

Felsgeologische Probleme beim Neuen Festspielhaus in Salzburg

Autor(en): **Kieslinger, Alois**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **90 (1972)**

Heft 34

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85293>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Felsgeologische Probleme beim Neuen Festspielhaus in Salzburg

Von Prof. Dr. Alois Kieslinger, Wien

1. Die Festspielhausbauten

Am Fusse des Mönchsberges gegen die Altstadt von Salzburg entstanden seit 1924 drei Festspielhausbauten, alle drei nach den Plänen von *Clemens Holzmeister*. Das erste Festspielhaus wurde 1924/26 in das barocke Gebäude der Winterreitschule eingebaut. Da sich dieser Einbau als zu klein erwies, wurde er 1937 vergrößert, indem die Achse des ersten Baues um 90 Grad gedreht und der Bau nach Nordwest verlängert wurde. Die Ausweitung der Festspiele zwang zum Bau eines grösseren, des dritten Festspielhauses, das über Anregung von *Herbert Graf* durch *Clemens Holzmeister* errichtet wurde. Dieser Bau verwendete das ehemalige Hofstallgebäude (in dem damals das Museum «Haus der Natur» untergebracht war, das in den Bereich des Ursulinenklosters übersiedelt wurde) als Zuschauerraum. Für das riesige neue Bühnenhaus musste Platz geschaffen werden, indem aus der Steilwand des Mönchsberges rund 55 000 m³ Nagelfluh herausgesprengt wurden. Dadurch war es möglich, eine Riesen-Hauptbühne von 1600 m² mit einem Bühnenausschnitt von 30 m × 9 m unterzubringen und zu beiden Seiten je eine Seitenbühne mit 200 m², so dass sich der Szenenwechsel nur mehr auf der horizontalen Ebene abspielt, weil aus verschiedenen Gründen das Bauwerk nicht in grössere Tiefe reichen durfte.

2. Die geologischen Vorarbeiten

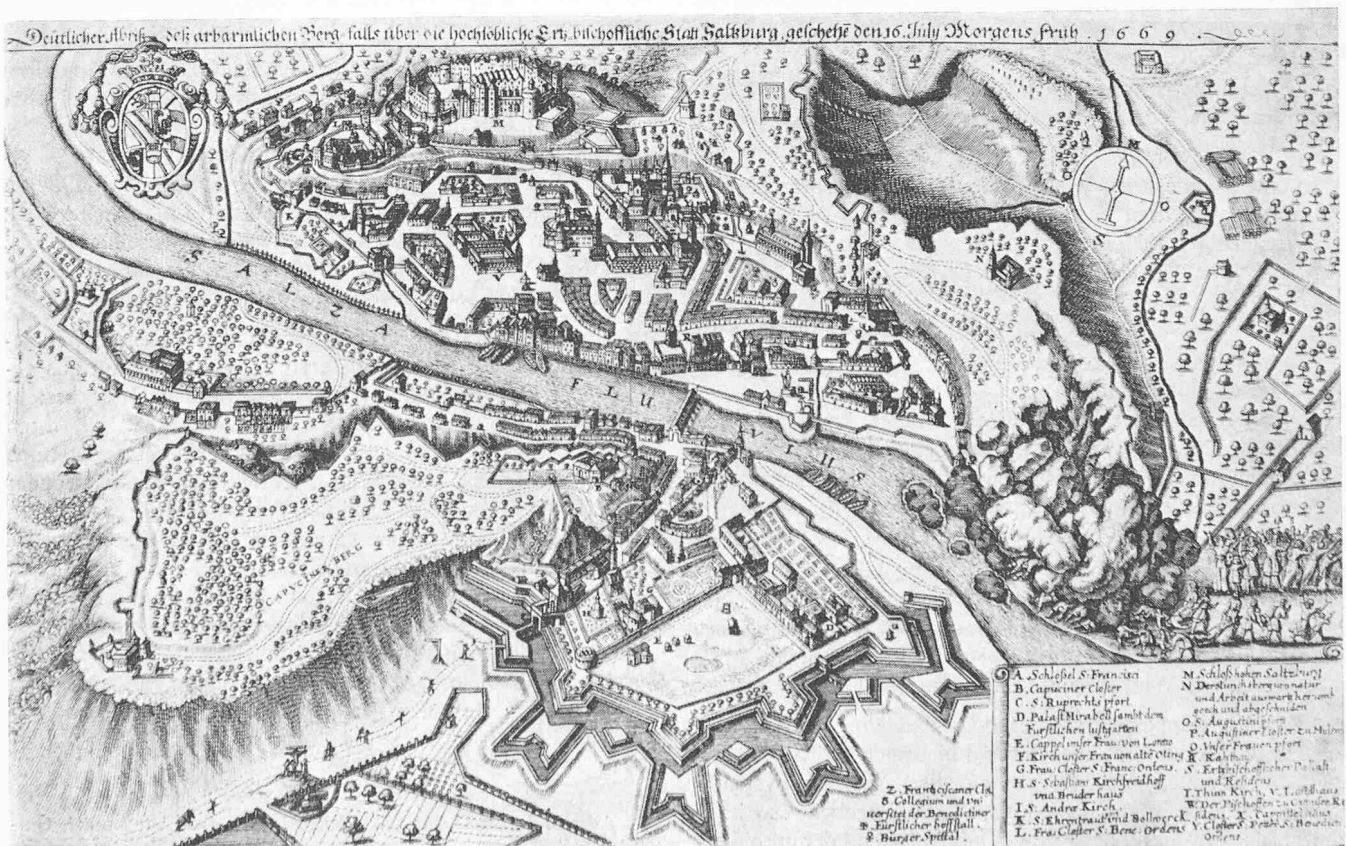
Der Verfasser wurde zunächst nur zur Beurteilung des gewaltigen, in der Altstadt nicht unbedenklichen Felsausbruches herangezogen. Bei der näheren Untersuchung erweiterte sich jedoch seine Aufgabe: Es musste einer Gefährdung des Bauwerkes vorgebeugt werden, weil es zur Hälfte auf festem

