

Lehm in der modernen österreichischen Architektur

Bedeutung und Entwicklung eines nachhaltigen Baustoffes

Clay in modern Austrian architecture

Significance and development of a sustainable building material

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science in Engineering (BSc)

der FH Campus Wien

Bachelorstudiengang: Green Building

Vorgelegt von:

Karolin Nagl

Personenkennzeichen

c1610733033

Erstbegutachter:

Dipl.-Ing. Tobias Steiner

Eingereicht am:

22.08.2018

Erklärung:

Ich erkläre, dass die vorliegende Bachelorarbeit von mir selbst verfasst wurde und ich keine anderen als die angeführten Behelfe verwendet bzw. mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

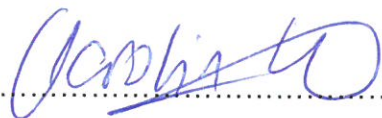
Ich versichere, dass ich dieses Bachelorarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Weiters versichere ich, dass die von mir eingereichten Exemplare (ausgedruckt und elektronisch) identisch sind.

Darüber hinaus informiere ich hiermit, dass alle männlichen Bezeichnungen in meiner Arbeit auch für die weibliche Form gelten. Lediglich aus Gründen der Vereinfachung wurde oft nur die männliche Form gewählt.

Datum: 6.9.2018

Unterschrift:



Danksagung

Für die erfolgreiche Erstellung dieser Bachelorarbeit möchte ich mich bei meinem lieben und verständnisvollen Betreuer Herrn Tobias Steiner bedanken, der mir bei der Auswahl & Eingrenzung meines Themas und mich auch im weiteren Verlauf meiner Arbeit unterstützt und motiviert hat.

Darüber hinaus möchte ich bei meinen Familienmitgliedern bedanken, die mir viele Tipps gegeben haben und mich vor allem bei der Fertigstellung meiner Bachelorarbeit geholfen haben.

Kurzfassung

Lehm ist einer der bauphysikalisch und ökologisch vielseitigsten Baustoffe, die wir auf unserer Erde zur Verfügung haben. Neben seiner großen Wärmespeicherfähigkeit und den sehr guten akustischen und schalltechnischen Eigenschaften hat Lehm vor allem gegenüber Wasser ein beeindruckendes Verhalten.

Bereits vor rund 9000 Jahren kannten die Menschen den richtigen Umgang mit dem sensiblen und äußerst vielseitigen Rohstoff. So wurde er schon damals als Baustoff für die Wohngebäude der Menschen verwendet, hauptsächlich als verdichteter Bodenbelag, aber auch zum Errichten von Mauern bzw. als Mörtel, der die Steine fixieren soll. Später wurde er überwiegend in ländlichen Gegenden auf Bauernhöfen oder auch in Kleinstädten bei typischen Fachwerksgebäuden eingesetzt.

Im heutigen Zeitalter der Ziegel- und Betonbauwerke ist selbst an abgeschiedenen Orten Österreichs, an denen traditionelle Architektur vorrangig ist, nicht an den Einsatz von Lehm zu denken. Heute ist es schwer, sowohl für Architekten als auch für Bauherren, zu nachhaltigen Baustoffen wie Lehm zurückzukehren. Mit dieser Arbeit werden die Bedeutung und das Entwicklungspotenzial von Lehm in der modernen österreichischen Architektur analysiert.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage: „Welche Bedeutung und Entwicklung hat Lehm, hinsichtlich seiner bauphysikalischen und ökologischen Eigenschaften, in der modernen österreichischen Architektur?“

Zu Beginn wird die allgemeine Zusammensetzung beschrieben und die bauphysikalischen und ökologischen Eigenschaften von Lehm erläutert. Danach werden die momentane Situation in der modernen österreichischen Architektur sowie die Einsatzbereiche von Lehmstoffen analysiert und die verschiedenen Lehmteile vorgestellt.

