

## **Der Teufelstisch bei Hinterweidenthal. Ein Beitrag zu seiner Geologie, Morphologie, Verwitterung und Standsicherheit**

Friedrich Häfner & Wolfgang Böhler

**Kurzfassung:** Ausgangspunkt der Untersuchungen war die Erfordernis, die Standsicherheitsverhältnisse des Naturdenkmals Teufelstisch im Hinblick auf die Gefährdung seiner Besucher zu überprüfen. Für diese Beurteilung war es notwendig, das geometrisch komplizierte Gebilde meßtechnisch exakt zu erfassen; dies wurde durch die Photogrammetrie mit der erforderlichen Genauigkeit erreicht. Außerdem wurden Untersuchungen zur geologisch-petrographischen Beschaffenheit, den geotechnischen Eigenschaften der Gesteine, der Abwitterungsrate und den statischen Verhältnissen durchgeführt. Als Ergebnis läßt sich feststellen, daß in den nächsten Jahrzehnten eine ausreichende Standsicherheit des Teufelstisches gegeben und aufgrund des Verwitterungsfortschrittes keine wesentliche Änderung dieser Situation zu erwarten ist.

**Abstract:** Starting point of the investigations was the requirement to study the stability of the natural monument "Teufelstisch" (near Hinterweidenthal, SW-Germany) concerning the endangering of its visitors. It was necessary to record the complicated geometric shape; this object was achieved with the required precision by means of photogrammetry. Furthermore investigations were carried through according the geological-petrographical structure, the geotechnical characteristics, the rate of weathering and the statics. As a result the stability of the "Teufelstisch" can be guaranteed for some decades. Looking to the rate of weathering no important change of the present situation can be expected.

### **Inhalt**

1. Einleitung .....	67
2. Untersuchungsobjekt und Standort .....	68
3. Geologischer Aufbau .....	68
4. Petrographie .....	71
5. Photogrammetrische Vermessung .....	72
6. Abmessungen des Teufelstisches .....	78
7. Gesteinseigenschaften .....	78
8. Überlegungen zur Verwitterungsrate .....	82
9. Standsicherheitsbeurteilung.....	86
Schriften .....	89

### **1. Einleitung**

In der Südpfalz, dem sogenannten „Dahner Felsland“ und dessen Umgebung, gibt es zahlreiche Felsgebilde, von denen die tischartigen als besonders bizarr geformte Verwitterungsprodukte der Rehbergschichten des pfälzischen Buntsandsteins aufgefaßt werden können.

Ähnliche Felsformen sind z. B. aus dem Elbsandsteingebirge und von dem böhmischen Kreidesandstein bekannt (Petraschek 1908, Hettner 1903). Die einzelnen Felsgebilde des pfälzischen Buntsandsteins haben immer wieder Autoren dazu angeregt, sie zu beschreiben und ihre Entstehung zu erklären; zu nennen sind z. B. Häberle (1911, 1913, 1927), Weiss (1916), Ahnert (1955), Illies (1964), Frenzel (1964). Auch der Teufelstisch wurde von einer großen Anzahl von Autoren erwähnt oder als besonders typischer Aufschluß in der sogenannten Tischfelsregion der Rehbergsschichten abgebildet (z. B. Häberle 1911, Dachroth 1980). Die bisherigen Darstellungen sind jedoch meist qualitativer Art und setzen sich mit den Felsbildungen generell auseinander. Im Zuge des starken Besucheraufkommens der Felsen durch Wanderer und Bergsteiger und damit verbundener haftungsrechtlicher Überlegungen stellte sich bezüglich des Teufelstisches für die Verbandsgemeindeverwaltung Hauenstein die Frage nach der Standsicherheit des Naturdenkmals.

Wir danken der Verbandsgemeindeverwaltung Hauenstein für die Genehmigung, unsere Untersuchungsergebnisse an dieser Stelle zu veröffentlichen. Unser Dank gilt ferner Herrn Prof. Dr. Emmermann, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, der die petrographische Beurteilung durchführte.

## 2. Untersuchungsobjekt und Standort

Beim Teufelstisch handelte es sich, wie der Name bereits sagt, um eine tischartige Felsbildung auf einem schmalen Bergrücken zwischen Salzbach und Wieslauter, westlich der Ortsgemeinde Hinterweidenthal (Abb. 1). Nach Nordwesten und Südosten fällt der Hang fast unmittelbar steil ab. Der ca. 11 m hohe Teufelstisch ist ein Naturdenkmal, zugleich eine der markantesten Felsbildungen der Südpfalz und Wahrzeichen der Ortsgemeinde Hinterweidenthal (Abb. 2). Die Aufstandsfläche liegt etwa 280 m NN. Die eigentliche Tischplatte ruht auf drei Stützen, die sich nach oben im Auflagerbereich stark verjüngen. In der Umgebung des Tischfelsens sind einige Felsblöcke mit einer Kantenlänge von jeweils mehreren Metern vorhanden; diese stellen Relikte des ursprünglich wohl umfangreichen Felsspornes dar.

## 3. Geologischer Aufbau

Der Teufelstisch ist stratigraphisch in die Oberen Rehbergsschichten einzuordnen. Diese sind gekennzeichnet durch einen Wechsel von Felsbänken und Dünnschichten (Dachroth 1980). Während es sich bei den Felsbänken um mittel- bis grobkörnige, rote Sandsteine mit kieseligem Bindemittel handelt, bestehen die Dünnschichten aus Schluff- und Feinsandsteinen ohne kieseliges Bindemittel, mit ausschließlich diagenetischer Verfestigung (Dachroth 1980). Daraus resultiert die relativ hohe Witterungsbeständigkeit der Felsbänke und die geringe Witterungsbeständigkeit der Dünnschichten. Bei dem Zerfall der Dünnschichten durch Temperaturschwankungen, Wechseldurchfeuchtung, Mineralumbildungen und Winderosion bilden sich überhängende Felspartien. Der Tischfelsen kann als extremes Ergebnis dieser Verwitterung bei allseitigem Angriff der Atmosphärien aufgefaßt werden. Die Gesteinsfolge am Teufelstisch ist durch nachstehendes Profil charakterisiert:

Mächtigkeit

[m]

Hangendes: fehlt (Oberkante der Tischplatte)

	Tischplatte
ca. 1 m	Sandsteine, mittelkörnig, rot, gute Kornbindung, parallel geschichtet, teilweise Wabenverwitterung
ca. 2 m	Sandsteine, mittel- bis grobkörnig, gute Kornbindung, Schrägschichtung

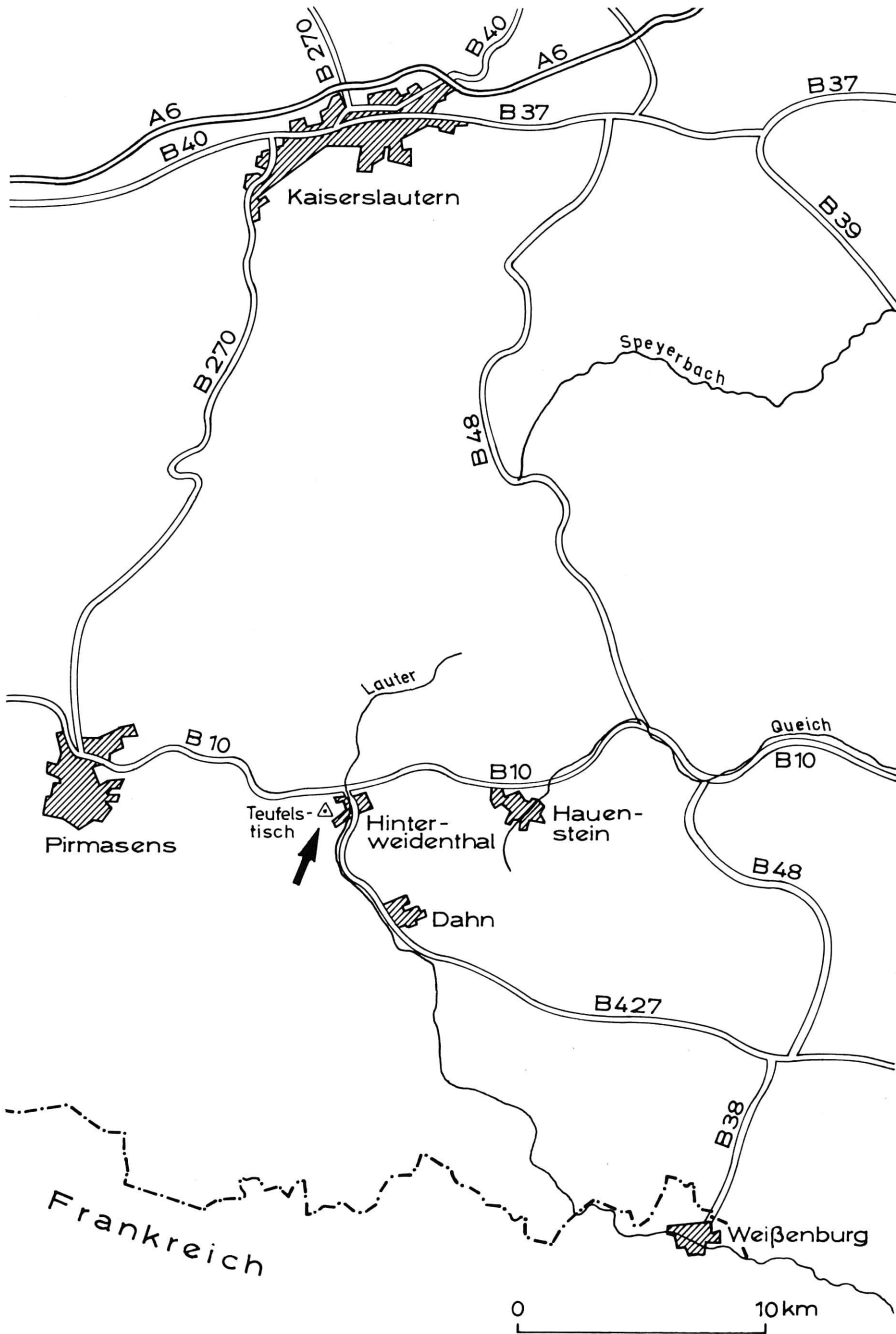


Abb. 1: Lage des Naturdenkmals Teufelstisch in der Südpfalz bei Hinterweidenthal.

