der asphaltierten Straßenzufahrt „Auf den Kellern“ und liegt fast auf Fahrbahnniveau (323,5 m NHN). Über dem Zugangsbereich ist eine Terrasse angelegt, die teilweise überdacht und über eine Treppe von der

Straße aus erreichbar ist. Diese Terrasse befindet sich ca. 2 m höher als das Straßenniveau (325,4 bis 325,6 m NHN).

Die drei Kellergänge weisen unterschiedliche Längen und Breiten auf. Auch die Raumhöhen in den Kellergängen variieren aufgrund der geologischen Verhältnisse und den eingetretenen Firstfällen z. T. erheblich (Tab.1 :).

Tab.1 : Wichtige Merkmale und Kenngrößen der Kellergänge

	Nordgang	Hauptgang	Südgang
Länge [m]	25,9	49,3	28,3
Breite [m]	1,7 bis 3,2	2,0 bis 2,5	1,8 bis 2,2
Höhe (mit Ausbrüchen) [m]	1,7 bis 3,7	1,8 bis 4,6	1,7 bis 2,4
GOK Plateau [m] NHN	330,1 bis 330,4	330,2 bis 330,4	329,9 bis 330,2
Sohlenhöhe [m] NHN	322,4 bis 322,8	322,1 bis 322,6	322,5 bis 322,7
Zustand des Lüftungsschachtes	vollständig verfüllt, ohne Funktion	offen, funktionsfähig	teilverfüllt, ohne Funktion
Fasslagerbänke (aus [4])	schlicht ausgearbeitet	sehr gut ausgearbeitet	nicht vorhanden
Sandsteinausmauerung	Pfeiler aus Sandsteinquadern (1 Stck.)	Kellerzugang	Gewölbemauerung mit Sandsteinquadern (3 Stellen)
Besonderheiten	im Osten abgetrennter Raum	Endschaft nach N verschwenkt	Durchstieg zu Hofmann's Keller

Nord-, Haupt- und Südgang sind durch kurze Querschläge miteinander verbunden. Die drei Kellersohlen liegen auf einem vergleichsweise einheitlichen Niveau von 322,1 bis 322,8 m NHN. Von den drei Kellergängen gehen mehrere kurze Lagernischen für Fässer ab. Außerdem sind an den Stößen insgesamt 12 Lampennischen (Geleuchtnischen) herausgearbeitet [4].

Die drei Kellergänge besitzen an ihrem westlichen Ende jeweils einen seigeren Lüftungsschacht. Gegenwärtig ist nur der Lüftungsschacht im Hauptgang funktionsfähig, die beiden anderen Schächte sind voll- bzw. teilverfüllt. Nahe dem östlichen Ende des Südganges befindet sich am südlichen Stoß ein verbauter Durchgang zum benachbarten Hofmann's Keller.

Die gemauerten, untertägigen Sandsteinbögen, die im Osten der drei Kellergänge fast auf einer gedachten Linie liegen, lassen die ursprüngliche Eingangssituation erkennen. Wann die Umbauten am Weiss-Tauben-Keller durchgeführt wurden, ist nicht bekannt. Die bergmännischen Bearbeitungsspuren sind an den Stößen und der Firste noch großflächig sichtbar. Die Stöße waren größtenteils mit einem Kalkanstrich versehen [4].

4 Geotechnische Dokumentation der Schadstellen

Die im Weiss-Tauben-Keller dokumentierten Schadstellen wurden mit fortlaufenden Positionsnummern versehen und unter ingenieurgeologischen Gesichtspunkten beschrieben. Es wurden insgesamt 27 Schadstellen ausgewiesen. Schwerpunkte bei der Dokumentation waren sicherheitsrelevante Quantifizierungen der einzelnen Schadensausmaße, wie beispielsweise Größe und Tiefe von Ausbruchflächen, Öffnungsweiten und Raumlage von Klüften, Deformationen von Stoß und Firste, Tropf- und Standwasser sowie vorhandene Kontursicherungen (z. B. Ziegelausbau). Einen Schwerpunkt bei der Dokumentation stellten frische, aktive Deformationsprozesse in den einzelnen Kellergängen dar. Eine große Bedeutung, insbesondere für die weitere sichere Kellernutzung, erhielten die Lüftungsschächte. Die Abb.1 : enthält die geotechnische Dokumentation. Sie bildete die Grundlage für die detaillierte Risikobewertung und Sanierungsempfehlungen.

