LehmBuch

Verfasser:

Dipl.-Ing. DDr.-techn. Andreas RISCHANEK, BEd

Wien, Oktober 2026

camillo sitte
versuchsanstalt
für bautechnik
Fachbereich Baustoffe und Bauphysik
Adresse: Leberstraße 4c, 1030 Wien
T. 01/7992631-603
W. www.csva.at
E. office@csva.at

Forschungsvorhaben gefördert von der Wohnbauforschung der
Niederösterreichischen Landesregierung (Kennzeichen F2-F-2305-2024)

VORWORT

Dieses Dokument entstand im Rahmen des Forschungsprojektes „*NÖ LehmGuide, Potentialanalyse von Aushub zur Vor-Ort-Herstellung von Lehmbaustoffen in Niederösterreich am Beispiel Waldviertel*“ gefördert von der Wohnbauforschung der Niederösterreichischen Landesregierung.

INHALT

INHALT 3

1 EINFÜHRUNG IN DEN LEHMBAU 5

1.1 Allgemeines zum Lehmbau 5

1.2 Geschichte des Lehmbaus bis heute 8

1.3 Lehmbaustoffe und -konstruktionen 11

1.4 Vor- und Nachteile des Lehmbaus 14

1.5 Normen, Regelwerke, Richtlinien 16

1.5.1 Wichtigsten Lehmbaunormen 16

1.5.2 Wichtigsten fachverwandte Normen 17

1.6 Ausgangsstoffe 17

2 BAULEHM 23

2.1 Herkunft von Baulehm 23

2.2 Stufe 0 – Probeentnahme 27

2.3 Stufe 1 – Vorerkundung 27

2.4 Stufe 2 – Eignungsprüfung 31

2.5 Stufe 3 – Entscheidungsmatrix 35

2.6 Stufe 4 – Detailprüfung 40

3 LEHMBAUSTOFFE 43

3.1 Lehmmauerstein 43

3.2 Lehmmauermörtel 44

3.3 Lehmputzmörtel 45

3.4 Stampflehm 46

3.5 Lehmplatten 46

3.6 Lehmschüttung 47

4 VERZEICHNISSE 48

4.1 Literaturverzeichnis 48

4.2 Abbildungsverzeichnis 50

4.3 Tabellenverzeichnis 51

1 EINFÜHRUNG IN DEN LEHMBAU

1.1 Allgemeines zum Lehmbau

Lehm ist ein Verwitterungsprodukt aus beispielsweise Feldspat oder Granit, das nahezu in allen Teilen der Welt anzutreffen ist und somit als das weitverbreitetste ökologische Baumaterial der Welt gilt.

Lehm besteht aus feinkörnigem Material wie Ton (mit einem Korndurchmesser kleiner 0,002mm) und Schluff (Korndurchmesser zwischen 0,002 und 0,063mm) sowie grobkörnigem Material wie Sand (Korndurchmesser zwischen 0,063 und 2mm) und Kies (Korndurchmesser zwischen 2 und 63mm).

Der Ton stellt dabei das alleinige natürliche Bindemittel im Lehm dar. Man unterscheidet dabei im Wesentlichen zwischen zwei- und dreischichtige Tonmineralien, die jede für sich ein eigenes Charakteristikum für den Baulehm bewirken können. Der Masseanteil an Ton im Korngemisch beeinflusst auch wesentlich das Verhalten des Lehms. Ist der Tonanteil hoch, so spricht man von einem „*fetten*“ Lehm und ist dieser gering von einem „*mageren*“ Lehm.

Auf Grund des feinkörnigen Bodenanteils ist Lehm plastisch verformbar. Dabei variieren die Zustandsformen (auch „*Konsistenzgrenzen*“ genannt) von „*fest*“ bis „*flüssig*“.

Lehm kann auf folgende Arten weiter unterschieden werden, und zwar nach:

- Entstehung: Berg- und Gehängelehm, Aulehm, Geschiebelehm, Lösslehm
- Korngrößenverteilung oder Bodenart: Ton, lehmiger Ton bis sandigen Lehm; von fetten bis mageren Lehm
- Ort der Herstellung: industriell gefertigter Lehmbaustoff „*im Werk*“ oder „*vor-Ort*“ direkt auf der Baustelle
- Veränderung der Eigenschaften: über mineralische (Ton, Sand, Kies) und/oder organische Zusatzstoffe (Stroh, Holzspäne, Sisal, etc.)
- Verarbeitungstechnik: Stampfen, Pressen, Werfen, Spritzen

Die Festigkeit erhält der Baustoff durch dessen Trocknung an der Luft bei der ein physikalischer Abbindeprozess stattfindet. Wird ein luftgetrockneten Lehmbaustoff danach durch direkte Wassereinwirkung wieder befeuchtet, so ist dieser erneut weich und bildsam.[1]

Die nachfolgende Tabelle 1 enthält eine Zusammenstellung wesentlicher bauphysikalischer und mechanischer Eigenschaften für Lehmbaustoffe. Um die angegebenen Werte besser einordnen zu können, werden dazu auch für konventionelle Baustoffe die entsprechenden Vergleichsgrößen aufgelistet.

Tabelle 1 – Eigenschaften von Lehm im Vergleich zu anderen Baustoffen

Eigenschaften	**Lehm**	**Vergleichsgrößen**
Rohdichte in kg/m³	300 – 2200	Beton 2400 Holz 500 – 900
Trockenschwindung in %	0,5 – 6	Beton 0,04 – 0,09
Druckfestigkeit in N/mm²	1 – 10	gebrannter Ziegel 8 – 28 Porenbeton 2,5 – 10 Kalksandstein 12 – 20 Beton 12 – 50
Haftfestigkeit von Putz in N/mm²	0,03 – 0,20	Kalkputz 0,1 – 0,2 Kalkzementputz 0,2 – 0,4 Gipsputz 0,4 – 0,9 Zementputz 1,0 – 2,0
Spezifische Wärmekapazität[2] in J/kgK	1000 – 1500	gebrannter Ziegel 840 Holz 1400 – 2700 Beton 1000 Mineralwolle 800 – 1000
Wärmespeicherzahl[3] J/m³K	1800 – 2100	gebrannter Ziegel 840 Holz 1200- 1600 Beton 2000 Mineralwolle 20 – 80

Zur Erreichung einer optimalen Wärmeleitfähigkeit können geblähte Gesteine (beispielsweise Blähperlite, Blähton, Blähglas) oder pflanzliche Faserstoffe wie Stroh dem Lehm beigemischt werden.

[1] Vgl. (Volhard & Röhlen, 2009, S. 17)

[2] Bei Verwendung von organischen Zuschlägen und der damit verbundenen Erreichung einer Rohdichte unter 1400kg/m³ kann die spezifische Wärmekapazität einen Wert von bis zu 1500 J/kgK erreichen.

[3] Die Wärmespeicherzahl berechnet sich durch die Multiplikation der Baustoffdichte mit der spezifischen Wärmekapazität. Dabei gilt, dass bei einer hohen Wärmespeicherzahl das Material viel Wärme aufnehmen kann.

Dadurch wird die Rohdichte herabgesetzt, was gleichzeitig zu einer Veränderung des Bemessungswertes der Wärmeleitfähigkeit führt. Die nachfolgende Tabelle 2 enthält dazu entsprechende Richtwerte für Lehmbaustoffe entnommen aus DIN 4108-4.

Tabelle 2 – Bauphysikalische Werte für Lehmbaustoffe abhängig von der Rohdichte

Rohdichte in [kg/m³] ρ	Wärmeleitfähigkeit in [W/(m·K)] $\lambda_{design,mat}$	Wasserdampfdiffusions-Widerstandszahl[4] μ
500	0,14	5/10
1200	0,47	5/10
2000	1,10	5/10

Betrachtet man die Ökobilanz des Baustoffes Lehm, so weist diese ein optimales Ergebnis auf im Vergleich zu anderen konventionellen Baustoffen. Denn eine wesentliche Eigenschaft des Lehmbaustoffes ist, dass er wie kein anderer Baustoff hundertprozentig kreislauffähig ist.

Dazu kommt noch, dass dieser in seiner Herstellung energiearm ist, das wiederum zu einem äußerst geringen CO_2-Äquivlant als Maß für Treibhausgasemissionen führt im Vergleich zu anderen Baustoffen. So liegt dieser bei einer mechanischen Verarbeitung von Lehm zu Lehmmauersteinen mit Hilfe von hydraulischen Pressen etwa bei 9,95 kg CO_2-Äquivlant pro m³; konventionelle mineralische Baustoffe weisen Werte zwischen 113 bis 305 kg CO_2-Äquivalent pro m³ auf.[5]

Die nachfolgende Abbildung 01 zeigt den Stoffkreislauf von Lehm. Von der Gewinnung des Baulehms über Herstellung des Gebäudes (Produktion von Lehmbaustoff und Errichtung der Lehmbauteile), Nutzung des Gebäudes und Abtrag/Abbruch des Bauwerkes. Aus dem Abbruchmaterial kann Lehm als sogenannter „*Recyclinglehm*“ wiederverwendet werden, der nun erneut als Baulehm zu Beginn des Stoffkreislaufes eingesetzt werden kann. Damit ist der Stoffkreislauf für den Baustoff Lehm geschlossen.

[4] Für die Wasserdampfdiffusions-Widerstandszahl μ ist das Diffusionsverhalten unterschiedlich, je nachdem, ob es sich um eine Diffusion in das Bauteil hinein (niedrige Wert) oder aus dem Bauteil heraus, das einer Austrocknungsperiode entspricht, (höhere Wert) handelt.

[5] Berechnet nach ÖNORM EN 15804 für die Produktphase von Lehmsteinen (Module A1 bis A3) durch das Unternehmen „Earthbound“ (Deutschland), die sich auf die Herstellung von Lehmsteinen und Lehmmauermörtel aus Berliner Aushubmaterial spezialisierten; Quelle https://www.eb.eco/produkte/lehmmauermoertel/ [Zugriff am 6.8.2026]

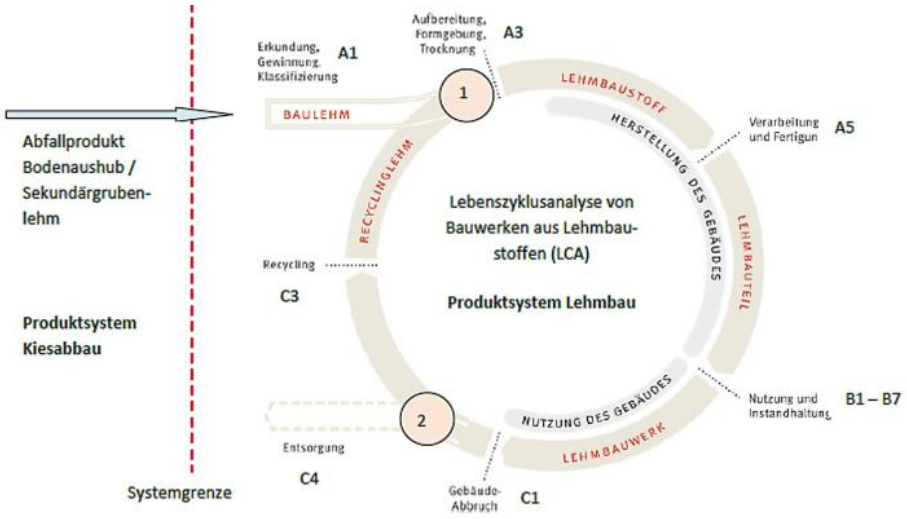


Abbildung 01 – Stoffkreislauf für Lehm

1.2 Geschichte des Lehmbaus bis heute

Bauen mit Lehm zählt zu den ältesten Bauweisen der Welt. Seit der Sesshaftwerdung des Menschen wurde diese angewendet und stellt bis heute weltweit eine der am meisten verbreiteten Baumethoden dar. So wohnen annähernd Zweidrittel aller Menschen heute noch in Lehmbauten. Auch in Österreich war das Bauen mit Lehm bis Mitte des 19. Jahrhunderts neben dem Holz- und Steinbau die dominante Bauweise.

<u>Urgeschichte:</u>

In Anatolien können Lehmbauten von mehr als 10.000 Jahre nachgewiesen werden, wie die archäologische Grabungsstätte in Catal Höyük beweist. Ferner konnte in Jericho eine Lehmziegelwand aus ca. 4.000 v.Chr. entdeckt werden.

Auch in Europa war im Neolithikum das Bauen mit Lehm selbstverständlich. Gebaut wurde mit einfachen Holzpfosten, dessen Wände mit Flechtwerk und Lehmbewurf ausgeführt wurden. Eine Rekonstruktion dieser Bautechnik kann man im Freilichtmuseum in Asparn an der Zaya (NÖ) besichtigen.



Abbildung 02 – von links nach rechts: Catal Höyük, Jericho, Asparn an der Zaya

Altertum:

Aus dem Altertum findet man in Vorderasien zahlreiche prähistorische Fundstätten von Lehmbauwerken, Beispiele davon wären Shahr-i Sokhta (Iran) aus 3.200-2.400v.Chr oder die Tempelanlage in Tschogha Zanbil (Iran) aus 1.250v.Chr.

Gleiches gilt für Europa, dabei lassen sich alte massive Bauweisen aus Stampflehm nachweisen. Ein Beispiel dafür ist die Stadtmauer von Niebla (Spanien) aus dem 5. bis 9. Jahrhundert.



Abbildung 03 – von links nach rechts: Shahr-i Sokhta, Tschogha Zanbil, Niebla

Mittelalter:

Aus dieser Zeit stellt vor allem die Stadt Sanaa (Jemen) ein hervorragendes Beispiel für den Lehmbau dar. Damals errichtete man Turmhäuser mit bis zu acht Geschoßen, die nun teilweise mehrere hunderte Jahre alt sind. Vorherrschende Technik war dabei der Stampflehmbau.

Aus Afrika ist aus der Stadt Djenné (Mali) das größte aus Lehmziegel und Lehmputz hergestellte sakralen Bauwerke bekannt und in Tighremt (Marokko) wurden dreigeschoßige Wohnburgen aus Lehmziegel und Stampflehm errichtet.

In Südamerika wurde die ehemalige Hauptstadt Chan Chan (Peru) des Chimú Reiches (eine Kultur aus dem 13. bis 15. Jahrhundert), vor allem mit Lehmziegeln erbaut, wie umfangreiche archäologische Grabungsarbeiten belegen.

Und aus Europa sind im Speziellen die Fachwerkhäuser aus Deutschland bekannt, beispielsweise das Albrecht-Dürer-Haus in Nürnberg. Aber auch aus Österreich kennt man vor allem aus dem Weinviertel bzw. Burgenland unzählige Lehmbauten, die in den unterschiedlichsten Lehmbautechniken hergestellt wurden und bis heute noch bestehen, wie etwa der Brandlhof in Radlbrunn (NÖ).



Abbildung 04 – von links nach rechtes: Sanaa, Djenné, Tighremt, Chan Chan, Nürnberg, Brandlhof

Neuzeit:

Aus dem 16. Jahrhundert stammen die „*Lehm-Wolkenkratzer*“, die in der Stadt Shibam (Jemen) errichtet wurden. Diese mehrstöckigen Wohnhäuser wurden zum Großteil aus Lehmsteinen erbaut und weisen dabei teilweise ein Alter von bis zu 500 Jahren auf oder die Lehmbauten aus Kasbah Amerhidil (Marokko) aus dem 17./18. Jahrhundert. In Asien wurden in der Region von Fujian (China) Festungsanlagen aus dem 17. Jahrhundert (die ersten Rundhäuser stammen aus dem 13. Jahrhundert) mit meterdicken Lehmwänden zum Schutz gegen Eindringligen errichtet.

