

Überarbeitung des französischen Versuchs- Standards für ungebrannte Lehmsteine

Die ursprüngliche französische Norm wurde erstmals 2001 veröffentlicht, oft auch bezeichnet als „Mayotte“ Norm. Mayotte ist eine französische Insel im Indischen Ozean, nahe Madagaskar. Klassische Baustoffe gelten als 35% teurer auf der Insel [1]. Ein lokales Lösungskonzept, bestehend aus gepressten Lehmsteinen (CEB), war ein ernstzunehmender Vorteil. Mayotte hat ein signifikantes Lehmstein-Erbe, bestehend aus mehr als 18.000 gegenwärtigen Gebäuden. Der verbreitete Gebrauch rief die französische Norm für gepresste Lehmsteine hervor und kürzlich im Jahre 2018 eine technische Gültigkeitsprüfung, übergeben in Frankreich durch das CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), um Lehmsteine lasttragend für R+1 (zweistöckig) Gebäude und bis zu R+4 (fünfstöckig) zu nutzen, wenn die Steine nicht-lastabtragend sind [2].

Die französische Norm macht keine Angabe dazu, in welcher Art von Gebäude die Lehmsteine genutzt werden können. Sie vereinheitlicht die Testverfahren für die Steinproduzenten, die ihre Produkte nach der Art ihres Verhaltens bei den Normungstests kennzeichnen können. Somit liefert sie auch für die Kunden und Kontrollstellen Qualitätsgarantien der Produkte. Dies ist der Rahmen des Geltungsbereichs der alten und neuen Version der Norm. Die betroffenen Materialien sind ungebrannte Lehmblöcke oder -steine (die beiden Begriffe werden im Text äquivalent behandelt), die für Innen- oder Außenwände genutzt werden.

Jegliche zusätzlich genutzten Stoffe (Additive oder hydraulische Bindemittel), die nicht von Natur aus im Lehm enthalten sind, müssen deklariert werden.

Die betreffenden Blöcke sind Vollsteine mit nicht mehr als 25% Lochanteil, die ein augenscheinliches Trockenmassevolumen von mehr als 1050 kg/m³ aufweisen. Die Eigenschaften der Steine, die getestet und übereinstimmend mit der Norm verifiziert werden sollen, werden im Folgenden beschrieben.

Anwendungsklassen

In der neuen Version bestimmen die Testergebnisse, in welchen Anwendungsarten die die Steine genutzt werden dürfen.

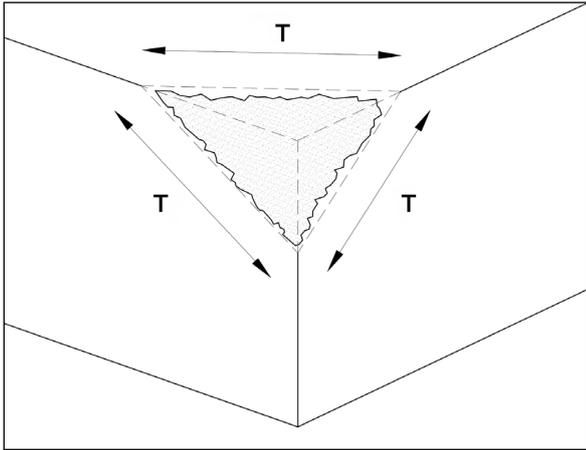
Die beschriebenen Tests sind jene in Bezug auf den Widerstand gegen Wasserzersetzung. Vier Anwendungsklassen sind definiert in Bezug auf die Klimabedingungen, denen die Steinwände ausgesetzt sind. Diese Anwendungsklassen basieren auf jenen der DIN 18945. Die Klassen sind in Tabelle 1 zu sehen.