Fels, zur anderen auf weiche schluffige Talaustrümpfungen zu stehen kam und weil die nähere Untersuchung der Felswände das Vorhandensein zahlreicher Entspannungsklüfte nachwies, denen die Konstruktion des kühnen neuen Baues gewachsen sein musste.

a) Der Baugrund von Salzburg

In bewusst sehr stark vereinfachter Darstellung ist die Landschaft der Stadt Salzburg dadurch gekennzeichnet, dass sie in dem in mehreren Eiszeitphasen ausgeräumten Zungenbecken des ehemaligen Salzachgletschers liegt, aus dem nur mehr zwei Berge des «Grundgebirges» (in der Hauptsache aus Dachsteinkalk bestehend) aufragen, nämlich der Festungsberg und der Kapuzinerberg (Bilder 1 und 2). Das grosse Zungenbecken wurde durch Gletscherschurf mindestens viermal (nach neuesten Vorstellungen vielleicht sogar fünfmal) ausgeräumt und dann mit verschiedenen glazialen Sedimenten wieder ausgefüllt, die ihrerseits von der jeweils folgenden Eiszeitphase zum Grossteil wieder ausgeräumt wurden. Zu diesen Sedimenten gehören besonders auch die Schotter von Vorläufern der Salzach und Saalach, die nach der Mindel-Eiszeit den etliche 30 km langen «Salzburger See» (wie ihn *A. Penck* nannte) allmählich von Südosten her auffüllten. Mindestens ein Teil dieser Schotter wurde durch kalkreiche Wässer ziemlich rasch zu einem sehr festen Konglomeratgestein, der «Salzburger Nagelfluh», verkittet. Sie kann durch darunter und darüber liegende Grundmoränen eindeutig als zwischeneiszeitliche Bildung (Mindel-Riss-Interglazial) bestimmt werden. Die beiden nächsten Gletschervorstösse (Riss und Würm) haben diese Bildungen zum Grossteil wieder zerstört. Uebrig blieben nur Mönchsberg, Rainberg

Bild 1. Zeitgenössischer Stich der Stadt Salzburg mit Darstellung des Bergsturzes vom 16. Juli 1669



