

Druckfestigkeit und Ausbruchlast neu geregelt

DIPL.-MIN. HENNING ROHOWSKI

Die neuen europäischen Normen für Naturwerkstein sind da! Um herauszufinden, was das für den Einsatz von Naturwerkstein in der Praxis bedeutet, hat die Materialprüfungs- und Versuchsanstalt (MPVA) Neuwied vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung der Ausbruchlast am Ankerdornloch und der Druckfestigkeit durchgeführt. Ein Ergebnis: Bei der Ermittlung der Ausbruchlast nach europäischer Norm ergaben sich höhere Werte als bei der Ermittlung nach deutscher Norm, d. h. der Spielraum für die Ausführung hinterlüfteter Natursteinfassaden ist größer.

Seit spätestens 1999 ist Europa im Bereich Naturwerkstein auch prüftechnisch Realität geworden. Was heißt das? Die bekannten deutschen Normen für Anforderungen an, sowie Ausführung und Prüfung von Naturstein [1], [2], [3] wurden entweder direkt durch europäische Normen oder indirekt über deutsche Normen, die europäische Normen einführen, ersetzt [4], [5], [6]. Was bedeutet das für die Natursteinindustrie? Im **privatrechtlichen** Bereich

ist es Gegenstand der Vertragsbedingungen, nach welchen Prüfnormen die Materialien getestet werden. Natürlich werden die europäischen Normen in Ausschreibungsvorgaben, z. B. denen der VOB, künftig verstärkt berücksichtigt werden müssen. Im **baurechtlichen** Bereich, z. B. bei hinterlüfteten Fassadenbekleidungen, ist vorgeschrieben, nach welchen Normen geprüft werden muss [7]. Kurzum: Man kommt um die neuen Verfahren nicht mehr herum! Höchste

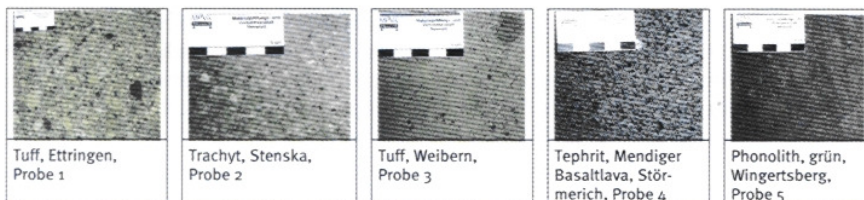
Zeit also, darüber nachzudenken, wie sich die neuen Vorschriften auf die Kennwerte der einzelnen Natursteine auswirken. Um das herauszufinden, hat die MPVA Neuwied mit Unterstützung des *Internationalen Natursteinzentrums (INZ) e. V.* in Mayen eine Versuchsreihe mit 15 verschiedenen Gesteinen durchgeführt. Für jedes Gestein wurden die Druckfestigkeiten und die Ausbruchlasten am Ankerdornloch bestimmt – sowohl nach der bekannten deutschen als auch nach den neuen europäischen Vorschriften.

Versuchsanordnung: 15 verschiedene Gesteinssorten

Einige der neuen europäischen Normen weichen in Teilen deutlich von den bekannten deutschen Vorschriften ab. Im Einzelnen sind andere Probekörpergeometrien, eine andere Probevorbereitung und -vorlagerung sowie andere Prüfgeräte vorgesehen – Vorgaben, die sich natürlich auch auf die zu ermittelnden Kennwerte auswirken. In der hier beschriebenen Versuchsreihe wurden exemplarisch die Verfahren zur Bestimmung der Druckfestigkeit deutsch [3] und europäisch [6] sowie zur Bestimmung der Ausbruchlast am Ankerdornloch deutsch [8] und europäisch [9] durchgeführt und verglichen.