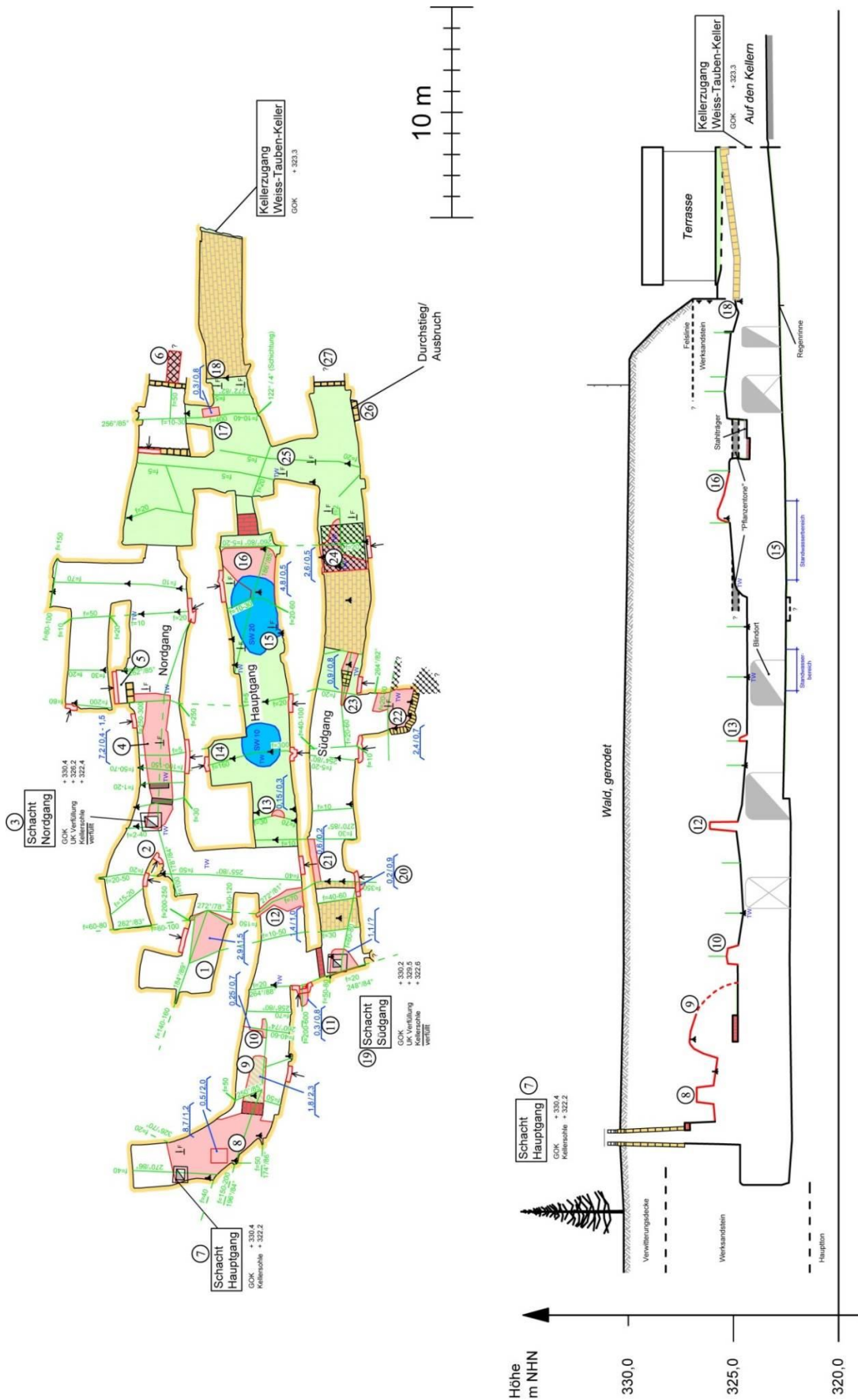


Abb.1 :Grundriss der Kellergänge und Schnitt durch den Hauptgang

5 Risikoanalyse

Bei den unterirdischen Hohlräumen des Weiss-Tauben-Kellers handelt es sich äquivalent um sehr tagesnahen Altbergbau. Deshalb wurde die Risikoanalyse auf der Grundlage der Empfehlungen des Arbeitskreises 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V. für die „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ durchgeführt [5].

Im Ergebnis der geotechnischen Untersuchung wurde den festgestellten Schadstellen Risikoklassen zugewiesen. Der exakte Zeitpunkt des Eintretens eines möglichen Verbruch- und Deformationsereignisses lässt sich jedoch grundsätzlich nicht exakt bestimmen.

Das Risiko ist ein Produkt aus der Eintrittswahrscheinlichkeit und dem Schadensausmaß eines unerwünschten Ereignisses.

Beide Faktoren werden in halbquantitativen Verfahren ermittelt und als Risikoklassen kategorisiert. Die differenzierte Risikobewertung veranschaulicht die Abb.2 : mit der enthaltenen Bewertungsmatrix.