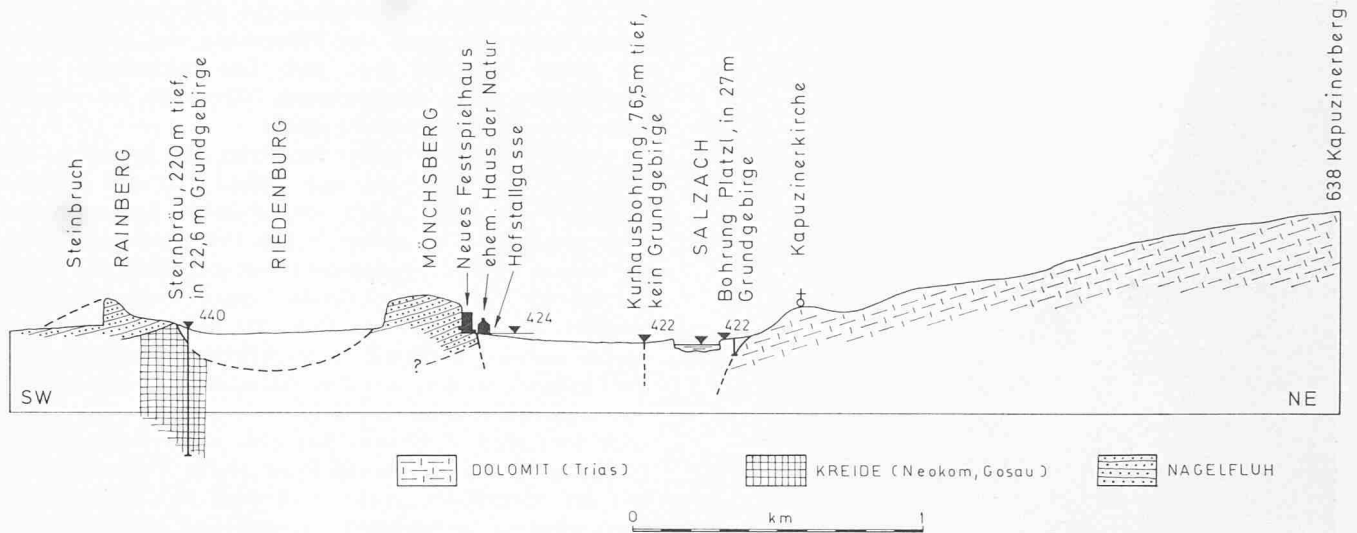


Bild 2. Geologischer Schnitt durch Salzburg

und Hellbrunner Berg, vermutlich zum Teil wohl deshalb, weil der südöstlich von ihnen aufragende Festungsberg einen gewissen Schutz vor der Erosion bedeutete, andererseits vielleicht auch wegen ihrer besonders guten Verkittung (die sicherlich nicht im ganzen Becken so stark war).

b) Das höhere und das tiefere Salzachtal

Durch das zweimalige Einschneiden von Riss- und Würm-Gletscher und durch die vorausgehenden und die folgenden Vorläufer der Salzach wurden zwischen den Stadtbergen (Mönchsberg im Südwesten, Kapuzinerberg im Nordosten) zwei Täler ineinander geschachtelt; das ältere obere war etwas breiter, das untere enger. Die Verschneidung dieser beiden Täler bildet eine Hohlkehle, eine Terrasse in der Nagelfluh, auf die die südlichen Teile der Altstadt (und damit auch das Neue Festspielhaus) zu stehen kamen. Diese Ter-

rasse hat gegen die Salzach zu eine scharfe Kante, von der die Nagelfluh praktisch lotrecht gegen das Salzachtal abfällt.

Die tiefen Täler nördlich und südwestlich des Mönchsberges (also Salzachtal und Riedenburg-Senke) wurden noch einmal – zum letzten Male – aufgefüllt, in der Hauptsache mit feinem Schlamm (Schluff) und sandigen Zwischenlagen, die sich im letzten Stausee absetzten (im Salzachtal haben Bohrungen den Felsuntergrund nicht erreicht; er muss dort mindestens 100 m unter dem heutigen Salzachbett liegen). In den westlichen Teilen des Salzburger Beckens haben Bohrungen im Jahre 1954 das Grundgebirge erst in 198 m Tiefe (Stiegl-Bräu) und in 262 m Tiefe (Kugelhof) erreicht, ein sinnfälliger Ausdruck der lebhaften Morphologie des Beckenuntergrundes. Während man früher das «Salzburger Becken» als Einbruchsbecken auffasste, neigt man in neuerer Zeit mehr dazu, die Entstehung der Hohlform doch eher der fluviatilen und glazialen Ausräumung zuzuschreiben.

Bild 3. Ungleiche Setzungen am Ursulinen-Kloster



Bild 4. Eine Apsis im Stift St. Peter musste schon im 17. Jahrhundert durch eine Säule geschützt werden