Da sich die physikalischen Eigenschaften verschiedener Werksteine stark unterscheiden, können die vorgenannten Verfahrensänderungen unterschiedliche Auswirkungen auf die einzelnen Gesteine haben. Mit Rücksicht auf diese Möglichkeit wurde ein Feld von 15 verschiedenen Gesteinen untersucht. In *Tabelle 1*

VULKANITE



PLUTONIT



METAMORPHITE

SEDIMENTE



Tabelle 1.



Bild 1: Einspannung der Prüfkörper.

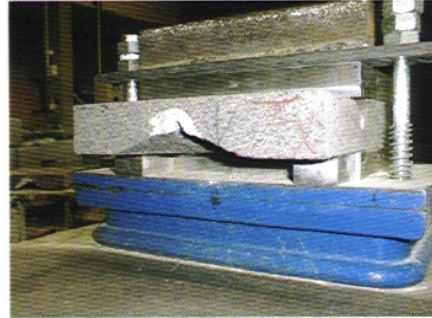


Bild 2: Veränderter Auflagerbereich der Prüfvorrichtung.

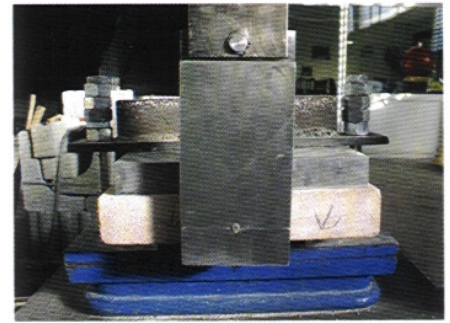


Bild 3: Einspannvorrichtung für Dorne.

sind die untersuchten Gesteine abgebildet und beschrieben. Jede der drei petrographischen Gesteinsgruppen (die Magmatite wurden weiter unterteilt in Vulkanite und Plutonite) ist mindestens durch ein Gestein vertreten. Somit decken die geprüften Gesteine nahezu die gesamte Bandbreite der Trockenrohdichten und Festigkeiten ab.

Prüfung der Druckfestigkeiten und Ausbruchlasten am Ankerdornloch

Druckfestigkeit: Auf eine detaillierte Beschreibung der durch die jeweilige Norm vorgegebenen Verfahren wird verzichtet. Es sollen nur die wesentlichen drei Unterschiede der Verfahren dargestellt werden.

- DIN EN 1926 verwendet 70er Würfel statt der nach DIN 52 105 für grobkörnige Steine empfohlenen 100er Würfel.
- DIN EN 1926 sieht für die Druckflächenvorbereitung Schleifen bzw. in Ausnahmefällen Abgleichen vor. DIN 52 105 lässt nur Schleifen zu und sie schließt die Verwendung von Zwischenlagen aus.
- DIN EN 1926 sieht eine Trocknung der Proben bis zur Massenkonstanz bei 70 °C vor, während DIN 52 105 nur von einem nicht näher definierten lufttrockenen Zustand spricht.

Ausbruchlast am Ankerdornloch:

Auch, was die Ermittlung dieses Kennwertes betrifft, wollen wir hier nur auf die Unterschiede der durch die jeweilige Norm vorgegebenen Verfahren eingehen.

- E DIN EN 13364 legt die Probeabmessungen so wie die LGA-Richtlinie auf 200er bzw. 300er Platten fest. Ein Plattenmaß 150 mm ist nicht mehr vorgesehen.
- E DIN EN 13 364 präzisiert die Lage des Ankerdornlochs und lässt v. a. nur eine eng begrenzte Lochdeckung zu.
- E DIN EN 13 364 spannt die Probekörper flächig genau definiert in eine Prüfvorrichtung ein (Bild 1).
- Zusätzlich zur Einspannung führen Änderungen im Auflagerbereich

(Bild 2) bei den beiden Prüfverfahren zu unterschiedlichen Spannungsverteilungen in den Prüfkörpern.

