

Auch hier ist eine Straßenzufahrt vorhanden. Für die Transporte innerhalb der Baustelle wurde ein Kran eingesetzt. Die Hauptelemente der Felssicherung sind einerseits Betonpfropfen, die seit der Wiederherstellung des früheren Bodenverlaufes weitgehend zugeschüttet sind, und andererseits fünf Betonpfeiler. Ein Treppenaufgang an der ursprünglichen Stelle und ein Schutzdach (beide aus Stahl) für die sorgfältig konservierte Mauer vor dem Grottenraum ergänzen die ausgeführte Arbeit.

Der Grottenraum (Beitrag F. Schneller, Abb. 9: Raum 3) war denkmalpflegerisch und gestalterisch die empfindlichste Stelle. Er ist mit seiner Felsüberwölbung und der Abschlußmauer das besterhaltene räumliche Element der Burganlage, der Fels selber zeigt in seinem Umfeld größere behauene Flächen, und die Mauer hat (als einzige auf Schalun) ihren ursprünglichen Verputz mit Fugenstrich bewahrt. Bereits bei der Auswahl innerhalb der Varianten 1

bis 7 (s. Beitrag F. Schneller, Abb. 12) spielte unter anderem der Wunsch eine Rolle, diese authentischen Elemente möglichst ungeschmälert zu erhalten. Für die Weiterentwicklung der ausgewählten Variante 5 zur Ausführungsvariante 8 mit Schrägpfeilern (Abb. 14) war er wegleitend; zum Vorteil der Elemente des historischen Bestandes wurden alle Maßnahmen quantitativ minimiert und formal optimiert.

Die Ausführung brachte allerdings Schwierigkeiten, indem die Einleitung der Stützkräfte in den Fels Abtragungen, Injektionen und andere Maßnahmen nötig machte, bei denen sogar Fels und Mauer örtlich Schaden nahmen (11). Wenn auf Schalun auch die Absicht, möglichst behutsam einzugreifen, an der Ausführung in Einzelheiten scheiterte, so ist doch eine denkmalpflegerisch befriedigende und, nach dem Urteil aller Beteiligten, angemessene Lösung verwirklicht worden.

Literaturhinweise

- (1) *Clavadetscher, O.P./Meyer, W.*: Das Burgenbuch von Graubünden, Zürich/Schwäbisch Hall 1984, S. 90–92.
- (2) *Knoll-Heitz, F.*: Urstein. Die größte Burg von Herisau, in: *Appenzellische Jahrbücher* 1985, H. 113.
- (3) *Högl, L.*: Sicherungstechnische Lehren aus früheren Schweizer Ruinensicherungen, in: *Fundberichte aus Österreich, Materialheft A 2: Die Burgenforschung und ihre Probleme*, hrsg. v. Bundesdenkmalamt, Wien 1994, S. 75–81.
- (4) *Spaniola-Turm, Pontresina*, Sicherung des Zustandes, Akten zum Projekt (Vervielfältigung), 1992, Standort: Amt für Denkmalpflege Graubünden, Chur.
- (5) *Boncourt JU, Tour de Milandre*. Sicherungs- und Ergänzungsarbeiten, Kostenschätzung (Vervielfältigung), 1984, Standort: Gemeindeverwaltung Boncourt.

- (6) *Anno Domini 1989*, 10. Jahresbericht des Untervazer Burgenvereins, S. 64–82.
- (7) *Anno Domini 1984*, 5. Jahresbericht des Untervazer Burgenvereins, S. 18–32.
- (8) *Högl, L.*: Burgen im Fels (Schweizer Beiträge zur Kulturgeschichte und Archäologie des Mittelalters, 12), Olten/Freiburg i. Br. 1986, S. 23 ff., S. 128 ff., S. 147 f.
- (9) *Schloß Burgdorf*, hrsg. v. Hochbauamt des Kantons Bern, Bern 1984.
- (10) *Mesocco, Castello 198–1989*, Rilievi e piccola documentazione fotografica (Vervielfältigung), Standort: Amt für Denkmalpflege Graubünden, Chur.
- (11) *Frommelt, H.-J.*: Burgruine Wildschloß Schalun bei Vaduz, Fürstentum Liechtenstein. Die Geschichte einer „Renovation“, in: *Fundberichte aus Österreich* (wie Anm. 3), S. 55–60.

Fredi Schneller

Gründungsfragen von Ruinen am Beispiel Castello Mesocco/Graubünden und Wildschloß Schalun bei Vaduz

1. Vorbemerkungen

Jede Gründungssicherung hat sich bisher als individuelle Aufgabe herausgestellt. Einheitslösungen gibt es offenbar keine. Es gibt aber Grundsätze zur Lösungsfindung. Beim Castello Mesocco und beim Wildschloß Schalun wurde versucht, nach solchen Grundsätzen vorzugehen.

2. Grundsätzliches

2.1 Die Grundproblematik bei Altbaugründungen vergleichsweise zu Neubaugründungen

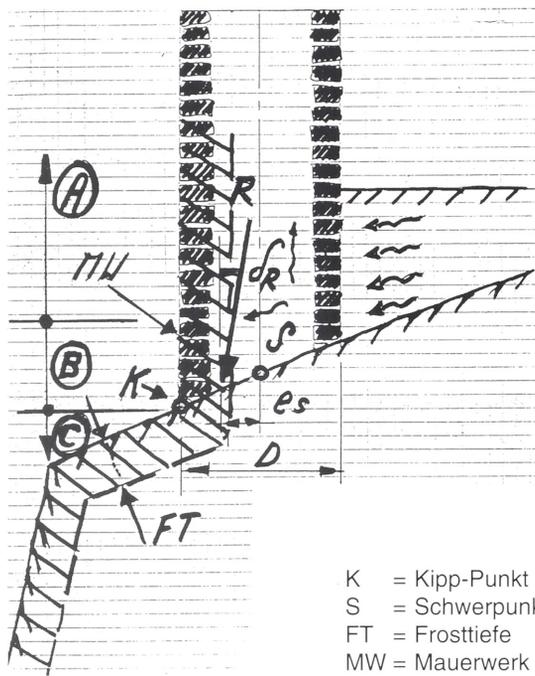
Eine Neubaugründung gehört zum Alltag des Bauingenieurs. Trotzdem sind Schadensfälle häufig. Die Ursache ist aber infolge der meist guten Aktenlage leicht feststellbar.