In Südamerika entstanden zu dieser Zeit durch die vornehmlich spanische Kolonialisierung unzählige sakrale und bürgerliche Lehmbauten hergestellt aus Lehmziegel, Stampflehm und Leichtlehm, beispielsweise in Quito (Ecuador).

In Österreich wurde bis Mitte des 19. Jahrhunderts weiter in den unterschiedlichen Lehmbautechniken gebaut, hier ein Beispiel von Presshäusern in der Kellergasse Mailberg, Weinviertel.



Abbildung 05 – von links nach rechts: Shibam, Fujian, Kasbah Amerhidil, Quito, Oberravelsbach

Aktueller Lehmbau in Österreich:

In Österreich werden aktuell vor allem die Lehmbautechniken im Trockenbau wie Lehmputz und Lehmplatten sowie Stampflehm eingesetzt. An dieser Stelle seien exemplarisch drei Beispiele angeführt:

- Bürohaus (Tattendorf) hergestellt in Modulbauweise aus Holz für die Tragfunktion, mit Stroh ausgefacht und einem Lehmputz versehen.
- Druckerei Gugler (Melk) errichtet aus vorgefertigten Stampflehm-Teilen mit den Abmessungen von 170 x 130 x 40 cm.
- Wohnhaus Rauch (Vorarlberg) erbaut aus „*vor-Ort*“ Aushubmaterial mit 45 cm dicken Stampflehmwänden.



Abbildung 06 – von links nach rechts: Bürohaus Tattendorf, Druckerei Gugler, Wohnhaus Rauch

1.3 Lehmbaustoffe und -konstruktionen

Lehmbaustoffe werden aus Lehm und gegebenenfalls mit organischen und/oder natürlichen mineralischen Zusatzstoffen hergestellt und können so als ungeformte oder geformte Baustoffe

vorliegen. Dabei wird jener Lehm, der zur Herstellung von Lehmbaustoffen verwendet wird, als Baulehm bezeichnet.

Die Zugabe von organischen und/oder natürlichen mineralischen Zusatzstoffen haben dabei folgende Aufgaben:

- Reduktion des Schwindens und der Rissbildung,
- Verbesserung der Festigkeitseigenschaften (Biegezug-, Druck- , Abrieb- und Haftfestigkeit),
- Erhöhung der Wärmedämmeigenschaften,
- Verbesserung der Wasserempfindlichkeit,
- Erleichterung der Verarbeitbarkeit.[6]

Durch das Mischen und Aufbereiten von Baulehm mit Wasser und gegebenenfalls Zusatzstoffen können dabei folgende Lehmbaustoffe hergestellt werden: Lehmmauersteine, Lehmmauermörtel, Stampflehm, Lehmputzmörtel, Lehmplatten, Lehmestrich, Wellerlehm und Lehmschüttungen.

Bei einer Rohdichte unter 1200 kg/m³ werden diese Baustoffe auch als Leichtlehm bezeichnet.

Für die Aufbereitung von Baulehm gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: eine „*natürliche*“ oder „*mechanisierte*“ Aufbereitung.

Bei der „*natürlichen*“ Aufbereitung werden je nach Eigenschaften des vorhandenen Baulehms die Witterungseinflüsse als auch die Zeit zur Aufbereitung herangezogen. Dazu zählen etwa das Auswintern/Aussommern, wo über den zeitlichen Verlauf und den damit verbundenen unterschiedlichen Temperatur- und Feuchteschwankungen der Baulehm mürbe gemacht wird. Eine weitere Möglichkeit wäre das „*Einsumpfen*“ von Baulehm. Dabei wird dieser für eine gewisse Zeit mit ausreichend Wasser versetzt, das ebenfalls zu einer Auflockerung des Baulehms führt. Auf diese Weise können auch unterschiedliche Baulehme zu einer homogenen Mischung aufbereitet werden. Dieses Ruhenlassen des Baulehms wird auch als „*Mauken*“ bezeichnet. Neben der Homogenisierung des Baulehms kann dieser Prozess auch zur Verbesserung der Festigkeiten des Baulehms führen.[7]

[6] Vgl. (Volhard & Röhlen, 2009, S. 17)

[7] Vgl. (Rischanek, Sicherheitskonzept für den Lehmsteinbau, 2009), (Schröder, 2019, S. 135)

Bei der „*mechanisierten*“ Aufbereitung wird der Baulehm unter Zuhilfenahme von unterschiedlichen Geräten entsprechend bearbeitet. Folgende Vorgänge können dabei herangezogen werden:

- Brechen, Zertrümmern von Baulehm: beispielsweise durch Backenbrecher, Kollergang oder Hammerprallmühlen
- Sieben unter Verwendung von Sieben mit unterschiedlichen Maschenweiten: in diesem Zusammenhang ist darauf zu achten, dass zu feuchter Lehm abhängig von dessen Tongehalt zum Verkleben der Siebmaschen führen kann bzw. dass verklumpte Tonmineralien beim Aussieben verloren gehen könnten. Daher ist in diesem Fall ein Nasssiebung vorteilhafter. Im großen Maßstab erfolgt das Aussieben durch Rotations- oder Vibrationssiebe.
- Mahlen und Granulieren: dies ist zur Herstellung von Handelswaren gedacht also ein möglicher Prozessschritt für im Werk hergestellte Baulehme, um diesen dann in Big-Bags oder Säcken abfüllen zu können. Zum Einsatz kommen dabei Trommel-, Kugel- oder Walzenmühlen.
- Zum Mischen von Baulehm mit Wasser und gegebenenfalls Verwendung von Zusatzstoffen werden in der Regel Zwangsmischer oder Rührwerke verwendet.[8]

Die Herstellung von Lehmbaustoffen kann „*Vor-Ort*“ also direkt auf der Baustelle oder „*im Werk*“ erfolgen und sind anschließend für folgende Konstruktionen einsetzbar:

- Fußboden: Stampflehm, Lehmschüttung, Lehmestrich
- Tragende Wände zur Aufnahme von Eigen- und Nutzlasten: Stampflehm, Wellerlehm, Lehmsteinmauerwerk
- Nicht Tragende Wände: Stampflehm, Wellerlehm, Stroh- oder Faserlehm, Leichtlehm, Lehmsteinmauerwerk, Lehmplatten, Lehmbewurf, Lehmausfachungen
- Decken und Dach: Stroh- oder Faserlehm, Leichtlehm, Lehmschüttung, Lehmsteine, Lehmplatten, Stampflehm
- Trockenbau: Lehmsteine, Lehmputz, Lehmplatten[9]

Tragende Lehmmauerwerke müssen dabei für Wände im Außen- und Innenbereich bei einer maximalen Höhe von 2,75 m eine Mindestwandstärke von 17,5 cm aufweisen. Bei größeren Wandhöhen (laut DIN-Norm ist dies ab dem Zwölffachen der Wanddicke der Fall) ist eine

[8] Vgl. (Schröder, 2019, S. 135-142)

[9] Vgl. (Schröder, 2019, S. 334)

Mindestwanddicke von 24 cm erforderlich.[10] Tragende Wände aus Stampflehm müssen im Außenbereich mit einer Wanddicke von mindestens 32,5 cm und im Innenbereich von mindestens 24 cm errichtet werden.[11]

Nichttragende Wände und Ausfachungen aus Lehm müssen deren Eigenlast sowie unter Umständen Windlasten aufnehmen können. Ferner dürfen diese Bauteile nicht zur Aussteifung eines Gebäudes herangezogen werden. Diese Wände werden in der Regel mit einem tragsicheren Skelettbau beispielsweise aus Holz oder Stahlbeton ausgeführt. Als Ausfachung können Lehmmauersteine, Lehmbewurf auf einem Geflecht oder strohlehmumwickelte Holzstäbe sogenannte „*Staken*“ verwendet werden. Des Weiteren können Trennwände aus leichten Lehmbauplatte, die auf einer Tragstruktur befestigt werden, oder aus schweren Lehmbauplatte hergestellt werden.[12]

Lehmputze können grundsätzlich im Außen- und Innenbereich angewendet werden, wobei gerade der Innenbereich der häufigste Anwendungsfall darstellt. Die Verarbeitung von Lehmputz erfolgt per Hand oder mit Hilfe von Putzmaschienen. Der Lehmputz lässt sich dabei in der Regel auf übliche Putzuntergründe auftragen oder auf eine vorab angebrachten Untergrundkonstruktion beispielsweise Schilfmatten.

1.4 Vor- und Nachteile des Lehmbaus

Das Bauen mit Lehm besticht vor allem durch eine Fülle von Vorteilen.

Zunächst ist Lehm nahezu überall weltweit vorhanden. Somit handelt es sich um einen regionalen verfügbaren Baustoff, der als Primärrohstoff aus Lehmgruben oder als Sekundärrohstoff in großen Mengen über Bautätigkeiten oder Abbrucharbeiten oder als Nebenprodukt (z.B. Kiesabbau) anfällt und gerade auf diese Weise Ressourcen schont.

[10] (DIN 18940, 2024) Tabelle 6, die genaue Bemessung erfolgt für Lehmmauersteine nach DIN 18940 bzw. ÖNORM B 1996-3 und für den Stampflehm nach den Lehmbau-Regeln oder ÖNORM EN 1990:2013, Anhang D (versuchsgestützte Bemessung).

[11] Vgl. (Volhard & Röhlen, 2009, S. 50)

[12] Vgl. (Schröder, 2019, S. 362-378)

In dem Lehm konventionelle Baustoffe wie Stahlbeton ersetzen kann, werden Ökobilanzen von Bauwerken entscheidend positiv beeinflusst. Dies wird dann noch bei direkter Verwendung des anfallenden Bodenaushubes als Lehmbaustoff auf der Baustelle optimiert, das so eine wesentliche Reduktion des Transportaufwandes bewirkt. Darüber hinaus sind Lehmbaustoffe in ihrer Herstellung gegenüber konventionellen Baustoffen wie gebrannten Ziegel oder Stahlbeton sehr energieeffizient und emissionsarm.

Ferner ist bei sorgsamem Umgang mit dem Baustoff der Stoffkreislauf zu hundert Prozent geschlossen, das wiederum die Umweltbelastung sowie Ressourcenverbrauch stark reduziert. Denn Lehm ist immer wieder von neuem aufbereitbar und verwendbar.

Bei einer fachgemäßen Wartung sind Lehmbauwerke nahezu unbegrenzt haltbar, wie eine Unzahl von Lehmbauwerken aus vergangenen Zeiten belegen (siehe Geschichte des Lehmbaus).

Neben den genannten Vorteilen besticht der Baustoff auch durch viele positive bauphysikalische Eigenschaften. So reguliert Lehm die relative Luftfeuchtigkeit und sorgt damit für ein optimales und gesundes Raumklima. Dies passiert, indem Lehmoberflächen rasch Wasserdampf aufnehmen können und dieses dann gleichmäßig und langsam wieder abgibt. So verhindert Lehm das Austrocknen der Schleimhäute und reduziert eine Feinstaubbildung. Dazu kommt noch, dass Lehm Schadstoffe aus der Luft bindet.

Ferner weist Lehm eine hohe Wärmespeicherung auf. Durch diese Speicherwirkung wirkt Lehm temperaturausgleichend, indem er im Winter Wärme speichern kann und diese zeitversetzt in der Nacht wieder an dem Raum abgibt und in gleicher Weise an heißen Sommertagen eine Lehmwand eine kühlende Funktion aufweist. Kombiniert mit Niedrig-Heizsystemen wie Wand- oder Fußbodenheizungen stellt dieser Baustoff eine optimale Lösung für energiearmen Kühl- oder Heizsystemen dar und ist somit die perfekte Alternative zu konventionellen Heizsystemen und bester Ersatz bzw. Verhinderung von Klimaanlagen.

Lehm ist schallisolierend und weist ein optimales Schalldämmmaß auf.

Und abschließend ist Lehm ein perfekter Baustoff in Kombination mit anderen ökologischen Baumaterialen wie beispielsweise Holz und Stroh. Dazu kommt, dass Lehm die Eigenschaft aufweist, etwa Holz dauerhaft zu konservieren.

Dem Gegenüberstehen auch Grenzen des Lehmbaus, die jedoch allesamt durch konstruktive Maßnahmen beherrschbar sind.

So ist Lehm nicht wasserfest. Diese Eigenschaft ist zum einen eigentlich ein großer Vorteil, da er so unbegrenzt wieder verwendbar ist, doch für die Dauerhaftigkeit von Lehmbauwerken ist diese Eigenschaften entsprechend zu berücksichtigen. Dies erfolgt durch konstruktive Maßnahmen wie ausreichenden Dachüberstand oder einer entsprechenden Sockelausbildung.

Ferner schwindet Lehm beim Trocken und kann so zu Rissbildungen führen. Wie zuvor ist dies wiederum durch entsprechende Maßnahmen entgegenzuwirken beispielsweise durch eine optimierte Zusammensetzung der Ausgangsstoffe für Lehmbaustoffen.

1.5 Normen, Regelwerke, Richtlinien

Im Folgenden werden die wichtigsten Normen aufgelistet, die für den Lehmbau herangezogen werden können.

1.5.1 Wichtigsten Lehmbaunormen

Für industriell hergestellte Lehmbaustoffe wie Lehmmauersteine, Lehmmörtel, und Lehmplatten:

ÖNORM B 3230, *Bauprodukte aus Lehm*[13],

Teil 1: Lehmsteine - Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung

Teil 2: Lehmmauermörtel - Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung

Teil 3: Lehmputzmörtel - Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung

Teil 4: Lehmplatten - Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung

ÖNORM EN 13914-2:2016, *Planung, Zubereitung und Ausführung von Außen- und Innenputzen – Teil 2: Innenputze*

Technische Empfehlung Lehmputze, *Teil 1: im Werk hergestellte Lehmputzmörtel (Lehmwerkmörtel)*

DIN 18940, *Tragendes Lehmsteinmauerwerk - Bemessung, Konstruktion und Ausführung*

DIN 18942-1, *Lehmbaustoffe und Lehmbauprodukte – Teil 1: Begriffe*

DIN 18942-100, *Lehmbaustoffe und Lehmbauprodukte – Teil 100: Konformitätsnachweis*

DIN 18945, *Lehmsteine – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*

DIN 18946, *Lehmmauermörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*

DIN 18947, *Lehmputzmörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*

DIN 18948, *Lehmplatten – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*

[13] In Ausarbeitung durch Austrian Standards

Technisches Merkblatt 05: *Qualitätsüberwachung von Baulehm als Ausgangsstoff für industriell hergestellte Lehmbaustoffe - Richtlinie*

Lehmbaustoffe aus vor-Ort gewonnenem Baulehm:

Deutschland: *Lehmbau Regeln – Begriffe, Baustoffe, Bauteile*
USA: ASTM E 2392/E 2392M, *Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems*
NMAC 14.7.4, *Housing and construction, Building codes general, New Mexico earthen building materials code*
Peru: NTE E.080, *Diseño y construcción con tierra reforzad*
Indien*:* IS 13827, *Improving earthquake resistance of earthen buildings – Guidelines*
Nepal*:* NBC 204, *Guidelines for Earthquake Resistant Building Construction: Earthen Building (EB)*
Australien: NZS 4297, *Engineering design of earth buildings*
Afrika*:* ARS 670, *Compressed Earth Blocks – Standard for terminology*
Zimbabwe*:* SADC ZW HS 983, *Rammed earth structures – Code of practice*

1.5.2 Wichtigsten fachverwandte Normen

ÖNORM EN ISO 14688, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden*
ÖNORM EN ISO 17892, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben*
ÖNORM L 1050, *Boden als Pflanzenstandort, Begriffe und Untersuchungsverfahren*
ÖNORM B 3200, *Mauerziegel – Anforderungen, Prüfungen, Klassifizierung und Kennzeichnung – Ergänzende Bestimmungen zur ÖNORM EN 771-1*
ÖNORM EN 1015, *Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk*
ÖNORM EN 1052, *Prüfverfahren für Mauerwerk*
ÖNORM EN/B 1996, *Eurocode 6 – Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*
ÖNORM EN 15643, *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden*

1.6 Ausgangsstoffe

Wie zuvor erwähnt, besteht ein Lehmbaustoff aus Lehm unter gegebenenfalls Zugabe von mineralischen und/oder organischen Zusatzstoffen.