- Die Lasteinwirkung auf den Dorn ist in E DIN EN 13 364 wesentlich genauer geregelt. So wird der Dorn eingespannt und der Abstand des Prüfwertes vom Plattenrand ist auf mindestens 2 mm festgelegt (Bild 3).
- E DIN EN 13 364 sieht eine Trocknung der Proben bis zur Massenkonstanz bei 70 °C vor, während die LGA-Richtlinie nur von einem nicht näher definierten lufttrockenen Zustand spricht.
- Die Einbindelänge der Dorne ist auf 25 mm Länge beschränkt.

Die nachfolgenden Bilder stellen den gemäß E DIN EN 13 364 gegenüber der LGA-Richtlinie veränderten Versuchsaufbau zur Bestimmung der Ausbruchlast am Ankerdornloch dar.

Prüfergebnisse

Allgemein: Die Festigkeitsergebnisse wurden statistisch nach den Vorgaben der DIN 18 516-3 12.99 [5] ausgewertet. Es werden nur die 5%-Quantile der Prüfergebnisse angegeben. Für die

Merkmalsverteilung wurde eine logarithmische Normalverteilung angenommen. Bei zehn Einzelprüfungen je Serie wurde gemäß [5] der Quantilenfaktor 2,1 verwendet. Eine geringere Einzelprüfungsanzahl ist nach [5] nicht vorgesehen. Es wurden daher für fünf bzw. acht Einzelprüfungen gemäß [10] die Quantilenfaktoren 2,46 bzw. 2,19 benutzt.

Druckfestigkeit: Die Druckfestigkeitsergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. In Bild 4 werden die ermittelten Druckfestigkeiten den entsprechenden Trockenrohdichten zugeordnet.

Ausbruchlast am Ankerdornloch: In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Bestimmung der Ausbruchlast am Ankerdornloch zusammengefasst.

Diskussion der Ergebnisse

Druckfestigkeit: Die vergleichenden Untersuchungen zur Druckfestigkeit ergaben zunächst ein uneinheitliches Bild. Die nach DIN EN 1926 [6] ermittelten Festigkeiten lagen teils über und teils unter denen, welche nach DIN 52 105 [3] ermittelt

Probe	Material	Rohdichte [kg/dm³]	Druckfestigkeit				Δ Druckfestigkeit, bez. auf DIN 52 105 [%]
			DIN 52 105		DIN EN 1926		
			Druckfestigkeit [N/mm²]	Variationskoeffizient [%]	Druckfestigkeit [N/mm²]	Variationskoeffizient [%]	
1	Tuff, Ettringen	1,66	13	13	19	5	+46
2	Trachyt, Stenska	2,32	74	9	40	17	-46
3	Tuff, Weibern	1,41	10	1	9	8	-10
4	Tephrit, Mendiger Basaltlava	2,12	61	13	56	15	-8
5	Phonolith, Wingertsberg, grün	2,04	22	33	40	13	+82
6	Tephrit, Mayener Basaltlava	2,22	62	10	47	27	-24
7	Schlackenagglomerat, Michelnauer Lava	1,62	8	9	16	7	+100
8	Mafischer Vulkanit, Basaltic	2,65	90	18	87	17	-3
9	Granit, G 603	2,63	103	15	78	15	-24
10	Marmor, Noir St. Laurent	2,69	120	7	48	27	-60
11	Gneis, Caroux	2,61	54	14	66	8	+22
12	Kalkstein, Jura Marmor gelb	2,56	95	18	67	24	-29
13	Sandstein, Udelfangen	1,88	16	20	29	13	+81
14	Sandstein, Obersulzbacher	2,08	31	6	34	8	+10
15	Sandstein, Schweinstaler	2,13	48	9	42	13	-13

Tabelle 2.