Mithilfe von gebauten Beispielen werden die verschiedenen Anwendungsbereiche von Lehm veranschaulicht. Als Abschluss wird eine Einschätzung zur Weiterentwicklung von Lehm als modernen Baustoff in Österreich gegeben.

Abstract

Clay is one of the physical and ecological most useful building materials that we have on our planet. In addition to its high thermal capacity and its very good acoustic and sound properties, clay has an incredibly impressive behavior, especially its behavior towards water.

Already in prehistoric times, people knew about the correct handling of the sensitive and extremely versatile material. It was already used as a building material for residential buildings of the people, mainly as compacted flooring, but also to build walls or as a mortar to fix stones. Later it was mainly used on farms in rural areas or in typical half-timbered buildings in small cities.

In today's age of brick and concrete structures, even in remote places of Austria, where traditional architecture is a priority, it is not possible to think of the use of clay. Today, it is difficult for both - architects and builders - to return to sustainable building materials such as clay. This work analyzes the significance and development potential of clay in modern Austrian architecture.

This thesis deals with the question: "What significance and development has clay, in terms of its physical and ecological properties, in modern Austrian architecture?"

At the beginning the general composition of clay is described and the physical and ecological properties are explained. Afterwards, the current situation in modern Austrian architecture and the application of clay materials will be analyzed, further the various clay components are presented.

Using built-in examples, the usage of clay and the various areas of application are illustrated. The conclusion is an assessment of the further development of clay as a modern building material in Austria.

Abkürzungsverzeichnis

cm	Zentimeter
kg/m ³	Kilogramm pro Kubikmeter - Rohdichte
m	Meter
m ²	Quadratmeter
mm	Millimeter
mm/mK	Millimeter pro 1 Meter und 1° Kelvin Temperaturunterschied – Wärmedehnung
N/mm ²	Newton pro Quadratmillimeter - Kraft pro Fläche
W/mK	Watt pro 1 Meter und 1° Kelvin Temperaturunterschied - Wärmeleitfähigkeit λ
W/m ² K	Watt pro 1 m ² Quadratmeter und 1° Kelvin Temperaturunterschied - Wärmedurchgangskoeffizienten = U-Wert

Schlüsselbegriffe

Schlüsselbegriffe	Keywords
Bauphysik	building physics
bauphysikalisch	structural-physical
Brandbeständigkeit	consistency against fire
Eigenschaften	properties, characteristics
Feuchtigkeitsverhalten	behavior against humidity
Hindernis	obstacle
Hygroskopie	deliquescence
Kennwerte	specific values
Lehm	clay
ökologisch	ecological
Resistenz	resistance
Sanierung	restoration
Schalldämmung	sound insulation
Standortwahl	site selection
Statik	statics, structural analysis
Temperaturregulierung	temperature-regulation
Vorurteil	prejudice
Wärmedämmung	thermal insulation
Wärmespeicherfähigkeit	thermal capacity
Zusammensetzung	composition

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG	I
KURZFASSUNG.....	II
ABSTRACT	III
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	IV
SCHLÜSSELBEGRIFFE	V
1. DIE BAUPHYSIKALISCHEN & ÖKOLOGISCHEN EIGENSCHAFTEN	1
1.1. Die Zusammensetzung von Lehm	1
1.2. Kennwerte	2
1.3. Die bauphysikalischen Eigenschaften	3
1.3.1. Feuchtigkeitsverhalten & Hygroskopie	3
1.3.2. Temperaturregulierung & Wärmespeicherfähigkeit.....	5
1.3.3. Wärmedämmung	6
1.3.4. Schalldämmung	7
1.3.5. Brandbeständigkeit	8
1.3.6. Absorption hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung	9
1.4. Die ökologischen Eigenschaften.....	10
1.4.1. Lehm-Vorkommen weltweit.....	10
1.4.2. Abriss & Entsorgung von Lehmbauten.....	11
1.4.3. Kosten & Aufwände	11