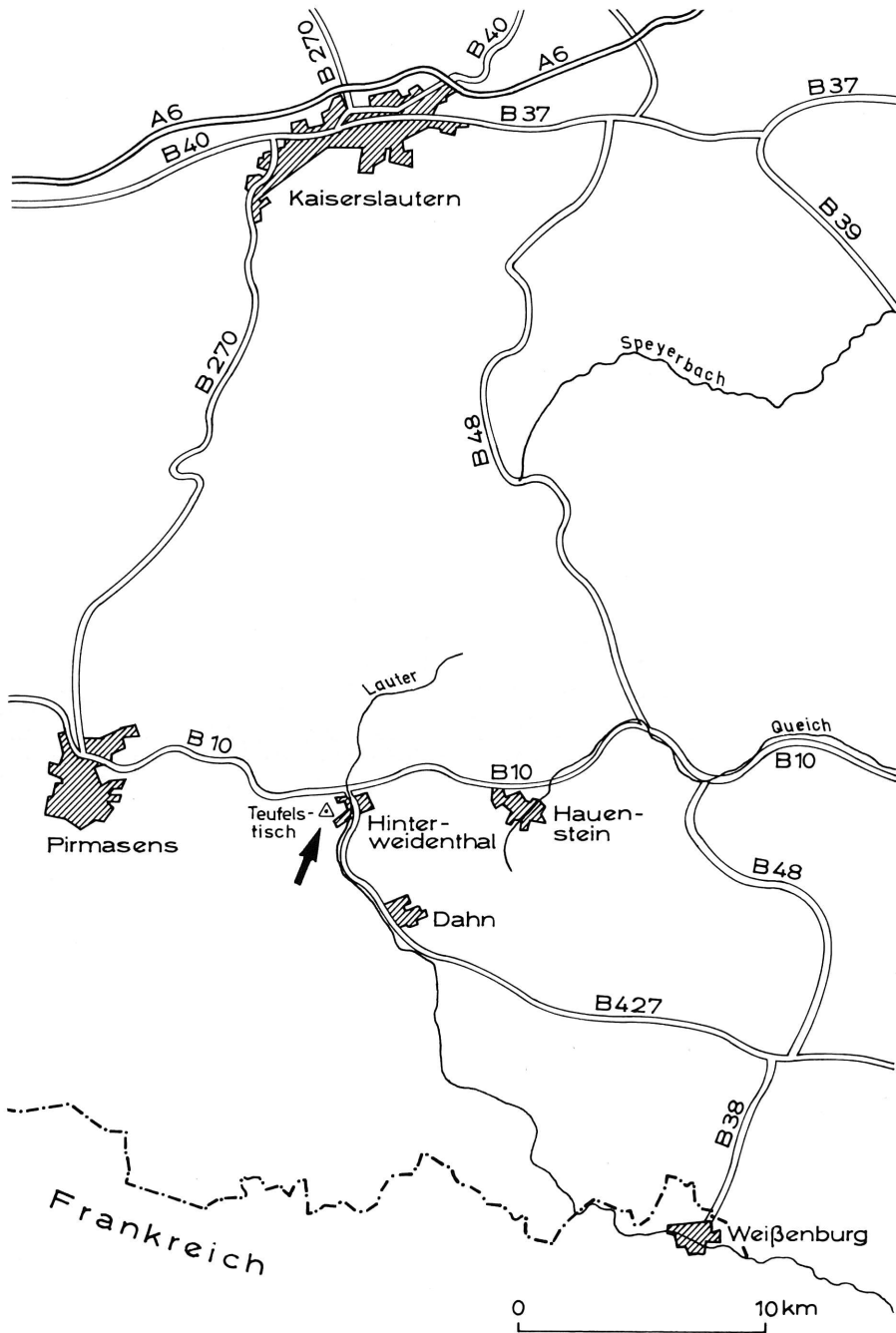


Abb. 1: Lage des Naturdenkmals Teufelstisch in der Südpfalz bei Hinterweidenthal.

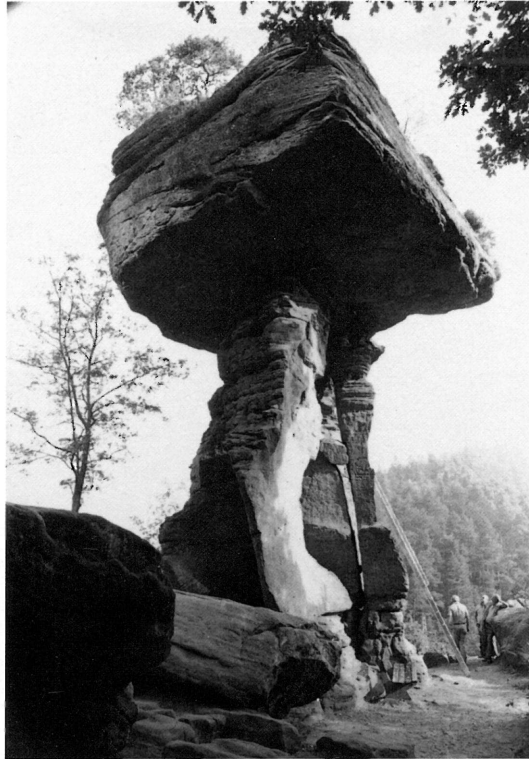


Abb. 2: Ansicht des Teufelstisches von Süden (1985).

	Stützen
1,5 m	Sandsteine, feinkörnig, rot, starke Unterschiede in der Kornbindung, im Abstand weniger cm wechselnd; parallele Schichtung, extreme Aushöhlungen durch Winderosion
1,4 m	Sandsteine, mittel- bis grobkörnig, rot, schwache Geröllführung in Fein-, Mittel- und Grobkies Korngröße, gute Kornbindung, hauptsächlich im unteren Abschnitt Schrägschichtung
0,8 m	Sandsteine, mittelkörnig, rot, sehr schwach geröllführend in Feinkies Korngröße, gute Kornbildung, parallele Schichtung
2,2 m	Sandsteine, mittel- bis grobkörnig, rot, gute Kornbindung, schwach geröllführend in Fein-, Mittel- und Grobkies Korngröße, Schrägschichtung
0,8 m	Sandsteine, feinkörnig, rot, teilweise gebleicht, mäßige Kornbindung, Schrägschichtung
0,9 m	Sandsteine, mittel- bis grobkörnig, rot, sehr schwach geröllführend in Fein-, Mittel- und Grobkies Korngröße, Schrägschichtung, am Top dieser Bank ca. 0,05 m konglomeratischer Sandstein
0,6 m	Sandsteine, mittelkörnig, rot, mäßige Kornbindung, schwach geröllführend in Fein- und Mittelkies Korngröße, Schrägschichtung
Liegendes:	nicht aufgeschlossen (Aufstandsfläche)

Die Form des Tischfelsens wird vom Verlauf geologischer Gebirgstrennflächen bestimmt. Die obere und untere Tischfläche wird von annähernd horizontalen Schichtflächen gebildet. Die seitliche Begrenzung der Tischplatte und der Stützen, auf denen sie ruht, ist durch Klüfte vorgegeben. In den Dünnschichten wird die Formgebung durch die horizontal verlaufenden Schichtflächen bestimmt, wo es bei der Verwitterung zum „Aufblättern“ kommt.

#### 4. Petrographie

Es wurden insgesamt 19 Proben am Teufelstisch selbst und in dessen unmittelbarer Umgebung entnommen (Abb. 3). Von einer Auswahl wurden Gesteinsdünnschliffe angefertigt und im Mikroskop untersucht.

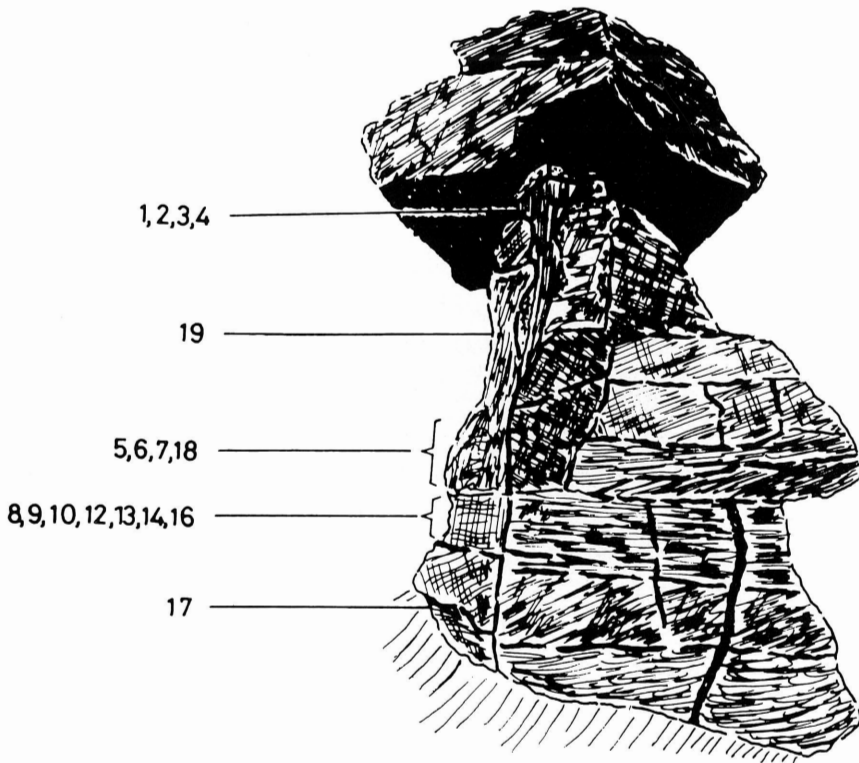


Abb. 3: Probenentnahmepunkte in verschiedenen Niveaus der Stützen des Teufelstisches.

#### Makroskopischer Befund

Es handelt sich um hellrote bis braunrote, fein- bis mittelkörnige Sandsteine. Die Kornverteilungskurven weisen hohe Feinsand- und Mittelsandgehalte auf; die Schluffanteile liegen bei 2 bis 20%, die Grobsand- und Kiesfraktion beträgt 1 bis 8% (Abb. 4). Die Kornbindung ist am Handstück ohne Versuch als mäßig bis gut, jedenfalls als deutlich unterschiedlich bei den untersuchten Proben anzusprechen. Gelegentlich sind Gerolle (Quarze) in Feinkieskorngröße im Gestein enthalten. Die Proben zeigen manchmal eine leicht kavernöse Ausbildung (Hohlräume von 5-7 mm Durchmesser, mit braunen Flecken von Eisenverbindungen).

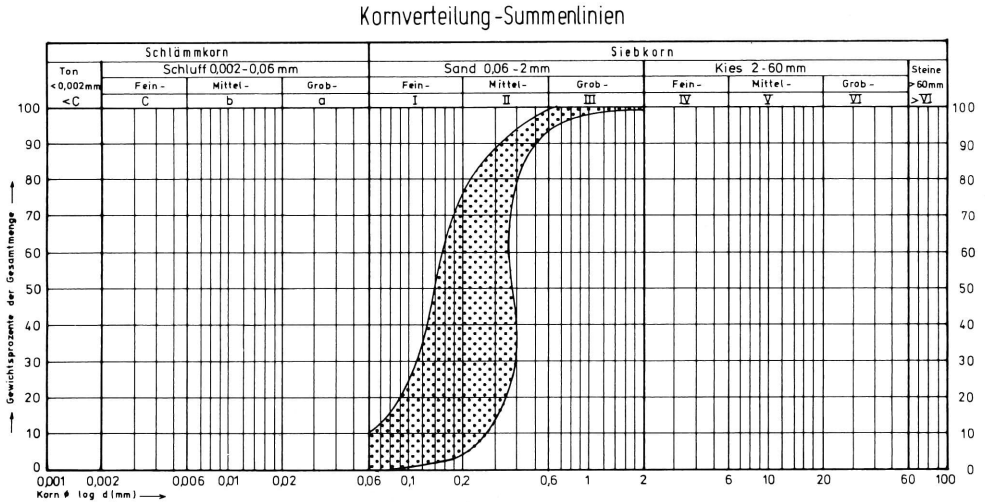


Abb. 4: Kornverteilungsband der untersuchten Sandsteinproben am Teufelstisch.

Bei Probe 13 ist eine auffallend engständige Schichtung vorhanden, die sich in einer blättrigen Absonderung des Materials zu erkennen gibt. Auf den Schichtflächen sind bei Probe 12 Beläge von Eisenoxid und nicht quellfähigen Tonmineralen zu beobachten.

