

ÜBERREICHT VON:

Karl Gertis

Lehrstuhl Konstruktive Bauphysik
Universität Stuttgart, Postfach 801140, D-7000 Stuttgart 80

Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Postfach 80 04 69 | Postfach 1180
D-7000 Stuttgart 80 | D-8150 Holzkirchen 1

17 (1990) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

H. Leonhardt, K. Kießl

Schnellbestimmung des Festigkeitsprofils verwitterter Oberflächenzonen alter Gebäude durch Bohrwiderstandsmessung

1. Einleitung

Die Bewertung und Behandlung von Schäden an Bauwerksflächen, sei es an verputzten Fassaden, an Sichtmauerwerken oder auch an Naturgesteinen von Denkmalobjekten, erfordern u.a. eine Untersuchung des Festigkeitszustandes der oberflächennahen Schichten. Dies gilt für die Zustandsanalyse, aber auch für die Überprüfung durchgeführter Sanierungsmaßnahmen, wie z.B. Gesteinsfestigung. Im Zuge verstärkter Bemühungen auf dem Gebiet der Sanierung kunsthistorisch wertvoller Bauten stellt sich daher mehr denn je die Frage nach Einfachgeräten zur Vor-Ort-Untersuchung von Bauschäden. Für die Bestimmung von Härteprofilen wurde bereits in früheren Jahren von Künzel [1] [2] ein Bohrhärteprüfgerät eingesetzt. Dieses damals eingesetzte Bohrgerät ist weiterentwickelt und in seiner Funktion, seinem Gewicht und seinen Abmessungen den Anforderungen angepaßt worden.

2. Aufbau und Funktionsweise des Bohrgerätes

Das neue Bohrgerät ist netzunabhängig, es hat ein Gewicht von ca. 4 kg und ist ca. 35x25x25 cm groß. Das Gerät wird im Einsatz auf ein massives, höhen- und neigungsverstellbares Aluminiumstativ montiert. Bild 1 zeigt das einsatzbereite Bohrgerät sowie sein Funktionsprinzip. Kernstück des Gerätes ist eine akkubetriebene handelsübliche Bohrmaschine, die auf einem Schlitten beweglich gelagert ist. Mit Hilfe eines Seilzuges, an dessen unterem Ende ein Gewicht hängt, wird die Maschine mit konstanter Kraft in die Probe vorgetrieben. Bei den verwendeten Bohrern handelt es sich um mit Diamantplättchen besetzte (PKD-bestückte) Spezialanfertigungen mit 3 mm Durchmesser. Die Eindringtiefe wird von einem in das Gerät integrierten Schreiber mechanisch aufgezeichnet. Dabei läuft der Papiervorschub mit konstanter Geschwindigkeit quer zur Vorschubrichtung des Bohrschlittens, mit dem die Schreibspitze fest verbunden ist.

3. Funktionsprüfung und Meßauswertung

Für die Überprüfung der Leistungsfähigkeit des Gerätes sowie für die Bewertung erster Meßergebnisse sind Tastuntersuchungen an verschiedenen bruchfrischen Sandsteinen durchgeführt worden, und zwar an Oberkirchner, Rüthener, Saaler, Sander, Schönbacher und Wüstenzeller Sandstein. Die Versuche wurden an quaderförmigen Gesteinsproben unter Berücksichtigung der Schichtung vorgenommen. Da aufgrund des Bohrerverschlusses eine Beeinflussung des Ergebnisses nicht auszuschließen war, sind vor und nach jeder Versuchsreihe Vergleichsbohrungen an Materialien bekannter Härte (Referenzbohrungen) durchgeführt