Bei einer Ruinengründung stellt sich dem Ingenieur analog zur Neubaugründung die Frage nach deren Tragfähigkeit, d. h. nach der vorhandenen Tragreserve des Bodens, aber auch des Gründungsmauerwerks. Mangels Beurteilungsgrundlagen ist diese Frage vorerst gar nicht beantwortbar.

Auch bei einer Ruinengründung sind Gründungsschäden – nicht unerwartet – häufig. Sie vermindern die Tragreserve, verglichen zum lange zurückliegenden Erstellungszustand. Hinweise dazu sind Bauwerksrisse, Feuchtigkeitsstellen aus aufsteigender Grundfeuchte oder infolge von Wasser aus der Hinterfüllung. Frostschäden im Gründungsbereich sowohl im Boden als auch im gemauerten Gründungskörper sind die direkte Folge. Anzeichen auf Gründungsschäden sind ebenso Schiefstellungen von Bauteilen sowie Gesteinsauflockerungen, Gesteinsablösungen und Gesteinsabsackungen im Bodenbereich an exponiert gegründeten Bauwerken nahe Steilabfällen.

Die Kenntnis der Ursachen eines Gründungsschadens ist für die Ermittlung der Tragreserve wie für die Art der vorzusehenden Sicherung unabdingbar. Die erwähnten Anzeichen können dabei hilfreich sein. Sie gestatten oft bei einiger Erfahrung den Ort des Schadens zu lokalisieren und damit auch gezielter zu sondieren.

Drei Bauwerksbereiche können zu einem Gründungsschaden beitragen (Abb. 1):



K = Kipp-Punkt
 S = Schwerpunkt
 FT = Frosttiefe
 MW = Mauerwerk

Abb. 1. Lokalisieren von Gründungsschäden (Zeichnung: Verf.).

Bereich A, das aufgehende Bauwerk resp. das Bauwerkssystem

Die resultierende Last R in der Gründungssohle und deren Neigung δ zur Vertikalen sind entscheidende Größen zur statisch-grundbaulichen Beurteilung der Gründung. Alleinstehende Türme, Wände, Pfeiler weisen als statisch bestimmte Systeme eine geringere Systemreserve auf als statisch unbestimmte Systeme, z. B. ausgesteifte Hochbauten.

Bereich B, der Gründungskörper

Einen eigentlichen Gründungskörper im modernen Sinne gibt es bei Ruinen nur ausnahmsweise, doch sind D oder eine durch die Gründungsschädigung reduzierte Gründungsbreite D' sowie die Neigung der Gründungssohle wichtige Kenndaten zur Berechnung der Gründung. Eine nicht zu vernachlässigende Beurteilungsgröße ist die innere Mauerwerksfestigkeit. Ein Querverbund des meist optisch schönen Mantelmauerwerks mit dem Kernmauerwerk wäre an sich notwendig. Er fehlt aber in der Regel. Er kann allenfalls durch die Zugfestigkeit des Mauerwerksmörtels sichergestellt sein. Wo aber Wasser nach außen dringt, besteht die große Wahrscheinlichkeit, daß der Mörtel und damit der Mörtelverbund zerstört werden und damit die Mantelschale und das Kernmauerwerk schadhaft sind. Dieser Prozeß kann, wenn genügend weit fortgeschritten, durchaus zum Einsturz des Bauwerks führen.

Bereich C, der Gründungsboden

Hier finden je nach dessen Beanspruchung aus der Ruine oder auch aus Eigenbeanspruchung Verschiebungen statt, die sich über die Jahrhunderte zu ansehnlichen Beträgen aufsummieren können. Auch neuere Einwirkungen wie Setzungen aus Grundwasserabsenkung, Tunnel- und Stol-

lenbau, Verkehrserschütterungen, Frostabwitterung des Bodens, Frosthebungen in der Folge von fehlenden oder ausfallenden Drainagen oder aus aufsteigender Feuchte sind nicht selten.

Zusammenfassend können somit folgende Faktoren zum Versagen einer Gründung führen:

- zu hohe, zu schräge und zu exzentrische Lasten,
- eine ungenügende Substanzerhaltung des Gründungskörpers mit reduzierter Aufstandsfläche als Folge,
- Wasserzutritt zum Gründungskörper mit Frostwirkung,
- Eigenverschiebungen des Gründungsbodens.

Die gelegentlich vertretene Ansicht von Denkmalpflegern und Archäologen, daß eine Ruine auch weiterhin standfest bleibt, nachdem sie Jahrhunderte überdauert hat, ist damit wohl relativiert. Zu bedenken ist auch, daß Einwirkungen wie Terrainerhöhungen und seit Aufgabe der Bauten nicht unterhaltene Drainagen sicherheitsmindernd und damit schadensfördernd sind.

2.2 Das Umfeld bei der Projektierung von Ruinensicherungen

Im normalen Ingenieurbau sind für den Gründungsentwurf allein die Kosten und die Technik maßgebende Größen. Der Einsatz an technischen Mitteln ist heute beträchtlich, die technische Entwicklung in diesem Bereich steil.

Bei Ruinensicherungen und Gründungssicherungen von Ruinen gestatten aus einsichtigen Gründen die Denkmalpflege und die Archäologie stets nur einen zurückhaltenden Eingriff in die gewachsene Substanz. Von den beteiligten Fachleuten – neben dem Denkmalpfleger und Archäologen der Architekt, der Geologe, der Vermesser, der Restaurator, der Baustoffprüfer, der Bauingenieur – wird verlangt, daß sie fachübergreifend mitdenken, wobei von der angestammten Tätigkeit her deren Denkweisen sehr unterschiedlich sind. Nur wenn alle in diesem interdisziplinären Team zu einer gemeinsamen Lösungssuche willens sind, entstehen gute Lösungen.

Vor allem der Bauingenieur kommt wohl kaum darum herum, in Varianten zu denken und auch gelegentlich zu unkonventionellen Lösungen Hand zu bieten. Ein breiter Erfahrungsschatz aus dem gesamten Baubereich ist hierzu Voraussetzung.