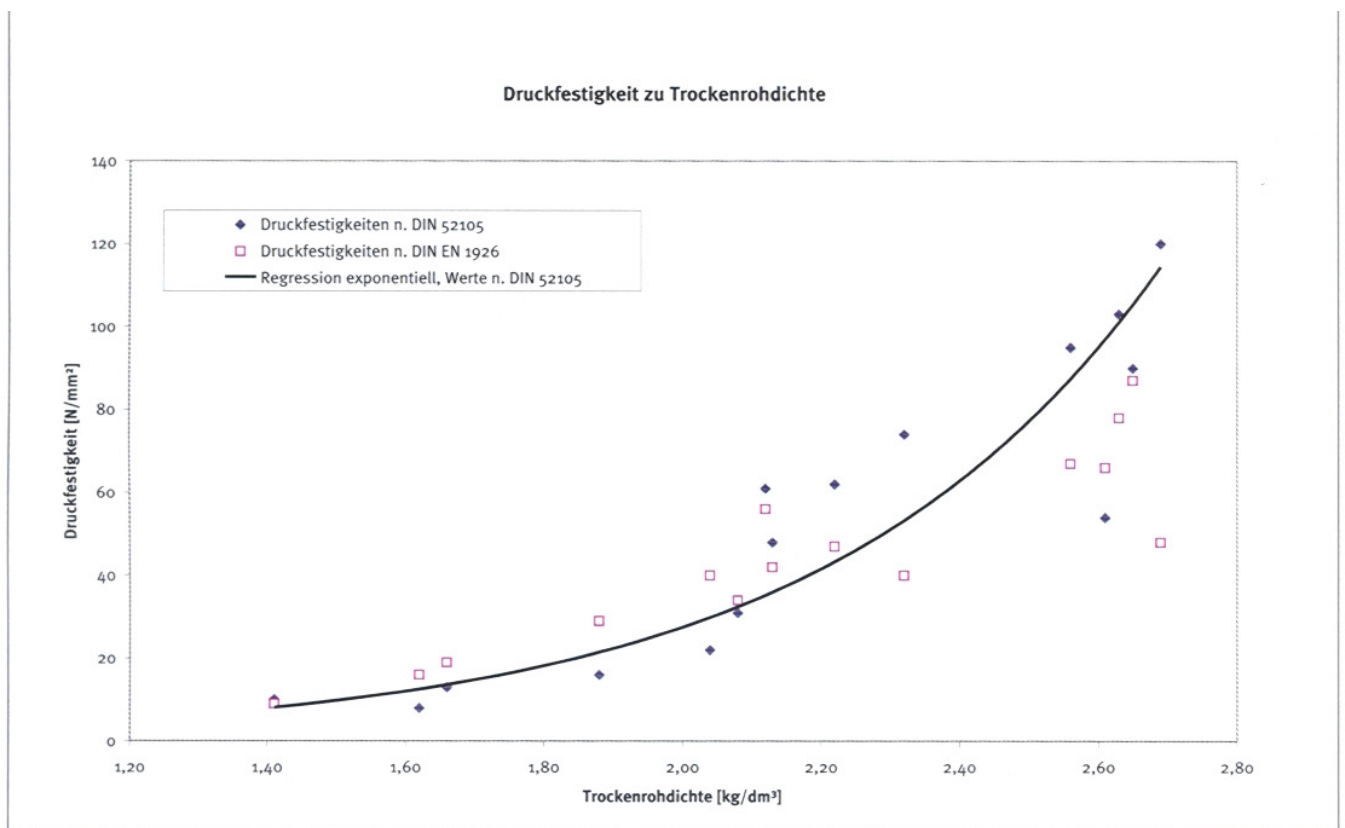


Bild 4.

wurden. Die Prüfstreuungen sind allgemein hoch. Der über alle Einzelprüfungen gemittelte Variationskoeffizient liegt beim deutschen Verfahren bei 13%, beim europäischen bei 14%. Die nach dem deutschen Verfahren ermittelten Druckfestigkeiten liegen im Mittel aller Einzelprüfungen bei 54 N/mm², die nach dem europäischen Verfahren bei 45 N/mm².