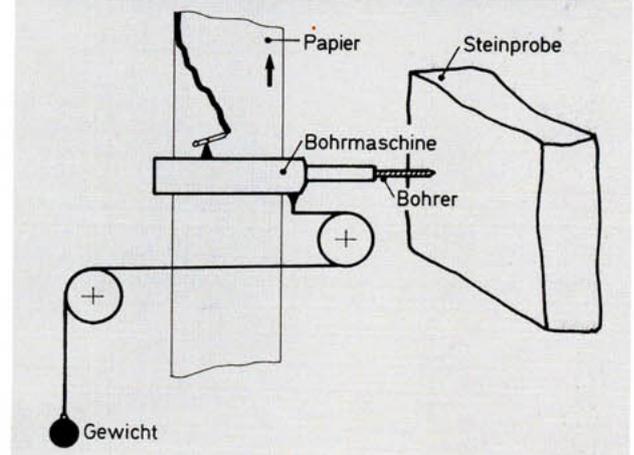
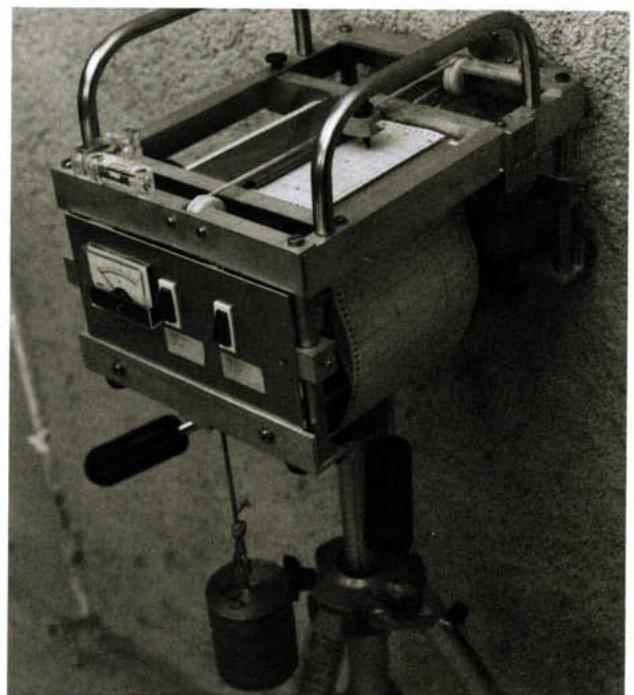


Bild 1: Das Bohrgerät im Einsatz (oben) und schematische Darstellung des Funktionsprinzips (unten).

worden. Die erzielten Versuchsergebnisse aus den erwähnten Bohrversuchen sollten zudem mit festigkeits-technischen Stoffeigenschaften der Gesteine, und zwar mit den im Labor ermittelten Druck-, Zug- und Biegezugfestigkeiten sowie mit dem dynamischen E-Modul korreliert werden.

Zur Auswertung der Bohrversuche wird während des Bohrvorganges die Bohrerindringtiefe auf dem Schreiberstreifen als Funktion der Zeit aufgezeichnet. Aus der Steigung dieser „Bohrdiagramm“-Kurve, die tiefenabhängig unterschiedlich sein kann, läßt sich eine Art Bohrwiderstand oder Bohrhärte nach folgendem Verhältnis definieren:

$$\text{Bohrhärte [-]} = \frac{\text{Papiervorschub [cm]}}{\text{Änderung der Bohrtiefe [cm]}}$$

Die lokale Bohrhärte längs der Bohrtiefe kann somit als Kehrwert der ersten Ableitung der Bohrkurve bestimmt werden. Da sie gerätespezifische Größen beinhaltet, wird zunächst auf eine allgemeine Härte dimensionierung verzichtet. Die Auswertung der Bohrkurve kann einfach „per Hand“ oder auch über ein Computerprogramm vorgenommen werden.

4. Meßergebnisse und Korrelationen

Die Bohrversuche an den bruchfrischen Gesteinen ergaben einen annähernd linearen Verlauf der Bohrkurve mit jeweils charakteristischen Steigungen. Wie aus der **Tabelle 1** hervorgeht, besitzt der Saaler Sandstein mit Abstand die größte Bohrhärte, die geringste Bohrhärte weist der Rühthener Sandstein auf. Der Einfluß der Sedimentationsschichtung ist je nach Ausprägung zu erkennen. So ist die Bohrhärte senkrecht zur Schichtung in der Regel etwas größer als parallel zur Schichtung, was auf eine Paralleleinregelung der Mineralkörper zurückzuführen ist. Zur Überprüfung des Bohrgerätes auf seine Eignung, auch tiefenabhängige Festigkeitsänderungen festzustellen, sind Bohrversuche an verwittertem Gestein durchgeführt worden. Anhand des gemessenen Bohrhärteprofils lassen sich tiefenabhängig geschädigte Zonen klar erkennen. Das ausgewertete Ergebnis eines solchen Bohrversuches wird am Beispiel eines verwitterten Wüstenzeller Sandsteins in **Bild 2** vorgestellt. Anhand des Bohrhärteprofils läßt sich der Schädigungszustand abhängig von der Gesteinstiefe klar diagnostizieren. An den Oberflächen und in einer Tiefe von etwa 12 mm ist das Gestein geschädigt.