2.3 Der Sicherungsbedarf

Die Sicherheit eines Bauwerks und seiner Gründung sind ein zentrales Anliegen des Bauingenieurs. Nun führt die Verwendung von Norm-Werten physikalischer Größen und Normvorstellungen für Konstruktionen bei den statischen und grundbaulichen Berechnungen fast regelmäßig zu Sicherungskonstruktionen, die von der Denkmalpflege und der Archäologie als zu weitgehend empfunden werden. Allein die Nachrechnung bestehender Konstruktionen oder ihrer Teile unter Zugrundelegung von Normwerten und Normvorstellungen weist nicht selten einen instabilen Zustand nach.

Es gibt im Bauingenieurwesen ähnliche Aufgaben, die auch nicht allein unter Bezug auf die geltenden Normen lösbar sind.

Bei Rutschungen werden die Bodenkennwerte regelmäßig aus einer Rückwärtsrechnung gewonnen unter Zugrundelegung einer Sicherheit von $F = 1,0$ anlässlich der Rutschung. Für die Sicherungsmaßnahme rechnet man in der Schweiz mit einer demgegenüber leicht erhöhten Sicherheit von $F \sim 1,15-1,20$ und nicht mit den Gesetzes- und Normvor-

schriften, die ein $F = 1,3-1,5$ verlangen. Nur so gelangt man zu Sicherungskonstruktionen, die auch als angemessen empfunden werden. Ein Neubau einer Berghütte wurde unter Ingenieuren zur Konkurrenz ausgeschrieben. Den Zuschlag erhielt ein Ingenieur, der die Schneelast durch Nachrechnung an der bestehenden, 50jährigen Dachkonstruktion ermittelte. Sie betrug etwa 50% der von den Normen vorgeschriebenen Last für diese Gegend. Die Beurteilung der lokal vorhandenen Witterungsbedingungen rechtfertigte die Annahme des Ingenieurs. Zur Sicherung von Ruinengründungen sind analoge Denkweisen gefragt. Der Ingenieur könnte sich damit vom Ruf des reinen Sicherheits- und Normendenkens befreien.

Und nun zum Sicherungsbedarf. Er ist in folgenden Fällen gegeben:

- wenn der Eigentümer ein Bauwerk erhalten will, dessen Bestand ohne Sicherung nicht gewährleistet werden kann;
- bei Risiko für Personenschäden oder bei der Gefahr von Sachschäden nach Maßgabe des finanziellen Risikos.

Im Falle vom Mesocco und Schalun war das Ausmaß der Gründungsschäden ausreichend groß, so daß ein Sicherungsbedarf bestand.

3. Die Gründungssicherung beim Castello Mesocco

Die Gründungssicherung, ausgeführt im Jahr 1993, war Teil der Gesamtsicherung der ca. 120 m langen und 50 m breiten Ruinenanlage. Diese steht auf einer Felskuppe, steil über der auf der Nordseite der Kuppe vorbeiführenden Nationalstraße N 13, Chur-Bellinzona (Abb. 2). Oberkante Nordwand mit Nordturm liegen etwa 60 m über dem Straßenniveau und min. 23 m seitlich (Abb. 3; Foto siehe Beitrag Högl).

Der im allgemeinen kompakte, geschieferte Gneisfels der Felskuppe wird im Burginneren von einer aufgelockerten Moräne überdeckt. Die Entwässerung der Kuppe erfolgt überwiegend in Richtung Nord und zwar über vier Felsvertiefungen oder Felskerben. In diesen Bereichen waren Mantel- und Kernmauerwerk und teilweise der Fels durch Frostwirkung zerstört. Der größte diesbezügliche Schaden fand sich beim Nordturm (Abb. 4). Nur davon soll hier berichtet werden.

Die schematische Ansicht (Abb. 5) zeigt links der Felskerbe die unterhöhlte Felszone A, rechts der Felskerbe die Felszone B mit Schieferungsflächen, die in Richtung Kerbe verlaufen und dort ins Leere stoßen, ausbeissen.

In Felszone A (Abb. 6) wird durch die Großklüft K 1 und die Schieferung S ein randlicher Felsblock aus dem übrigen Felsmassiv herausgetrennt. Er droht unter den auf ihn einwirkenden Lasten um K zu kippen, wobei gleichzeitig die dortige Unterlage überbeansprucht wird. Der markante Mauerwerksschaden liegt genau in der Felskerbe. Dessen Hauptursache lag ohne Zweifel beim vom Burginneren zum Gründungsbereich zudringenden Sickerwasser, ein Einfluß der Felsstörung der Zonen A und B auf den Gründungsschaden war nicht auszuschließen. In allen Bereichen war der Zerstörungsprozeß sichtbar anhaltend.

Die Notwendigkeit der Stützung der Felszonen A und B ergab sich zwingend aus dem Schadensbild und einer grundbaulich-statischen Analyse. Es boten sich die sechs Lösungsvarianten der Abb. 7 an:

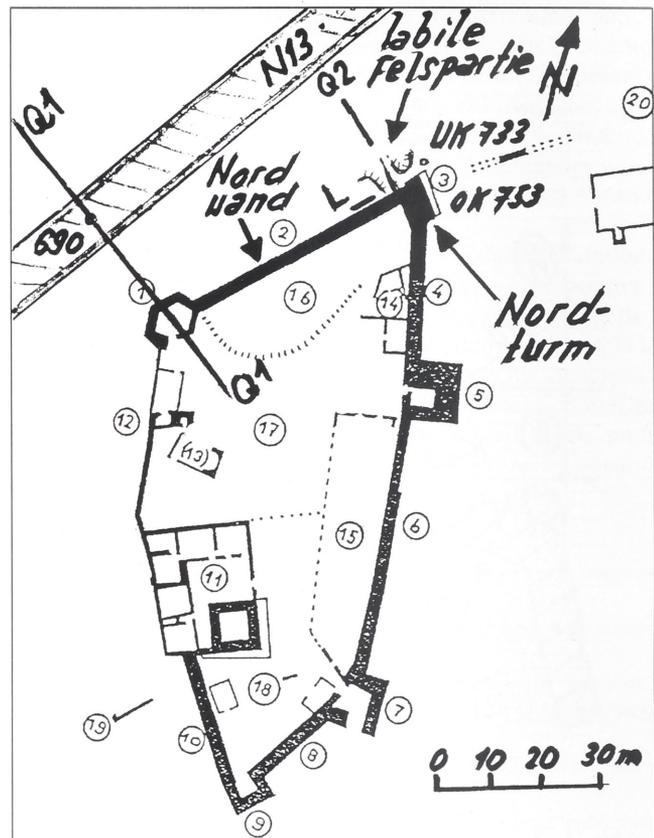


Abb. 2. Situation am Castello Mesocco mit Schnitten Q1, Q2, L (Zeichnung: Verf.).