Allgemein ist Lehm ein Verwitterungsprodukt aus magmatischen, metamorphen oder sedimentären Gesteinen, das vor Ort entstanden ist oder durch natürliche Prozesse wie beispielsweise Wind verfrachtet wird.

Wird Lehm für die Herstellung von Lehmbaustoffen verwendet, so bezeichnet man diesen als „*Baulehm*“.

Baulehm

Jeder Baulehm wird zunächst auf seine wesentlichen Produkteigenschaften wie

- Zusammensetzung,
- Verhalten bei Wassereinwirkung und
- Festigkeiten untersucht.

Für diese allgemeinen Produkteigenschaften gibt es unterschiedliche Prüfparameter für die mit dazugehöriger Referenzprüfnorm entsprechende Klassen sowie Anforderungen definiert werden können. Eine Zusammenstellung dieser Prüfparameter kann der Tabelle 6 entnommen werden.

Die Gewinnung von Baulehm kann als Primärrohstoff über einen gezielten Lehmabbau aus Lehmgruben oder als Sekundärrohstoff, der aus zufällig anfallendem Bodenaushubmaterial über Bautätigkeiten oder aus Abbrucharbeiten als Recyclinglehm oder als Nebenprodukt aus Kiesabbautätigkeiten stammt, erfolgen. Dabei ist im Sinne einer gelebten Kreislaufwirtschaft sowie einem schonenden Umgang mit der Umwelt/Ressourcen die Verwendung von Baulehm aus Sekundärrohstoffen stets anzustreben.

Abhängig von der Aushubtiefe des Bodens kann dieser Humus bzw. pflanzliche Bestandteile enthalten. Bei der Verarbeitung von Lehm als Baulehm ist darauf zu achten, dass dieser humusfrei bzw. frei von Pflanzenresten sein soll. Dies kann erreicht werden, indem man auf eine entsprechende Aushubtiefe achtet bzw. eine entsprechende Auswinterung des Bodens vornimmt. Dies führt ebenfalls zu einem Verrotten der noch übrigen pflanzlichen Bestandteile im Lehm. Denn, falls der Anteil zu hoch wäre, so kann dieser die Trockendruckfestigkeit reduzieren, da diese die Wasseraufnahmefähigkeit im Baustoff erhöht und so die Plastizität nachträglich beeinflusst.[14]

Baulehme können aus dessen Entstehungsgeschichte heraus natürlichen Kalkgehalt aufweisen. Ob dieser einen Einfluss auf die Festigkeiten von Baulehm hat, ist bislang nicht ausreichend erforscht.[15]

[14] Vgl. (Schröder, 2019, S. 125)

[15] (Minke, 2009, S. 38): „*Kalkhaltige Lehme sehen in der Regel weisslich aus, haben eine geringe Bindekraft und sind deshalb ungeeignet für den Lehmbau*.“ In (Röhlen & Ziegert, 2020, S. 25) wird jedoch zum natürlichen

Ferner steht der Kalkgehalt aber auch in einem direkten Zusammenhang zum pH-Wert eines Bodens. So weist ein kalkfreier Boden ein saures Milieu auf mit einem pH-Wert von unter 5,5. Der pH-Wert ist wiederum ein Faktor, welcher eine mögliche Schimmelpilzbildung beeinflusst. So benötigen in der Regel Schimmelpilze ein saures Milieu mit einem pH-Wert zwischen 4,5 bis 6,5.

Des Weiteren sollte ein Baulehm möglichst frei von Salzen sein. Bei Vorhandensein können diese durch Auskristallisierungsvorgänge zu Schäden an der Bauteiloberflächen führen in Form von Auflockerungen oder Aufbrüchen des Baustoffes. Daher werden in den entsprechenden Lehmbaunormen immer Grenzwerte für einzelne Salze und/oder dem Gesamtsalzgehalt angegeben.

Bei der Verarbeitung von Lehmbaustoffen sollte immer auch die natürliche Strahlenbelastung beachtet werden. Dies gilt nicht nur für den Lehmbau, sondern generell für alle Baustoffe. Über Radonbelastungen in Gebieten mit magmatischen Gesteinen wie Granit und den daraus entstandenen Verwitterungsprodukten weiß man, dass höhere Radonwerte vorliegen können. Dennoch halten (Schröder, 2019) oder (Minke, 2009) in diesem Zusammenhang fest, dass in diesbezüglich durchgeführten Untersuchungen, die Unbedenklichkeit der Radonwerte für Lehmbaustoffe festgestellt werden konnte.[16]

Lehmbaustoffe werden unter Zugabe etwaiger Zusatzstoffe mit Wasser aufbereitet und anschließend an der Luft getrocknet. Dadurch kommt es in der Regel zu einem Schwinden des Lehmbaustoffes. Für den Lehmbaustoff selbst führt dies zu möglichen Rissbildungen, das bspw. bei Putzoberflächen nicht erwünscht ist. Dies kann aber auch bis zur Zerstörung des Baustoffes reichen. Dieser Vorgang ist wieder abhängig von:

- Menge der Wasserzugabe,
- Art, Menge und Struktur der Tonmineralien,

Kalkgehalt folgendes festgehalten: „*Wird ein Lehmbaustoff, der feinste und gleichmäßig verteilte Kalksteinpartikel enthält, längere Zeit feucht gelagert, werden diese Partikel an der Oberfläche angelöst. Trocknet der Lehmbaustoff, bilden sich zusätzlich zur Tonbindung zur Festigkeit des Baustoffs beitragende Kalkstein- und Calcitmineralstrukturen aus*."

[16] Vgl. (Schröder, 2019, S. 458f), (Minke, Handbuch Lehmbau: Baustoffkunde, Techniken, Lehmarchitektur, 2009, S. 67). In diesem Zusammenhang sei auf das aktuell laufende FFG-Forschungsprojekt „RE-FORM Earth" verwiesen, das sich genau dieser Problematik widmet (Quelle: https://fti-ressourcenwende.at/de/projekte/kreislaufwirtschaft/reform-earth.php, [Zugriff am 5.8.2026].

- Anteil der grobkörnigen Fraktion im Baulehm,
- und Austrocknungsbedingungen.

Werden die oben genannten Punkte berücksichtigt, kann der Schwindprozess entsprechend reduziert werden.

Neben dem Trocknungsprozess ist auch die Wasserzugabe ein wesentliches Maß für die Aufbereitung/Herstellung des Baustoffes. Dabei kann Lehm bei Zugabe von Wasser unterschiedliche Konsistenzen einnehmen. Diese reichen dabei von „*fest*“ bis „*flüssig*“, siehe Abbildung 07:

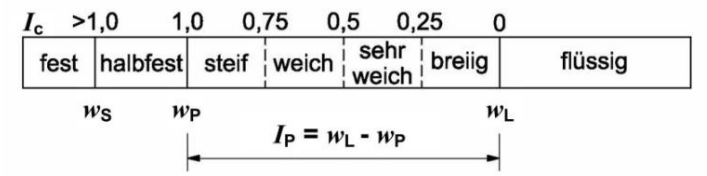


Abbildung 07 – Konsistenzband

Des Weiteren stellt für den Lehmbaustoff dessen Festigkeit eine zentrale Produkteigenschaft dar und da vor allem die Druckfestigkeit. Allgemein wird diese von folgenden Einflussgrößen bestimmt:

- optimale Korngrößenverteilung: bei einer „*weit gestuften*“ oder „*intermittierend gestuften*“ Korngrößenverteilung (Bezeichnung nach ÖNORM EN ISO 14688-2) erreichen Baulehme eine höhere Druckfestigkeit.[17] Geschiebelehme weisen in der Regel diese Eigenschaften auf.
- Art und Menge der Tonmineralien,
- Aufbereitung bei optimalem Wassergehalt, Verdichtung und Maukzeit.[18]
- Gehalt an organischen Bestandteilen bewirkt, durch dessen Eigenschaft mehr Wasser aufnehmen zu können, eine Verminderung der Festigkeiten.[19]

<u>Zusatzstoffe</u>

Neben dem Baulehm werden für die Herstellung von Lehmbaustoffen in der Regel auch mineralische und/oder organische Zusatzstoffe verwendet, dazu zählen u.a.:

[17] Vgl. (Schröder, 2019, S. 93)

[18] (Rischanek, Sicherheitskonzept für den Lehmsteinbau, 2009)

[19] Vgl. (Schröder, 2019, S. 125)

- mineralische Zusatzstoffe:
    - natürliche Gesteinskörnung nach ÖNORM B 3131;
    - recyclierte Gesteinskörnung nach den ÖNORMEN B 3140 und B 3141;
    - Ziegelsplitt oder Ziegelmehl aus der Ziegelproduktion;
    - Blähperlite, Blähton, Blähglas, Schaumglas, Blähschiefer und Naturbims nach ÖNORM B 3136.
- organische, chemisch unbehandelte Zusatzstoffe:
    - Pflanzenteile und -fasern;
    - Tierhaare;
    - zerkleinertes Holz (jedoch keine Holzwerkstoffe).
- organische, chemisch behandelte Zusatzstoffe beispielswiese Zellulosefasern.
- anorganische Pigmente nach ÖNORM EN 12878.

Durch die Zugabe von Zusatzstoffen können die Eigenschaften von Lehmbaustoffen unterschiedlich verändert werden. Prinzipiell bewirkt die Zugabe von mineralischen Zusatzstoffen wie Sand, Ziegelsplit eine Abmagerung des Lehmbaustoffes. Dadurch kann etwa das Schwindverhalten des Baustoffes positiv beeinflusst werden. Ferner kann sich auch die Verarbeitbarkeit durch die Zugabe von Sand verbessern.

Wie bereits zuvor erwähnt, kann die Druckfestigkeit durch eine „*weit gestufte*“ Korngrößenverteilung erhöht werden. Damit verbunden kann durch das richtige Maß an Zugabe möglicher fehlender Kornfraktionen genau diese Eigenschaft eingestellt werden. Des Weiteren ist zu beachten, dass das Größtkorn auch abhängig ist von der Dicke des Lehmbaustoffes (bspw. Lehmputze gegenüber Stampflehm).

Ebenfalls wird durch die Zugabe von Zusatzstoffen die Rohdichte beeinflusst, siehe dazu Auswirkungen auf die Wärmeleitfähigkeit, Tabelle 2.

So wie bei den mineralischen Zusatzstoffen beeinflussen auch pflanzliche Zusatzstoffe den Lehmbaustoff. Wie zuvor können diese ein Abmagern der Baulehmmischung bewirken und so die Trockenschwindung positiv beeinflussen. Gleiches gilt auch für die Verarbeitbarkeit des Lehmbaustoffes. Dabei können Pflanzenfasern die Geschmeidigkeit des Materials erhöhen bis hin auch das Wasserrückhaltevermögen verbessern. Pflanzenfasern wie Stroh wirken im Lehmbaustoff wie eine Bewehrung und erhöhen so die Zugfestigkeit des Lehmbaustoffes.

Auch auf die Raumakustik bewirkt die Zugabe von Pflanzenfasern eine positive, dämpfende Wirkung und das Schallschluckvermögen wird dadurch entsprechend erhöht. Gleiches gilt auch für die Verbesserung der Wärmedämmung.

2 BAULEHM

2.1 Herkunft von Baulehm

Zum einen kann der Baulehm über Lehmgruben als Primärrohstoff gewonnenen werden oder als Sekundärrohstoff über Bodenaushub, Abbruchtätigkeiten (Recyclinglehm) bzw. als Nebenprodukt aus dem Kiesabbau.

Dabei fällt dem Bodenaushub als Sekundärrohstoff eine große Bedeutung zu. Dieser entsteht über unterschiedliche Bauaktivitäten und stammt zumeist aus Hoch- und Tiefbauprojekten. Gerade bei großen Infrastrukturprojekten fallen dabei sehr große Kubaturen von Bodenaushub an. Baulehm kann aber auch im Zuge von Abbau von mineralischen Primärrohstoffen wie Kies und Schotter als Nebenprodukt anfallen. Dabei wäre etwa die oft bis zu mehreren Metern starke Deckschicht, die vor dem Kiesabbau entfernt werden muss, ein Thema bzw. im Zuge der Kieswaschung die Gewinnung von feinkörnigen Gesteinsmaterial, wenn diese durch den Waschvorgang dem abgebauten Material entzogen wird. In beiden Fällen ist nach noch geltender Rechtsprechung dieses anfallende Material als Abfall zu behandeln und entsprechende zu deponieren. Die nachfolgende Abbildung 08 zeigt dabei in Zahlen wie viel Abfall etwa im Jahr 2023 in Österreich angefallen ist.

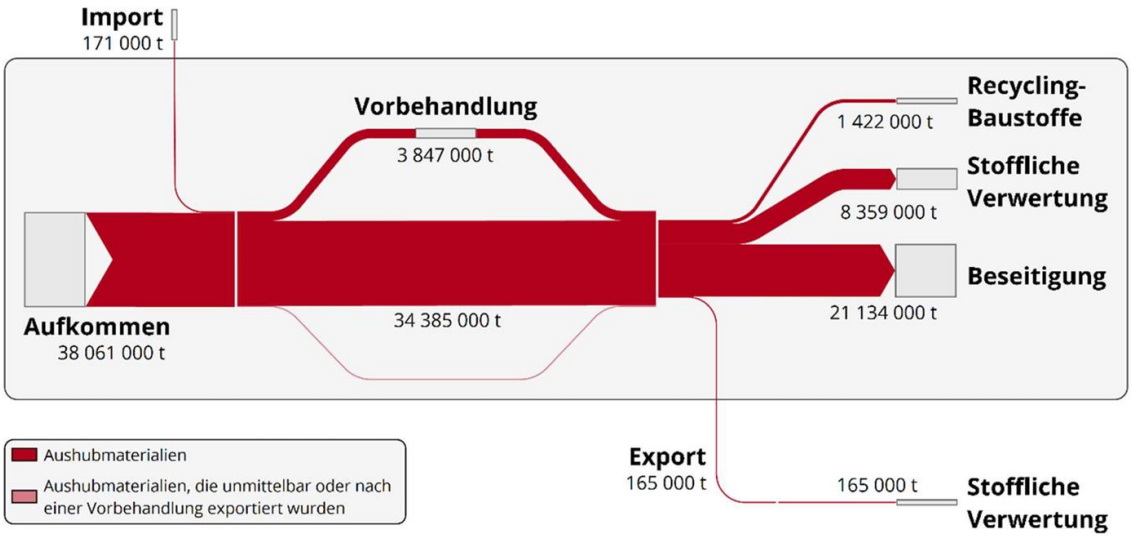


Abbildung 08 – Stoffstrombild für das Aushubmaterial im Jahr 2023 für Österreich, angegeben in Tonnen

Dabei kann man gut erkennen, dass von den aufkommenden 38 Millionen Tonnen Abfall, rund 1,5 Millionen Tonnen für einen Recycling-Baustoff wiederverwendet werden, acht Millionen Tonnen einer stofflichen Verwertung (Bodenrekultivierung, Erdbaumaßnahmen) zugeführt und der Rest beseitigt wird.