#### Mikroskopischer Befund

Die in der Sieblinie ermittelte Korngrößenverteilung deckt sich mit dem mikroskopischen Befund. Die kleinsten Korndurchmesser wurden mit 0,05 mm bei den Proben 13 und 14 festgestellt. Bei der Kornbindungsart ist überwiegend eine indirekte Kornbindung in Form von Zwickelfüllungen zu beobachten. Das Bindemittel ist in allen untersuchten Fällen sehr untergeordnet kieselig, meist tonig in Verbindung mit Eisenoxiden ausgebildet. In einigen Fällen wurden auch tonig-glimmerige Bindemittel festgestellt. Die Kornsubstanz besteht in erster Linie aus Quarz; als Nebengemengteile treten Quarzite, Feldspat und Glimmer auf. Die Körner sind in der Regel abgerundet bis gerundet. Etwa bei der Hälfte der Proben ist eine lagige Textur vorhanden; die Eisenoxide sind überwiegend in den Lagen mit geringerem Korndurchmesser angereichert. Carbonat als Nebengemengteil oder Bindemittel wurde in keiner der Proben festgestellt.

## 5. Photogrammetrische Vermessung

### Generelle Aspekte

Die Vermessung und digitale oder graphische Darstellung einer unregelmäßig geformten Gesteinsformation in der Art des Teufelstisches läßt sich nicht exakt ausführen, da sonst eine Aufnahme unendlich vieler Punkte hergestellt werden müßte. Die Auswahl einer endlichen Zahl von Punkten richtet sich nach dem vorgesehenen Verwendungszweck der Daten. Häufig werden zum Beispiel Profile in horizontaler oder vertikaler Anordnung oder eine unregelmäßige Punktverteilung mit Erfassung der wesentlichen Ecken und Kanten in Betracht kommen.

### Spezielle Meßtechnik

Für die Begutachtung der Standfestigkeit des Teufelstisches waren als geometrische Informationen vor allem die Form der Tischplatte, die Lage der Auflageflächen sowie horizontale Schnitte durch die Stützen in Bodennähe sowie in der Höhe des jeweiligen minimalen Querschnitts gefragt.

Die vermessungstechnische Polaraufnahme, also die Messung von Richtungen und Strecken von einem bekannten Standpunkt aus nach den gesuchten Neupunkten, scheidet im vorliegenden Fall aus, da die anzumessenden Punkte nur unter großem Aufwand (Leitern, Gerüste) für die Streckenmessung (Anhalten eines Meßbandes oder Reflektors) zugänglich sind. Einstandsentsfernungsmesser, die nach dem Doppelbildprinzip arbeiten, erlauben zwar eine Streckenmessung nach nicht zugänglichen Punkten; die Genauigkeit der Ergebnisse läßt jedoch bei nicht deutlich markierten Punkten sehr zu wünschen übrig. Außerdem ist dabei nicht zu gewährleisten, daß bei der Aufnahme regelmäßige Punktverteilungen (horizontale oder vertikale Schnitte) erzielt werden können. Das Vorwärtseinschneiden der Neupunkte von zwei bekannten Standpunkten aus, ein sehr genaues Verfahren, würde zusätzlich die unverwechselbare Erkennbarkeit eines Neupunktes von beiden Standpunkten aus erfordern, was normalerweise nur bei künstlich markierten oder künstlich hergestellten Punkten (Bauwerke) möglich ist. Allen genannten Verfahren gemeinsam ist ein sehr hoher Zeitaufwand für die Feldarbeiten, da Punkt für Punkt ein- oder mehrmals angemessen werden muß.

Die für die Vermessung des Teufelstisches angewandte photogrammetrische Methode bietet demgegenüber zahlreiche Vorteile: Die Außenarbeiten erstrecken sich im wesentlichen auf die Aufnahme einiger Photographien mit einer Stereomeßkammer. Damit werden für die von beiden Aufnahmen erfaßten Objektteile zunächst „unendlich“ viele Objektpunkte auf der photographischen Emulsion gespeichert. Die Ausmessung mit einem photogrammetrischen Stereoauswertegerät kann anschließend im Labor erfolgen, wobei die interessierenden Punkte oder Linien gezielt ausgewählt werden können. Zusätzliche Messungen können nachträglich jederzeit (auch noch nach Jahrzehnten) an den Meßbildern vorgenommen werden, ein gerade in geologischen Anwendungen interessanter Nebeneffekt.

Für die Aufnahme des Teufelstisches am 13. Februar 1984 wurde eine Stereomeßkammer SKM 120 der Firma Zeiss verwendet. Sie besteht aus zwei weitwinkeligen Einzelkammern, die im Abstand von genau 1,2 m mit paralleler Aufnahmerichtung fest an einem Basisrohr angebracht sind. Um Fehler durch Filmwölbung und Filmverzug auszuschalten, werden die Bilder auf Glasplatten (9 x 12 cm) aufgenommen. Die Basis mit den Kammern befindet sich auf einem schweren Stativ und kann mit Hilfe von Libellen horizontiert werden. Für geneigte Aufnahmen werden keilförmige Adapter zwischen Basis und Stativ angebracht.

Der Teufelstisch wurde von drei Seiten her mit jeweils einem Bildpaar aufgenommen (Abb. 5). Damit waren die wesentlichen Objektteile mindestens auf einem Bildpaar abgebildet. Durch Verdeckungen waren allerdings die Bereiche zwischen den Stützen zum Teil nicht einsehbar. Diese wurden bei einer späteren Ergänzungsmessung durch einfache Abstandsmessungen mit einem Zollstock nachgetragen. Ebenso war die Oberfläche der Tischplatte nicht aufzunehmen, da kein entsprechend hoher Standpunkt möglich war. Bei einer Begehung mit Hilfe einer Leiter konnte jedoch festgestellt werden, daß mit Ausnahme einer Kante (die eingemessen wurde) die Tischoberfläche weitgehend eben ist. Da die Oberfläche begehbar ist, hätte bei unregelmäßigeren Formen dieser Teil durch eine Polaraufnahme ergänzt werden können.

Das nach drei Seiten abfallende Gelände erschwerte die Standpunktwahl. Durch eine Aufstellung auf einem Felsblock sowie durch Neigung aller Aufnahmeachsen um 30 gon nach oben war trotzdem eine befriedigende Erfassung möglich. Weitere Schwierigkeiten ergaben sich durch die Beleuchtungsverhältnisse. Zwangsläufig waren die Tischunterfläche und vor



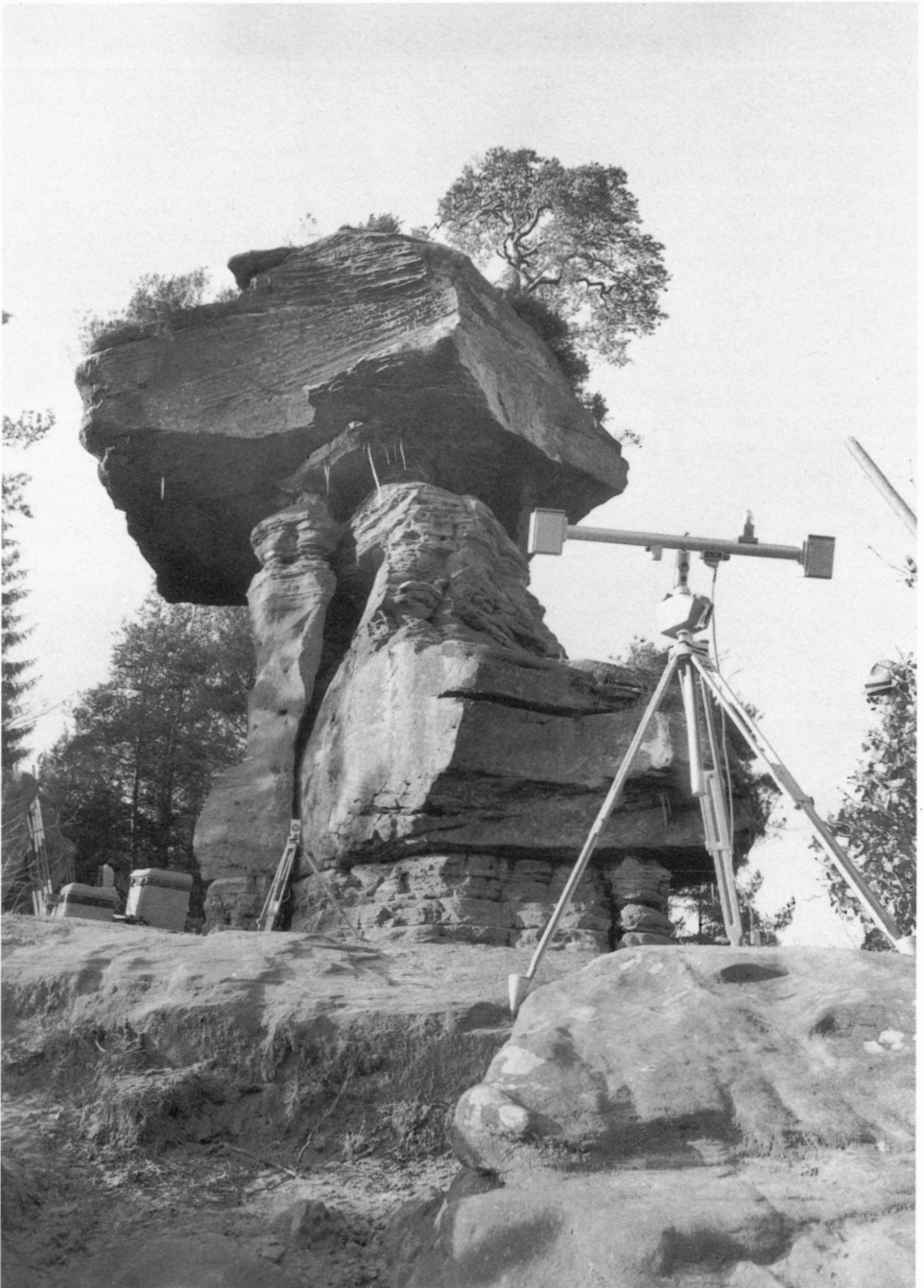


Abb. 5: Stereomeßkammer an einem der Aufnahmestandpunkte nördlich des Teufelstisches.

allein die wichtige Berührungslinie von Tischplatten und Stützen um ein Vielfaches dunkler als die Seitenflächen. Abhilfe schaffte hier zum Teil die Wahl des Aufnahmezeitpunkts (Abwarten diffuser Beleuchtung mit der Sonne im Rücken) und eine entsprechende, kontrastmindernde Entwicklung der Platten.

Trotzdem war die Linie der Plattenaufgabe auf dem aus westlicher Richtung aufgenommenen Bildpaar kaum zu erkennen. Hier hätte nur eine Aufnahme an einem Sommerabend bei tiefstehender Sonne oder eine künstliche Ausleuchtung bei starken Scheinwerfern Abhilfe schaffen können. Im vorliegenden Fall wurde die photogrammetrische Auswertung des kritischen Linienteils bei den örtlichen Ergänzungsmessungen durch einige polar aufgenommene Kontrollmaße überprüft, wobei sich keine Fehler zeigten.

Im Gegensatz zu Luftbildern sind für terrestrische photogrammetrische Aufnahmen theoretisch keine Paßpunkte für die Auswertung zu bestimmen, da der Maßstab durch den bekannten Abstand beider Kammern und die Orientierung durch die feste gegenseitige relative Lage der Kammern sowie die Horizontierung mit Hilfe von Libellen vorgegeben ist. Bei der Aufnahme des Teufelstisches wurden trotzdem Paßpunkte am Objekt bestimmt. Neben einer unabhängigen Kontrolle der Aufnahme und Auswertung gegen grobe Fehler bietet eine Paßpunktbestimmung vor allem eine exaktere Bestimmung des Maßstabes und erleichtert das Zusammenfügen der verschiedenen Teilauswertungen.

Am Teufelstisch wurden 4 Paßpunkte in Bodennähe (Tafeln mit kreisförmigen Zielen auf Stativen) und 3 Paßpunkte im Tischplattenbereich (Kreidekreuz, vorhandener Bergsteigerhaken und die Spitze eines abgebrochenen starken Astes der auf der Platte wachsenden Kiefer) durch Richtungs- und Streckenmessungen bestimmt.