Abb. 3. Castello Mesocco. Querschnitt Q1 (Zeichnung: Verf.).

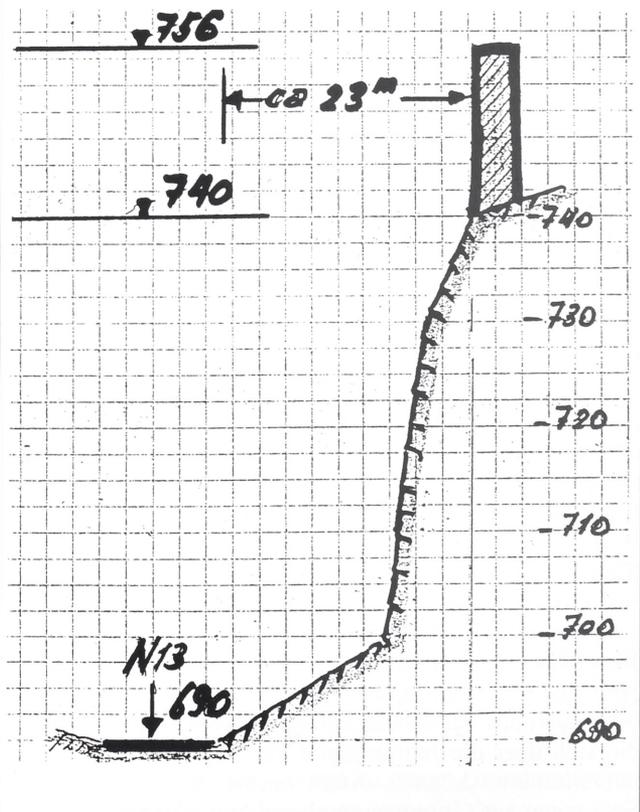




Abb. 4. Castello Mesocco. Mauerwerks- und Felsschaden beim Nordturm (Foto: Högl).

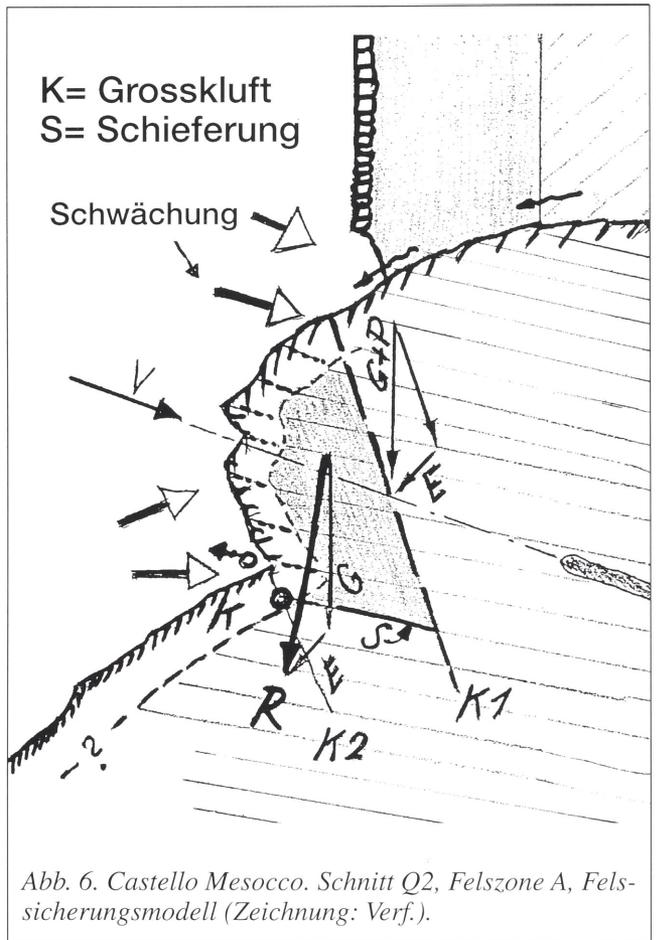


Abb. 6. Castello Mesocco. Schnitt Q2, Felszone A, Fels-sicherungsmodell (Zeichnung: Verf.).

Abb. 5. Castello Mesocco. Schematische Ansicht der labilen Felspartie: Links der Felskerbe die unterhöhlte Felszone A, rechts der Felskerbe die Felszone B mit Schieferungsflächen (Zeichnung: Verf.).

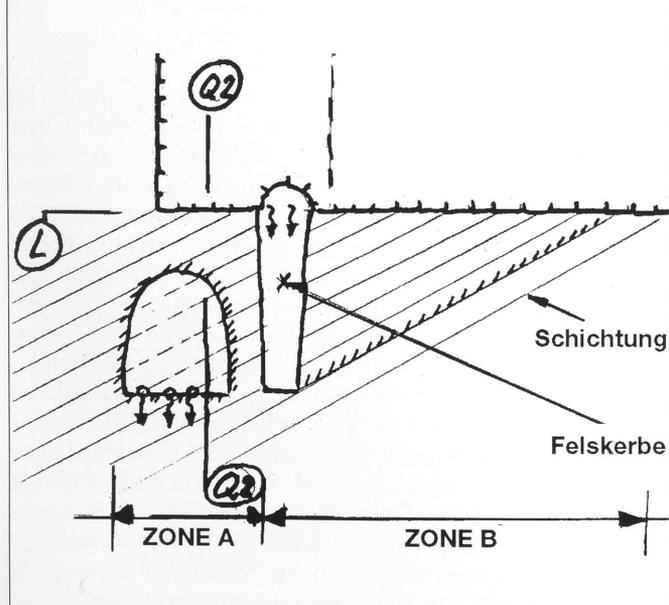
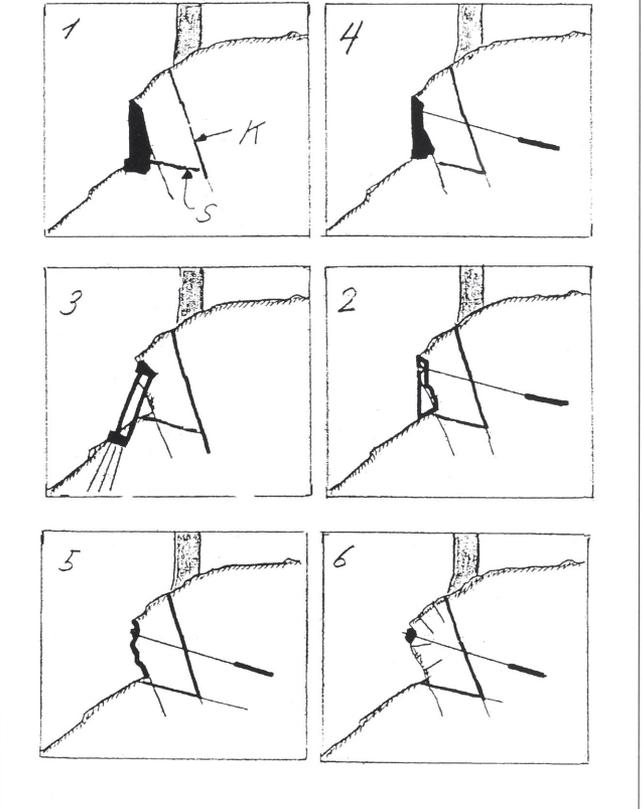