Das soll sich künftig mit der neue Aushubverordnung ändern[20], indem für nicht kontaminiertes Bodenaushubmaterial ein sofortiges Abfallende gemeldet werden kann und so der Bodenaushub sofort für unterschiedliche Maßnahmen verwendet werden darf. Dazu zählen in dieser neuen Verordnung auch das Herstellen von sogenannten „*Sonstigen Baustoffe*“ (§12 der Aushubverordnung) unter diese auch das Herstellen von Lehmbaustoffe gelistet wird. Darüber hinaus fordert die Verordnung bei Großbauvorhaben mit einem Bodenaushub von mehr als 10.000 Tonnen bereits in der Planungsphase die Erstellung eines Materialkonzept über die jeweiligen Stoffströme. Dabei ist nach der Aushubverordnung die Weiterverwendung von nicht kontaminierten Bodenaushub immer vorzusehen, um so Deponien zu entlasten und eine verbesserte Kreislaufwirtschaft zu erreichen. Sollte es trotzdem zu einem Beseitigen des Bodenaushubes kommen, so ist das künftig nur in begründeten Ausnahmefällen erlaubt.

Aus diesen Gründen ist es notwendig, um ein verstärkter Einsatz von Bodenaushubmaterial sicherzustellen, diesen entsprechend für die Anwendung des Lehmbaus zu überprüfen und so eine Planungssicherheit im Projekt garantieren zu können. Denn zum Unterschied eines Grubenlehms, bei dem das Material in der Regel weitgehend einheitlich also homogen vorliegt, handelt es sich beim Bodenaushub um ein zufällig anfallendes Material, das unterschiedlich in seiner Zusammensetzung und damit heterogen ist. Diesen Umstand gilt es entsprechend zu berücksichtigen.

Im Folgenden wird nun ein stufenweiser Prüfablauf für Bodenaushubmaterial beschrieben, bis hin zu dessen Anwendung als Ausgangstoffe für die Herstellung von Lehmbaustoffen. Dieser setzt sich dabei aus folgenden Stufen zusammen:

[20] (AushubVO, Entwurf, 2026)

Stufe 0 – Probeentnahme vor Ort vom Bodenaushub

Stufe 1 – Vorerkundung über „*eBOD*“[21] zu den möglichen zu erwartenden Bodeneigenschaften des Bodenaushubs anhand der genauen Koordinaten der Probeentnahme-Stelle und Durchführung einfacher Handtests zur Ersteinschätzung des Materials.

Stufe 2 – Eignungsprüfung des Bodenaushubes über Umweltprüfung (verpflichtet bei mehr als 2000 Tonnen Bodenaushub) sowie den wesentlichen lehmbauspezifischen Bodeneigenschaften im Labor.

Stufe 3 – Entscheidungsmatrix: aus den gewonnenen Erkenntnissen der Eignungsprüfung des Baulehms wird festgelegt, ob der Bodenaushub als Bauprodukt aufbereitet (zur Zwischendeponierung für eine spätere Verwendung) oder unmittelbar als Ausgangstoff für die Herstellung eines Lehmbaustoffes eingesetzt wird.

Stufe 4 – Detail-/Produktprüfung:

als Bauprodukt: gemäß der Prüfmatrix (siehe Tabelle 6) wird vom Hersteller des Baulehms festgelegt, ob weitere vertiefende Prüfungen vor der Zwischendeponierung zweckmäßig sind. Denkbar wären in diesem Zusammenhang etwa über Prismen die Produkteigenschaften zur Rohdichte, Lineares Trockenschwindmaß sowie Biegezug- und Druckfestigkeit zu bestimmen.

als Lehmbaustoff: falls erforderlich (fehlendes Material zur Optimierung der Bodeneigenschaften) wird ein Homogenisieren unterschiedlicher Bodenaushübe vorgenommen. Diese homogenisierte Mischung gilt dann als Ausgangsstoff für die entsprechende Lehmbaustoffprüfung, beispielsweise für ein Lehmsteinmauerwerk wären das die Prüfungen nach ÖNORM B 3230-1 bzw. DIN 18945 für die Lehmmauersteine sowie ÖNORM B 3230-2 bzw. DIN 18946 für den Lehmmauermörtel.

Die nachfolgende Abbildung 09 zeigt den prinzipiellen Ablauf des Bodenaushubes von der Entnahmestelle bis hin zur Verwendung als Bauprodukt „*Baulehm*“ oder Ausgangsstoffe zur Herstellung eines Lehmbaustoffes.

[21] „*eBOD*“ ist die Bezeichnung für die digitalen Bodenkarte in Österreich und kann unter www.bodenkarte.at aufgerufen werden.

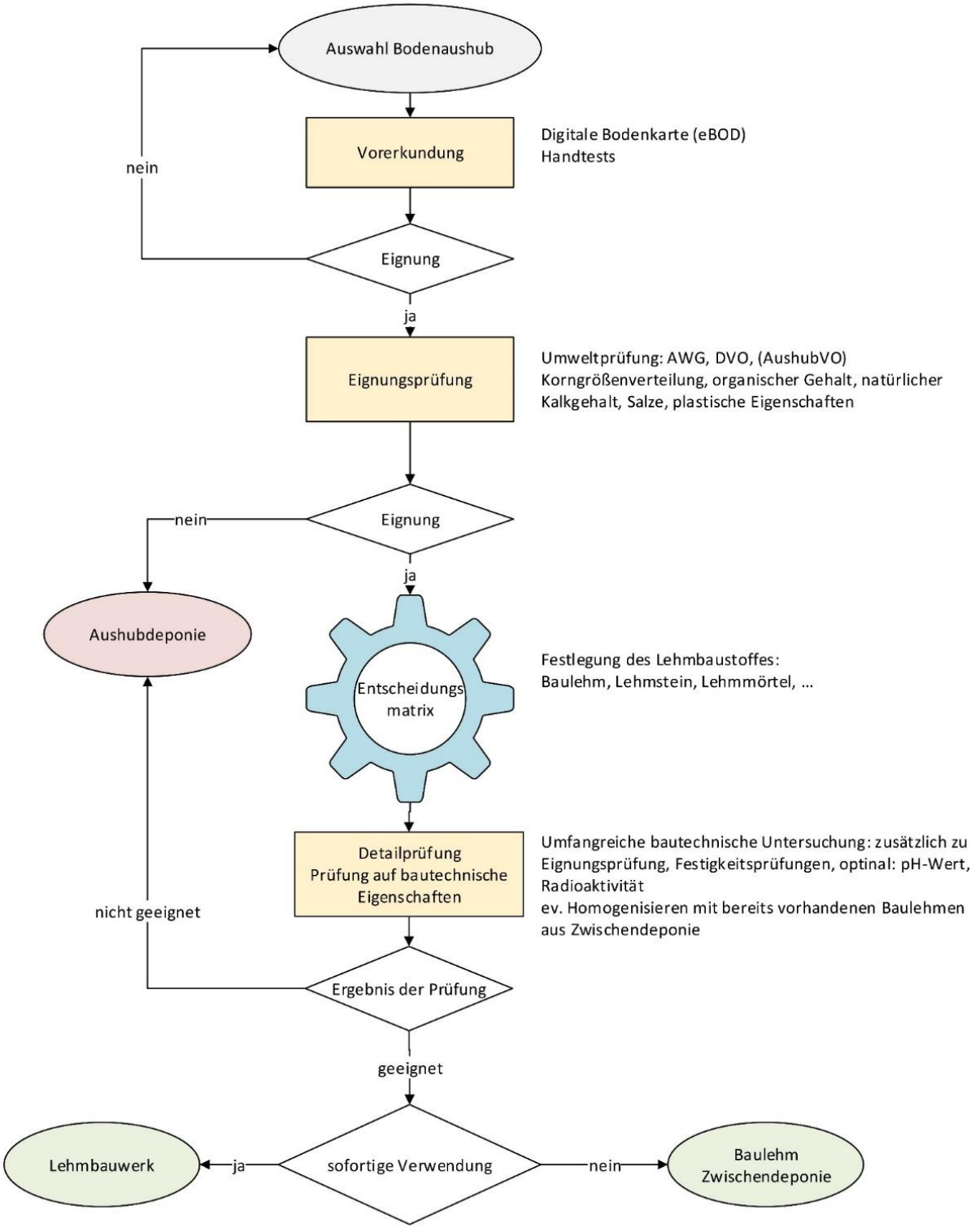


Abbildung 09 – Prüf- und Entscheidungsmatrix für die Verwendung von Bodenaushub als Lehmbaustoff

2.2 Stufe 0 – Probeentnahme

Für die Durchführung einer Probeentnahme sind zumindest folgende Punkte aufzunehmen:

- Standortbeschreibung der Entnahmestelle des Bodenaushubmaterials,
- augenscheinliche Umweltprüfung (kontaminiert / nicht kontaminiert) bei einer Bodenaushubmenge kleiner 2000 Tonnen,
- Kennzeichnung der Bodenprobe (z.B. BL01, …),
- Koordinaten der einzelnen Entnahmestellen (X- , Y-Koordinaten),
- Tiefe der entnommenen Bodenprobe,
- Datum der Probenentnahme.

Zur Bodenprobeentnahme können dabei folgende Verfahren angewendet werden:

- Schurf (wenn möglich, ist diese Entnahmeform vorzuziehen)
- Pürckhauer Erdbohrstock: geeignet für eine Tiefe bis einen Meter, wobei in der Regel nicht mehr als 250 g entnehmbar sind
- Edelmannbohrer: abhängig von der Bodenart ist eine Entnahmetiefe von bis zu fünf Metern möglich.

Die zu benötigte Bodenmenge ist vom geplanten bzw. festgelegten Prüfumfang abhängig. Soll der Bodenaushub als Bauprodukt „*Baulehm*“ zunächst verwendet werden ist diese deutlich geringer, als wenn eine umfangreiche Lehmbaustoffprüfung durchzuführen ist. Daher ist dies dem jeweiligen Anwendungsfall entsprechend anzupassen bzw. aus den Prüfnormen die geforderte Mengenangabe zu entnehmen.

2.3 Stufe 1 – Vorerkundung

Allgemein erfolgt die Vorerkundung über

- Geologische Karten und digitalen Bodenkarte „*eBOD*“
- Geotechnischen Handtests gemäß ÖNORM EN ISO 14688-1 auf der Baustelle oder Labor
- Handtests zur Bodenart (Rowell, 2013).

Geologische Karten (Schnabel, 2002) liefern ein für Österreich flächendeckendes Bild über die oberste geologische Schichte, die wiederum erste Aufschlüsse über das Ausgangsmaterial für die Bodenbeschaffenheit vorgeben können.

Diese noch etwas grobe Einschätzung des möglichen anstehenden Bodens wird durch eine vertiefende Prüfung der Eigenschaften aus dem Datenmaterial der digitalen Bodenkarte „*eBOD*“ entscheidend erweitert. Diese liefert zu den unterschiedlichen Bodenformen wertvolle Informationen auch für den Baulehm wie Bodenart (Zusammensetzung des feinkörnigen Materials), Grobanteile (Mengenanteil und Beschaffenheit des grobkörnigen Materials), Humusverhältnisse, Kalkgehalt, pH-Wert, Ausgangsmaterial und Bodentyp. Jede Bodenform enthält auch ein für diesen Bereich typisches Referenz-Bodenprofil, das bis zu einer Tiefe von zwei Metern genauere Angaben zu den einzelnen Bodenhorizonte liefert.

Wesentliche Eigenschafen, um die Anwendbarkeit eines Bodenaushubes zur Verwendung als Baulehm prüfen zu können, sind folgende:

- Zusammensetzung des Bodens auf feinkörnige und grobkörnige Bestandteile, Gehalt von natürlichem Kalk und Humus,
- Verhalten bei Wassereinwirkung,
- Festigkeiten.

Zur Untersuchung dieser Eigenschaften sind für den Boden einfache Prüfmethoden vorhanden, die vor Ort auf der Baustelle schnell durchgeführt werden können. Diese sind in der ÖNORM EN ISO 14688-1 geregelt.

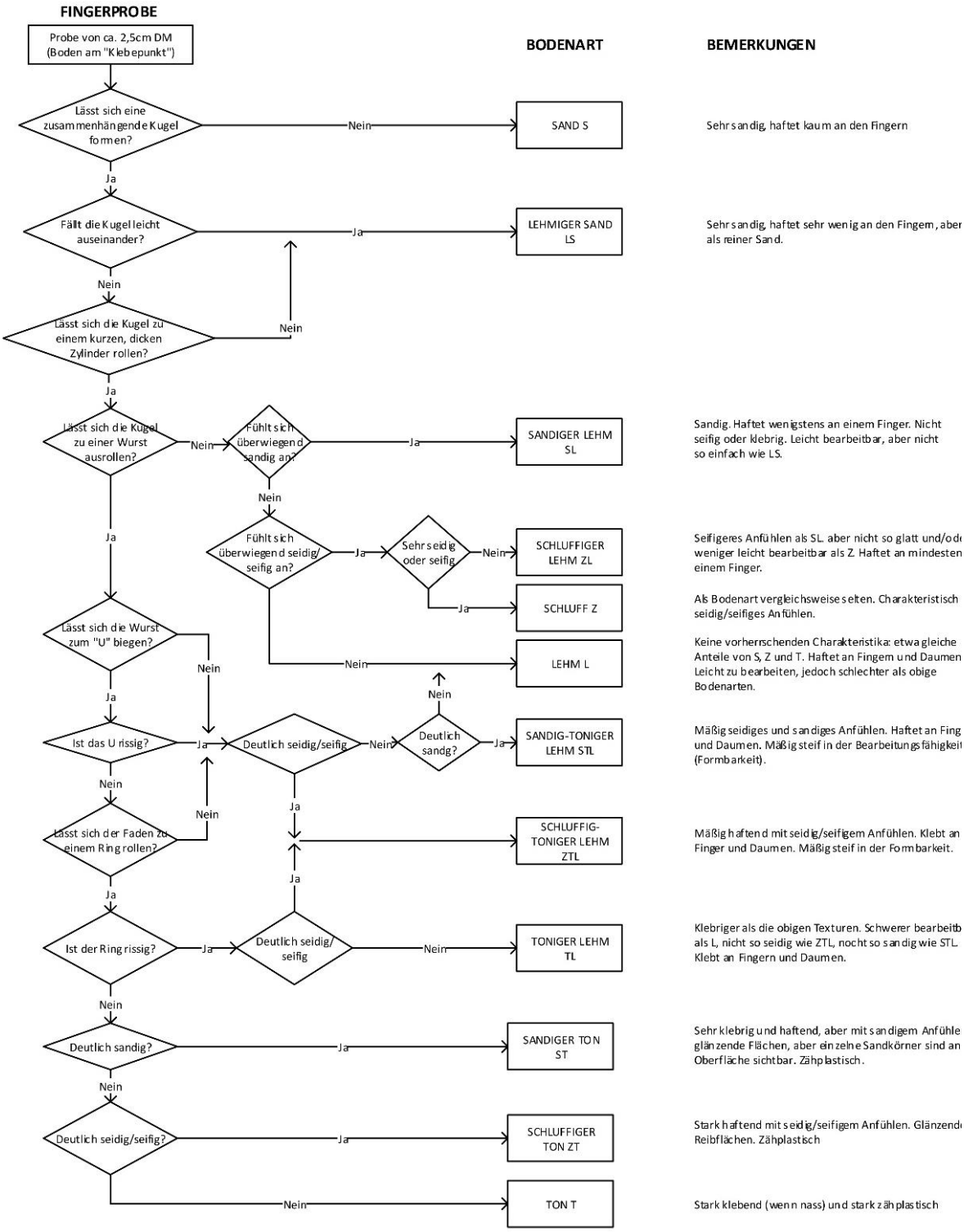
Die nachfolgende Tabelle 3 enthält eine Zusammenstellung aller möglichen Prüfverfahren nach dieser ÖNORM.