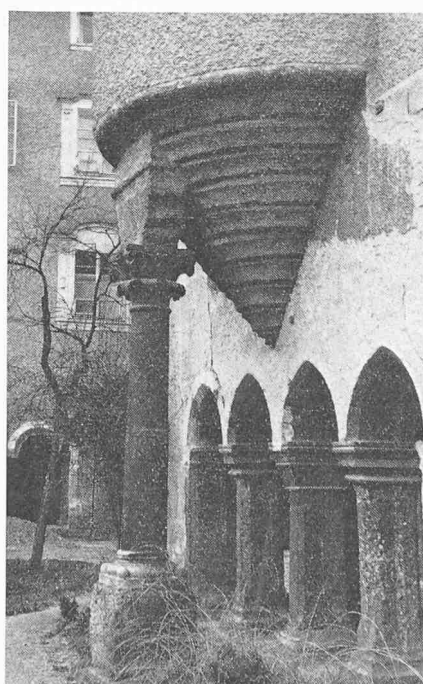
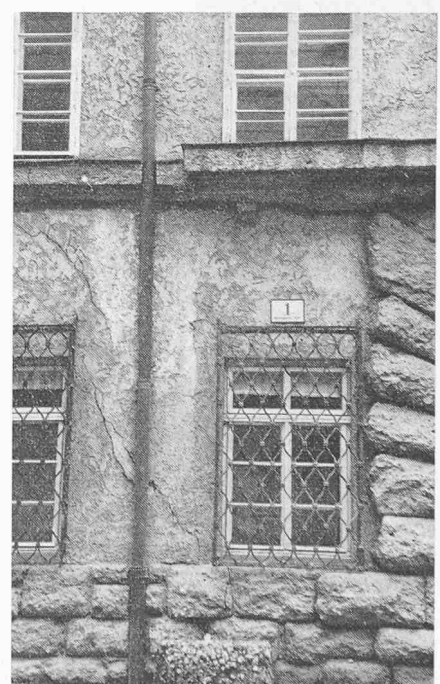


Bild 5. «Behrenstrakt» des Stiftes St. Peter, erbaut 1925/26, von Setzungsrisen durchgezogene Aussenmauer



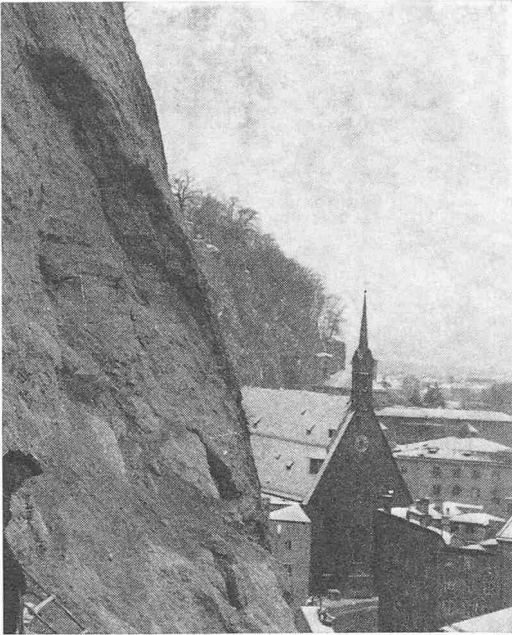


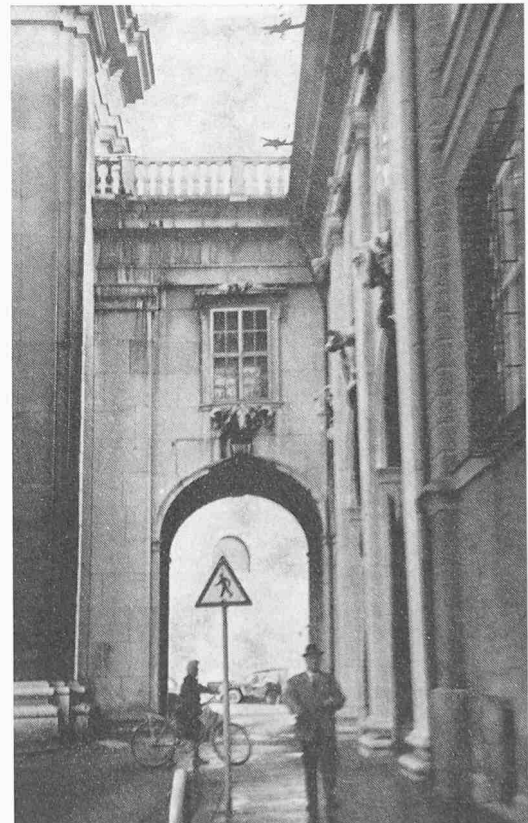
Bild 6. Ablösung von Entspannungsplatten aus der Steilwand des Mönchsberges

Eine für den Bau des Festspielhauses entscheidend wichtige Frage war die nach der Untergrenze der Nagelfluh. Aus Aufschlüssen in der Nachbarschaft und im Almstollen des 12. Jahrhunderts wissen wir, dass unter der festen Nagelfluh weiche, tonige Grundmoränen und dann Gosauergel liegen, beides bautechnisch höchst gefährliche Gesteinsarten, die wenn möglich nicht angeschnitten werden durften. Auf den Rat des Geologen begnügte man sich bei der Wanne der Unterbühne mit einer Tiefe von 6 m, um in der festen Nagelfluh zu verbleiben.