Die Druckfestigkeiten, die nach dem europäischen Verfahren ermittelt wurden, liegen jedoch nicht einheitlich unter den nach dem deutschen Verfahren bestimmten. Wie *Bild 4* zeigt, lassen sich im niedrigen Rohdichtebereich bei Prüfung nach dem europäischen Verfahren eher

Festigkeitssteigerungen erwarten, im höheren Rohdichtebereich dagegen Festigkeitssenkungen.

Eine einzelne überwiegende Einflussgröße kann, zumindest auf der Basis der hier durchgeführten Versuche, nicht ermittelt werden. In den nachfolgend aufgezählten Randparametern dürfte sich jedoch die Erklärung für die indifferenten Prüfergebnisse finden:

- Natursteine mit Rohdichten, die deutlich unterhalb der Dichten von gesteinsbildenden Mineralien liegen, verfügen über entsprechenden Porenraum, der in der Regel für eine Feuchtigkeitsaufnahme zur Verfü-

gung steht. Eine Erhöhung der Druckfestigkeit aufgrund des geringeren Feuchtigkeitsgehaltes ist nahe-liegend.

- Der festigkeitserhöhende Effekt durch Trocknung wird bei einigen vulkanischen Materialien noch durch eine allgemein bekannte Nachhärtung des Materials im Zuge der Austrocknung verstärkt.
- Eine Erhöhung der Querdehnungsbe-hinderung bei kleineren Abmessun-gen hat zwar eine Erhöhung der Bruchlast zur Folge, deren Einfluss je-doch gering zu sein scheint.
- Die Festigkeitssenkungen bei dichte-ren Materialien könnten u. a. von leichter Gefügeschädigung infolge un-terschiedlicher Temperaturausdeh-nung der einzelnen Mineralkompo-nenten bei der Trocknung herrühren.
- Natürliche Inhomogenitäten von Na-turwerkstein wirken sich beim euro-päischen Verfahren aufgrund der ge-ringeren Prüfkörpergröße stärker auf die Versuchsergebnisse aus.

Probe	Material	Rohddichte [kg/dm ³]	Ausbruchlast				
			Rili LGA		E DIN EN 13 364		Δ Ausbruchlast, bez. auf LGA [%]
			Bruchlast [N]	Variations- koeffizient [%]	Bruchlast [N]	Variations- koeffizient [%]	
1	Tuff, Ettringen	1,66	786	20	982	17	+25
2	Trachyt, Stenska	2,32	1236	16	1773	15	+43
3	Tuff, Weibern	1,41	425	21	801	16	+88
4	Tephrit, Mendiger Basaltlava	2,12	2315	15	3239	16	+40
5	Phonolith, Wingersberg, grün	2,04	1490	17	2077	13	+39
6	Tephrit, Mayener Basaltlava	2,22	2458	17	3844	8	+56
7	Schlackenagglomerat, Michelnauer Lava	1,62	549	12	702	21	+28
8	Mafischer Vulkanit, Basaltic	2,65	3629	21	3541	18	-2
9	Granit, G 603	2,63	2766	9	2776	16	±0
10	Marmor, Noir St. Laurent	2,69	1756	23	2524	18	+44
11	Gneis, Caroux	2,61	2384	14	3107	9	+30
12	Kalkstein, Jura Marmor gelb	2,56	2131	18	2515	20	+18
13	Sandstein, Udelfangen	1,88	859	9	1222	13	+42
14	Sandstein, Obersulzbacher	2,08	790	14	1289	14	+63
15	Sandstein, Schweinstaler	2,13	926	7	1026	19	+11

Tabelle 3.