Tabelle 3 – Übersicht für In-Situ-Prüfverfahren

Prüfparameter	Verfahren	ÖNORM EN ISO 14688-1	Bodenprobe
Zusammensetzung			
Korngrößenverteilung	Beurteilung der KGV in situ	NC.2, A.2	gesamte Bodenprobe
	Schneideversuch	NC.6 [a]	≤0,63mm oder ≤2mm
	Trockenfestigkeit	A.3.5 [a]	≤0,63mm oder ≤2mm
	Griffigkeit, Reibeversuch	A.3.6 [a]	≤0,63mm oder ≤2mm
	Dilatanz	A.3.2 [a]	≤0,63mm oder ≤2mm
	Zähigkeit	A.3.3 [a]	≤0,63mm oder ≤2mm
	Verhalten im Wasser	A.3.7 [a]	≤0,63mm oder ≤2mm
	Verhalten an der Luft	A.3.7 [a]	≤0,63mm oder ≤2mm
Organische Bestandteile	Geruchtest	NC.7	gesamte Bodenprobe
	Organischer Anteil/Farbtest	6.1.8.	gesamte Bodenprobe
Natürlicher Kalkgehalt	Kalkgehalt	6.1.9.	gesamte Bodenprobe
Verhalten bei Wassereinwirkung			
Plastische Eigenschaften	Plastizität	A.3.4[a]	≤0,63mm oder ≤2mm
Festigkeit			
Bindekraft	Kohäsion	A.3.8 [a]	≤0,63mm oder ≤2mm
[a] Aufbereitung der Bodenprobe: nach ÖNORM EN ISO 14688-1 sind zunächst alle Körner größer als der Mittelsand (= 0,63mm alternativ auch mit 2mm möglich) zu entfernen. Anschließend wird der Boden zu einer Kugel mit einem Durchmesser von 25mm geknetet, bis er die Konsistenz einer Spachtelmasse aufweist. Dies erfolgt gegebenenfalls unter Zugabe von Wasser.			

Eine Alternative zu den Handtests gemäß ÖNORM EN ISO 14688 stellt der Prüfablauf nach (Rowell, 2013) dar und wird in der folgenden Abbildung 10 dargestellt.

Mit diesem Prüfablauf kann die vorhandene Bodenart des Bodens bestimmt werden. Der Vorteil für diesen Prüfablauf ist, dass das Ergebnis eine unmittelbare Eingangsgröße für das Texturdreieck in der Entscheidungsmatrix darstellt, siehe Abbildung 13 und Abbildung 12.



<u>Klebepunkt</u>: Feuchtigkeitsgehalt, bei dem ein trockener Boden, der genässt wurde, gerade eben an den Fingern zu kleben beginnt.
<u>Formbarkeit</u>: Die Leichtigkeit, mit der die Bodenprobe zwischen den Fingern geformt werden kann. Da die Konsistenz deutlich mit dem Feuchtigkeitsgehalt variiert, müssen die Proben ordnungsgemäß und einheitlich angefeuchtet werden.
<u>Zylinder</u>: ca. 5 cm lang und 1,5cm im Durchmesser; <u>Wurst</u>: ca. 13 cm lang und 0,6 cm im Durchmesser
<u>Ring</u>: ca. 2,5 cm im Durchmesser, wurde aus etwa 8 cm der obigen Wurst gebildet.

Abbildung 10 — Handtests zur Bestimmung der Bodenart

2.4 Stufe 2 – Eignungsprüfung

Bei Vorhandensein eines geotechnischen Gutachtens vom Bauplatz, das bei einem größeren Bauvorhaben in der Regel immer der Fall ist, sind die Ergebnisse dieser Untersuchungen für eine Eignungsprüfung zumeist ausreichend. Falls dies nicht der Fall ist, werden hier nun kurz die wichtigsten Prüfungen vorgestellt, die im Zuge der Eignungsprüfung eines Bodenaushub relevant sind.

Zunächst ist nach dem bestehenden Abfallrecht die notwendige Umweltprüfung durchzuführen, wobei die Kleinmengenregelung zu beachten ist, bei der ein Bodenaushub mit weniger als 2000 Tonnen durch augenscheinliche Prüfung bzw. Vornutzung des Grundstückes auf Kontaminierung überprüft wird. Bei einem Bodenaushub von mehr als 2000 Tonnen wird über eine chemische Analyse durch ein dafür befugtes Fachpersonal der Bodenaushub untersucht. Der Boden ist nach Aushubverordnung für den Lehmbau dann anwendbar, wenn das Ergebnis aus der Prüfung zumindest eine Qualitätsklasse BA aufweist.

Danach erfolgt eine Prüfung des Baulehms auf dessen bautechnischen Produkteigenschaft wie Zusammensetzung, Verhalten bei Wassereinwirkung und Festigkeit.

Damit ergeben sich in dieser Stufe folgende Prüfungen:

- Umweltprüfung (kontaminiert / nicht kontaminiert) bei mehr als 2000 Tonnen in Form einer chemischen Analyse nach Bundesabfall-Wirtschaftsplan ,
- Zusammensetzung
    - Korngrößenverteilung nach ÖNORM EN ISO 17892-4
    - Organische Bestandteile nach ÖNORM EN 17685-1
    - Natürlicher Kalkgehalt nach ÖNORM EN ISO 14688-1
    - Gehalt an bauschädlichen Salzen (optional bei Verdacht)
- Verhalten bei Wassereinwirkung
    - Plastizität nach ÖNORM EN ISO 17892-12
- Festigkeiten
    - Bindekraft über Lehmbau-Regeln (optional).

<u>Zusammensetzung</u>

Für eine Ersteinschätzung über die Eignung des vorhandenen Bodenaushubes ist zunächst die Bestimmung der Korngrößenverteilung nach ÖNORM EN ISO 17892-4 durchzuführen. Dabei ist zu beachten, dass diese zwar eine Bestimmung der fein- und grobkörnigen Fraktionen liefert, jedoch noch

keine nähere Detailanalyse zur Tonfraktion bezüglich bindender und nicht bindender Eigenschaften im Lehm. Auch zeigt diese noch keine Aussage zu der Tonmineralart, ob diese zwei- oder dreischichtig sind, das jedoch wiederum einen wesentlichen Einfluss auf die Eigenschaften für den Lehmbaustoff darstellt in Bezug auf das Quell- und Schwindverhalten von Lehm.

Neben der Korngrößenverteilung sind auch folgende Kenngröße im Zuge der Eignungsprüfung für die Produkteigenschaft der Zusammensetzung relevant, wobei einige auch bei vorhandenem Gutachten zur Umweltprüfung des Bodens im Sinne des Bundesabfall-Wirtschaftsplan entnommen werden können.

- Natürlicher Kalkgehalt über Salzsäuretest
- Organische Bestandteile (bestimmt über Norm oder Umweltprüfung nach BAWP)
- Bauschädliche Salze wie Chlorid, Sulfat und Nitrat (bestimmt über Norm oder Umweltprüfung nach BAWP)
- pH-Wert (bestimmt über Norm oder Umweltprüfung nach BAWP).

Verhalten bei Wassereinwirkung

Um das Verhalten bei Wassereinwirkung näher beschreiben zu können, werden zunächst nach ÖNORM EN ISO 17892-12 der Wassergehalt für die Fließgrenze w_L und der Wassergehalt für die Ausrollgrenze w_P bestimmt, siehe Abbildung 07. Aus diesen Werten kann die Plastizitätszahl berechnet werden.

Dabei berechnet sich die Plastizitätszahl aus der „*Differenz des Wassergehalts an der Fließgrenze […] und der Ausrollgrenze […] eines feinkörnigen Bodens*“ mit folgender Formel

$I_P = w_L - w_P$.[22]

Mit Hilfe dieser Kenngrößen kann nun die Art des Bodens gemäß ÖNORM EN ISO 14688-2 näher beschrieben werden. Trägt man im Plastizitätsdiagramm, siehe Abbildung 11, auf der Y-Achse die Plastizitätszahl eines Bodens auf und auf der X-Achse dessen Fließgrenze so lässt sich erkennen, welche plastischen Eigenschaften der Boden aufweist abhängig von der Lage des Punktes in Bezug auf die A-Linie und dem Wert der Fließgrenze.

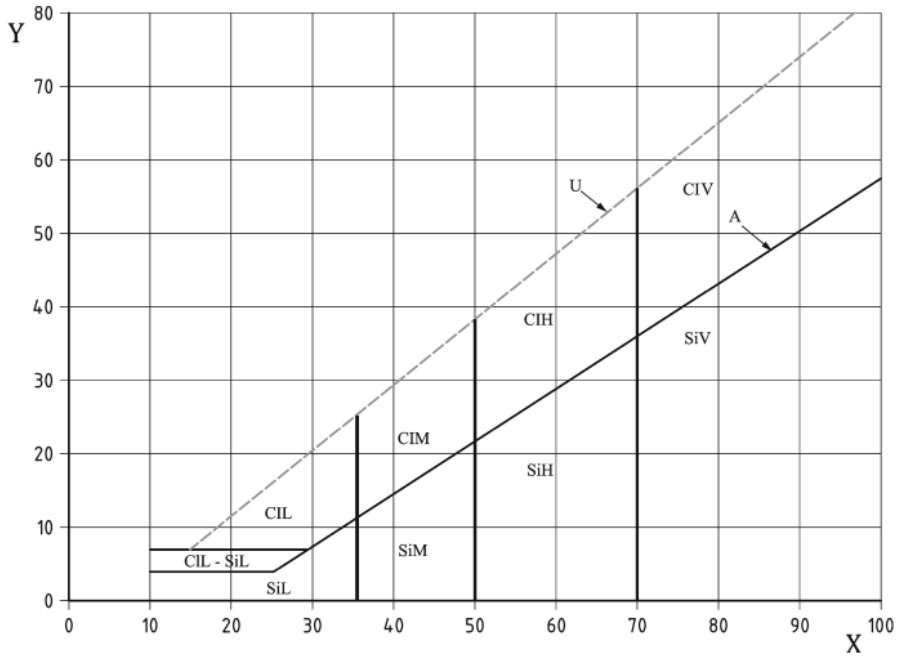
[22] (ÖNORM EN ISO 14688-2, 2019), Begriff 3.10

Bezogen auf die Fließgrenze unterscheidet man zwischen:

- niedrige plastische (w_L < 35)
- mittel plastisch (w_L von 35 bis 50)
- hoch plastisch (w_L von 50 bis 70)
- sehr hoch plastisch (w_L > 70)

Des Weiteren liefert die Lage des eingetragenen Punktes bezogen auf A-Linie folgende Hinweise:

- über der A-Linie ist der Boden tendenziell tonig
- unter der A-Linie ist der Boden tendenziell schluffig.



Legende

X Wassergehalt an der Fließgrenze, w_L				Y Plastizitätszahl, I_P	
Art des Bodens		Bezeichnung für die Plastizität			
				Wassergehalt an der Fließgrenze	
Cl	Ton	L	niedrig	< 35	
Si	Schluff	M	mittel	35 bis 50	
		H	hoch	50 bis 70	
		V	sehr hoch	> 70	
		O	organisch	zur Klassifizierung für organisches Material (z. B. CIHO) hinzufügen	
U-Linie	$I_P = 0{,}9\ (w_L - 8)$			A-Linie	$I_P = 0{,}73\ (w_L - 20)$

Abbildung 11 – Plastizitätsdiagramm

Ferner kann auch mit diesen Werten, der benötigte Wassergehalt berechnet werden, um so eine gewünschte Verarbeitungsform (breiig bis halbfest) des Baulehms einstellen zu können. Dies erfolgt über die Konsistenzzahl I_C, dem Plastizitätsindex I_P und der entsprechenden Fließgrenze des Baulehms

w_L. Damit kann mit folgender Gleichung der notwendige Wassergehalt einer Lehmmischung ermittelt werden, um eine entsprechende Verarbeitungskonsistenz einstellen zu können, wobei I_C aus dem Konsistenzband entnommen wird, siehe Abbildung 07:

$$w = w_L - I_C \cdot I_P$$

Festigkeit

Die zuvor angesprochenen bindenden und nicht-bindenden Eigenschaften der Tonfraktion einer Baulehmmischung, die als Bindekraft bezeichnet wird, kann über zwei Prüfverfahren näher beschrieben werden.

Zum einen über den in den Lehmbau-Regeln näher beschrieben Bindekraftversuch oder als Alternative über den standardisierten geotechnische Laborprüfung zu den plastischen Eigenschaften der Zustandsformen eines Bodens ÖNORM EN ISO 17892-12 mit den Fließ- und Ausrollgrenzen.

Der Bindekraftversuch wird nach den Lehmbau-Regeln ermittelt und liefert die Bindekraft eines erdfeuchten Baulehmes. Es handelt sich um eine nicht normierte Prüfmethode, die sich zwar auf Inhalten alter DIN-Lehmbaunormen bezieht, jedoch wurden diese in den 1970iger Jahren ersatzlos gestrichen. Neue Forschungsarbeiten in diesem Bereich zeigten aber, dass der nicht genormte Bindekraftversuch ersetzt werden könnte durch den Versuch nach ÖNORM EN ISO 17892-12. Aus diesem Versuch erhält man nicht nur die zuvor genannten Zustandsgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenze) für den Boden, sondern auch die Plastizitätszahl, die wiederum zur Bindekraft nach den Lehmbau-Regeln korreliert.

Nach (Schröder, 2019) lässt sich weiters folgende Zuordnung für die geotechnische Plastizität und der lehmbautechnischen Bindekraft gemäß Tabelle 4 definieren.

Tabelle 4 – Gegenüberstellung geotechnische Plastizität und lehmbautechnische Bindekraft[23]

Geotechnische Plastizität	**Lehmbautechnische Bindekraft**
Niedrig plastisch	Mager
Mittel plastisch	Fast Fast - fett
Hoch plastische	Sehr fett, Ton

Ferner könnte über die Lage des Punktes in Bezug auf die A-Linie zusätzliche Aussage für die lehmbautechnische Bindekraft angenommen werden. Liegt der Wert im tonigen Bereich so ist das ein

[23] (Schröder, 2019, S. 111)

Indiz für eine höhere Bindekraft, als wenn dieser unter der A-Linie (schluffiger Bereich) zu liegen kommt.