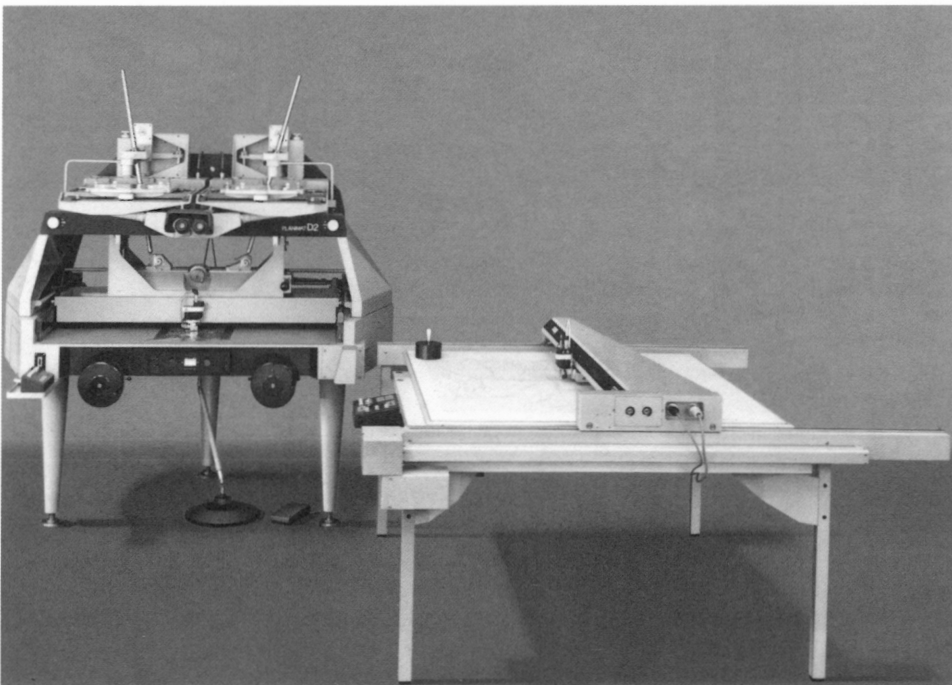


Abb. 6: Zeiss-Planimat D 2 zur photogrammetrischen Auswertung.

### Auswertung

Zur photogrammetrischen Auswertung wurde eine Zeiss-Planimat D2 mit dem für terrestrische Aufnahmen notwendigen Zubehör eingesetzt (Abb. 6). Nach dem Einlegen der beiden zusammengehörigen Meßbilder in das Gerät ergibt sich ein optisch-mechanisches Modell des Objekts, das vom Auswerter stereoskopisch und unverzerrt betrachtet werden kann. Der Maßstab der Auswertung kann am Auswertegerät eingestellt und mit den vorhandenen Paßpunkten überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden. Mit einer punktförmigen Meßmarke, die ebenfalls räumlich wahrgenommen wird, fährt der Auswerter nun die interessierenden Punkte oder Linien ab. Die photogrammetrische Auswertung ist das einzige Meßverfahren, das auch eine geometrisch exakte Darstellung unregelmäßiger Linien erlaubt. Beim Zeiss-Planimat, einem analogen Auswertegerät, wird die von der Meßmarke vorgenommene Bewegung unmittelbar auf einem zugeschalteten Zeichentisch durch ein Zeichengerät graphisch realisiert. Durch einen zwischengeschalteten „Universalneigungsrechner“ wird auch für geneigte Aufnahmen eine Darstellung in einer horizontalen (oder wahlweise vertikalen) Ebene erzeugt.

Da die Platte des Teufelstisches mit sehr guter Näherung durch Ebenen dargestellt werden kann, wurden neben den Linien der Auflage auf den Stützen lediglich die obere und untere Tischkante sowie eine Linie etwa in der Mitte zwischen diesen beiden Kanten ausgewertet. Die betreffenden Linien wurden im Gerät mit der Meßmarke abgefahren und als Grundrißdarstellung im Maßstab 1 : 20 auf dem Zeichentisch kartiert. In unregelmäßigen Abständen wurden außerdem die Höhen (bezogen auf einen willkürlichen Bezugspunkt am Fuß des Naturdenkmals) am Höhenzählwerk abgelesen und in die Zeichnung eingetragen. An den Stützen wurden die oben genannten horizontalen Schnitte ebenfalls linienhaft ausgewertet und gezeichnet. Die Höhe ließ sich dabei sowohl durch die Struktur des Objekts als auch durch Kontrolle am Höhenzählwerk einhalten. Da die vorhandenen Paßpunkte vorweg auf dem Zeichnungsträger kartiert worden waren, ließen sich die Auswertungen der drei Bildpaare bequem und exakt vereinigen.

Die notwendigen Ergänzungsmessungen wurden erst nach Abschluß der photogrammetrischen Arbeiten durchgeführt. Sie wurden in eine Kopie der Auswertung eingetragen und danach die Reinzeichnung angefertigt (Abb. 7).

### Meßgenauigkeit

Die Genauigkeit photogrammetrischer Vermessungen hängt ab von der Präzision der verwendeten Paßpunkte, vom Aufnahmemaßstab und von der Definition der auszumessenden Punkte und Linien. Die Paßpunkte am Teufelstisch hatten Genauigkeiten von besser als  $\pm 3$  mm (Ausnahme Kiefernast mit  $\pm 10$  mm) und können somit als praktisch fehlerfrei angesehen werden. Die Genauigkeit der photogrammetrischen Auswertung zeigte sich bei Punkten, die auf zwei verschiedenen Bildpaaren lagen und damit doppelt ausgewertet werden konnten. Bei deutlich markierten Punkten lagen die Genauigkeiten um  $\pm 1$  cm, bei den Tischkanten um  $\pm 3$  cm. Die größten Ungenauigkeiten wurden natürlich durch die Vernachlässigung der Unebenheiten der einzelnen Flächen des Tisches verursacht. Mit entsprechendem Aufwand hätten hier weitere Punkte oder Profile bestimmt werden können. Da die Flächen jedoch weitgehend eben sind, hätten weitere Messungen keine wesentlichen Änderungen der gesuchten Ergebnisse bewirkt. Aus wirtschaftlichen Erwägungen wurden sie deshalb unterlassen.

### Arbeitsaufwand

Der Zeitaufwand für die gesamte Vermessung (ohne Fahrzeiten) betrug etwa 40 Stunden, davon entfallen ca. 20% auf die Außenarbeiten (Paßpunktbestimmung, Aufnahmen und

Ergänzungsmessungen), 10% auf Berechnungen, 55% auf die photogrammetrischen Arbeiten (Entwickeln und Auswerten) sowie 15% auf die Reinzeichnung.

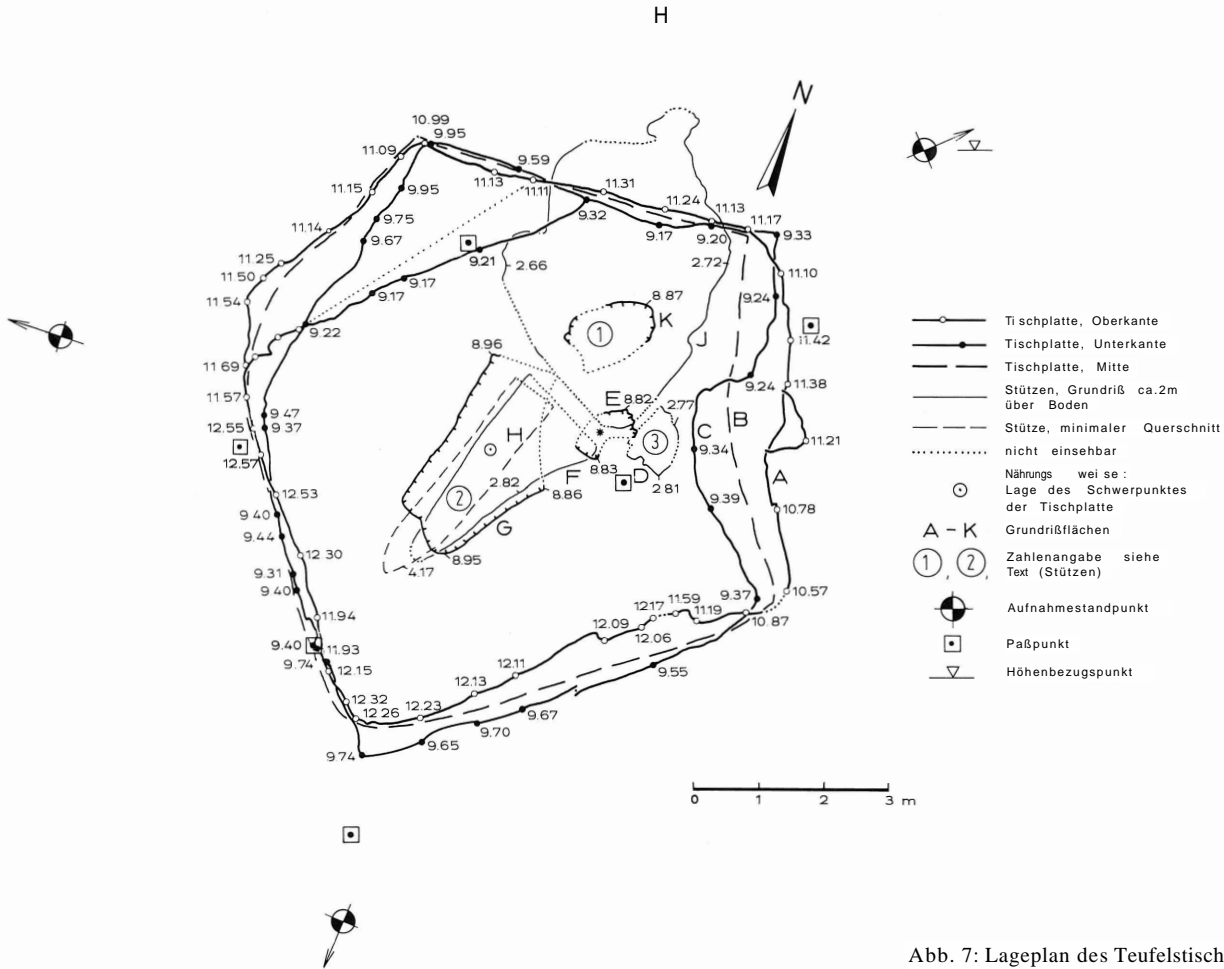


Abb. 7: Lageplan des Teufelstisches.

### Schwerpunktlage

Zur Festlegung des Tischplattenschwerpunktes und -Volumens wurde eine Zeichnung der Platte angefertigt, in die Linien gleicher Plattendicke aus den vorhandenen Höheninformationen interpoliert wurden. Danach wurde aus Lagen von starker Pappe ein Modell der Platte hergestellt. Das Volumen wurde dann durch Gewichtsvergleich zwischen einem 10 m<sup>3</sup> entsprechendem Pappstück und dem Plattenmodell ermittelt. Die Schwerpunktlage wurde durch Aufhängen des Pappmodells an verschiedenen Ecken ermittelt.