Bild 7 (links). Einzelheit aus Schürfbrennen 2, weit offene Spannungsklüfte in der Nagelfluh

Bild 8 (rechts). Deformation der Domkolonnaden über der Felskante



Die nordöstlichen Steilwände des Mönchsberges haben also an ihrem Unterende eine Felsterrasse, von deren Kante das tiefere Salzachtal steil, zum Teil anscheinend sogar überhängend, gegen die mindestens 100 m tiefe, mit weichen Schluffen aufgefüllte Schlucht abfällt.

Begreiflicherweise haben Bauwerke, die zu einem Teil noch auf der Felsterrasse, zum andern Teil aber auf den weichen Talfüllungen ruhen, sehr ungleiche Setzungen und schwerste Bauschäden erlitten. Solche Deformationen sind an den meisten Bauten zwischen der Ursulinen-Kirche und Teilen des Stiftes St. Peter zu sehen (Bilder 3 und 4). Leider wurde die Ungleichheit des Baugrundes auch 1925/26 bei der Errichtung des westlichsten Stiftstraktes, des «Behrens Traktes», noch nicht erkannt, so dass sich dort zahlreiche diagonale Mauerisse entwickelten (Bild 5). Das erste Festspielhaus reicht zwar auch über diese Felskante, hat aber dank seiner soliden Betonkonstruktion nur wenige Risse erlitten. Diese Ungleichheit des Baugrundes musste auch beim Bau des neuesten Festspielhauses berücksichtigt werden, weil die verhängnisvolle Felskante zwischen Bühnenhaus und Zuschauerraum verläuft.

c) Klüftigkeit der Nagelfluh

Die Steilwände der Nagelfluh gegen die Altstadt weisen eine Reihe von ziemlich genau oberflächenparallelen Klüftflächen (Bild 6) auf, durch die sich lotrechte (meist 1 bis 2 m dicke) Felsplatten (also quer zu dem südwestlichen Einfallen der Nagelfluh-Bänke) ablösen und wiederholt abgestürzt (Bild 7) sind. Am ärgsten war der Felssturz am 16. Juli 1669 (Bild 1), der einen Grossteil der Gebäude in der Gstettengasse vernichtete und über 200 Menschen das Leben kostete (ihr Massengrab auf dem Sebastians-Friedhof).

Hinter den fast lotrechten Steilwänden des Mönchsberges sind diese Klüftflächen ziemlich eben. Am Fusse der Steilwände aber biegen sie parallel zur Hohlkehle um und verlaufen dann von der Aussenkante der Felsterrasse an gleichlaufend zur Grenzfläche Fels/Schluff in unbekannte Tiefe.

Entgegen früheren Auffassungen sind diese Klüfte nicht tektonischer Natur (die jungen eiszeitlichen Bildungen haben ja nie eine echte Tektonik mitgemacht), sie haben auch nichts mit Verwitterung zu tun, sondern sind Entspannungserscheinungen, ein Ausweichen der Nagelfluh an den Steilhängen des Mönchsberges. Sie sind auch nicht die Folge einer Unterwaschung der Nagelfluh, wie Cramer 1956 angenommen hatte. Gerade die Felsaufschlüsse beim Bau des Festspielhauses haben die Unrichtigkeit einer solchen Vorstellung bewiesen. Die Feststellung vom Verlauf dieser Klüfte war von entscheidender Wichtigkeit für die Fundierungsarbeiten des Neuen Festspielhauses.

3. Auswirkung der geologischen Erkenntnisse für den Bau

a) Der Felsausbruch

Die Steilböschung in den unteren Teilen der Mönchsbergwände war im Stiftsbereich nicht mehr die ursprüngliche. Um mehr Platz für die Stiftsgebäude zu gewinnen, hatte man bereits im 17. Jahrhundert den Fuss des Berges um etwa 20 m (waagrecht) abgearbeitet («skarpirt»). Für das neue Bühnenhaus musste nun der Bergfuss noch weiter (waagrecht durchschnittlich um 18 m, lotrecht bis auf 65 m Höhe) abgetragen werden. Im ganzen waren es 53250 m³ fester Felsen (einschliesslich 5300 m³ Ausschachtung für die Unterbühnenwanne). Die Arbeiten wurden von einer Arbeitsgemeinschaft von vier grossen Baufirmen durchgeführt.