2.5 Stufe 3 – Entscheidungsmatrix

Aus den Ergebnissen der Eignungsprüfung kann nun als nächsten Schritt festgelegt werden, ob der vorhandene Boden als Bauprodukt „*Baulehm*“ zur Zwischendeponierung oder bereits als Ausgangsstoff für die Herstellung eines Lehmbaustoffes verwendet wird.

Für eine Erstauswahl einer möglichen Verwendungsart kann als Grundlage die folgende Tabelle 5 verwendet werden. In dieser finden sich Angaben zur Korngrößenverteilung (KGV), Plastizität und Bindekraft sowie bereits Vorgabe für mögliche Zusatzstoffe bzw. Aufbereitung einer möglichen Lehmmischung.

Tabelle 5 – Grundlage für die Entscheidungsmatrix

Lehmbaustoff	**Baulehm, mögliche Zusatzstoffe, Aufbereitung**
Lehmsteine - Allgemein	Plastizität: niedrig bis mittel plastisch, w_L = 20 - 50%, I_P=10 bis 20%, Bindekraft: 60 – 280 g/cm² KGV: lehmiger Sand, sandiger Lehm bis Lehm Zusatzstoffe: organisch und mineralisch möglich
- Stroh- bzw. Faserlehm mit einer Rohdichte von 1200 bis 1700kg/m³	Plastizität: niedrig plastisch, w_L < 35%, I_P< 20%, Bindekraft: 60 – 110 g/cm² KGV: lehmiger Sand bis sandiger Schluff (z.B. Lösslehm) Zusatzstoffe: weiche Stroharten wie Roggen, Hafer, Gerste, Grobheu, pflanzliche Fasern mit einer Schnittlänge von 5-25cm Aufbereitung: weicher bis breiiger Konsistenz; Fasern müssen an jeder Stelle mit Lehm umhüllt sein
- Schwere Leichtlehm-Mischung mit einer Rohdichte von > 800 bis 1200 kg/m³	Plastizität: niedrig plastisch, w_L < 35%, I_P< 20%, Bindekraft: 60 – 110 g/cm² KGV: sandiger Schluff (z.B. Lösslehm) Zusatzstoffe: organische Stoffe alle Arten von Stroh, Holzhackschnitzel; mineralische Stoffe wie Bims, Blähton, Perlite, Blähschiefer, Blähglas Aufbereitung: in breiiger Konsistenz, organische Zuschläge müssen an jeder Stelle mit Lehm umhüllt sein (Anm. fehlt Ton: Zugabe von Tonmehl)
- Leichte Leichtlehm-Mischung mit einer Rohdichte von 300 bis 800kg/m³	Plastizität: mittel bis hoch plastisch, w_L > 35 %, I_P > 20%, Bindekraft: > 160 g/cm², Anm.: mit Zunahme Anteil der Zusatzstoffe sollte auch die Bindekraft zunehmen KGV: schluffiger Lehm, lehmiger Schluff bis Ton (ideal mit schluffigen Mineralgerüst, bspw. Auelehm), Zusatzstoffe: organische Stoffe alle Arten von Stroh, Holzhackschnitzel; mineralische Stoffe wie Bims, Blähton, Perlite, Blähschiefer, Blähglas

	Aufbereitung: fetter Lehm in flüssiger Konsistenz, organische Zuschläge müssen an jeder Stelle mit Lehm umhüllt sein (Anm. fehlt Ton: Zugabe von Tonmehl)
Lehmmörtel	
- Lehmmauermörtel	Plastizität: niedrig bis mittel plastisch, w_L = 30 - 45%, I_P=10 bis 20%, Bindekraft: 80 – 200 g/cm² KGV: sandiger Schluff, Korngröße < 5mm Zusatzstoffe: Mittel- bis Grobsand (d<2mm) und ggf. organische Faserstoffe Aufbereitung: ev. abmagern bis keine Schwindrisse sich zeigen
- Lehmputzmörtel	Plastizität: niedrig plastisch, w_L < 25%, I_P < 10% Bindekraft: 60 – 110 g/cm² KGV: sandiger Schluff (z.B. Lösslehm) mit ausreichendem Anteil im Grobschluff- bis Mittelsandbereich Zusatzstoffe: ggf. Mittel- bis Grobsand (d<2mm) und/oder organische Faserstoffe Aufbereitung: ev. abmagern bis keine Schwindrisse sich zeigen (historisch auch Molke oder Dung)
- Lehmspritzmörtel	Plastizität: mittel plastisch, w_L = 35 - 50%, I_P = 15 - 30%, Bindekraft: 110 - 280 g/cm² KGV: Lehm bis schluffigen Lehm
Stampflehm	Plastizität: niedrig bis mittel plastisch, w_L = 20 - 45%, I_P = 5 - 25% Bindekraft: 60 – 250 g/cm² KGV: lehmiger Sand bis sandigen Lehm, ideal eine weitgestufte Sieblinie (gemischtkörniger bis grobkiesiger Baulehm, bspw. Gehänge/Berg- oder Geschiebelehm) Zusatzstoffe: Grobsand, Kies oder Splitt (ideal gebrochene Körnung) und/oder organische Zusatzstoffe wie Stroh (10cm), Feinfasern (Flachs, Hanf) Aufbereitung: bei erdfeuchter Konsistenz - Magerer Lehm : Zusatzstoff = 1 : 1 bis 1:2 - Fetter Lehm : Zusatzstoff = bis zu 1:2,5
Lehmschüttung - Rohdichte von 300 bis 2200kg/m³ möglich - Leichtlehm-schüttung mit einer Rohdichte unter 1200 kg/m³	Plastizität: keine Anforderung Bindekraft: keine Anforderung KGV: jeder Baulehm geeignet Zusatzstoffe: organisch und/oder mineralisch Aufbereitung: bei erdfeuchter Konsistenz

Ferner können aus den folgenden Abbildungen über das Texturdreieck bzw. Plastizitätsdiagramm mögliche Lehmbauanwendungen abgelesen werden.

Texturdreieck

Die Abbildung 12 weist Bereiche auf, die besonders geeignet sind für folgende Lehmbauanwendungen:

- formgeschlagene/-gepresste Lehmsteine (hellblaue Farbe),
- Stampflehm (orange Farbe),
- Lehmspritzmörtel (violette Farbe) und
- Lehmputz- und Lehmmauermörtel (dunkelblaue Farbe).

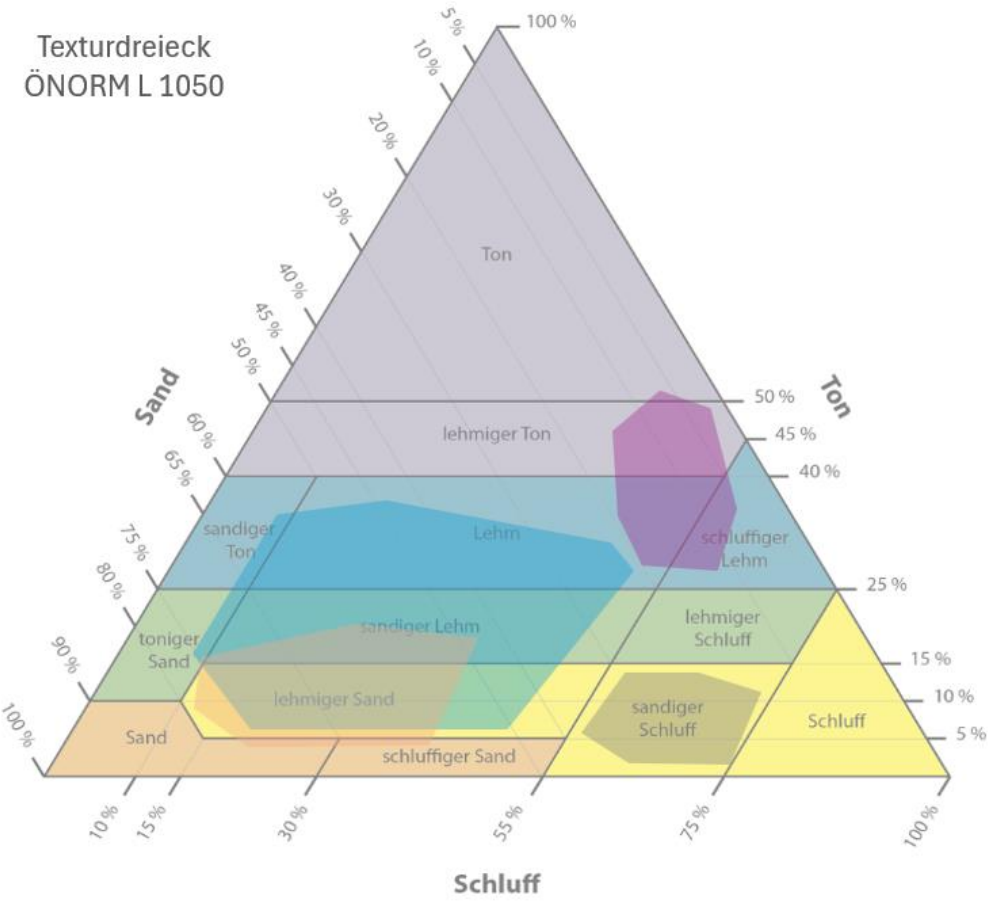


Abbildung 12 – Texturdreieck: formgeschlagene/-gepresste Lehmsteine (hellblau), Stampflehm (orange), Lehmputz- und Lehmmauermörtel (grau) und Lehmspritzmörtel (violett)

Die Abbildung 13 weist abhängig von Korngrößenverteilung Bereiche auf, die besonders geeignet sind für folgende Lehmsteine:

- formgeschlagene/-gepresste Lehmsteine (hellblaue Farbe)
- Stroh-, Faserlehm (dunkelbaue Farbe),
- schwere Leichtlehmmischung (dunkelbaue Farbe),
- leichte Leichtlehmmischung (grüne Farbe),
- stranggepresste Lehmsteine (violette Farbe).

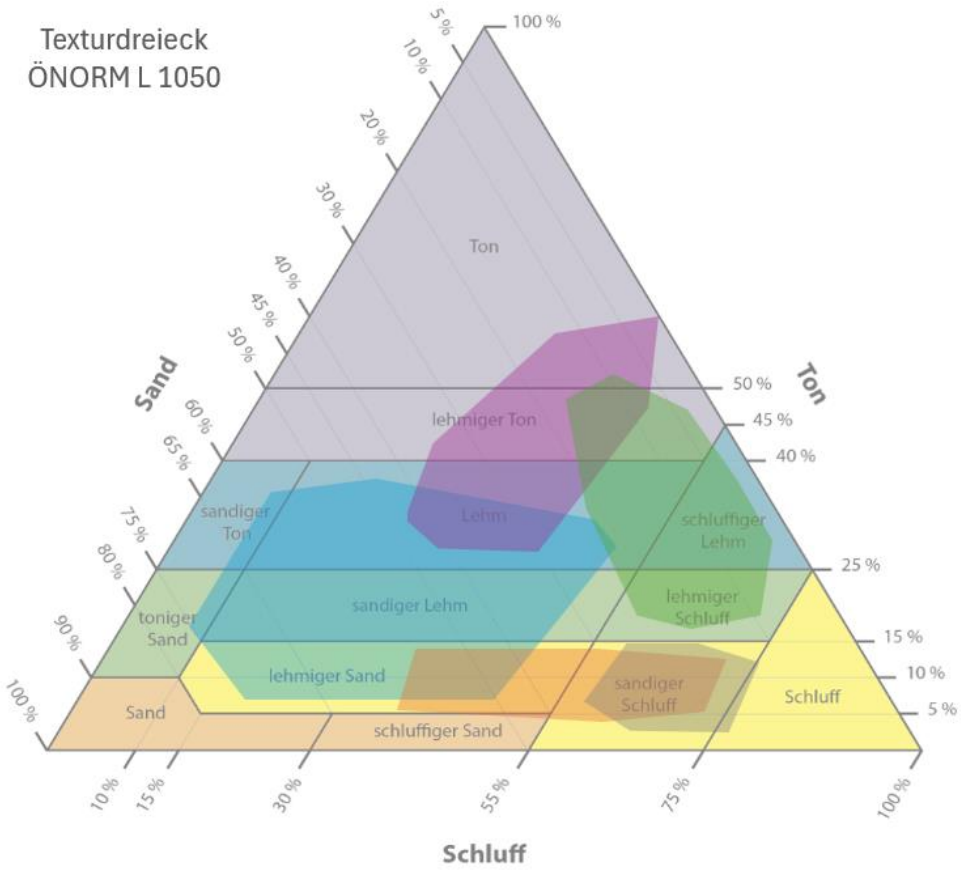


Abbildung 13 – Texturdreieck: formgeschlagene/-gepresste Lehmsteine (hellblau), Stroh-, Faserlehm (orange), schwere Leichtlehmmischung (grau), leichte Leichtlehmmischung (grün), stranggepresste Lehmsteine (violett)

Plastizitätsdiagramm:

Die Abbildung 14 weist abhängig von der Fließgrenze und Plastizitätszahl Bereiche auf, die besonders geeignet sind für folgende Lehmbauanwendungen:

- Stampflehm (orange Farbe),
- formgeschlagene/-gepresste Lehmstein (hellblaue Farbe),
- Stroh- Faserlehm und Schwere Leichtlehm (grüne Farbe),
- Leichte Leichtlehmmischung (violette Farbe).