Form, Größe und Erscheinungsbild

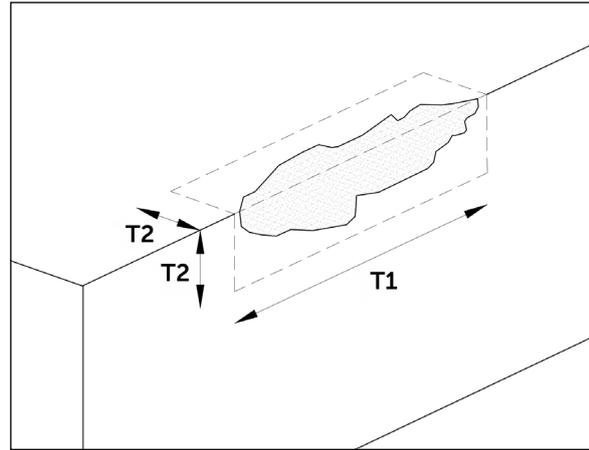
Es gibt keine Größenbeschränkungen der Steine. Sie sollen die Form eines Quaders haben und ausreichend homogen sein mit einer Dimensionsvarianz von weniger als +/- 3 mm für CEB und extrudierte Lehmsteine und +/- 6 mm für luftgetrocknete Lehmsteine. Die Blöcke sollten keine gravierenden Risse

Tabelle 1: Anwendungsklassen von Lehmsteinen

Anwendungsbereich	Anwendungsklasse
Unverputztes, der Witterung ausgesetztes Außenmauerwerk	CL1
Verputztes, der Witterung ausgesetztes Außenmauerwerk	CL2
Witterungsgeschütztes Außenmauerwerk sowie Innenmauerwerk	CL3
Trockene Anwendung im Innenbereich (ohne Mörtel)	CL4



01 Ausmaße von Mängeln an Steinecken



02 Ausmaße von Mängeln an Steinkanten

Tabelle 2: Maximale Ausmaße von Mängeln an Lehmsteinen nach Standort

Standort	T	T1	T2
Maximale Ausmaß (mm)	20	30	5

aufweisen (die die volle Länge eines Steines durchziehen). Mängel an den Steinen, wie in Abb. 1 und Abb. 2 zu sehen, sollten die in Tab. 2 beschriebenen Ausmaße nicht überschreiten.

Druckfestigkeit

In der neuen Version der Norm ist nur die Trocken-Druckfestigkeit berücksichtigt. Die mechanische Festigkeit eines Blocks variiert außerordentlich mit seinem Wassergehalt [3]. Die Norm gibt vor, dass der Stein nie wassergetränkt sein sollte. Spezielle Konstruktionssysteme müssen für Lehmsteine durchdacht werden, die garantieren, dass die Steine nicht von Wasser durchtränkt werden können.

Solche Vorsichtsmaßnahmen müssen durch die bauausführenden Firmen beachtet werden und sind nicht Umfang der aktuellen Norm.

Die Entscheidung, nur die Trockendruckfestigkeit beizubehalten war durch folgende Gründe motiviert:

- Die Normalbedingungen stimmen mit der Trockendruckfestigkeit überein
- Wenn beide Werte dargestellt wären, bestünde das Risiko, dass systematisch die Nassdruckfestigkeit für die Tragwerksplanung genutzt würde. Das würde effektiv bedeuten, dass der Gebrauch von ungebrannten Lehmsteinen komplett ausgeschlossen werden, oder zumindest, dass Stabilisierungsmethoden übermäßig begünstigt werden.

Seit Jahrhunderten hat das intelligente Design der Langlebigkeit von Gebäuden aus ungebrannten Lehmsteinen keinen Abbruch getan.