Abb. 7. Castello Mesocco. Lösungsvarianten zur Stüt-zung der Felszonen A und B (Zeichnung: Verf.).



- Variante 1:** Stützmauer massiv, natursteinverkleidet
- Variante 2:** Stützwand, natursteinverkleidet, rückverankert
- Variante 3:** Betonstützen, fundiert, evtl. auf Kleinbohrpfählen
- Variante 4:** Betonstützscheiben, rückverankert
- Variante 5:** Rückverankerung mittels Felsanker, Felsoberflächen-Sicherung
- Variante 6:** Rückverankerung mittels Felsanker, Felsoberflächen-Sicherung mittels Felsnägeln.

Im Variantenvergleich wurden folgende Faktoren bewertet:

- technische Lösung
 - + Risiken,
 - + statische Wirkung/Sicherheitserhöhung,
 - + Zielerreichung
- denkmalpflegerische und archäologische Aspekte
 - + Intensität des Eingriffs
 - + Reversibilität
- Kosten
 - + Erstellungskosten
 - + Unterhaltskosten.

Als beste Lösung für diesen Fall wurde die Variante 6 erkannt (Abb. 8).



Abb. 8. Castello Mesocco. Rückverankerung der Felszone B. Steil darüber die Nordwand (Foto: Högl).

Ihr Steckbrief:

- Gute Gesamtlösung, d. h. für Felszone A und B gleichermaßen geeignet;
- relativ zu den übrigen Varianten geringster Eingriff in den Boden;
- optisch günstig, weil nur 2 x 3 in Felsnischen angeordnete Ankerblöcke sichtbar;
- günstige Kosten;
- reversible Lösung.

Die Ankerköpfe sind mit hydraulischen Druckmeßdosen ausgestattet. Sie erlauben eine periodische Messung der Ankerkräfte nach Maßgabe des Überwachungsplans.

4. Die Felssicherung am Wildschloß Schalun ob Vaduz

Das Wildschloß Schalun steht auf einer Geländerippe in einem bewaldeten Abhang ob Vaduz. Auf der Nordseite sind die dortigen zwei Bauniveaus durch einen stark überhängenden Felsen getrennt (Abb. 9, 10, 11). Der Überhang dürfte einmal auf die Erstellungszeit zurückgehen, aber auch durch Frosteinwirkung während Jahrhunderten und Fremdeinwirkung bedingt sein.

Der Planungsauftrag, die Sicherheitslage zu prüfen und der Bauherrschaft, der Gemeinde Vaduz, wenn notwendig einen Sicherungsvorschlag zu unterbreiten, erfolgte an ein Arbeitsteam aus einem Archäologen, Denkmalpfleger-Architekten, Geologen und Bauingenieur. Bereits vor zehn Jahren war eine Teilsicherung in Form einer vertikalen Stützwand ausgeführt worden. Diese Wand blieb aber glücklicherweise unvollendet.

Der Schloßfelsen besteht aus einem nach der letzten Eiszeit, d. h. vor rund 10000 Jahren „zementierten“ Lockergestein, einer sogenannten Breccie, ähnlich einem verkitteten Schotter oder Nagelfluhfels. „Zementierter“ Kies-Sand steht in Wechsellagerung mit „zementiertem“ siltigem Kies-Sand und „zementiertem“ siltigem Sand, erstere beiden Vertreter eher hart, letzterer eher weich gelagert. Die verschiedenen mächtigen Schichten neigen sich unter ca. 30° bergewärts, liegen somit hinsichtlich der Standsicherheit des Überhanges günstig. Grobklüfte längs und quer zur Felsoberfläche zerteilen den Fels in große, sich gegenseitig stützende Einzelblöcke. Vaduz liegt am Rheintalgraben mit erhöhter Erdbebenintensität. Es besteht erkanntermaßen eine gewisse Gefahr der gegenseitigen Verschiebung der Felsblöcke.

Das Hangwasser ist hang- und schichtbedingt gespannt. Es entlastet, macht diejenigen Schichten leichter, die den Überhang stützen sollten. Das ist felsstatisch ein negativer Aspekt. Die Spannung des Wassers konnte zwar aus Kostengründen nicht gemessen werden. Die Auswirkungen waren jedoch deutlich sichtbar am Halsgraben – dem künstlichen seitlichen Wehrgraben – durch Wasseraustritt auch während Trockenperioden und starken Moosbewuchs.

Das Felsmodell (Abb. 10) zeigt die auskragenden härteren Felsschichten, aufruhend auf der weicheren, zurückstehenden und zurückwitternden Unterlage. Letztere ist statisch hoch beansprucht. Die parallel zur Felsvorderfläche verlaufende Großklüft K (Abb. 9) begünstigt ein Überkippen der auskragenden Felsschichten. Die als prekär einzustufende Standsicherheit des Überhanges wurde auch von Laien durchaus so empfunden. Nachdem die Landesverwaltung des Fürstentums Liechtenstein das Wildschloß zugänglich belassen wollte, wurde der Sicherungsbedarf bejaht.