Mit Rücksicht einerseits auf die Bauwerke der umgebenen Altstadt, andererseits auch zur Schonung der Felshinterwand, die unversehrt bleiben sollte und in der keine neuen Klüfte aufgerissen werden durften, wurde aufgrund von Probesprengungen und Erschütterungsmessungen ein möglichst schonender Sprengvorgang ermittelt und vorgeschrieben. Am besten hatte sich die Sprengung mit Millisekundenschüssen bewährt (mit einer Verzögerung von je 50 Tausendstel Sekunden zwischen den benachbarten Sprengladungen). Der letzte halbe Meter der Wand durfte nicht mehr gesprengt werden, sondern musste mit Pressluftschlämmern abgeschrämt werden. Die Arbeit in der im ganzen 65 m hohen Lotrechten, während der Wintermonate vereisten Felswand (die Arbeit musste im November 1956 begonnen werden) war gefährlich und schwie-

rig. Infolge der Zeitknappheit konnte kein schonender richtiger Werkstein-Bruchbetrieb durchgeführt werden, so dass nur ein verhältnismässig kleiner Anteil des ausgebrochenen Felsens für Steinquader verwendbar war.

Zwischen der Felswand und der freistehenden Hinterwand des Bühnenhauses wurde ein Zwischenraum von 1,50 m Breite gelassen, von dem aus die Felswand jederzeit überprüft werden kann; zu diesem Zweck wurde dort ein eigener Aufzug angebracht.

b) Der Verlauf der Felskante

Die oben beschriebene Felskante, an der die Nagelfluh praktisch lotrecht in die unbekannte Tiefe des mit Schluff erfüllten tieferen Salzachtales abtaucht, liess sich die ganze Stadt entlang durch die Deformationen an den vielen Bauten, die gerade über dieser Kante stehen, ohne weiteres nachweisen. Sie sei den Bautechnikern eine eindringliche Warnung. Die Ursulinenkirche mit ihren deformierten Fenstern und Türen wurde bereits erwähnt. Schwerste Risse wies auch das alte Klostergebäude (besonders auffällig an der Ecke Gstetengasse/Griesgasse) auf (Bild 3). Auch der neue Behrens-Trakt, das westlichste der Stiftsgebäude, mit seinen argen Mauerrissen, wurde schon erwähnt (Bild 5). Sehr eindrucksvoll ist die Deformation im ersten Bogen der Dom-Kolonnaden an der SW-Ecke des Domes (Durchgang zum Kapitelplatz, Bild 8).

Der Verlauf dieser wichtigen Felskante wurde im Hofe des Marstallgebäudes zunächst durch Schurfbohrungen annähernd festgestellt und später durch Grabungen genau aufgeschlossen.

Die Erkenntnis vom Vorhandensein zweier so gänzlich verschiedener Arten von Baugrund – Fels und Schluff – unter dem geplanten Neubau des Festspielhauses war grundlegend für die gemeinsame Forderung des Erdbaumechanikers (O.K. Fröhlich) und des Geologen (A. Kieslinger), dass jeder einzelne Bauteil nur auf einer der beiden Bodenarten – unabhängig von der anderen – gegründet werden dürfe. Wo einzelne Bauteile stellenweise über diese geologische Grenze herausragten, musste ihre Auflast mit Hilfe von Kragkonstruktionen auf den festen Fels übertragen werden (Bild 9).