2.	DIE AKTUELLE SITUATION.....	12
2.1.	Lehmbaustoffe.....	12
2.2.	Anwendungsbereiche von Lehmbaustoffen.....	13
2.2.1.	Tragende Wände	14
2.2.2.	Nichttragende Wände und Wandausfachungen.....	15
2.2.3.	Geschossdecken	16
2.2.4.	Putze & Verblendungen	17
2.2.5.	Bodenbelag.....	18
2.3.	Traditionelle Lehmbautechniken in Österreich.....	19
2.3.1.	Wutzl- oder Batzenmauerwerk.....	19
2.3.2.	G'satztes Bauen mit Lehm.....	20
2.3.3.	Holzblockbau mit Lehmputz	20
2.3.4.	Lehmziegelmauerwerk.....	20
2.3.5.	Quaderstockmauerwerk.....	20
2.4.	Lehm-Neubau.....	21
2.4.1.	Standortwahl.....	21
2.4.2.	Anforderungen an die Konstruktion.....	22
2.4.3.	Statik und Resistenz	24
2.4.4.	Industrielle Vorfertigung	26
2.5.	Instandhaltung von Lehmbauwerken	27
2.5.1.	Schlagregen & Spritzwasser.....	27
2.5.2.	Insekten & Tiere.....	28

2.6.	Sanierung von Lehmbauten.....	29
2.6.1.	Zustand der Bauwerke	29
2.6.2.	Langfristige Sicherung der Statik und Resistenz.....	30
2.6.3.	Planung einer Generalsanierung	31
2.6.4.	Fehler bei der Sanierung	31
2.7.	Gebaute Beispiele	33
2.7.1.	Druckerei Gugler, Pielach, Niederösterreich	33
2.7.2.	Wohnhaus M, Rankweil, Vorarlberg.....	35
2.7.3.	LKH Feldkirch, Vorarlberg.....	37
2.7.4.	Haus Rauch, Vorarlberg	39
3.	ZUKUNFTSAUSSICHTEN.....	41
3.1.	Hindernisse in der Weiterentwicklung.....	41
3.1.1.	Vorurteile	41
3.1.2.	Normierung im Lehmbau	42
3.1.3.	Ausbildung der Fachkräfte	44
3.2.	Regionale Entwicklung	46
3.3.	Persönliche Einschätzung	48
	QUELLENVERZEICHNIS.....	50
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	52
	TABELLENVERZEICHNIS.....	55

1. Die bauphysikalischen & ökologischen Eigenschaften

Lehm ist ein Naturprodukt. Neben der Tatsache, dass Lehm einfach aus dem Boden genommen und beinahe genauso wieder zurückgegeben werden kann, hat Lehm noch weitere Eigenschaften, wie die Fähigkeit die Luftfeuchtigkeit und die Raumtemperatur zu regulieren, die das Bestreben nach Ökologie und Nachhaltigkeit unterstützen.

Durch zunehmendes Umweltbewusstsein und vermehrt auftretende Allergien und Hauterkrankungen, versucht man heute schadstoffarme Baustoffe zu entwickeln, um sie für Mensch und Umwelt verträglicher zu machen. Auf dem Weg der Suche nach gesunden und umweltfreundlichen Baustoffen, erlebt Lehm heute eine Renaissance. Denn Lehm erfüllt nicht nur alle Anforderungen an einen modernen und ökologischen Baustoff, sondern bietet auch entscheidende Vorteile in Bezug auf Entwicklung und Herstellung gegenüber anderer moderner und ökologischer Baustoffe¹.

1.1. Die Zusammensetzung von Lehm

Lehm ist ein Gefüge von Ton, Schluff und Sand, welches Beimengungen von größeren Gesteinspartikeln, wie zum Beispiel Kies oder größere Steine, aber auch organisches Material enthalten kann.