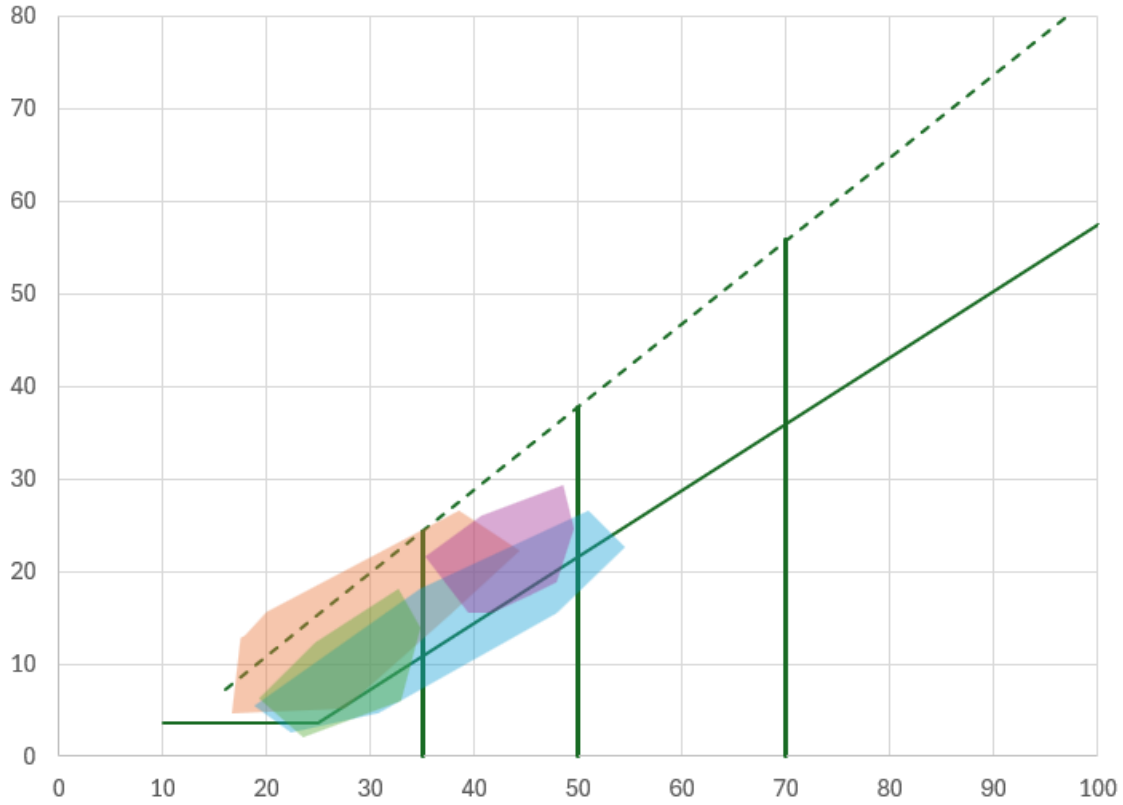


Abbildung 14 – Plastizitätsdiagramm: Stampflehm (orange), allg. formgeschlagene Lehmstein (hellblau), Stroh- Faserlehm und Schwere Leichtlehm (grün), Leichte Leichtlehmmischung (violett)

Die Abbildung 15 weist abhängig von der Fließgrenze und Plastizitätszahl Bereiche auf, die besonders geeignet sind für folgende Lehmmörtelarten:

- Lehmspritzmörtel (violette Farbe),
- Lehmmauermörtel (orange Farbe) und
- Lehmputzmörtel (grüne Farbe)

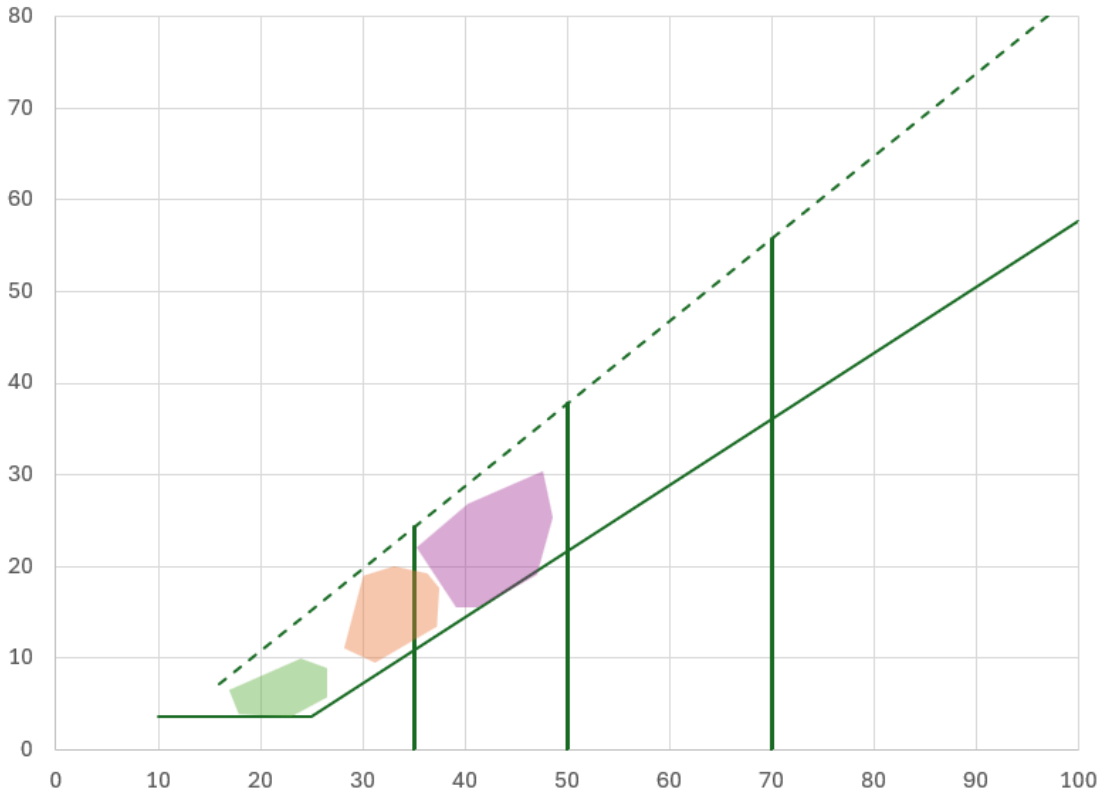


Abbildung 15 – Lehmspritzmörtel (violett), Lehmmauermörtel (orange) und Lehmputzmörtel (grün)

Über die Zugabe von organischen oder mineralischen Zusatzstoffen kann natürlich jeder Bodenaushub so eingestellt werden, dass man den gewünschten Lehmbaustoff herstellen kann. Doch auch hier gilt es selbstverständlich den Ressourcenverbrauch so gering wie möglich zu halten. Das heißt beispielsweise, dass man zwar einen fetten Baulehm (also ein Material, das einen sehr hohen Tonanteil aufweist) durch Zugabe von Sand auf einen mageren Baulehm einstellen könnte. Doch wäre dies dann auch ein gewisser Widerspruch für ein ressourcenschonendes Bauen, da ja auch der Rohstoff Sand immer knapper wird.

Es gilt daher stets genau zu prüfen, welche Anwendungsform zum jeweiligen Bodenaushub am besten passt.

2.6 Stufe 4 – Detailprüfung

Wie zu Beginn dieses Abschnittes ausgeführt, gibt es zwei mögliche Anwendungsfälle für den Bodenaushub:

- Sofortige Verwendung als Ausgangsstoff für einen bestimmten Lehmbaustoff.
- Aufbereitung als Bauprodukt „*Baulehm*“ zur Zwischenlagerung

Bei sofortiger Verwendung als Ausgangsstoffe für die Herstellung eines Lehmbaustoffes sind folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Wieviel Bodenaushubmaterials ist vorhanden?
- Welche Lehmbaukonstruktion wird prinzipiell angestrebt?
- Ist es notwendig aus mehreren Bodenaushübe eine homogenisierte Baulehmmischung anzufertigen?

Danach erfolgt unter gegebenenfalls Zugabe von organischen bzw. mineralischen Zusatzstoffen die abschließenden normativen Detailprüfungen für den angestrebten Lehmbaustoff, näheres siehe folgenden Abschnitt 3.

Soll eine abschließende Detailprüfung zur Verwendung des Bodenaushubes als Bauprodukt „*Baulehm*“ erfolgen, dann kann dies gemäß Tabelle 6 durchgeführt werden. Dieser Baulehm kann dann abschließend entsprechend klassifiziert und gekennzeichnet werden. Dabei ist vom Hersteller vorab noch festzulegen, welche ergänzende Detailprüfungen vor der Zwischenlagerung angestrebt werden. Die Tabelle 6 zeigt, welche Produkteigenschaften für den Baulehm angegeben werden können.[24]

Tabelle 6 – Zusammenfassung der Anforderungen für eine Baulehmprüfung

Zusammensetzung			
Prüfparameter	**Referenzprüfverfahren**	**Typ**	**Klasse, Anforderung**
Korngrößenverteilung	ÖNORM EN ISO 14688-1	(F)	Ton/Schluff
	ÖNORM EN ISO 17892-4 ÖNORM L 1050	(L)	Gr, Sa, Si, Cl in % fein, grob-, gemischtkörnig Form der KGV über Cu, Cc Bodenart: deklarierter Wert
Tonanalyse Mineralbestand	Dynamische Fließspannung ÖNORM EN 933-9 ÖNORM B 4810	(L)	Dyn. Fließspannung τ_0 in Pa Verhältnis Feststoff/Wasser ϕ in % MB-Wert, MBF-Wert in g/kg Tonminerale in %

[24] Vgl. FFG-Forschungsprojekt „Erdbewegung“, Quelle https://projekte.ffg.at/projekt/2632443e-f36b-1410-85f3-00d3c07d99bb [Zugriff am 5.8.2026]

Organische Bestandteile	ÖNORM EN ISO 14688-1 Geruchstest, Farbtest	(F)	Organisch: deklarierte Wert Farbe: deklarierte Wert
	ÖNORM B 4424	(L)	organischer Anteil in %
Natürlicher Kalkgehalt	ÖNORM EN ISO 14688-1	(F)	Kalkgehalt ja/nein Aufbrausen
	DIN 18129, ÖNORM EN ISO 14688-1	(L)	Natürlicher Kalkgehalt in %
Bauschädliche Salze	Vgl. ÖNORM EN 1744-1 Vgl. ÖNORM B 3355	(L)	Nitrate in % Sulfate in % Chloride in % Gesamtgehalt in %
pH-Wert	ÖNORM EN ISO 10390	(L)	deklarierte Wert
Radioaktivität	ÖNORM EN ISO 18589-3		deklarierte Wert
Verhalten bei Wassereinwirkung			
Trockenschwindmaß (optional)	ÖNORMEN EN 1015-11, EN 12390-16 oder EN 13454-2	(L)	Lineares Schwindmaß in %
Plastizität	ÖNORM EN ISO 14688-1	(F)	Plastisch ja/nein
	ÖNORM EN ISO 17892-12	(L)	I_P, w_L, w_A Bodenart Plastische Eigenschaft
Wassergehalt Normsteife	ÖNORM EN ISO 17892-1	(L)	w_{norm}
Festigkeit			
Bindekraft (optional)	ÖNORM EN ISO 14688-1	(F)	deklarierte Wert
	Lehmbau-Regeln	(L)	Bindekraft in g/cm²
Druckfestigkeit	ÖNORM EN 1015-11	(L)	Druckfestigkeit in N/mm²
Biegezugfestigkeit (optional)	ÖNORM EN 1015-11	(L)	Biegezugfestigkeit in N/mm²

3 LEHMBAUSTOFFE

In diesem Abschnitt werden nun die wichtigsten Lehmbaustoffe näher vorgestellt.

3.1 Lehmmauerstein

Lehmmauersteine sind quaderförmig geformte Lehmbaustoffe.

Ein typisches Maß für einen Lehmmauerstein ist das Normalformat mit den Abmessungen 240 x 115 x 71mm. Die nachfolgende Abbildung 16 zeigt Formen zur Herstellung von Lehm sowie unterschiedliche produzierte Lehmziegel mit oder ohne Lochung.

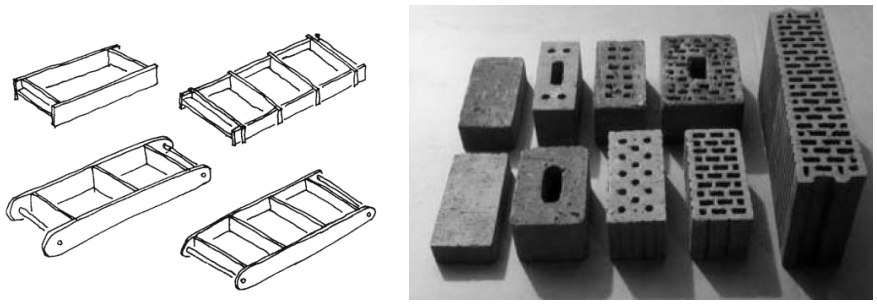


Abbildung 16 – Links: Formen für Lehmziegeln, Rechts: Unterschiedliche Lehmziegel

Für Lehmmauersteine befindet sich gerade bei Austrian Standards eine entsprechende Produktnorm in Ausarbeitung, die Angaben zu Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung von Lehmmauersteine enthalten soll. Dabei handelt es um die ÖNORM B 3230-1, *Bauprodukte aus Lehm – Teil 1: Lehmmauersteine – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*. Bis diese publiziert wird, kann für Lehmsteine auf die bestehende DIN 18945 zurückgegriffen werden.

Lehmmauersteinen können prinzipiell wie folgt hergestellt werden:

- formgeschlagener Lehm-Mauerstein: dieser wird durch händisches oder mechanisiertes „Patzen“ (schwungvolles Einwerfen) oder Rütteln in eine Schalung geformt und anschließend ohne Nachverdichtung abgestrichen.
- formgepresster Lehm-Mauerstein: dieser wird durch Pressen oder Stampfen in einer Form hergestellt.
- stranggepresster Lehm-Mauerstein: dieser wird durch ein Mundstück gepressten Strang abgeschnitten.

Lehmmauersteine können als Voll- oder Lochsteine hergestellt werden.

Grundsätzlich sind Lehmmauersteine nur im geschützten Mauerwerk zu verwenden. Dieser Schutz kann bei Außenwänden durch eine geeignete Putzschicht oder Verkleidung erfolgen. Ferner können Lehmmauersteine auch die Innenschale einer zweischaligen Mauer sein oder als Innenwand verwendet werden.

Dabei werden für Lehmmauersteine nach DIN 18945 folgende Anforderungen definiert:

- Form, Lochung und Stege (innere Geometrie): für tragendes Mauerwerk darf der zulässige Lochanteil der Lagerfläche nicht mehr als 15% betragen
- Maße und Formate
- Gehalt an bauschädlichen Salzen: Nitrate ≤ 0,02%-Massenanteil, Sulfate ≤ 0,10%-Massenanteil und Chloride ≤0,08%-Massenanteil, Gesamtgehalt nicht mehr als 0,12%-Massenanteil.
- Steinrohdichte: für tragendes Mauerwerk mindestens 1210 kg/m³
- Druckfestigkeit: für tragendes Mauerwerk mindestens eine Druckfestigkeit im Mittel von 2,5 N/mm² wobei der kleinste Einzelwert nicht unter 2,0 N/mm² liegen darf.
- Verhalten unter Feuchte und Frosteinwirkung: überprüft mittels Tauch-, Kontakt-, Saug- und Frostprüfungen.

Die Bemessung eines Lehmsteinmauerwerkes kann über die DIN 18940 erfolgen oder über das vereinfachte Bemessungsverfahren für das tragende Mauerwerk nach ÖNORM B 1996-3.

3.2 Lehmmauermörtel

Lehmmörtel wird aus schluffigen bis sandigen, magerer bis fast fetten Lehm hergestellt.

Für Lehmmauermörtel befindet sich ebenso bei Austrian Standards eine entsprechende Produktnorm in Ausarbeitung, die Angaben zu Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung von Lehmmauermörtel enthalten soll. Dabei handelt es um die ÖNORM B 3230-2, *Bauprodukte aus Lehm – Teil 2: Lehmmauermörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*. Bis diese publiziert wird, kann für Lehmmauermörtel auf die bestehende DIN 18946 zurückgegriffen werden.

In DIN 18946 werden Angaben zu den Liefereigenschaften und Eigenschaften für den Frischmörtel festgelegt.

Für den Festmörtel gelten nach DIN 18946 folgende Anforderungen:

- Rohdichte: für ein tragendes Mauerwerk mindestens 1410 kg/m³
- Lineares Trockenschwindmaß: nicht mehr als 2,5%, bei faserbewehrten Lehmmauermörtel bis zu 4,0%
- Festigkeit: definiert werden zwei Festigkeitsklassen, und zwar M1 und M2,5, wobei für ein tragendes Mauerwerk nur die Festigkeitsklasse M2,5 verwendet werden darf:
    - M1: Druckfestigkeit von mindestens 1,0 N/mm²
    - M2,5: Druckfestigkeit von mindestens 2,5 N/mm² und eine Haftscherfestigkeit von mindestens 0,04 N/mm²

3.3 Lehmputzmörtel

Für Lehmputzmörtel befindet sich auch bei Austrian Standards eine entsprechende Produktnorm in Ausarbeitung, die Angaben zu Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung von Lehmputzmörtel enthalten soll. Dabei handelt es um die ÖNORM B 3230-3, *Bauprodukte aus Lehm – Teil 3: Lehmputzmörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*. Bis diese publiziert wird, kann für Lehmputzmörtel auf die bestehende DIN 18947 zurückgegriffen werden.