Die 4 Risikoklassen sind unter Berücksichtigung der Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ [2] definiert. Bei der Zuweisung der Risikoklassen erfährt auch die Nutzung (z. B. vorgesehener Besucherweg) eine Berücksichtigung. Die Nutzung ist sehr wesentlich im Hinblick auf das mögliche Schadensausmaß.

Eintrittswahrscheinlichkeit	sehr wahrscheinlich	IV	III	II	I	
	wahrscheinlich	IV	IV	III	II	$R_A > R_G$
	wenig wahrscheinlich	IV	IV	IV	III	R_G
	praktisch unmöglich	IV	IV	IV	IV	
		unbedeutend	klein	hoch	sehr hoch	$R_A < R_G$
	Schadensausmaß					

Abb.2 : Abhängigkeit des Risikos von der Eintrittswahrscheinlichkeit und vom Schadensausmaßes (RA - Ausgangsrisiko, RG - Grenzzisiko) [6]

Abschließend sollen noch die in der Bewertungsmatrix enthaltenen Begriffe Grenzzisiko und Restrisiko [5] definiert werden (Abb.3 :). Entsprechend der Definition wird unterhalb des Grenzzisikos das Risiko als „vertretbar“ eingestuft. Grundsätzlich lassen sich in einem altbergbaulich beeinflussten Gebiet negative Einwirkungen auf die Tagesoberfläche nicht vollständig ausschließen und es verbleibt trotz Sanierungsmaßnahmen ein altbergbaulich bedingtes Restrisiko. Die Zusammenhänge zwischen Grenzzisiko und Restrisiko verdeutlicht die Abb.4 :.