Im Bauwesen werden die Inhaltsstoffe des Lehms anhand ihres Korndurchmessers eingeteilt. Als „Ton“ werden Bestandteile bezeichnet, die einen Durchmesser von 0,002 mm nicht überschreiten. Bestandteile von 0,002 bis 0,06 mm Korngröße fallen unter den Begriff „Schluff“. Als „Sand“ werden Partikel benannt, die einen Durchmesser von 0,06 bis 2 mm aufweisen und Bestandteile die 2 bis 60 mm groß sind, zählen zu der Kategorie „Kies“, allerdings ist dieser nicht immer

¹ Neuhaus, Heinrich: Lehm begeistert immer wieder durch seine Vielfalt. In: URL: <https://www.lehmbau-neuhaus.de/über-lehm/> (letzter Zugriff: 16.05.2018)

im Lehm enthalten, Kies ist eher als Nebenbestandteil zu werten. Im Lehm funktioniert der Ton als Bindemittel, er verbindet die übrigen gröberen Partikel miteinander. Schluff, Sand und Kies sind mehr oder weniger nur „Füllstoffe“. Je nachdem, welcher der 3 enthaltenen Hauptbestandteile im Lehm überwiegt, spricht man von einem tonigen, schluffigen oder sandigen Lehm¹. Es werden aber auch Bezeichnungen wie „mager“ oder „schwach“, wenn der Anteil von Sand hoch ist, und „fett“ oder „stark“, wenn die Lehmmischung toniger ist, verwendet.

1.2. Kennwerte

Auch wenn Lehm eigentlich nicht normiert werden kann, sind für Stampflehm grundsätzliche Kennwerte bekannt, die eine fachgerecht erstellte Lehmmischung erreichen sollte.

Man kann aufgrund von Berechnungen von folgenden Mindestkennwerten ausgehen²:

- Druckfestigkeit: 2,40 N/mm²
- Biegezugfestigkeit: 0,52 N/mm²
- Scherfestigkeit: 0,62 N/mm²
- Schwindmaß: je nach Zuschlagsmaterial 0,25 % bis 1 %
- Kriechmaß: 0,2 %
- Wärmedehnung: 0,005 mm/mK

¹ Minke, Gernot: Handbuch Lehm- und Ziegelbau. 9. Auflage. Stauf Verlag bei Freiburg: ökobuch Verlag 2017. S. 16f.

² Rauch, Martin: Gebaute Erde, Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm. 2. korrigierte Auflage. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG 2017. S. 125.

1.3. Die bauphysikalischen Eigenschaften

Das bauphysikalische Verhalten von Lehm ist sehr komplex. Seine wesentlichen Eigenschaften sind im Folgenden beschrieben.

Lehm hat zahlreiche Eigenschaften, aber vor allem ist er:

- hygroskopisch
- feuchtigkeitsempfindlich
- temperaturregulierend
- wärmespeichernd
- wärmedämmend
- schalldämmend
- brandbeständig
- absorbiert hochfrequente elektromagnetische Strahlung¹.

1.3.1. Feuchtigkeitsverhalten & Hygroskopie

Kommt Lehm mit flüssigem Wasser in Berührung, nimmt er dieses auf, quillt und wird plastisch formbar. Trocknet Lehm, verkleinert sich sein Volumen und er schwindet. Das Quell- und Schwindverhalten von Lehm ist abhängig von der Menge und der Art des enthaltenen Tones. Je toniger der verwendete Lehm, desto stärker arbeitet er. Ist die Zusammensetzung stark sandig, kommt es nur zu geringen bis gar keinen Verformungen und somit nur zu minimalen Schwindrissen.

Eventuell auftretende Haarrisse im fetten Lehm können bei Frost zu Schäden führen. Bei Kälte ist sandiger Lehm nur minimal anfällig für Frostschäden, sofern er rissfrei ist. Darüber hinaus lässt sich die Frostsicherheit von Lehm aufgrund seiner Porosität beurteilen. Je höher der Porenanteil, desto größer ist die Sicher-

¹ Mayer, Irmengard: Kunstgeschichte. Wien: FH-Campus Wien. Skriptum. SS 2017. S. 26.

heit gegen Frost, da das enthaltene Wasser in den Poren Platz findet, um sich auszudehnen.