■ Ausbruchlast am Ankerdornloch:

Die Ausbruchlasten, ermittelt nach der europäischen Vornorm, übertreffen bei allen Gesteinen, außer dem Granit und der Basaltlava, die Werte, welche nach dem deutschen Verfahren bestimmt wurden. Die Steigerung betrug bis zu 88%. Besonders erhöhte Werte traten bei den stark porösen Materialien auf. Wie beim Vergleich der Verfahren zur Bestimmung der Druckfestigkeit gibt es

auch hier sicherlich mehrere, sich überlagernde Effekte, die zur Erklärung der Versuchsergebnisse beitragen können. Die hier durchgeführte Testreihe kann und will nicht die Ursachen für die festgestellten Unterschiede liefern. Hier einige Denkansätze für die Begründung der beobachteten Steigerungen:

- Analog zu den Ausführungen bei der Druckfestigkeit beeinflusst die Trocknung auch die Ergebnisse der Bestimmung der Ausbruchlast am Ankerdornloch.
- Art der Beanspruchung der Prüfkörper: Das Einspannen der Prüfkörper zwischen zwei steife Stahlplatten (*Bild 1*) und die Veränderungen im Auflagerbereich (geringeres Auskragen des Prüfkörpers, verbunden mit einer zusätzlichen Biegebelastung) führen zu einer veränderten Spannungsverteilung im Prüfkörper. Der Einfluss auf die Prüfergebnisse dürfte aber eher gering sein.

- Art der Einspannung der Ankerdorne (*Bild 3*): Die feste Einspannung der Dorne lässt einen hohen Einfluss auf das Prüfergebnis erwarten.

Durch die Prüfungsdurchführung nach E DIN EN 13 364 war im Mittel über alle Versuche keine Verringerung der Prüfstreuungen zu beobachten. So lag bei beiden Verfahren der mittlere Variationskoeffizient bei 16%.

Zusammenfassung

Die durchgeführten vergleichenden Versuchsreihen zur Bestimmung der Druckfestigkeit und der Ausbruchlast am Ankerdornloch nach den bekannten deutschen Normen und den neuen europäischen Vorschriften ergaben Unterschiede in den Prüfergebnissen von bis zu 100%. Die Ursachen für diese Unterschiede lassen sich nur durch weitere Versuche klären. Beim Vergleich der Versuchsergebnisse in puncto Druckfestigkeitsbestimmung zeigte sich, dass die Anwendung

der neuen europäischen Norm bei Gesteinen mit erheblichem Porenraum überwiegend Festigkeitssteigerungen, bei den annähernd dichten Gesteinen eher Festigkeitssenkungen erwarten lässt. Der Vergleich der Versuchsergebnisse in puncto Ermittlung der Ausbruchlast am Ankerdornloch ergab, dass die Anwendung der neuen europäischen Norm bei allen Gesteinen, mit Ausnahme des Granits und der Basaltlava, eine Steigerung der Ausbruchlast mit sich bringt. Sowohl die DIN EN 1926 [6] als auch die E DIN EN 13 364 [9] versuchen, die Verfahrensbedingungen exakter zu definieren mit dem Ziel, die Prüfstreuungen zu reduzieren. Dieses Ziel wurde zumindest bei den hier beschriebenen Versuchsreihen nicht erreicht. Um den Einfluss der natürlichen Materialinhomogenitäten auf die Prüfergebnisse zu verringern, ist auch bei Prüfung nach europäischen Normen eine Erhöhung der Probenanzahl unbedingt zu empfehlen. ◀

NATURSTEIN fragte die MPVA Neuwied:

Was bedeuten die Versuchsergebnisse für die Natursteinindustrie?

Die Bedeutung der Tastversuche der MPVA erläuterte Dipl.-Min. H. Rohowski.

Die Einsatzmöglichkeiten von Naturwerkstein werden zum einen durch seine subjektiv bewertete Optik bzw. Ästhetik und zum anderen durch seine mechanischen Kennwerte bestimmt. Die Druckfestigkeit und die Ausbruchlast am Ankerdornloch sind zwei der wichtigsten mechanischen Kennwerte von Naturwerkstein.