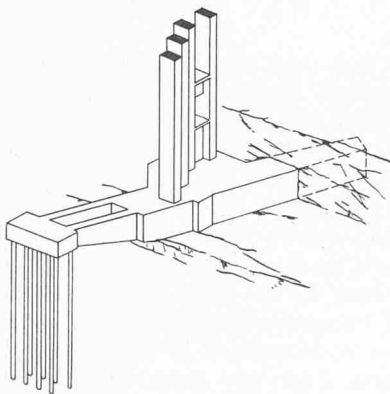


Bild 9. Kragkonstruktion der Bühnenhauspfeiler

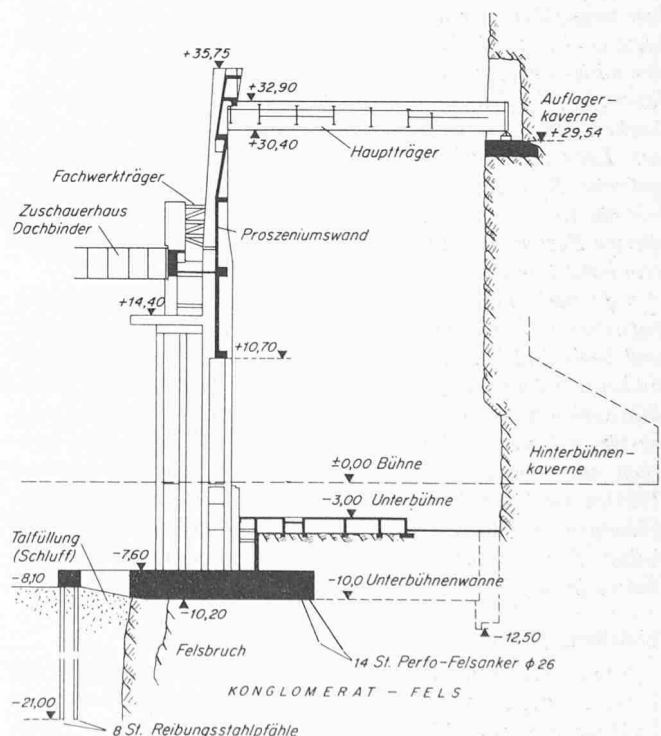


Bild 10 (rechts). Schnitt durch das Bühnenhaus

c) Der Verlauf der Klüftflächen

Der Verlauf der oberflächenparallelen Entspannungsklüfte in den steilen Ostwänden des Mönchsberges war schon mit freiem Auge verhältnismässig leicht auszunehmen. Im Baubereich ist ein Grossteil der abgelösten Platten durch den Aushub für die Bühne bereits in Wegfall gekommen. Einige Reste von solchen Platten, besonders hoch oben an der Kante des Voreinschnittes des Neutortunnels, wurden absichtlich belassen, um die Symmetrie dieses Voreinschnittes nicht zu zerstören. Diese Platten wurden mit Felsankern gesichert.

Kritisch aber war das Umbiegen der grösseren Entspannungsklüfte bzw. der von ihnen begrenzten Felsplatten zunächst am Fusse der Bergwand in die Felsterrasse und dann ihr neuerliches Abbiegen in die Tiefe, parallel zum verschütteten tieferen Salzachtal. Es war ja zu erwarten, dass sich diese Spannungsplatten bereits mehr oder minder voneinander getrennt hätten und dass sie im Falle einer Belastung gegen die weiche Schluffausfüllung des Tales ausweichen könnten. Nun wären die südöstlichen Pfeiler des Bühnenhauses gerade auf die Schichtköpfe solcher Platten zu stehen gekommen. Es wurden vier Brunnen mit Tiefen von 11 bis 12 m abgeteuft (sie dienten später zum Teil zur Aufnahme der Gegengewichte der Orchesterpodien). Diese Brunnenschächte haben die warnende Voraussage des Geologen voll bestätigt: Überall zeigten sich die steilstehenden, offenen, zum Teil wasserführenden Felsklüfte (Bild 6); ein Beweis dafür, dass sich diese Spannungsplatten tatsächlich schon vom Felsmassiv abgelöst (bzw. sich ihre Trennflächen geöffnet) hatten und dass ihre Belastung durch die südöstlichen Bühnenhauspfeiler mit einer Stützenlast von 1800 t nicht mehr in Frage kam.

Es musste also die Fundierung des Bühnenhauses umgeplant werden. Nach dem Vorschlag von Prof. O.K. Fröhlich wurde diese Pfeilergruppe des Bühnenhauses auf kräftige Stahlbeton-Konsolen gestellt, die tief in den Fels eingreifen. Übrigens wurden ihre Holme auf den Schluffbereich verlängert und dort auf Ramm-Pfähle gestellt. Die Fundamente dieser Bühnenpfeilergruppe wurden überdies durch mächtige lange Betonanker (zwei mit 6 m und einer mit 9,50 m Länge) gegen die Hinterwand des Mönchsberges verhängt (Bild 10).

Nach dieser geänderten Fundierung ruht nun also das Bühnenhaus vollkommen auf Fels, der Zuschauerraum (der innerlich ganz umgebaute ehemalige Marstall) mit Streifenfundamenten auf Schluffboden. Ähnliche Kragkonstruktionen wurden auch an Nebengebäuden durchgeführt, so am Künstlergarderobentrakt und am Personaltrakt (Darstellung der statischen Konstruktion durch Ernst Mühlberg in [4].)