Ist die Oberfläche rissfrei, bietet toniger Lehm sehr guten Regenschutz. Magerer Lehm hingegen zeigt bei Regen wenig Widerstand und kann oberflächlich abgespült werden.

Muss ein Lehmbauteil, zum Beispiel Lehmputz, der direkt der Witterung ausgesetzt ist, vor dem Eindringen von Wasser geschützt werden, reicht üblicherweise ein wetterfester Anstrich aus, sofern keine mechanischen Verletzungen der Oberfläche vorhanden sind.

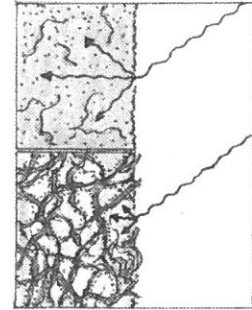
Die Aufnahme von Wasserdampf bewirkt kein Quellen und Schwinden. Hier zeigt Lehm seine Stärke: er nimmt Luftfeuchtigkeit auf, ohne weich zu werden und gibt sie wieder ab, um bei Bedarf die Feuchtigkeit im Innenraum zu steigern. Aufgrund seines offenen porösen Gefüges ist es Lehm möglich, Wasserdampf aufzunehmen und wieder abzugeben.

Diese Eigenschaft kann in der Architektur optimal genutzt werden, um die Luftfeuchtigkeit in Innenräumen ohne Einsatz von Klima- bzw. Befeuchtungsanlagen regulieren zu können. Dementsprechend kann eine für den Komfort angenehme relative Luftfeuchtigkeit von 45-55 % eingehalten werden¹.

¹ Minke, Gernot: Handbuch Lehm- und Ziegelbau. 9. Auflage. Stauf Verlag 2017. S. 22ff.

1.3.2. Temperaturregulierung & Wärmespeicherfähigkeit

Lehm hat eine Rohdichte von rund 1800 kg/m^3 - vergleichbar mit Leichtbeton - und ist demzufolge ein sehr guter Wärmespeicher. Weshalb Lehm, eingesetzt als Lehmziegel- oder auch als Stampflehm-mauerwerk, ausgezeichnet als Speicher-masse im Gebäude funktioniert.



Durch bewusste Planung einer „Speicherwand“ kann die Energie der tiefstehenden Wintersonne genutzt und gespeichert werden. So kann die gespeicherte Wärme in der Nacht wieder abgegeben werden und verhindert so das Auskühlen des Gebäudes. Man nennt dies passive Solar-nutzung¹.

Abbildung 1:
Wärmeabsorption,
abhängig von der
Rohdichte. oben:
dichter Stampflehm,
unten: lockerer
Strohlehm

Im umgekehrten Sinn, kann durch eine bewusste Nachtkühlung das Gebäude im Sommer gekühlt werden. Lehm unterstützt dabei den Prozess und speichert die kühleren Temperaturen und gibt sie über den Tag hinweg ab.

¹ Egginger, Johann/Egginger, Stephan: Speichert Lehm Wärme? In: URL: <https://lehm.com/lehm-eigenschaften/> (letzter Zugriff: 16.05.2018)

1.3.3. Wärmedämmung

Lehm alleine ist nicht als Dämmstoff anzusehen. Allerdings ist zu erwähnen: Je höher der Porenanteil im Lehm, desto größer ist die Wärmedämmwirkung. Bei zunehmender Baustofffeuchte, nimmt die Dämmwirkung ab¹.

In Tabelle 1 sind Beispiele für die Wärmeleitfähigkeit und den Wärmedurchgangskoeffizienten, aufgrund der Rohdichte und der Schichtdicke aufgelistet.