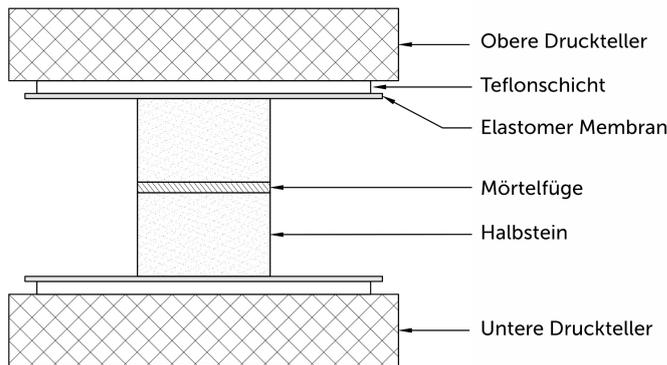
Testprozedur

Der Druckfestigkeitstest unterscheidet sich beträchtlich von der deutschen Norm. Daher wird er hier detaillierter dargestellt.

Für die französische Norm wurde entschieden, der Abfall der Druckspannung an den Kanten zu minimieren um damit besser die Druckfestigkeitseigenschaften der gebauten Bauteile zu entsprechen. Um den Energieverlust zu reduzieren, muss die Reibung an den Kanten vermieden werden durch elastisches Material, das seitliche Verschiebung erlaubt.

Das Kantenlängenverhältnis wurde ebenso berücksichtigt. Daher ist es erforderlich, ein Verbund von zwei halben Steinen mit einem standardisierten Mörtel zu testen (unabhängig von der Steingröße). Dies erhöht das Kantenlängenverhältnis, das den Effekt des Energieverlustes an den Kanten reduziert und gibt Richtwerte der Druckfestigkeit von zusammengesetzten Steinen. Eine Beschreibung der Testeinrichtung ist in Abb. 3 zu sehen.

Die in MPa ausgedrückten Ergebnisse korrespondieren mit der Maximalkraft auf die Querschnittsoberfläche der Probe, die dann in unterschiedliche Kate-



03 Druckfestigkeitsprüfung

Tabelle 3: Druckfestigkeitsklassen von Lehmsteinen

Druckfestigkeitsklasse	RC 0	RC 1	RC 2	RC 3	RC 4	RC 5	RC 6
Druckfestigkeit, Mindestwert (N/mm ²)	<1	1	2	3	4	5	≥ 6

gorien klassifiziert werden können, wie in Tab. 3 zu sehen ist.

Dauerhaftigkeit gegenüber Wasser und Frost

In der vorhergehenden Version wurde nur die flüssige Absorption durch Kapillarität und die maßlichen Schwankungen unter Extrembedingungen berücksichtigt. In der neuen Version, die auf der deutschen DIN 18945 basiert, sind verschiedene Tests berücksichtigt, um den Einfluss von Wasser auf die Dauerhaftigkeit der Steine einzuschätzen, die die Anwendungsklasse festlegt.

Tabelle 4 zeigt die berücksichtigten Tests und für welche Anwendungsklassen sie erforderlich sind.

Der Kapillaritätstest wird nicht weiter verfolgt, da ein Konsens erreicht wurde, der ihm keine nützlichen Indizien zur Dauerhaftigkeit zuschreibt.

Der Tauchprüfung besteht daraus, einen Stein für 10 Minuten 10 cm tief ins Wasser einzutauchen. Der Masseverlust wird gewogen und ist der Indikator der Resistenz des Steines gegen Materialabwaschung. Dieser Test ermöglicht einen raschen Ausschluss jener Steine, die sehr wasserempfindlich sind.