Abb. 9. Situation am Wildschloß Schalun (Zeichnung: Verf.). Räume 1, 2: oberes Niveau Räume 3, 4, 5, 6: unteres Niveau K = Großkluft

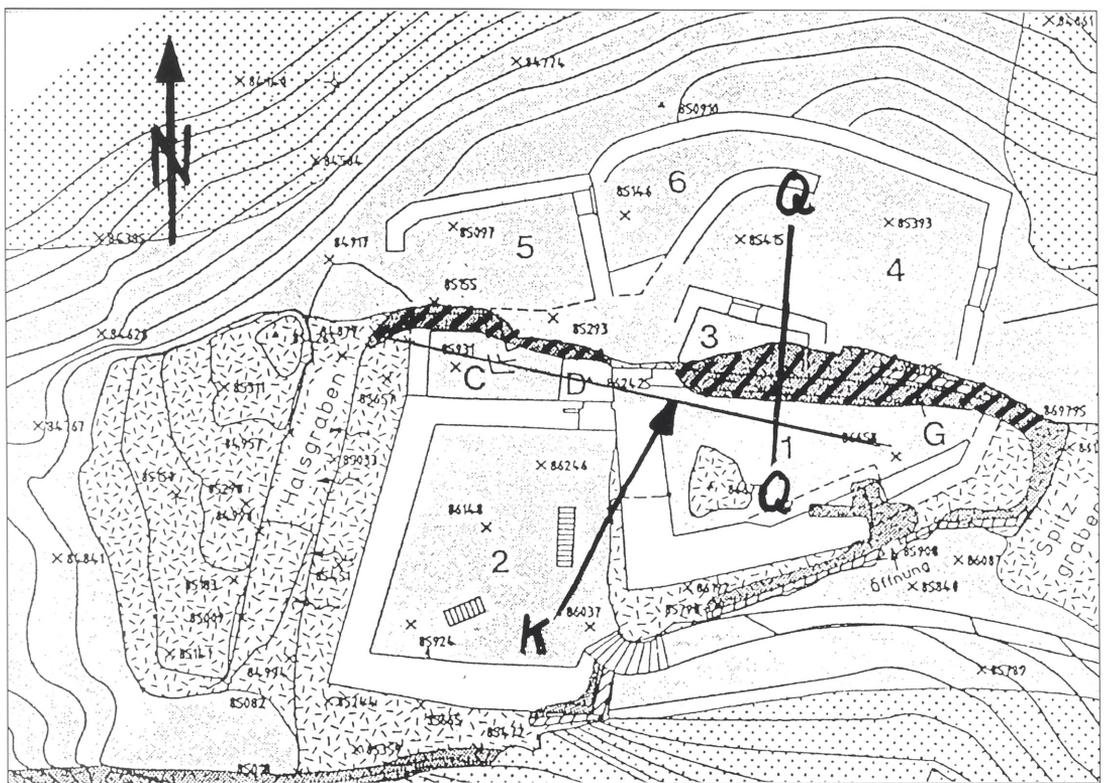
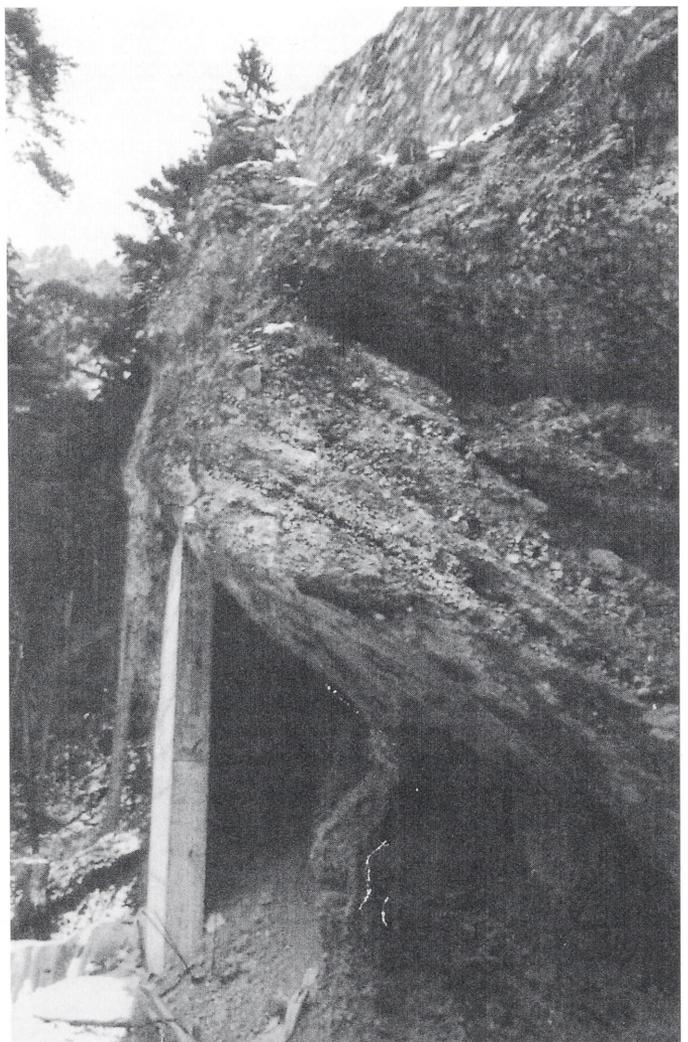
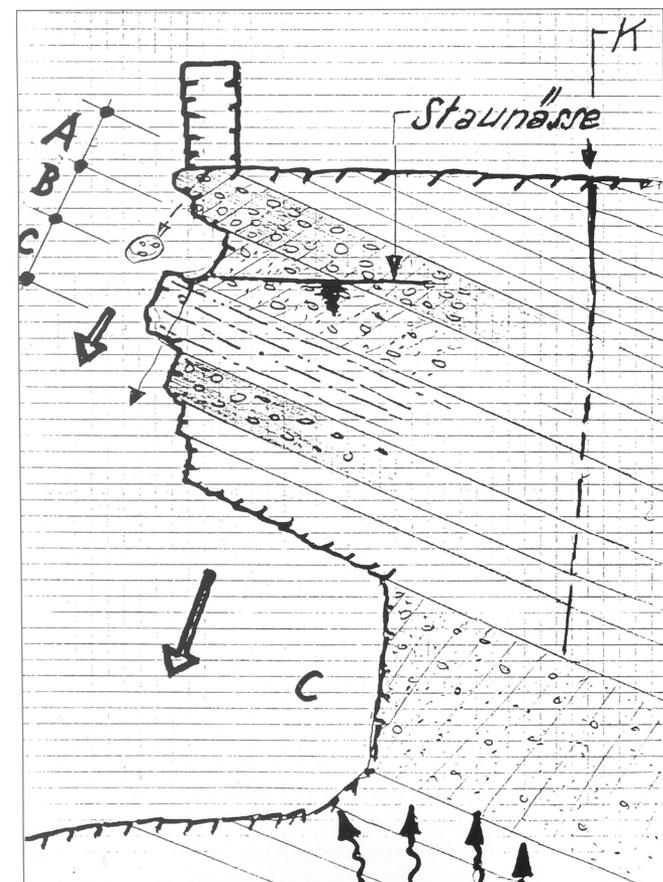