In DIN 18947 werden Angaben zu den Liefereigenschaften und Eigenschaften für den Frischmörtel festgelegt.

Für den Festmörtel gelten nach DIN 18947 folgende Anforderungen:

- Rohdichte: ist anzugeben, bei einer Rohdichte bis 1200 kg/m² kann der Lehmputzmörtel auch als Leicht-Lehmputzmörtel deklariert werden.
- Lineares Trockenschwindmaß: nicht mehr als 2,0%, bei faserbewehrten Lehmputzmörtel bis zu 3,0%. Für Lehmdünnlagenputzmörtel gilt 3,0% bzw. bei faserbewehrten Lehmdünnlagenputzmörtel bis zu 4,0%.
- Festigkeit: definiert werden zwei Festigkeitsklassen, und zwar S I und S II:
    - S I: Druckfestigkeit ≥1,0 N/mm², Biegezugfestigkeit ≥0,3 N/mm², Haftfestigkeit ≥0,05 N/mm², Abrieb ≤ 1,5 g
    - S II: Druckfestigkeit ≥1,5 N/mm², Biegezugfestigkeit ≥0,7 N/mm², Haftfestigkeit ≥0,10 N/mm², Abrieb ≤ 0,7 g

3.4 Stampflehm

Stampflehm wird in der Regel mit einem Baulehm mit einer Dichte von 1700 bis 2200 kg/m³ errichtet, der mit oder ohne Zusatzstoffe zwischen einer Schalung schichtweise eingearbeitet wird. Die jeweilige Schichthöhe beträgt dabei normalerweise etwa 10cm.

Abbildung 17 zeigt dabei im linken Bild unterschiedliche Ausführungsformen zur Schalung und das rechte Bild präsentiert eine unverputzte Stampflehmwand.

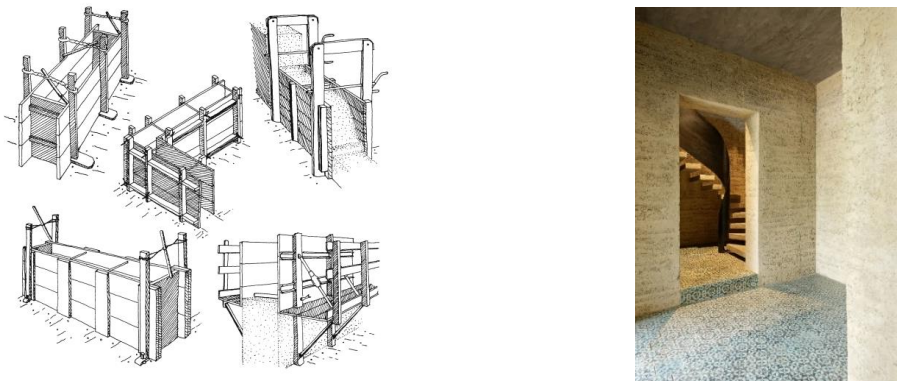


Abbildung 17 – Links Schalungen für Stampflehmwand, Rechts: Innendetail im Wohnhaus Rauch

Die Korngrößenverteilung eines Baulehms für Stampflehm ist bevorzugt weit gestuft, wobei sich besonders gemischtkörniger Lehm mit etwas höheren Grobkornanteil eignet.

Stampflehm ist sowohl für tragende als auch nicht-tragende Bauteile anwendbar. Die Bemessung von Stampflehmwände kann über die Lehmbau-Regeln[25] oder über ÖNORM EN 1990:2013, Anhang D (versuchsgestützte Bemessung) erfolgen.

3.5 Lehmplatten

Auch für die Lehmplatten befindet sich gerade bei Austrian Standards eine entsprechende Produktnorm in Ausarbeitung, die Angaben zu Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung von Lehmplatte enthalten soll. Dabei handelt es um die ÖNORM B 3230-4, *Bauprodukte aus Lehm – Teil 4: Lehmplatte – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*. Bis diese publiziert wird, kann für Lehmplatten auf die bestehende DIN 18948 zurückgegriffen werden.

[25] Vgl. (Volhard & Röhlen, 2009, S. 47-54)

Lehmplatten sind ebene, plattenförmige Lehmbaustoffe bei der die Plattendicke klein gegenüber den Abmessungen der Fläche ist. Typische Plattendicken reichen dabei von 16 mm bis 100 mm und können bei schwereren Platten auch mehr als 100 mm aufweisen.

Platten mit einer Dicke bis 50 mm können als Verkleidung von Bauteilen im Innenbereich oder als nicht tragende Wände befestigt auf entsprechender Unterkonstruktion oder als Trockenestrichplatte im Fußbodenaufbau verwendet werden. Auch zur Verkleidung von Dachschrägen können diese angewendet werden.

Platten mit einer Dicke zwischen 50 und 100 mm können als nicht tragende Trennwände ohne einer eigenen Unterkonstruktion zur Anwendung kommen. Auch als Ausfachungen sind diese Platten einsetzbar.

Platten ab 100 mm sind vorgefertigte Wandplatten, zumeist aus Stampflehm hergestellt, die auch als tragende Wandelemente einsetzbar sind.

3.6 Lehmschüttung

Unter Lehmschüttungen versteht man lehmgebundenes schüttfähiges Material mit gegebenenfalls mineralischen und/oder organischen Zusatzstoffen, das zur Verfüllung von Hohlräumen oder Geschoßdecken eingesetzt werden kann.

Dabei gibt es keine Anforderungen an den Baulehm hinsichtlich Korngrößenverteilung und Plastizität, womit eigentlich jeder Baulehm für diese Anwendung geeignet ist.

Nähere Angaben zur Planung und Ausführung finden sich wieder in den Lehmbau-Regeln.[26]

[26] (Volhard & Röhlen, 2009, S. 33-35)

4 VERZEICHNISSE

4.1 Literaturverzeichnis

ARS 67x. (1996). *Compressed Earth Blocks.* Nairobi: ARSO.

ASTM E 2392. (2010). *Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems.* Pennsylvania: ASTM.

AushubVO. (Entwurf, 2026). *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft über die Verwertung und das Abfallende bestimmter Aushubmaterialien (Aushubverordnung).*

BM Land- und Forstwirtschaft, K. u. (2025). *Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich, Statusbericht 2025 für das Referenzjahr 2023.* Wien.

Dierks, K., Schulz, J.-U., Ziegert, C., Kammel, A., Dahlhaus, U., & Schlenker, T. (1998). *Lehmbau - In Theorie und Praxis.* Berlin: TU Berlin, Seminarunterlagen.

DIN 18940. (2024). *Tragendes Lehmsteinmauerwerk - Bemessung, Konstruktion und Ausführung.* Berlin.

DIN 18942-1. (2024). *Lehmbaustoffe und Lehmbauprodukte – Teil 1: Begriffe.* Berlin: Beuth-Verlag.

DIN 18942-100. (2023). *Lehmbaustoffe und Lehmbauprodukte – Teil 100: Konformitätsnachweis.* Berlin: Beuth-Verlag.

DIN 18945. (2024). *Lehmsteine – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung.* Berlin: Beuth-Verlag.

DIN 18946. (2023). *Lehmmauermörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung.* Berlin: Beuth-Verlag.

DIN 18947. (2024). *Lehmputzmörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung.* Berlin: Beuth-Verlag.

DIN 18948. (2023). *Lehmplatten – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung.* Berlin: Beuth-Verlag.

DIN 4108-4. (2020). *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte.* Wien: Beuth-Verlag.

DVL TM 05. (2011). *Qualitätsüberwachung von Baulehm.* Weimar: Dachverband Lehm e.V.

IS 13827. (1993). *Improving earthquake resistance of earthen buildings – Guidelines.* New Dehli: BIS.

Minke, G. (2006). *Building with Earth.* Basel: Birkhäuser.

Minke, G. (2009). *Handbuch Lehmbau: Baustoffkunde, Techniken, Lehmarchitektur.* ökobuch.

Muñoz-Czerny, U., Rischanek, A., Dobra, T., Bauer, B., Dolezal, F., Breuss, A., & Lechner, C. (2026). *Erdbewegung, Lehm als klima- und ressourcenschonender Baustoff.* Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) .

NBC 204. (2015). *Guidelines for Earthquake Resistant Building Construction: Earthen Building (Eb).* Kathmandu: Ministry of Housing and Physical Planning.

NMAC 14.7.4. (2015). *Housing and construction, Building codes general, New Mexico earthen building materials code.* Santa Fe: CID.

NTE E.080. (2017). *Diseño y construcción con tierra reforzada.* Lima: SENCICO.

NZS 4297. (2020). *Engineering design of earth buildings.* Wellington: NZSO.

NZS 4298. (2020). *Materials and workmanship for earth buildi.* Wellington: NZSO.

NZS 4299. (2020). *Earth buildings not requiring specific design.* Wellington: NZSO.

ÖNORM B 1996-3. (2016). *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten - Nationale Festlegungen und Ergänzungen zur ÖNORM EN 1996-3.* Wien: Austrian Standards Institute.

ÖNORM B 3200. (2016). *Mauerziegel – Anforderungen, Prüfungen, Klassifizierung und Kennzeichnung –.* Wien: Austrian Standards Institute.

ÖNORM B 3230-1. (Normvorschlag). *Bauprodukte aus Lehm, Teil 1: Lehmsteine - Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung.* Wien: Austrian Standards.

ÖNORM B 3230-2. (Normvorschlag). *Bauprodukte aus Lehm, Teil 2: Lehmmauermörtel - Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung.* Wien: Austrian Standards.

ÖNORM B 3230-3. (Normvorschlag). *Bauprodukte aus Lehm, Teil 3: Lehmputzmörtel - Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung.* Wien: Austrian Standards.

ÖNORM B 3230-4. (Normvorschlag). *Bauprodukte aus Lehm, Teil 4: Lehmplatten - Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung.* Wien: Austrian Standards.

ÖNORM EN 1015-11. (2020). *Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk - Teil 11: Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit von Festmörtel.* Wien: Austrian Standards Institute.

ÖNORM EN 13914-2. (2016). *Planung, Zubereitung und Ausführung von Außen- und Innenputzen – Teil 2: Innenputze.* Wien: Austrian Standards.

ÖNORM EN 15643. (2010). *Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden.* Wien: Austrian Standards Institute.

ÖNORM EN 771-1. (2015). *Festlegung für Mauersteine – Teil 1: Mauerziegel.* Wien: Austrian Standards Institute.

ÖNORM EN ISO 14688-2. (2019). *Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen.* Wien: Austrian Standards Institute.

ÖNORM EN ISO 17892-1. (2015). *Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts.* Wien: Austrian Standards Institute.

ÖNORM EN ISO 17892-12. (2018). *Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 12: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen.* Wien: Austrian Standard Institute.

ÖNORM EN ISO 17892-4. (2017). *Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung.* Wien: Austrian Standard Institute.

ÖNORM L 1050. (2016). *Boden als Pflanzenstandort, Begriffe und Untersuchungsverfahren.* Wien: Austrian Standards.

Rischanek, A. (2009). Sicherheitskonzept für den Lehmsteinbau. Wien: Dissertation am Institut für Hochbau.

Rischanek, A. (2022). *Normierung und Regelwerke in der Lehmbaupraxis.* Wien: TU Wien, Dissertation.

Röhlen, U., & Ziegert, C. (2020). *Lehmbau-Praxis: Planung und Ausführung.* Berlin: Beuth Verlag.

Rowell, D. (2013). *Bodenkunde: Untersuchungsmethoden und ihre Anwendungen.* Berlin: Springer-Verlag.

SADC ZW HS 983. (2014). *Rammed earth structures – Code of practice.* Harare: SAZ.

Schnabel, W. (2002). *Geologische Karte von Niederösterreich 1:200.000.* Wien: Geologische Bundesanstalt.

Schönburg, K. (2020). *Lehmbauarbeiten.* Berlin: Beuth Verlag.

Schröder, H. (2019). *Lehmbau, Mit Lehm ökologisch planen und bauen.* Wiesbaden: Springer Vieweg.

Volhard, F., & Röhlen, U. (2009). *Lehmbau-Regeln: Begriffe, Baustoffe, Bauteile* (3. Ausg.). Braunschweig: Springer Vieweg Verlag.

4.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 01 Quelle: Schröder 2019, S. 274

Abbildung 02 Quelle: Schröder 2019, Bild 1-2, Bild 1-3 und https://artinwords.de/asparn2/ [Zugriff am 9.7.2026]

Abbildung 03 Quelle: links: http://whc.unesco.org/en/list/1456 [Zugriff am 9.7.2026], Mitte: © Joachim Brocks, Rechts: https://de.wikipedia.org/wiki/Niebla [Zugriff am 9.7.2026]

Abbildung 04 Quelle: links: http://whc.unesco.org/en/list/385 [Zugriff am 9.7.2026]; http://whc.unesco.org/en/list/116/ [Zugriff am 9.7.2026]; https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24518830 [Zugriff am 9.7.2026]; http://whc.unesco.org/en/list/366/ [Zugriff am 9.7.2026]; https://de.wikipedia.org/wiki/Albrecht-D%C3%BCrer-Haus [Zugriff am 10.7.2026]; https://netzwerklehm.at/lehmbau/brandhof/ [Zugriff am 10.7.2026]

Abbildung 05 Quelle: links: http://whc.unesco.org/en/list/192 [Zugriff am 9.7.2026]; http://whc.unesco.org/en/list/1113 [Zugriff am 9.7.2026]; https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Morocco,_Souss-Massa-Draa_Region,_Ouarzazate_Province,_Skoura,_Kasbah_Amerhidil_(3).JPG [Zugriff am 9.7.2026]; vom Verfasser; https://netzwerklehm.at/lehm/geschichte/, [Zugriff: 10.7.2026]

Abbildung 06 Quelle: http://netzwerklehm.at/projekte/ [Zugriff: 9.7.2026]

Abbildung 07 Quelle: -(ÖNORM EN ISO 14688-2, 2019, S. 13)-ÖNORM EN ISO 14688-2, Abbildung NB.1

Abbildung 08 Quelle: Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich, Statusbericht 2025

Abbildung 09 Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 10 Quelle: (Rowell, 2013)

Abbildung 11 Quelle: (ÖNORM EN ISO 14688-2, 2019, S. 13)

Abbildung 12 Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 13 Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 14 Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 15 Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 16 Quelle: Minke 2006, Bild 6.5, 6.25

Abbildung 17 Quelle: Minke 2009, Bild 5.2-1; http://netzwerklehm.at/lehmbau/haus-rauch/ [Zugriff: 9.7.2026]

4.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Eigenschaften von Lehm im Vergleich zu anderen Baustoffen 6

Tabelle 2 – Bauphysikalische Werte für Lehmbaustoffe abhängig von der Rohdichte 7

Tabelle 3 – Übersicht für In-Situ-Prüfverfahren 29

Tabelle 4 – Gegenüberstellung geotechnische Plastizität und lehmbautechnische Bindekraft 34

Tabelle 5 – Grundlage für die Entscheidungsmatrix 35

Tabelle 6 – Zusammenfassung der Anforderungen für eine Baulehmprüfung 41