Literaturverzeichnis

- [1] Crammer H.: Überschiebungen und Formenwelt bei Salzburg. I. Die Berge der Stadt Salzburg. Bibliothek. Geogr. Handbücher NF, Festband Albrecht Penck, Stuttgart 1918.
- [2] Kieslinger A.: Restspannung und Entspannung im Gestein. Geologie und Bauwesen, 24, 95-112, Wien 1958.
- [3] Kieslinger A.: Die nutzbaren Gesteine Salzburgs. 436 pp, Verlag «Das Bergland-Buch», Salzburg 1963.
- [4] Das neue Salzburger Festspielhaus. Festschrift zur Eröffnung am 26. Juli 1960 (darin besonders die Beiträge von O.K. Fröhlich, A. Kieslinger, E. Mühlberg).

Adresse des Verfassers: Dr. Alois Kieslinger, o. Professor T. H. Wien, Schönlaterngasse 5, A-1010 Wien.

Geotechnische Untersuchungen für die Erweiterung des Utoquais in Zürich

Probleme in einem labilen Ufergebiet und ihre Lösung

DK 550.8.001.2

Von G. Schindler, Oetwil am See, und M. A. Gautschi, Pfaffhausen

Vor der Erweiterung des Utoquais wurden zur Abklärung der geotechnischen Verhältnisse zahlreiche Bohrungen, Flügelversuche, Probepfähle und Laboruntersuchungen von Bodenproben ausgeführt. Für die Beurteilung der Stabilität der Ufergebiete erwies sich insbesondere der Verlauf der Grenze zwischen den siltig-sandigen eiszeitlichen Seeablagerungen und dem überlagernden, labilen Komplex als wichtig. Dieser besteht aus Seekreide und Seebodenlehm, wobei eine Wechsellagerung beider Lockergesteinsarten besonders ungünstige Eigenschaften aufweist. Seekreide in überkonsolidiertem Zustand verhält sich wie ein Reibungsmaterial, wird sie dagegen im normalkonsolidierten Zustand rasch beansprucht, so reagiert sie ähnlich einem rein kohäsiven Boden.

Je nach Verlauf der Untergrenze des labilen Komplexes entstehen bei Schüttungen mässige Setzungen, können Seekreide und Seebodenlehm in grossen Paketen seitlich ausweichen oder bilden sich Rutschungen. Eine quantitative Erfassung der Stabilitätsverhältnisse ist infolge des wirren Aufbaus des bereits gestörten Untergrundes nicht möglich. Alle Überlegungen sprachen am Utoquai aber gegen Schüttungen, so dass eine auf Pfählen fundierte Kunstbaute errichtet wurde. Auf Grund der günstigen Ergebnisse einer Probelastung und zur Vermeidung hoher Porenwasserspannungen wurden Bohrpfähle gewählt, welche in die eiszeitlichen Seeablagerungen abgestellt wurden.

Einleitung

Das Tiefbauamt der Stadt Zürich beabsichtigte, das Utoquai zwischen dem Hotel Eden im Seefeld und dem Bellevue um rund 15 m zu verbreitern, dies auf eine Länge

von rund 600 m. In der Folge wurde das geotechnische Büro Dr. A. von Moos mit der geotechnischen Voruntersuchung und der Beratung während des Baues betraut. Projektierung, Planung und Bauleitung lagen in den Händen des Ingenieurbüros Bernardi in Zürich.

Zunächst war die Frage abzuklären, ob eine Schüttung ohne Gefährdung der heutigen Uferpartien möglich sei oder ob eine Pfählung notwendig werde. An älteren Unterlagen standen Pläne für die Quaauffüllungen durch Stadtingenieur Bürkli in den Jahren 1881 bis 1888 zur Verfügung, ferner Untersuchungen der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH Zürich, VAWE, für das Projekt Seepark (Bericht vom 9.8.1958) und einzelne Sondierungen für andere Bauvorhaben. Als Ergänzung wurden in den Jahren 1967 und 1968 8 Bohrungen und 7 Flügelsondierungen abgetieft, zudem wurden durch die Firma W. Stäubli AG in Zürich 6 Probepfähle aus Holz gerammt. Zwei von diesen wurden einer Probelastung bis zu je 50 t unterworfen. Auf der Sechseläutenwiese erstellte die Swissboring einen Bohrpfahl von 56 cm Durchmesser, an welchem Probelastungen bis zu 320 t ausgeführt wurden. Im weiteren wurden Echolotprofile des Seebodens aufgenommen und zahlreiche gestörte wie auch ungestörte Proben im Erdbaulaboratorium der VAWE untersucht. Wichtige Ergänzungen ergaben die Beobachtungen während des Baues und ferner spätere Untersuchungen unseres Büros für den projektierten Umbau von Bellevue und Quaibrücke. Das erweiterte Utoquai ist ausschliesslich den Fussgängern reserviert und wurde am 22.4.71 der Öffentlichkeit übergeben.