Tabelle 1: Mit dem Bohrgerät gemessene Bohrhärte werte für verschiedene Sandsteinarten unter Berücksichtigung von Schichtungseinflüssen;
senkrecht: Messung senkrecht zur Schichtung
parallel: Messung parallel zur Schichtung

Sandstein	Obernkirchner	Rühthener	Saaler	Sander	Schönbucher	Wüstenzeller	
Bohrhärte	senkrecht	3,5	1,3	11,6	3,7	5,4	6,2
	parallel		1,4	9,2	3,0	5,1	3,8

Die Untersuchungen zur Korrelation der Bohrhärte mit festigkeitsmechanischen Kennwerten haben ergeben, daß zwischen Bohrhärte und Biegezugfestigkeit ein relativ klarer linearer Zusammenhang besteht. **Bild 3** zeigt die Beziehung graphisch, wobei lediglich beim Obernkirchner und beim Saaler Sandstein (parallel zur Schichtung) Abweichungen vorliegen. Auch mit dem dynamischen E-Modul ist die Bohrhärte gut korrelierbar, wie ebenfalls aus **Bild 3** hervorgeht. Er steigt etwa quadratisch mit der Bohrhärte an, wobei

Bohrhärte werte < 1 keine sinnvollen Aussagen ermöglichen. Für Zug- und Druckfestigkeit ergaben sich Abhängigkeiten der Art, daß diese Werte zwar mit der Bohrhärte ansteigen, jedoch wesentlich mehr streuen. Die Ergebnisse der Bohrversuche belegen, daß für erste praktische Beurteilungen von Festigkeitszuständen aufwendige Probenentnahmen größeren Formats nicht unbedingt erforderlich sind. Die aus den erläuterten Bohrversuchen zu gewinnenden Informationen reichen für Erstdiagnosen oder Vergleichsuntersuchungen häufig aus.

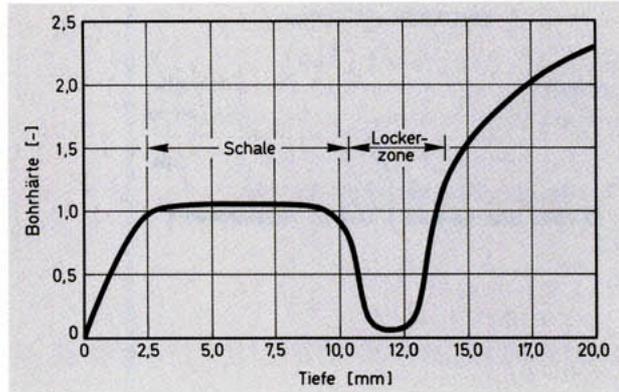


Bild 2: Mit dem Bohrgerät gemessenes Tiefenprofil der Bohrhärte für einen verwitterten Wüstenzeller Sandstein. Aus der Bohrhärte-Messung ist deutlich eine Schalenbildung mit dahinterliegender Lockerzone zu erkennen.

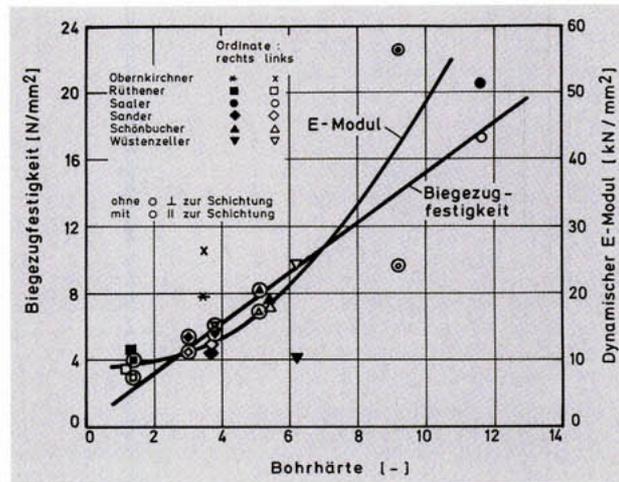


Bild 3: Korrelationen zwischen Bohrhärte und Biegezugfestigkeit bzw. dynamischem E-Modul für verschiedene bruchfrische Natur-sandsteine unter Berücksichtigung von Schichtungseinflüssen.

5. Literatur

- [1] Künzel, H.: Feuchtigkeitstechnische Untersuchungen an Außenputzen. Zement-Kalk-Gips 17 (1964), H. 6, S. 237-251.
- [2] Künzel, H.: Feuchtigkeitstechnische Untersuchungen im Zusammenhang mit Anstrichen auf Außenputzen. Zement-Kalk-Gips 19 (1966), H. 1, S. 17-29.

Die Untersuchungen wurden vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert.



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK
Leiter: o.Prof. Dr. Dr. h.c. Karl Gertis
7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel.(0711)970-00
8150 Holzkirchen (OBB), Postf. 1180, Tel. (08024)643-0

Herstellung und Druck:
SDSC, Informationszentrum RAUM und BAU
der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart

Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des
Fraunhofer-Instituts für Bauphysik