### 6. Abmessungen des Teufelstisches

Aufgrund der photogrammetrischen Vermessung ergeben sich folgende spezifische Werte des Teufelstisches (die Stützen sind entsprechend der Benennung in Abb. 7 mit den Ziffern 1, 2 und 3 bezeichnet):

Maximale Höhe der Oberkante der Tischplatte über Aufstandsfläche:	12,65 m <sup>*</sup> )
Dicke der Tischplatte (an der Außenkante):	1,20 - 2,99 m
Höhe der Tischplattenunterkante über Bezugspunkt (an der Außenkante):	9,17 - 9,95 m <sup>*</sup> )
Grundfläche Oberkante Tischfläche (A):	56,11 m <sup>2</sup>
Fläche in der Höhe der Mittellinie durch die Tischplatte (B):	54,72 m <sup>2</sup>
Grundfläche Unterkante Tischfläche (C):	52,18 m <sup>2</sup>
Stütze 1	
Grundfläche etwa 2 m über Aufstandsfläche (J):	10,76 m <sup>2</sup>
Grundfläche im Auflagebereich der Tischplatte (K):	0,97 m <sup>2</sup>
Stütze 2	
Grundfläche etwa 2 m über Aufstandsfläche (F):	3,00 m <sup>2</sup>
Grundfläche im Auflagebereich der Tischplatte (G):	3,95 m <sup>2</sup>
Minimaler Querschnitt (H):	2,32 m <sup>2</sup>
Stütze 3	
Grundfläche etwa 2 m über Aufstandsfläche (D):	0,50 m <sup>2</sup>
Grundfläche im Auflagebereich (E):	0,36 m <sup>2</sup>
Minimaler scheinbarer Querschnitt (etwa 6,8 m über Boden):	0,33 m <sup>2</sup>
Volumen der Tischplatte:	ca. 134 m <sup>3</sup>

Die Lage des Schwerpunktes ergab sich etwa im Zentrum des Querschnitts der Stütze 2.

\*) Als Bezug wurde willkürlich ein Bodenpunkt nördlich des Tischfelsens festgesetzt; der eigentliche Fußpunkt des Tischfelsens liegt je nach Standort 1,5 - 2 m höher.

### 7. Gesteinseigenschaften

Auf die Kornverteilung wurde bereits im Abschnitt 4 eingegangen.

#### Wasseraufnahmefähigkeit

An 15 Proben wurde die Wasseraufnahmefähigkeit bei Atmosphärendruck in Anlehnung an DIN 52103 ermittelt. Die festgestellten Werte liegen zwischen 1,8 und 9,8 Gew.-% H<sub>2</sub>O; das arithmetische Mittel beträgt 5,78%, die Standardabweichung 3,2.

### Frostempfindlichkeit

An 5 Proben wurden einfache Frostversuche durchgeführt. Das Probenmaterial wurde jeweils dreifach geteilt, um Abweichungen im Verhalten von Einzelproben feststellen zu können. Die Gesteine wurden in Gefäßen bei vollständiger Wasserbedeckung 24 Std. bei  $-18^{\circ}\text{C}$  bis  $-20^{\circ}\text{C}$  eingefroren und sich schließlich 24 Std. zum Auftauen bei Zimmertemperatur selbst überlassen. Der Frost- Auftauvorgang wurde zehnmal wiederholt. Die einzelnen Zerfallsstadien der Proben wurden fotografisch festgehalten (Abb. 8-11). Das Verhalten der untersuchten Proben zeigt starke Unterschiede in der Frostanfälligkeit. Während die Probe 19 außer geringem Absanden keinen Zerfall zeigt, ist die Probe 13 nach 10 Versuchen weitestgehend in schuppenförmige Blättchen zerfallen. Die anderen Proben ordnen sich zwischen den genannten Beispielen ein.

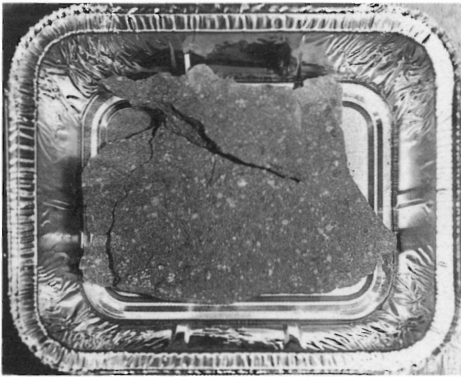


Abb. 8: Zustand der Probe F13/1 im Frostversuch vor Versuchsbeginn.

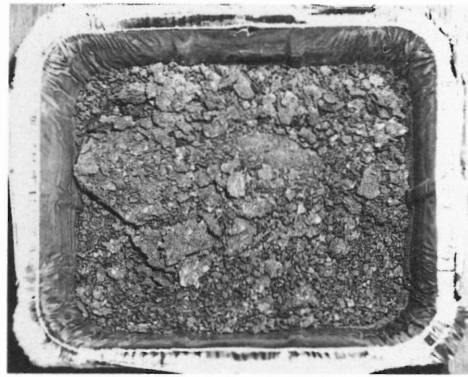


Abb. 9: Zustand der Probe F13/1 im Frostversuch nach 10 Versuchszyklen (frostanfällig).

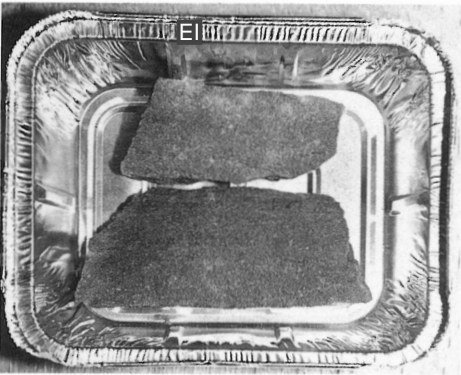


Abb. 10: Zustand der Probe F19/1 im Frostversuch vor Versuchsbeginn.

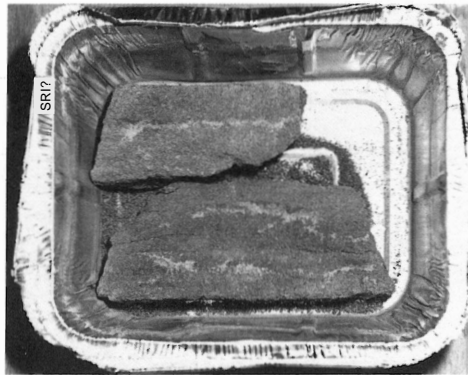


Abb. 11: Zustand der Probe F19/1 im Frostversuch nach 10 Versuchszyklen (nicht frostanfällig).

In Abb.12 ist die Sieblinie für die Bröckchenverteilung der Gesteine wiedergegeben, wie sie sich für die einzelnen Teilproben nach 10 Versuchen jeweils ergibt. Von den untersuchten Proben war die Nr. 13 die feinkörnigste, die außerdem eine makroskopisch erkennbare, ausgeprägte Feinschichtung aufwies. Offensichtlich hat diese Ausbildung den Frostzerfall begünstigt.

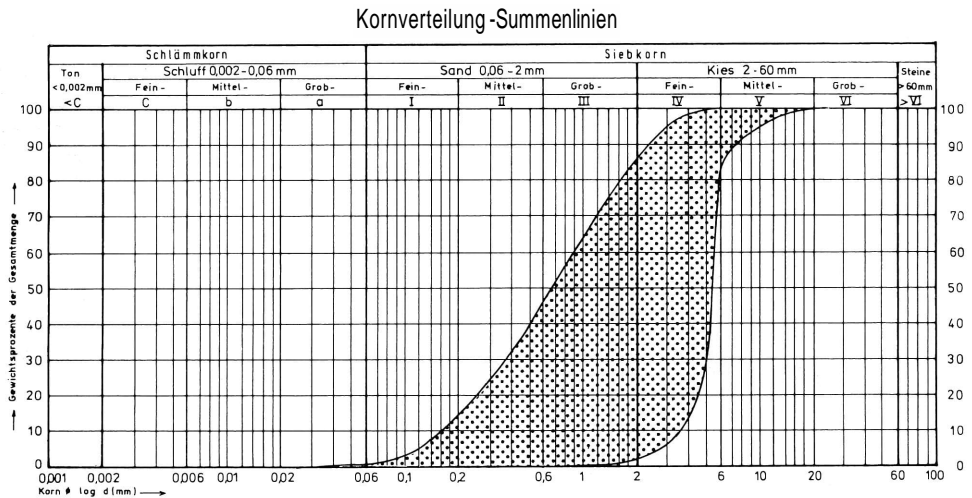


Abb. 12: Bröckchenverteilungsband der untersuchten Gesteine nach durchgeführten Frostversuchen.

### Trocknungs-Befeuchtungsverhalten

Das Verhalten von Gesteinen gegenüber wechselnder Durchfeuchtung und Austrocknung gibt neben dem Frost-Tau-Wechsel gute Hinweise über die Verwitterungsanfälligkeit. Austrocknung und Befeuchtung treten bei mitteleuropäischen Klimaverhältnissen häufiger auf als Frost-Tau-Wechsel. Es wurden an 5 Proben jeweils zwei verschiedene Versuche durchgeführt:

#### a) Der einfache Trocknungs-Befeuchtungsversuch (Wechselseuchtversuch)

Hierbei werden die Proben 24 Std. unter Wasser gelagert, um eine weitgehende Sättigung zu erzielen. Nach Fitzner (1970, S. 254) kann in dieser Zeit eine Porenfüllung > 50% erwartet werden. Anschließend wird das Wasser abgossen und das Material 24 Std. bei 105 °C (bis zur Gewichtskonstanz) getrocknet. Die Versuche wurden zehnmal wiederholt. Es zeigt sich, daß bei dieser Versuchsdurchführung im Verhalten der Proben keine bedeutenden Unterschiede zu Tage treten und im übrigen bei allen Proben nur ein geringer Zerfall zu beobachten ist.

#### b) Der Wechselseucht-Abriebversuch

Bei diesem Versuch werden die Proben in einer Trommel, die sich bis zur Drehachse in einem Wasserbad befindet, 10 Minuten lang langsam bewegt (Vorschlag der Internat. Ges. für Felsmechanik). Anschließend wird das Probenmaterial getrocknet, gewogen und der Siebrückstand > 2 mm in Gewichtsprozent der Ursprungsmenge bestimmt. Neben der wechselnden Durchfeuchtung und Trocknung findet bei diesem Versuch, der ebenfalls zehnmal an jeder Probe durchgeführt wurde, ein mechanischer Abrieb durch die Bewegung in der Trommel statt.

Beispiele sind in Abb. 13-14 wiedergegeben. Es zeigt sich, daß die Zerlegung des Probenmaterials in erheblich größerem Umfang stattfindet als im einfachen Wechselseuchtversuch. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Proben treten deutlich in Erscheinung. Im Falle der Probe 17 tritt ein extremer Zerfall ein (mittelkörniger Sandstein). Es zeigt sich, daß im Frost-

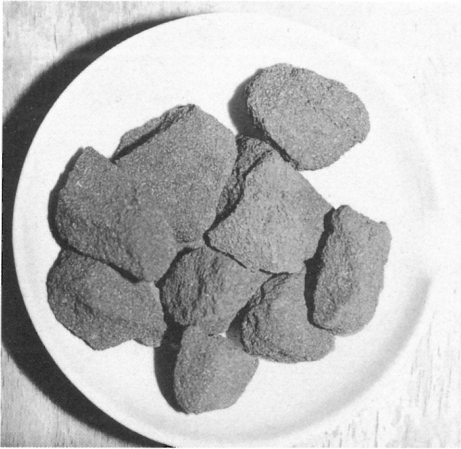


Abb. 13: Wechselfeucht-Abriebversuch, Zustand der Probe T 17/1 vor Versuchsbeginn.