Sicherheit	Risikoklasse	Charakteristik	Handlungsbedarf
„Unsicher“	I (rot)	Sehr hohes Risiko (z. B. große aktive Gesteins- und Gebirgsbewegung, große Standwasserbildung im Abflussbereich)	Umgehender Handlungsbedarf , operative ingenieur- und bergtechnische Maßnahmen
	II (gelb)	Hohes Risiko (z. B. mittlere bis kleinere aktive Gesteins- und Gebirgsbewegung, mittlere bis kleinere Standwasserbildung im Abflussbereich)	Zeitnaher, planmäßiger Handlungsbedarf für ingenieur- und bergtechnische Maßnahmen
Grenzrisiko	III (grün)	Mittleres Risiko (z. B. inaktive Gesteins- und Gebirgsbewegung, unbekannte altbergbauliche Objekteigenschaften)	Klärungsbedarf , Monitoring (Beobachtung und Kontrolle)
„sicher“	IV (blau)	Dauerhaft gesichertes Objekt, Verbleib des Restrisikos, ungehinderter Wasserabfluss, auch Nachnutzung des Objektes	Monitoring, bei Bedarf Wartung
	entfällt	Verwahrt oder keinen Einfluss auf die Sicherheit an der GOK, Verbleib des Restrisikos	Keine Maßnahmen , nur in Sonderfällen Kontrolle des Verwahrungszustandes

Abb.3 : Definition der Risikoklassen (vereinfachte Darstellung) [2]

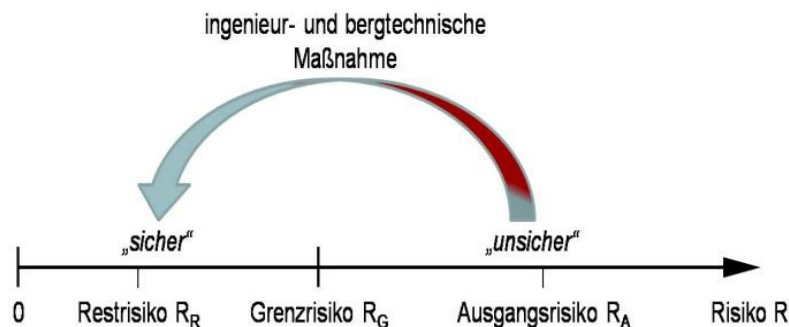


Abb.4 : Beziehungen zwischen „sicher“ und „unsicher“ im Altbergbau [6]

Von den insgesamt 27 Schadstellen sind 9 Schadstellen der Risikoklasse I (33,3 %), 11 Schadstellen der Risikoklasse II (40,7 %), 1 Schadstelle der Risikoklasse III (3,7 %) und 6 Schadstellen der Risikoklasse IV (22,2 %) zugeordnet.

6 Schlussfolgerungen und Sanierungsempfehlungen

Im Ergebnis der detaillierten ingenieurgeologischen Dokumentationen und der Risikobewertungen im Weiss-Tauben-Keller ergeben sich folgende grundsätzlichen Feststellungen:

- Es kann davon ausgegangen werden, dass die Hohlräume im Sandstein grundsätzlich standsicher sind.
- Durch die permanent angreifenden geodynamischen Prozesse ist mit der Zeit ein mehr oder weniger ständiger Sicherheitsverzehr an den Dauerstandseigenschaften der Hohlräume zu beobachten.

- Als Haupteinflussgrößen auf die Veränderung der Standfestigkeit sind die vorhandene Gebirgsentfestigung, Wassereinflüsse, Schwellen und Quellen der schichtparallelen Toneinlagerungen sowie Wurzeleinwachsungen hervorzuheben.

Zur Wiederherstellung einer hohen Sicherheit im gesamten Weiss-Tauben-Keller und der Gewährleistung der Sicherheit an der Tagesoberfläche sind differenzierte ingenieur- und bergtechnische Sanierungsmaßnahmen unter Berücksichtigung des ermittelten Ausgangsrisikos (vergebene Risikoklassen) erforderlich. Folgende wesentliche Kriterien sind bei der Auswahl der Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen:

- Funktionalität
- Dauerhaftigkeit
- Zukünftige Kellernutzung
- Belange des Denkmalschutzes

Folgende Hinweise und Randbedingungen sollten bei der Sanierung grundsätzlich beachtet werden:

- Vor Beginn der Arbeiten sind die Herstellung der Firstsicherheit und die Beräumung der Sohle im Transportbereich vorzunehmen.
- Größere Wasserzuflüsse sind aus der Firste geordnet abzuleiten.
- Vorhandene Installationen sind zu sichern bzw. bei Bedarf zu erneuern.
- Vorhandene Ein- und Ausbauten (z. B. Stahlausbau Hauptgang) sind nicht zu verändern.
- Firste und Stöße sind von losem Gestein zu bereißen. Für das Auflager der Ziegelgewölbe ist ein Nachriss erforderlich.
- Für die Ziegelgewölbe sind verwitterungsbeständige Hartbranntziegel zu verwenden.
- Die Hinterfüllung der Gewölbe muss immer vollständig, hohlraumfrei und mit zugelassenen, selbsterhärtenden Baustoffen erfolgen. Der Hinterfüllraum muss mit einer Drainage versehen werden.
- Dauerhafte Felsnägel können die Firstsicherung wirksam unterstützen, dazu müssen jedoch die Felsüberdeckung und der Gebirgszustand bekannt sein.
- Im Rahmen des Pflanz- und Pflegeplans sind die Rodung der über dem Keller noch vorhandenen großen Bäume und die Neubepflanzung mit Flachwurzlern zu prüfen.

Im Ergebnis einer eingehenden Diskussion zu den ausgewiesenen bergtechnischen Sanierungsmaßnahmen wurde aus Kostengründen der vorgesehene Besucherweg präzisiert. Das Nutzungskonzept wurde insoweit ergänzt, dass auch die Gebirgsveränderungen (z. B. große Firstablösung) gezeigt werden sollen. Unter der Prämisse, dass das Sandsteingebirge prinzipiell standsicher ist und Firstablösungen sowie der Ausbruch von Klufkörpern im Besucherbereich zu verhindern ist, wurden die notwendigen bergtechnischen Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit angepasst. In der Abb.5 : sind die bergtechnischen Arbeiten dargestellt. Der Verlauf des veränderten Besucherweges konzentriert sich auf den Hauptgang. Durch eine ergänzende Beleuchtung auf verschiedene bergkellertypische Schauobjekte in den Nord- und Südgängen wurde der Schaulust erhöht, trotz einer begrenzten, zugelassenen Begehbarkeit dieser Hohlräume.

Grundvoraussetzung dieses präzisierten Nutzungskonzeptes zum Weiss-Tauben-Keller ist eine ausreichende Firstsicherheit im Bereich des Besucherweges. Die Langzeitsicherheit der Kelleranlage wird nur dadurch gewährleistet, wenn eine jährliche fachtechnische Hohlraumkontrolle des gesamten Felskellers erfolgt. Notwendige partielle Sanierungsarbeiten können dann zeitnah eingeplant werden.