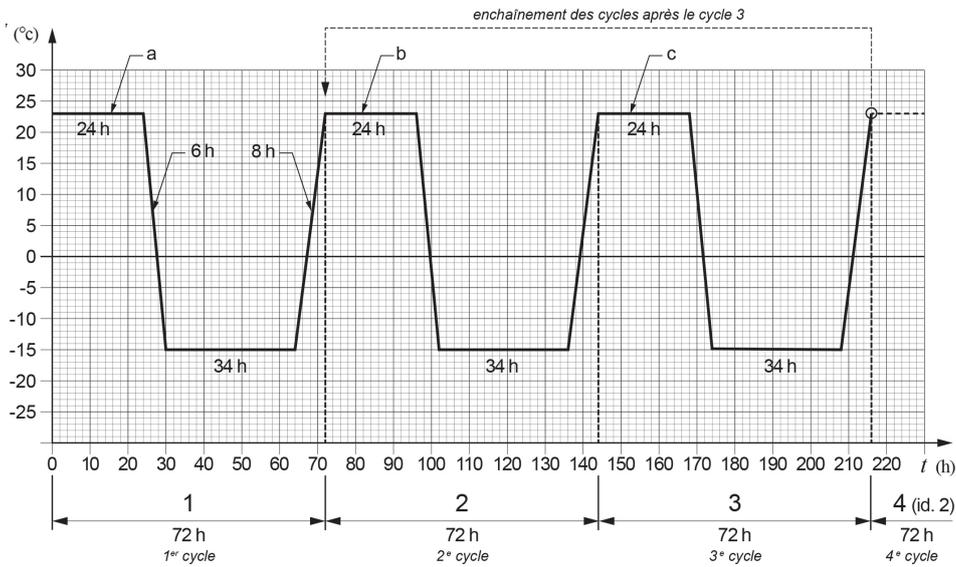
Der Kontaktprüfung besteht daraus, feuchte Zellosetücher in direktem Kontakt mit dem Stein zu platzieren. Das Ergebnis des Tests basiert auf der Beobachtung von Rissbildung oder anderen Mängeln. Alle Klassen, in denen feuchter Mörtel zum Einsatz kommt, müssen diesen letzten Test bestehen.

Der Frost-Tau-Zyklus-Test wird nur für die Klassen CL1 und CL2 benötigt, wenn die Außenwand-Steine Witterungsbedingungen ausgesetzt sind. Die genutzten Zyklen sind in Abb. 4 illustriert. In Abbildung 4, (a) korrespondiert mit einer Durchfeuchtungspha-

Tabelle 4: Feuchte- und Frostverhalten von Lehmsteinen nach Anwendungsklasse

Klasse	Tauchprüfung (Masseverlust in %)	Kontaktprüfung	Frostprüfung (Zyklen)
CL1	≤ 5	Keine Risse oder Quellverformungen	≥ 15
CL2	≤ 5	Keine Risse oder Quellverformungen	≥ 5
CL3	≤ 20	Keine Risse oder Quellverformungen	Keine Anforderungen
CL4	Keine Anforderungen	Keine Anforderungen	Keine Anforderungen

ÜBERARBEITUNG DES FRANZÖSISCHEN VERSUCHS-STANDARDS FÜR UNGEBRANNTLE LEHMSTEINE



04 Ermittelte Temperaturen während der Frostprüfung

se (0,5 g/cm²) durch die feuchten Zellulosetücher, (b) ein Zeitraum, in dem die Probe in einem versiegelten Behälter oder Klimakammer ohne feuchte Zellulosetücher platziert ist, (c) ist wieder ein Befeuchtungszyklus (0,25 g/cm²). Das Testergebnis basiert wiederum auf der Beobachtung der Risse und anderweitigen Mängeln.

Abriebfestigkeit

Dieser Test stammt aus der vorigen französischen Norm. Er besteht daraus, einen Stein mit einer Metallbürste mit einer festgelegten Masse gleichmäßig eine bestimmte Zeit lang zu reiben.

Die Masseabweichung wird aufgezeichnet und das Ergebnis wird durch den Abrieb-Koeffizienten (g/cm²) ausgedrückt, der durch folgende Formel erzeugt wird:

$$Ca = \frac{M_0 - M_1}{S}$$

während M_0 und M_1 die Trockenmasse vor und nach dem Test sind, ist S die Oberfläche, die während des Tests gebürstet wird. Der Abriebtest ist für die Zertifizierung der Blocks nicht verpflichtend.