Abb. 10. Wildschloß Schalun. Felsmodell (Schnitt QQ) K = Großkluft (Zeichnung: Verf.).

Abb. 11. Wildschloß Schalun. Felsüberhang im Bereich von Schnitt Q mit alter Felssicherung in Form einer vertikalen Stützwand (Foto: Landesverwaltung des Fürstentums Liechtenstein, Abt. Archäologie, H.-J. Frommelt).



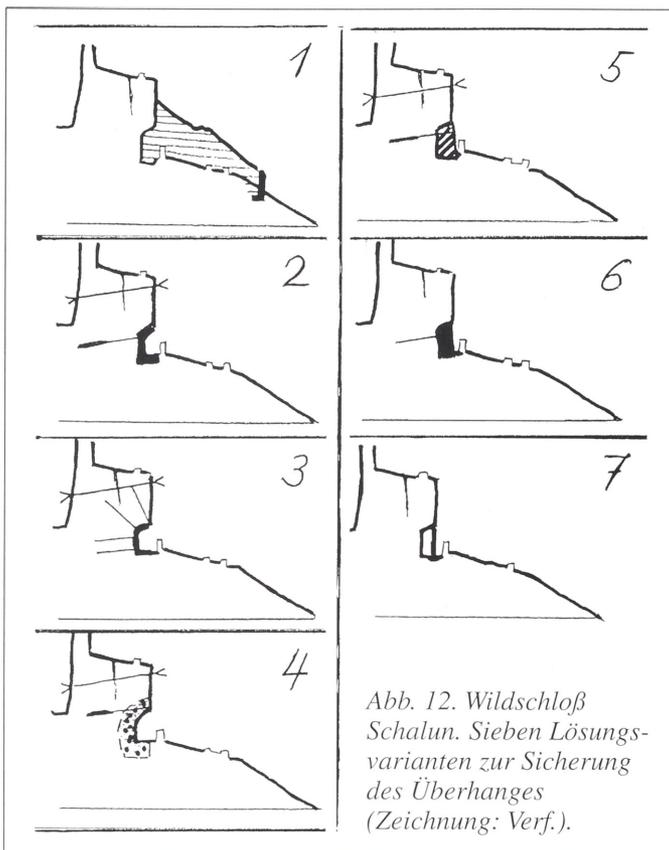


Abb. 13. Wildschloß Schalun. Variante 8: Schräggestellte Stahlbetonstützen zur Sicherung des Felsüberhanges (Foto: Landesverwaltung des Fürstentums Liechtenstein, Abt. Archäologie, H.-J. Frommelt).



Varianten, Variantenvergleich

Sieben Varianten zur Sicherung des Überhanges wurden erwogen (Abb. 12). Alle Varianten gehen von der Notwendigkeit einer Stützung des Überhanges aus:

Gruppe 1: Sicherung durch Anschüttung

(Variante 1) Das untere Bauniveau wird zugedeckt und vor weiterem Zerfall geschützt.

Gruppe 2: Sichern des Hohlraums (Variante 2, 3, 4)

primär mit parallelem Zurückbinden des Überhanges mittels Felsanker und sekundär

(Variante 2) Hohlraumstützung aus bewehrtem Stahlbeton,

(Variante 3) Hohlraumstützung mit einer dünnen Spritzbetonschale und Felsvernagelung,

(Variante 4) Hohlrauminjektion.

Gruppe 3: Primäre Stützung des Hohlraums

(Variante 5) mittels Stahlbetonscheiben,

(Variante 6) mittels Betonpfropfen (Hohlraumverfüllung mit Beton),

(Variante 7) Stahlbetonwand (entspricht der Teillösung von vor zehn Jahren).

In einem Varianten-Ausscheidungsverfahren analog zur Sicherung beim Castello Mesocco wurde die Lösung mit Stahlbetonscheiben, d. h. Variante 5, als relativ geeignetste Lösung erkannt. Aber erst die Weiterentwicklung dieser

Variante führte schließlich auch zum denkmalpflegerischen Optimum, d. h. zur Variante 8 (Abb. 13) mit

- schräggestellten Stahlbetonstützen im linken, stärker überhängenden Felsteil;

- Betonpfropfen im rechten, weniger überhängenden Felsteil. Hier lag die Großkluft sehr nahe an der Felsvorderfläche. Die Kippgefahr war damit speziell hoch.

Auf die Felsnägel und Felsanker und eine ursprünglich vorgesehene Kluftverfüllung wurde nach ausgiebigen Besprechungen im Arbeitsteam mit Abwägen der Vor- und Nachteile verzichtet.

Im Detail beinhaltet die Lösung 8 folgende technischen Probleme:

- Die Krafteinleitung beim Stützenkopf ist konzentriert.

Trotz einer Stützenkopfverbreiterung, einem Kapitell, mußte diese Zone felsseitig durch eine Zement- und teils Kunststoffinjektion verfestigt werden.

- Der Wunsch des Archäologen nach möglichst gedungenen Gründungskörpern im Bereich des unteren Bauniveaus erforderte vorgängig der Ausführung Sondierbohrungen zur genauen Feststellung der Bodenqualität in diesem Bereich.