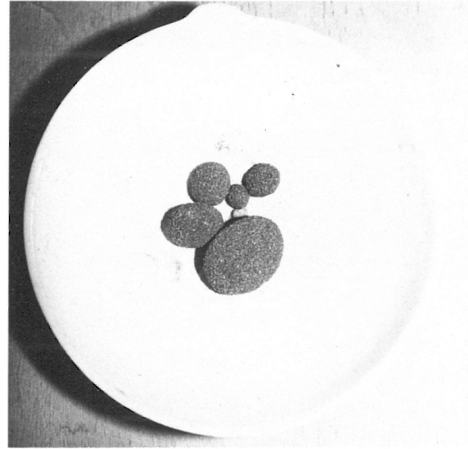


Abb. 14: Wechselfeucht-Abriebversuch, Zustand der Probe T 17/1 nach 10 Versuchszyklen (anfälliges Gestein).

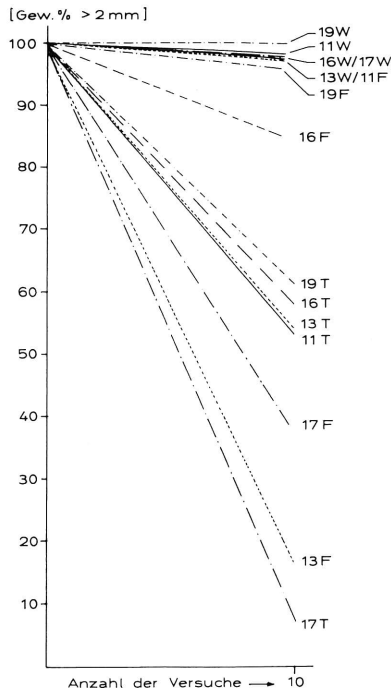


Abb. 15 : Siebrückstand der Proben in Gew.-% > 2 mm beim Frostversuch (F), Wechselfeucht-Versuch (W) und Wechselfeucht-Abriebversuch (T).



versuch die Zunahme an größeren Stücken gering ist; findet eine Zerlegung statt, dann in Teilchen von  $< 2$  mm Durchmesser. Im Wechselfeucht-Versuch und besonders im Wechselfeucht-Abrieb-Versuch findet meist eine bedeutende Zunahme der Stückigkeit statt. Eine Ausnahme macht die Probe 7, bei der ein nahezu totaler Zerfall in Komponenten von  $< 2$  mm Durchmesser zu beobachten war.

Abb. 15 stellt die Versuchsergebnisse der einzelnen Proben nach jeweils 10 Durchgängen als Siebrückstand  $> 2$  mm in Gew.-% der Ausgangsmenge dar (F= Frostversuch, W= Wechselfeucht-Versuch, T = Wechselfeucht-Abrieb-Versuch). Es wird klar, daß die Proben unterschiedliche Anfälligkeiten gegenüber den verschiedenen Versuchen zeigen. Die höchste Widerstandsfähigkeit ist bei allen Proben im einfachen Wechselfeucht-Versuch gegeben. Beim Wechselfeucht-Abrieb-Versuch wurden überwiegend geringe bis mittlere Widerstandsfähigkeiten festgestellt. Hinsichtlich der Frostanfälligkeit ist das Ergebnis sehr uneinheitlich.

#### Druckfestigkeit und Biegezugfestigkeit

In Anlehnung an DIN 52105 wurden die Druckfestigkeiten der Sandsteine an würfelförmigen Prüfkörpern und solchen prismenähnlicher Form bestimmt. Die Werte liegen bei würfelförmigen Prüfkörpern von 50 mm Kantenlänge zwischen 31,4 und 53,1 N/mm<sup>2</sup>, arithmetisches Mittel  $\bar{x} = 40,7$  N/mm<sup>2</sup>, Standardabweichung  $\sigma = 8,6$ .

Bei länglichen, prismenähnlichen Prüfkörpern mit einer Druckfläche von 25 cm<sup>2</sup> ergeben sich Werte von 50,0 - 76,0 N/mm<sup>2</sup>, arithmetisches Mittel  $\bar{x} = 58,5$  N/mm<sup>2</sup>, Standardabweichung  $\sigma = 8,5$ . An zwei Proben wurde die Biegezugfestigkeit des Gesteins nach DIN 52112 bestimmt. Die Werte liegen bei 4,85 N/mm<sup>2</sup> im Mittel.

Die Mittelwerte zur einachsialen Druckfestigkeit und zur Biegezugfestigkeit liegen im unteren Drittel des für Sandsteine zu erwartenden Spektrums.

#### Rohdichte

An 9 Proben wurde die Rohdichte bestimmt. Die Werte schwanken zwischen 19,7 und 23,6 KN/m<sup>3</sup>. Das arithmetische Mittel  $\bar{x}$  beträgt 21,2 KN/m<sup>3</sup>, Standardabweichung  $\sigma = 1,2$ .

### 8. Überlegungen zur Verwitterungsrate

Um die langfristige Standsicherheit des Teufelstisches beurteilen oder wenigstens eingrenzen zu können, ist es notwendig, eine Vorstellung über die Verwitterungsrate am untersuchten Objekt zu gewinnen. Dies ist nur mit langfristigen Beobachtungen möglich. Da frühere Messungen am Teufelstisch nicht vorliegen, waren die einzigen Anhaltspunkte Fotografien, deren älteste wohl um 1908 entstanden ist (veröffentlicht von Häberle 1911, nach einer Vorlage von Eigner 1908). Erwartungsgemäß konnten beim Vergleich der verschiedenen Fotos keine Veränderungen festgestellt werden, da die Größenordnung der Abwitterung unterhalb der bei diesen Maßstabsverhältnissen feststellbaren Raten liegt. Es erwies sich deshalb als notwendig, auf Literaturangaben und Vergleichszahlen, besonders aus dem Verbreitungsgebiet des Buntsandsteins einzugehen. Die Literaturangaben schwanken innerhalb erheblicher Spannweiten und sind hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit unterschiedlich zu beurteilen; häufig handelt es sich um grobe Schätzungen.

Bezüglich der Steilwände des Buntsandsteins der Insel Helgoland gibt Krumbein (1975, S. 6 ff.) mit Hinweis auf Wiebel (1848) und Fülcher (1905) Werte für die Rückverlagerung zwischen 3 und 20 m pro Jahrhundert an; nach Angaben von Krumbein und Brohm (1907) konnten jedoch an Brandungshohlkehlen der Insel innerhalb von 6-10 Jahren keine meßbaren Verluste festgestellt werden.

Zehnder (1982, S. 67) gibt für granitische Werksteine im Stadtbereich Abwitterungsraten von 1-2 mm pro Jahrhundert an. Grimm & Völkl (1983, S. 409) gehen im Münchener Raum von Verwitterungsraten an mäßig verwitterten Werksteinen von umgerechnet 0,5 mm pro Jahrhundert aus.

Knetsch (1960, S. 202) berichtet von Steinbrüchen in Ägypten, daß dort Bearbeitungsspuren, die mehrere 1000 Jahre alt sind, noch erhalten sind, also keine meßbare Abwitterung festzustellen ist (arides Klima, granitoide Gesteine).

Häberle (1911, S. 54; 1913, S. 52ff.) glaubte, für den Bereich des pfälzischen Buntsandsteins Verwitterungsraten von 43 mm in ca. 100 Jahren rekonstruieren zu können. Er bezog sich hierbei auf Verwitterungserscheinungen an Ruinen südpfälzischer Felsenburgen (Altdahn, Falkenburg, Drachenfels), die vor nunmehr 297 - 463 Jahren zerstört wurden (Häberle übersah, daß der Drachenfels nicht 1689, sondern bereits 1523 zerstört wurde). Häberles Verwitterungsraten basieren auf den Annahmen, daß

- die Felswände beim Burgenbau sämtlich glatt bearbeitet und eventuell vorher vorhandene Verwitterungserscheinungen beseitigt wurden; demnach wären die heute vorhandenen Verwitterungserscheinungen nach Zerstörung der Burgen entstanden
- die herausgearbeiteten Löcher im Fels zur Aufnahme der Deckenbalken eine Mindesttiefe von 10 cm hatten; aus geringerer Balkenlochtiefe schließt Häberle auf die Größe der Verwitterungsrate. Frenzel (1962, S. 457) unterstützt Häberles Auffassung und betont, das Alter der Verwitterungserscheinungen sei mit 300 Jahren eher zu hoch als zu niedrig angegeben.

Diese Annahmen sind so nicht haltbar. Es gibt keinen zwingenden Grund anzunehmen, daß man sich beim mittelalterlichen Burgenbau der Mühe unterzog, sämtliche ins Bauwerk integrierten Felswände, die eventuell Verwitterungserscheinungen aufwiesen, glatt zu bearbeiten. Die Tiefe der Balkenlöcher im Fels waren entsprechend ihrer jeweiligen Funktion nach Querschnitt und Tiefe höchst unterschiedlich dimensioniert; dies läßt sich an den genannten Ruinen ohne weiteres nachvollziehen.

Eine Abwitterungsrate läßt sich so nicht rekonstruieren. Häberle hat mit den u. a. 1913 veröffentlichten Detailfotos von Verwitterungsformen an der Ruine Drachenfels unfreiwillig den Beweis dafür geliefert, daß an natürlichen Felswänden im pfälzischen Buntsandstein mit einer sehr geringen Verwitterungsrate zu rechnen ist. Die Abbildungen 16 und 17 sowie 18 und 19 zeigen in einer Gegenüberstellung jeweils Reproduktionen der HÄBERLESchen Aufnahmen von 1913 und neuen Fotografien des gleichen Objekts 1985. Der Beobachtungszeitraum beträgt 72 Jahre. Nur bei sehr genauem Vergleich der Aufnahmen lassen sich Unterschiede in den Verwitterungsformen feststellen. Setzt man voraus, daß sich das äußere Erscheinungsbild der Kleinverwitterungsformen bei einer Rückverlegung von Felswänden zumindest in bestimmten Details verändern müßte, so ist zu folgern, daß eine erhebliche Rückverlagerung der beobachteten Felswand nicht stattgefunden hat. Dies bedeutet, daß die Abwitterungsrate im pfälzischen Buntsandstein zumindest bei den Sandsteinen mit mäßiger bis guter Kornbindung, bezogen auf eine größere Wandfläche, erheblich unter 5 mm in 100 Jahren liegt. Dies gilt jedoch nicht für Mauerwerk aus Werksteinen des Buntsandsteins. An den gleichen Burgen wurden einzelne verwitterungsbedingte Hohlräume bis 40 cm Tiefe in Mauern festgestellt.

Überträgt man das Ergebnis dieser Überlegungen auf das Naturdenkmal Teufelstisch, so ergibt sich, daß die Verwitterungsrate im Hinblick auf einige Jahrzehnte keine entscheidende Größe darstellt.

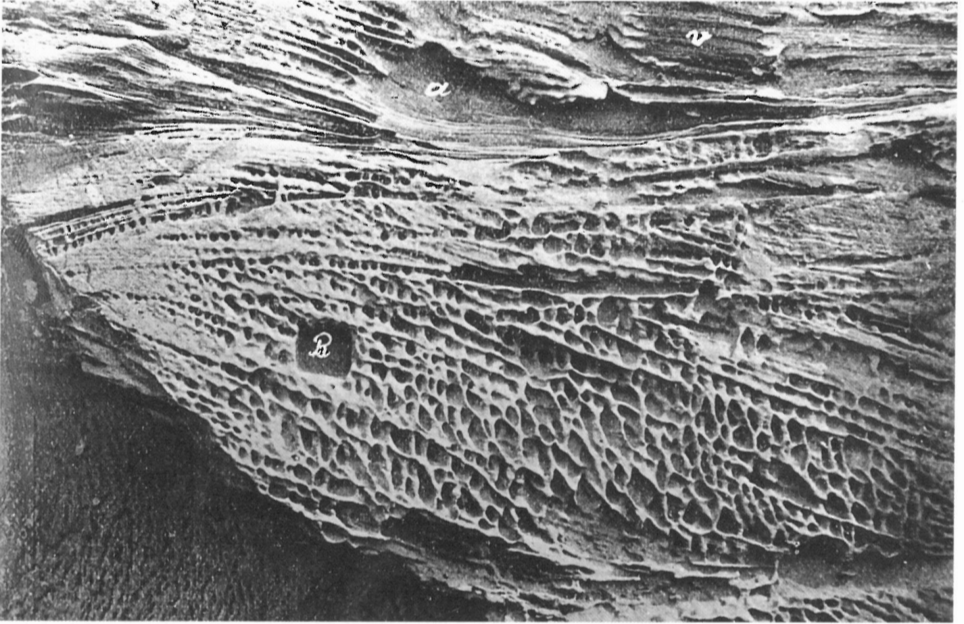


Abb.16: Aufnahme eines Ausschnittes der Südwand der Felsenburg Drachenfels bei Busenberg (Häberle, ca. 1913).