Anforderungen an die Druckfestigkeit bestehen immer dann, wenn über ein Material flächiger Lastabtrag in den Untergrund gewährleistet werden soll. Dies ist u. a. bei Pflastersteinen aus Naturstein der Fall. Für das gewählte Beispiel bestehen Rahmenbedingungen (VOB, TL Min-StB), welche ausdrücklich Mindestdruckfestigkeiten für die jeweiligen Gesteine fordern. Wie die Tastversuche der MPVA Neuwied gezeigt haben, ist, je nach angewandtem Verfahren, mit unterschiedlichen Druckfestigkeiten zu rechnen. Dies ist bei der Planung und Ausführung von Arbeiten mit Naturwerkstein zu berücksichtigen.

Bei der Ausbruchlast am Ankerdornloch sieht die Situation etwas anders aus als bei der Druckfestigkeit. An diesen Materialkennwert werden keine absoluten Anforderungen gestellt. Soll aber eine hinterlüf-

tete Fassadenbekleidung aus Naturwerkstein erstellt werden, ist die Ermittlung dieses Kennwertes baurechtlich zwingend vorgeschrieben. Die Ausbruchlast am Ankerdornloch ist neben der Biegezugfestigkeit die Grundlage für die statische Bemessung von Fassadenplatten, d. h. diese Werte dienen der Bestimmung der maximalen Seitenlängen und Mindestdicken der zu verbauenden Naturwerksteinplatten. Wie die Versuche der MPVA Neuwied gezeigt haben, darf man bei der Ermittlung der Ausbruchlast nach dem europäisch genormten Verfahren von erhöhten Werten ausgehen. Der Spielraum für die Ausführung von hinterlüfteten Fassaden aus Naturwerkstein ist also größer geworden, d. h. einzelne Platten können größere Seitenabmessungen haben, was an Befestigungselementen und somit Ausführungskosten sparen lässt. Ebenso können gemäß den Vorgaben der neuen Norm Platten gleicher Abmessung in geringerer Dicke gefertigt werden. Auf diese Weise lässt sich Gewicht einsparen, was ebenfalls der Befestigungstechnik zugute kommt.

(Dipl.-Min. Rohowski, Sachgebietsleiter
Naturstein an der MPVA Neuwied)

Literatur:

- [1] DIN 18 501: 12.65 »Pflastersteine; Naturstein«, Beuth Verlag, Berlin.
- [2] DIN 18 516-3: 01.90 »Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Naturwerkstein – Anforderungen, Bemessung«, Beuth Verlag, Berlin.
- [3] DIN 52 105: 08.88 »Prüfung von Naturstein – Druckversuch«, Beuth Verlag, Berlin.
- [4] DIN EN 1342: 03.00 »Pflastersteine aus Naturstein für Außenbereiche – Anforderungen und Prüfverfahren«, Beuth Verlag, Berlin.
- [5] DIN 18 516-3: 12.99 »Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Naturwerkstein – Anforderungen, Bemessung«, Beuth Verlag, Berlin.
- [6] DIN EN 1926: 03.00 »Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Druckfestigkeit«, Beuth Verlag, Berlin.
- [7] Rohowski H.: »Verwendbarkeitsnachweis für Naturstein« Naturstein Jahrgang 55 (2000), Heft 3, Ebner Verlag, Ulm, S. 48–50.
- [8] Richtlinie zur Bestimmung der Ausbruchlast am Ankerdornloch in Fassadenplatten aus Naturwerkstein, Ausgabe 1987, ergänzt November 1988, Landesgewerbeanstalt Bayern, Zweigstelle Würzburg MPA.
- [9] (Norm-Entwurf) DIN EN 13 364, Ausgabe: 1999-02 Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Ausbruchlast am Ankerdornloch; Deutsche Fassung pr EN 13364:1998, Beuth Verlag, Berlin.
- [10] Institut für Bautechnik (IfBt), Hrsg.: »Grundlagen zur Beurteilung von Baustoffen, Bauteilen und Bauarten im Prüfzeichen und Zulassungsverfahren« Fassung: 1986-05, Institut für Bautechnik, Berlin, 1986.