Wie schon in Mesocco wurde die Bestlösung nicht auf Anheb gefunden. Diese Feststellung ist an all jene Auftraggeber gerichtet, die stets ungeduldig in einer frühen Phase auf rasche Lösungen drängen. Erfahrungsgemäß wird eine großzügig bemessene Studien- und Vorprojektzeit in der Submissions- und Ausführungsphase mehr als wettgemacht.

5. Einige Lehren aus den Sicherungen beim Castello in Mesocco und beim Wildschloß Schalun

- Notwendige Grundlagen sind:
 - + eine Topografie,
 - + eine geologisch-hydrogeologisch-geotechnische Erhebung,
 - + ein ausreichender Einblick in die Substanz und das statische System der Baukonstruktion.
- Der Einsatz eines interdisziplinären Teams zur Problemerkennung und Problemanalyse ist zu empfehlen. Dieses ist gehalten und befähigt, dem Auftraggeber alle denkbaren Lösungen aufzuzeigen.
- Die Dokumentation
 - + des Denkmalpflegers,
 - + des Archäologen,
 - + des Geologen,
 - + des Bauingenieursist vor allem im Hinblick auf eine Kostentiefhaltung zu koordinieren. Es fehlen fast immer Angaben zur bisherigen Schadensentwicklung. Die genaue Dokumentation der aktuellen Sicherung kann diesen Mangel künftig beheben.
- Problembereiche vor allem im Verantwortungsbereich des Bauingenieurs sind:
 - + die Sicherheitsbeurteilung (die Forschung befindet sich hier gegenüber den heutigen Anforderungen im Rückstand. Aufgabe des Ingenieurs ist es, die erreichbare Sicherheit in Abhängigkeit der Intensität des Eingriffes in die gewachsene Substanz sichtbar zu machen);
 - + die Entwässerung bzw. Drainage (der mit einem Neubau einer Entwässerung und Drainage – auch nur mit der Instandsetzung einer alten –

verbundene, meist erhebliche Eingriff in die gewachsene Substanz legt oft einen Verzicht auf eine solche Maßnahme nahe. Für den verantwortlichen Ingenieur ist diese Situation unbefriedigend. Im Falle von Mesocco wurde stattdessen versucht, das dem Gründungsbereich von der Hinterfüllungsseite zufließende Wasser außerhalb der Frostzone zu fassen; vgl. auch Beitrag Högl);

- + die Substanzuntersuchung am bestehenden Mauerwerk (es besteht bei dieser Aufgabe ein Nachholbedarf. Kostengünstige, zerstörungsfreie und hinsichtlich Statik und Konstruktion aussagefähige Methoden gibt es noch nicht. Bis dahin kommt man nicht darum herum, zerstörende Verfahren wie Kleinkernbohrungen, ergänzt durch eine Endoskopprüfung, Mauerschlitze o. dgl. einzusetzen);
- + der Reparaturmörtel (das Fernhalten des Wassers aus der Frostzone des Gründungsbereichs ist eine notwendige, aber nicht ausreichende Erhaltungs-Maßnahme. Der Reparaturmörtel muß ein ausreichendes Expansionsvolumen aufweisen, damit er dem gefrierenden Porenwasser möglichst lange widersteht. Ein solcher Mörtel kann nur auf der Grundlage von Laborversuchen gefunden werden).

6. Schlußbemerkungen

Die Beschäftigung mit historischer Bausubstanz ist für den Bauingenieur ungewöhnlich, hochinteressant, herausfordernd. Um zu befriedigenden Lösungen zu kommen, braucht es eine fachübergreifende Zusammenarbeit mit dem Denkmalpfleger, dem Archäologen, dem Geologen, dem Materialkundler. Die Tagung in Sondershausen dokumentiert den Willen der Veranstalter, das Gespräch über die Fach- und Landesgrenzen zu suchen.

Gerd Gudehus

Zur geotechnischen Untersuchung und Sicherung von Burgen

Burgen sollen gleichermaßen den Angriffen der Feinde und den Naturgewalten standhalten. Sie sind daher kräftig und dauerhaft gebaut und verfallen trotzdem allmählich. Wegen ihres Denkmalwertes verdienen sie Pflege und Sicherung. Sie stehen auf Boden und Fels, sind oft aus den Produkten des Untergrundes erbaut und daher geradezu mit ihm verwachsen. Die Wörter Burg, Berg, Gebirge, Bürger und Geborgenheit sind – ebenso wie in slawischen Sprachen – nicht zufällig verwandt.

Da Boden und Fels und das mit ihnen meist eng verbundene und ihnen mechanisch ähnliche Mauerwerk verfallen, ist die Geotechnik aufgerufen, bei der Analyse und Sicherung mitzuwirken. Wie andere Ingenieurdisziplinen ist die Geotechnik zwar vorzugsweise für neue technische Anlagen entwickelt worden, beschäftigt sich aber zunehmend auch mit der Erhaltung der Denkmalsubstanz. Da bei der Erhaltung von Burgen alle Zweige der Geotechnik mehr oder weniger angesprochen sind, mußte für diesen Aufsatz eine Auswahl getrof-

fen werden. Wir wollen uns vor allem mit Stützmauern beschäftigen und neue Methoden der Untersuchung und Sicherung an drei Beispielen darstellen: dem Schloß Wernigerode, dem Schloß Spangenberg und der Burgruine Felsberg. Mit drei weiteren Beispielen aus dem In- und Ausland gehen wir anschließend kurz auf Felswände, Höhlen und Gänge ein, da sie bei Burgen oft vorkommen. Burgen im Flachland, also insbesondere auf weichem Untergrund und im Wasser, müssen wir des Umfangs wegen leider aussparen.

Die gewählte induktive Darstellung dürfte dem Zweck eher als eine deduktive angemessen sein, zumal beim Denkmalschutz die Geisteswissenschaften eine ebenso wichtige Rolle spielen wie die Natur- und Ingenieurwissenschaften. Die vorgestellten und zum Teil von uns neu oder weiter entwickelten Methoden sind durchaus nicht auf die vorgestellten Beispiele beschränkt. Es sollte nicht schwerfallen, sie auch woanders anzuwenden, wenn man nicht gerade schematische Anleitungen erwartet.