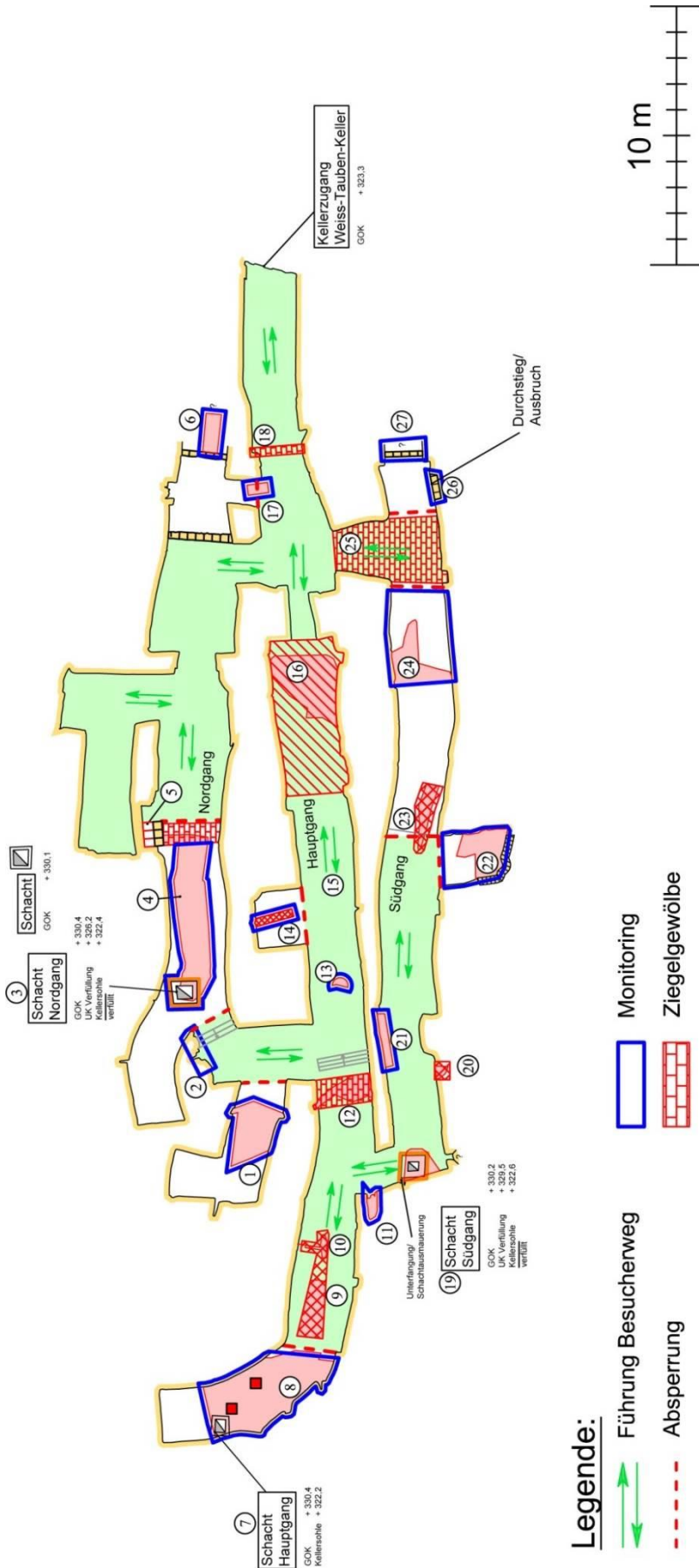


Abb.5 :Grundriss zur Nutzung und Sanierung des Weiss-Tauben-Kellers

7 Literatur

- [1] MEIER, G.: Geotechnisches Gutachten zur Ermittlung von bergtechnischen Sanierungsleistungen für den Weiss-Tauben-Keller im Kellerwald von Forchheim. - Ingenieurbüro Dr. G. Meier GmbH, Wegfarth, 08.01.2014 (unveröff.)
- [2] UTZ, R.: Umweltverträgliche und denkmalgerechte Instandsetzung historischer Keller in Franken am Beispiel der Anlagen des Kellerwaldes in Forchheim, DBU FO Zwischenbericht 05-2013-PD, ProDenkmal GmbH Bamberg, Mai 2013 (unveröff.)
- [3] KRUMBECK, L.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 6232 Forchheim. - Bayerisches Geologisches Landesamt, München 1956
- [4] BREITLING, S.: Zweiter Halbjahresbericht Projekthalbjahr 12/2012 bis 05/2013, DBU Projekt Kellerwald Forchheim. - Otto Friedrich Universität Bamberg, Institut für Archäologie, Denkmalkunde und Kunstgeschichte, Bamberg 2013 (unveröff.)
- [5] AUTORENKOLLEKTIV: Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ des Arbeitskreises 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie bei der DGGT e.V. - Tagungsband 4. Altbergbau-Kolloquium, Freiberg 2004, Verlag Glückauf GmbH, Essen 2004
- [6] MEIER, G.: Zur Vorhersage von schadensrelevanten Einwirkungen im Altbergbau. - Ingenieurbüro Dr. G. Meier - Tagungsband 10. Altbergbau-Kolloquium, Freiberg 2010, VGE Verlag GmbH, Essen 2010