Kennzeichnung der Steine

Durch die Norm zertifizierte Steine werden eine Kennzeichnung mit der Art des Herstellungsprozesses, der Anwendungsklasse, den Druckfestigkeits- und Rohdichtekategorien, den Maßen, der Menge an Stabilisatoren und dem Bezug zur aktuellen Norm tragen. Zum Beispiel: BTE – CL2 – RC 4 – 2,0 – 5 x 11 x 22 – 0% – XP P13-901.

Bei der Produktionsmethode steht die Abkürzung BT auf französisch für Lehmstein „Brique de Terre“ und der folgende Buchstabe bedeute entweder gepresst, extrudiert oder handgeformt (Adobe).

Zusätzliche Tests

Weitere Beschreibungen können erfolgen – sie sind allerdings nicht verpflichtend. Hiermit sind bspw. Der Dampfesistenz-Faktor oder die thermische Leitfähigkeit gemeint. Diese Tests beziehen sich direkt auf bestehende europäische Normen wie bspw. die NF EN ISO 12572 und eine der folgenden NF EN 12664, NF EN 12667 oder NF EN 1745. Feuerwiderstandstests wurden als nicht notwendig erachtet, wenn der Stein weniger als 1% der Trockenmasse an organischem Material enthält.

Produktionsmethode	Klasse	Druckfestigkeit Kategorie	Rohdichte Kategorie	Dimensionen (cm)	Stabilisatoren (%-trockenmasse)	Referenznorm
BTC	CL1	RC 0	1,2	h x b x l	0 %	XP P13-901
BTE	CL2	RC 1	1,4		< 5 %	
BTM	CL3	RC 2	1,6		5 – 10 %	
	CL4	RC 3	1,8		> 10 %	
		RC 4	2,0			
		RC 5	2,2			
		RC 6				

Beispiel: BTE – CL2 – RC 4 – 2,0 – 5 x 11 x 22 – 0% – XP P13-901

05 Kennzeichnungsschema von ungebrannten Lehmsteinen

Zusammenfassung

Dieser Beitrag präsentiert eine kurze Zusammenfassung der neuen Fassung der französischen Experimental-Norm XP P13-901. Die vollständigen Testprotokolle sind nicht beschrieben, da sie durch die Norm zur Verfügung stehen werden. Die Norm zertifiziert ungebrannte Lehmsteine, sie liefert einheitliche Testprotokolle für Steinproduzenten, um die Ausführung ihrer Produkte zu deklarieren. Die Überarbeitung dieser Norm gibt eine steigende Dynamik im Bereich der Lehmkonstruktionen wider. Normen und Regularien sind in Frankreich noch immer nicht ausreichend vorhanden, um dem Lehm dazu zu verhelfen, ein akzeptierter Baustoff zu werden.

Es gibt einem steigenden Bewusstsein in der Öffentlichkeit und bei den Behörden, den Lehm stärker zu nutzen. Im Jahr 2020 wird ein nationales Lehm-bau-Projekt zur Zusammenführung von Wissenschaftlern und Fachleuten gestartet, um an jenen Gegebenheiten zu arbeiten, die noch immer eine Hürde für die Entwicklung des Lehmabausektors sind.

Referenzen

- [1] *Le Bloc de terre comprimée de Mayotte reçoit une ATEX du CSTB, Batiweb*, <https://www.batiweb.com/actualites/vie-des-societes/le-bloc-de-terre-comprimee-de-mayotte-recoit-une-atex-du-cstb-2018-11-05-33591>
- [2] *Ouvrages en maçonnerie de BTC, parois et murs*, ATEX n°2588, ART.TERRE Mayotte
- [3] Champiré, F., Fabbri, A., Morel, J.-C., Wong, H., McGregor, F. *Impact of relative humidity on the mechanical behavior of compacted earth as a building material* (2016) *Construction and Building Materials*, 110, S. 70-78.