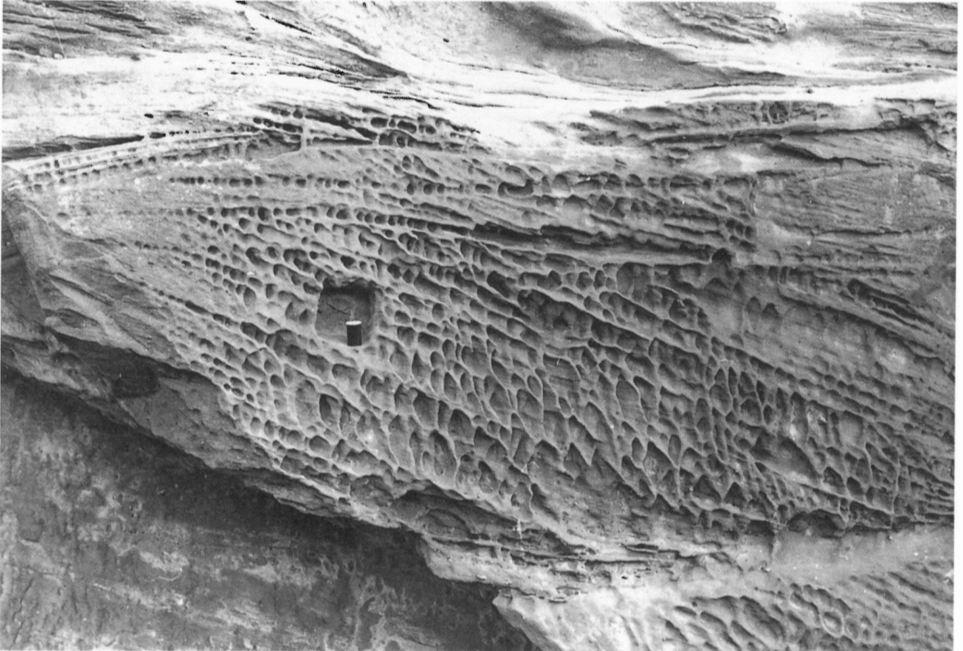


Abb. 17: Bildausschnitt wie Abb. 16 (Häfner 1985).

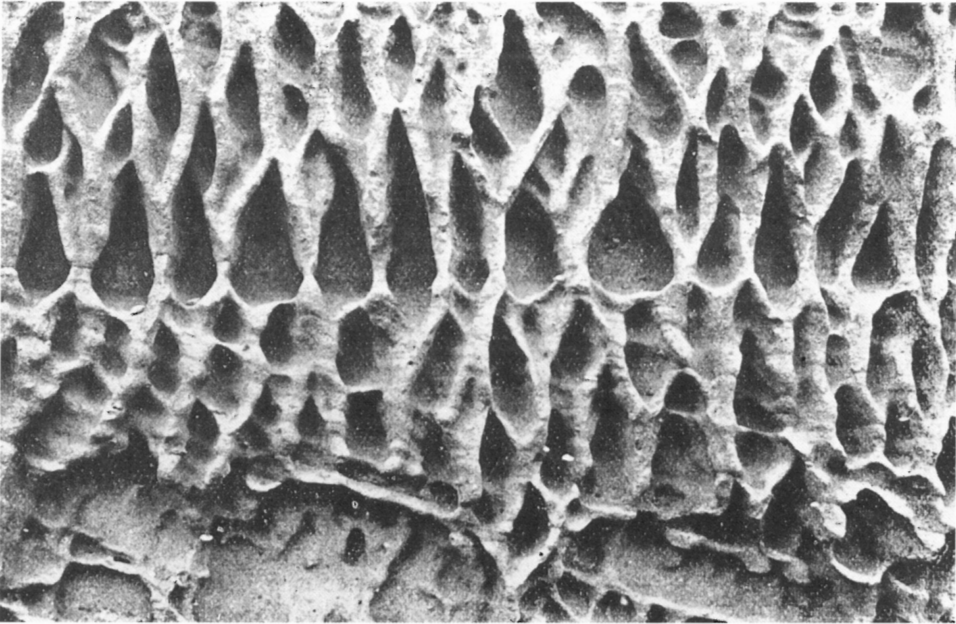


Abb. 18: Aufnahme eines Verwitterungsdetails am Aufsatzfelsen der Felsenburg Drachenfels bei Busenberg (Häberle, ca. 1913). Breite des Ausschnitts ca. 1 m.

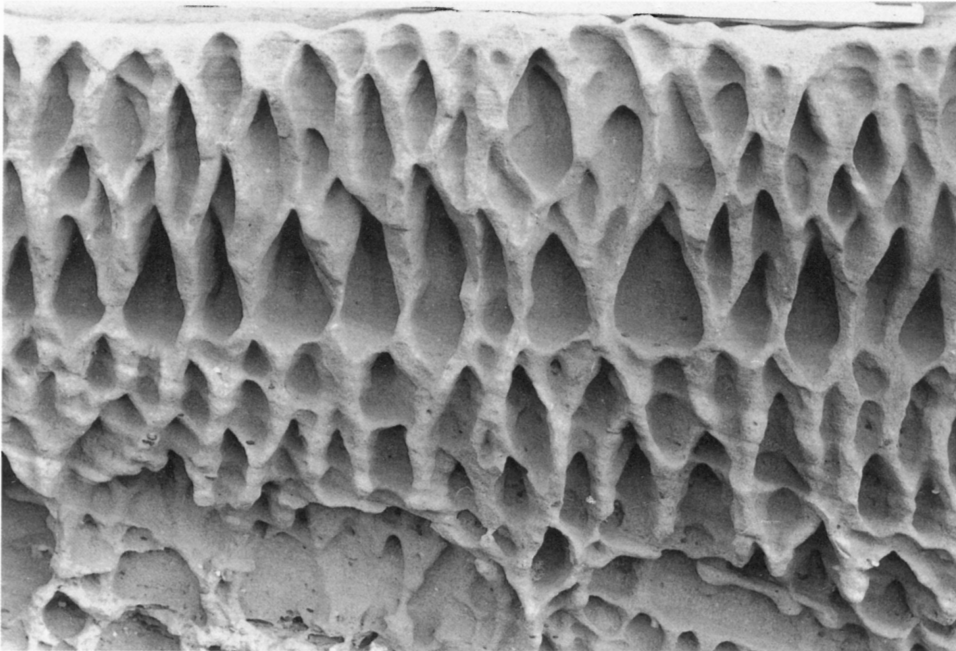


Abb. 19: Bildausschnitt wie Abb. 18 (Häfner 1985).

## 9. Standsicherheitsbeurteilung

Es soll vorausgeschickt werden, daß ein exakter rechnerischer Standsicherheitsnachweis nicht vorgenommen wird, da die Bestimmung der Eingangswerte mit Unsicherheiten behaftet ist. Für die Beurteilung der Standsicherheit des Naturdenkmals Teufelstisch sind folgende Faktoren von Belang:

- Die Lage des Schwerpunktes der Tischplatte in bezug auf die Auflageflächen (1),
- Die Druckfestigkeit des Sandsteines im Bereich der minimalen Auflagefläche im Verhältnis zur gegebenen „Boden“pressung der Tischplatte (2),
- Das Fortschreiten der Verwitterung (Verwitterungsrate) (3),
- Das Auftreten von horizontal wirkenden Kräften auf Stützen und Tischplatte (4),
- Die Stabilität der Tischplatte selbst (5).

zu 1: Die Tischplatte ruht auf drei Teilflächen (Stützen 1, 2 und 3; Abb. 7), die zusammen eine scheinbare Aufstandsfläche (Grundriß) von  $5,28 \text{ m}^2$  aufweisen.

Der Schwerpunkt liegt über dem zentralen Teil der Stütze 2; seine Lage wurde an einem Modellkörper mit hinreichender Genauigkeit bestimmt (Kap. 5). Damit sind ursprüngliche Vermutungen, daß beim Versagen der schmalen Stütze 3 ein Abkippen der Tischplatte zu befürchten sei, gegenstandslos geworden.

zu 2: Da keine die Standsicherheit der Stützen entscheidend beeinflussende Trennflächen vorhanden sind, ist die Druckfestigkeit des Sandsteines in den ungünstigen Bereichen das wesentliche Beurteilungskriterium. Die Schwächezone liegt dicht unter der Tischplatte, wo der anstehende Sandstein als äußerst mürbe anzusehen ist; teilweise entspricht das Material nur einem dicht gelagerten Sand. Aufgrund der vorgenommenen Laborversuche (Kap. 7) liegen die mittleren einachsialen Druckfestigkeiten der Sandsteine bei  $40,7 \text{ N/mm}^2$ . Hierbei ist zu berücksichtigen, daß ausreichend dimensionierte Proben im Auflagebereich der Tischplatte nicht entnommen werden konnten. Da aufgrund der Geländeaufnahme zu vermuten ist, daß gerade dort die niedrigsten Werte vorliegen, wurde für die nachfolgende Betrachtung der Laborwert um 25% auf  $30 \text{ N/mm}^2$  abgemindert.

Im vorhergehenden Text wurde von einer „scheinbaren“ Auflagefläche der Tischplatte gesprochen. Durch Hohlraumbildung im Zuge der Verwitterung (Abb. 20 und 21) reduziert sich die tatsächliche Auflagefläche im Bereich der Stütze 3 um ca. 40% und beträgt dort nur ca.  $0,21 \text{ m}^2$  anstelle von  $0,36 \text{ m}^2$ . Des weiteren ist zu beachten, daß der minimale Querschnitt der Stützen nicht in allen Fällen mit der Auflagefläche der Tischplatte identisch ist.

So beträgt der minimale Querschnitt bei Stütze 2 =  $2,32 \text{ m}^2$  (Auflagefläche:  $3,95 \text{ m}^2$ ) und bei Stütze 3 =  $0,15 \text{ m}^2$  (Auflagefläche:  $0,21 \text{ m}^2$ ). Das Gewicht der Tischplatte beträgt aufgrund der Messungen ca. 2840 KN (284 t). Die Flächenpressung im Bereich der Aufstandsflächen der Tischplatte ergibt sich zu ca.  $553 \text{ KN/m}^2$  ( $5,5 \text{ Kp/cm}^2$ ).

Bei Zugrundelegung der minimalen Querschnitte der Stützen errechnet sich die Flächenpressung zu ca.  $825 \text{ KN/m}^2$  ( $8,2 \text{ Kp/cm}^2$ ). Würde man die Gesamtlast nur auf die Stütze 2 aufbringen (Schwerpunkt), resultiert im ungünstigsten Fall eine Flächenpressung von maximal  $1224 \text{ KN/m}^2$  ( $12,2 \text{ Kp/cm}^2$ ). Hiermit wird deutlich, daß hinsichtlich der Druckfestigkeit des Sandsteins ( $30 \text{ MN/m}^2$ ) hohe Sicherheiten vorhanden sind.

Frenzel (1964, S. 179) behauptete (ohne Angabe von Zahlenwerten), die Druckfestigkeit isolierter Felstürme des pfälzischen Buntsandsteins werde überschritten, wenn ihre Höhe mehr als 50 m betrage. Abgesehen davon, daß die Stützen des Teufelstisches weit niedriger sind, und damit nach dem Kriterium von Frenzel als sicher gelten können, müßten nach den vorliegenden Untersuchungen auch Felsen von mehr als 50 m Höhe, von der Druckfestigkeit her gesehen, standsicher sein.



Abb. 20: Hohlraumbildung mit Doppelkegelbildung an der Stütze 3 des Teufelstisches. Breite des Bildausschnittes ca. 40 cm (Aufnahme: Häfner 1985).

zu. 3: Das Materialverhalten der Sandsteine des Teufelstisches wurde hinsichtlich seiner Verwitterungsempfindlichkeit verschiedenen Laborversuchen unterworfen; außerdem wurde versucht, die Abwitterungsrate indirekt über vergleichbare Beobachtungen zu erschließen.

#### Ergebnisse der Versuche

**Frostempfindlichkeit:** Wie sich gezeigt hat, werden die Sandsteine, insbesondere die feinschichtigen, wie sie auch im Auflagerbereich der Tischplatte anzutreffen sind, in erheblicher Weise von Frosteinwirkung zerstört. Im Versuch fand im Gegensatz zu den tatsächlichen Verhältnissen am Teufelstisch jedoch eine weitgehende Wassersättigung der Porenräume statt; die tatsächliche Frostsprengungswirkung dürfte aufgrund der bescheidenen Wassersättigung der Gesteine im Naturdenkmal gering sein.

**Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel:** Dieser Wechsel ist bei mitteleuropäischen Klimaverhältnissen ein bedeutender, häufiger Faktor der Gesteinszerstörung. Die Austrocknung wird im Auflagerbereich der Tischplatte dadurch abgemildert, da hier wegen der Geometrie des Tischfelsens direkte Sonneneinstrahlung im Sommer kaum vorhanden ist. Mit den natürlichen Verhältnissen am ehesten vergleichbar scheint uns der in Kap. 7 geschilderte einfache Wechselfeuchtversuch; bei diesem Versuch zeigten sich nur geringe Veränderungen des Probenmaterials.

Andere Verwitterungsarten wie Zersetzung durch Algenbewuchs, Salzsprengung, Lösungsvorgänge im Bindemittel der Sandsteine dürften aufgrund der Beobachtungen und

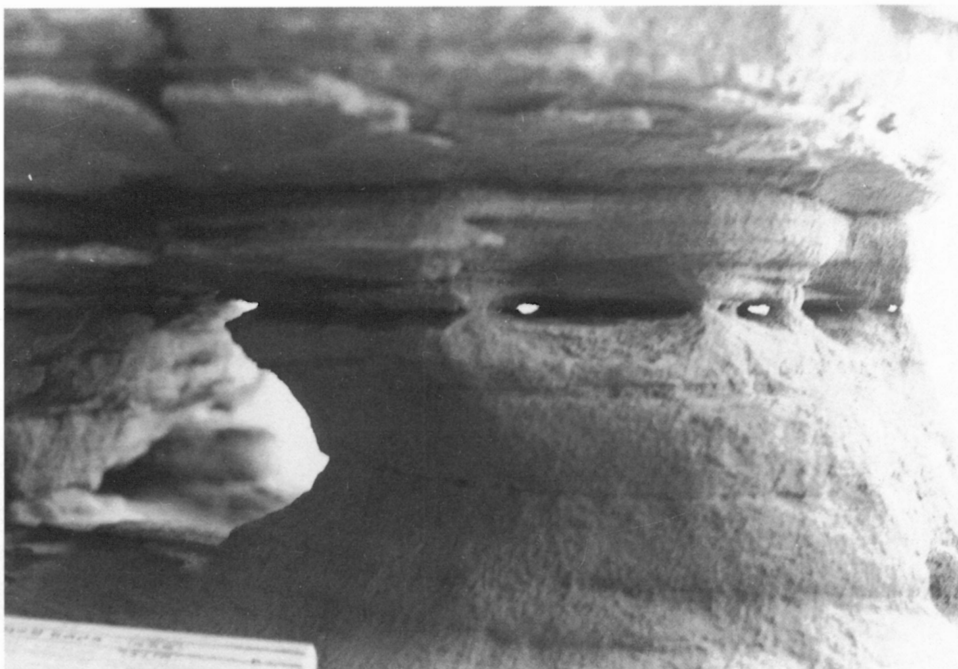


Abb. 21: Relikte von Materialbrücken nach schichtparalleler Verwitterung an der Stütze 3 des Teufeltisches. Breite des Bildausschnittes ca. 1 m (Aufnahme: Häfner 1985).

der Zusammensetzung der Sandsteine keine wesentliche Rolle spielen. Leider fehlen bisher einschlägige Langzeitbeobachtungen, um die qualitativen Versuchsergebnisse, die eine Verwitterungsanfälligkeit der Sandsteine des Teufeltisches zweifelsfrei erwiesen haben, in eine quantitative Verwitterungsrate umzusetzen.

Die Prognose bleibt deshalb auf Überlegungen und Beobachtungen angewiesen, wie sie im Kap. 8 diskutiert wurden. Hieraus kann allerdings gefolgert werden, daß hinsichtlich der Verwitterungsrate in den nächsten Jahrzehnten keine entscheidenden negativen Auswirkungen auf die Standsicherheit des Tischfelsens zu befürchten sind.

zu 4: Die Standsicherheit des Teufeltisches wird durch angreifende Windlasten beeinträchtigt. Für einen rechnerischen Ansatz liegen uns keine Erfahrungen vor; deshalb bleiben diese Kräfte unberücksichtigt.

zu 5: Bei der Ortsbesichtigung wurden an der Tischplatte keine Trennflächen entdeckt, die ein Auseinanderbrechen befürchten lassen. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, daß in überschaubaren Zeiträumen an der Tischplatte keine wesentliche negative Veränderung eintritt.

Zusammenfassung: Die verschiedenen Untersuchungen und Überlegungen zur Standsicherheit des Naturdenkmals Teufeltisch haben ergeben, daß zur Zeit die Standsicherheit ausreicht und daß in den nächsten Jahrzehnten keine grundsätzliche Änderung dieser Situation aufgrund des Verwitterungsfortschrittes zu erwarten ist.

**Schriften**

- Ahnert, F. (1955): Die Oberflächenformen des Dahner Felsenlandes. - Mitt. d. Pollichia, 3. Reihe, 3, S. 3-105, Bad Dürkheim.
- Brohm, A. (1907): Helgoland in Geschichte und Sage. Seine nachweislichen Landverluste und seine Erhaltung. 70 S., 36 Abb., 15 Ktn., Cuxhaven, Helgoland (Rauschenplat.).
- Dachroth, W. (1980): Rehbergsschichten. - Mainzer geowiss. Mitt., 9, S. 7-40, 24 Abb., Mainz.
- Eigner (1908): Naturpflege in Bayern. - München.
- Fitzner, B. (1970): Die Prüfung der Frostbeständigkeit von Naturbausteinen. - Geol. Mitt., 10, 91 S., 38 Abb., 12 Tab., 3 Taf., Aachen.
- Frenzel, G. (1962): Kleinverwitterungsskulpturen im südpfälzischen Buntsandstein. - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., S. 453-466, 9 Abb., Stuttgart.
- (1964): Im Buntsandstein des Pfälzerwaldes. Der Aufschluß, 7/8, S. 175-200, 21 Abb., Heidelberg.
- Grimm, W.-D. & Völkl, J. (1983): Rauhigkeitsmessungen zur Kennzeichnung der Natursteinverwitterung. - Z. dt. geol. Ges., 134, S. 387-411, Hannover.
- Häberle, D. (1911): Über die Meßbarkeit der Fortschritte der Verwitterung. - Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 1, S. 53-54, Stuttgart.
- (1911): Das Felsenland des Pfälzerwaldes (Pfälzer Wasgenwald). Ein Beispiel für die Entstehung bizarrer Verwitterungsformen im Buntsandstein B. Die Felsformen. - Pfälz. Heimatde., VII/2, S. 22-26, 10 Abb., Kaiserslautern.
- (1911): Das Felsenland des Pfälzerwaldes (Fortsetz.). - Pfälz. Heimatde., VII/4, S. 54-56, 4 Abb., Kaiserslautern.
- (1911): Das Felsenland des Pfälzerwaldes (Schluß). - Pfälz. Heimatde., VII/6, S. 85-89, 7 Abb., Kaiserslautern.
- (1913): Der Pfälzerwald. Ein Beitrag zur Landeskunde der Rheinpfalz. - Die Rheinlande in naturwissenschaftlichen und geographischen Einzeldarstellungen, 3, 91 S., 50 Abb., Braunschweig, Berlin (Westermann).
- (1927): Groß- und Kleinverwitterungsformen im Buntsandsteingebiet des südlichen Pfälzerwaldes. - Festschrift 55. Tag. oberrhein. geol. Ver., 6 Abb., Saarbrücken.
- Häfner, F. (1982): Gutachten über die Standsicherheitsverhältnisse des Naturdenkmals Teufelstisch bei Hinterweidenthal. I. Teil, 9 S., 4 AnL, Mainz. - [unveröff.].
- Häfner, F. & Emmermann, K.-H. (1985): Gutachten über die Standsicherheitsverhältnisse des Naturdenkmals Teufelstisch bei Hinterweidenthal. II. Teil, 18 S., 8 AnL, Mainz. - [unveröff.].
- Hettner, A. (1903): Die Felsbildungen der Sächsischen Schweiz. - Geogr. Z., 9, S. 608-626, Leipzig.
- Illies, H. (1964): Bau u. Formengeschichte des Dahner Felsenlandes. - Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 46, S. 57-67, 4 Abb., Stuttgart.
- Knetsch, G. (1960): Über aride Verwitterung unter besonderer Berücksichtigung natürlicher und künstlicher Wände in Ägypten. - Z. f. Geomorph., Suppl., 1, S. 190-205, 10 Abb., Berlin.
- Krumbein, W. (1975): Verwitterung, Abtragung und Küstenschutz auf der Insel Helgoland. - Abh. Verh. naturwiss. Ver., N. F., 18/19, S. 5-31, 6 Abb., 11 Taf., Hamburg.
- Petrascheck, W. (1908): Die Oberflächen- und Verwitterungsformen im Kreidegebiet von Adersbach und Wekelsdorf. - Jb. K. K. geol. Reichsanst., 58, S. 610-619, 3 Abb., Wien.
- Weiss, G. (1916): Verwitterungserscheinungen an Buntsandsteinsedimenten. - Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., S. 87-98, 2 Abb., Stuttgart.
- Wiebel, K. W. M. (1848): Die Insel Helgoland. Untersuchungen über deren Größe in Vorzeit und Gegenwart. 213 S., 2 Ktn., 1 Taf., Hamburg (Herold).
- Zehnder, K. (1982): Verwitterung von Molassesandsteinen an Bauwerken und in Naturaufschlüssen. - Beitr. z. Geol. d. Schweiz, geotech. Ser., 61, 130 S., 78 Abb., 38 Tab., Bern.



Anschriften der Autoren:

Dr. Friedrich Häfner, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Postfach 2045,  
D-6500 Mainz.

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Böhler, Kellerskopfstraße 41, D-6204 Taunusstein 2.

Manuskript eingegangen am 30. 9. 1986