Lehmbaustoff	Rohdichte [kg/m³]	Wärmeleitzahl λ [W/mK]	Schichtdicke [cm]	Wärmedurchgangskoeffizienten = U-Wert [W/m²K]
Stampflehm	2200	1,40	24	5,88
			36	3,84
			48	2,94
	1800	0,90	24	3,70
			36	2,50
			48	1,89
Wellerlehm	1600	0,70	24	2,94
			36	1,96
			48	1,45
	1500	0,65	24	2,78
			36	1,82
			48	1,35
Strohlehm	1400	0,60	24	2,50
			36	1,67
			48	1,25
	1200	0,50	24	2,08
			36	1,39
			48	1,04
Lehmsteine	1500	0,65	11,5	5,55
			24	2,70

Tabelle 1: Wärmeleitfähigkeit & Wärmedurchgangskoeffizienten von Lehmbaustoffen

¹ Minke, Gernot: Handbuch Lehm- und Ziegelbau. 9. Auflage. Stauf Verlag bei Freiburg: ökobuch Verlag 2017. S. 30

1.3.4. Schalldämmung

Lehm zeigt ein gutes Schalldämmvermögen. Zu begründen ist das durch sein lückenloses Gefüge und der hohen Flexibilität gegenüber Schallwellen. Außerdem kommen in dem homogenen Gefüge kaum Schallbrücken vor, was eine Körperschallübertragung in andere Räume stark einschränkt. In Abbildung 2 wird der Abbau von Luftschall in einer Lehmwand gezeigt.

Darüber hinaus hat Lehm ein außerordentlich gutes Dämpfvermögen von Luftschall, welches auf seine hohe Kapillarität und wiederum auf seine Flexibilität gegenüber Schallwellen zurückzuführen ist. Raue Oberflächen können durch Einbinden von Pflanzenfasern die Brechung und Absorption von Luftschall steigern, dies ist in Abbildung 3 ersichtlich¹.

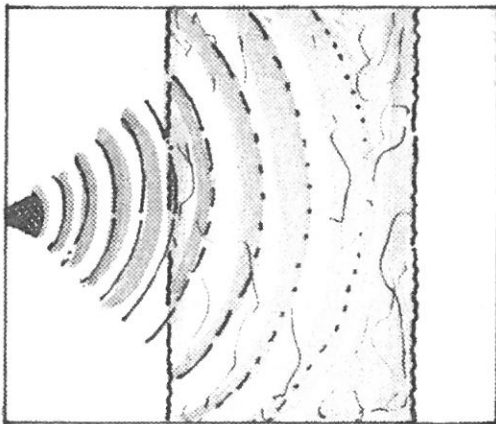


Abbildung 2: Schallschutzwirkung von Lehmwänden, Abbau von Luftschall

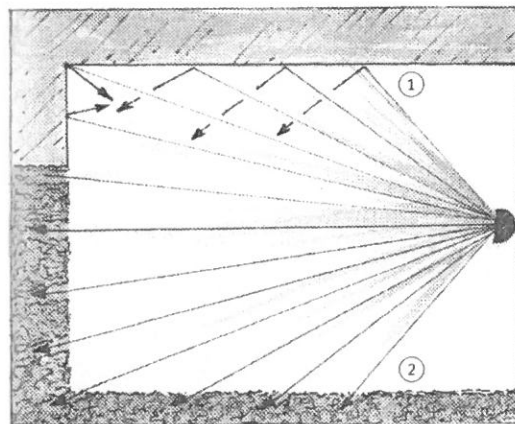


Abbildung 3: Schalldämpfung von rauen Lehmoberflächen im Vergleich zu glatten Oberflächen

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 87ff.

1.3.5. Brandbeständigkeit

Lehm ist nicht brennbar und somit ausgezeichnet für den Brandschutz geeignet. Lehmputz mit einem Faseranteil bis zu 1 % wird in die Brandschutzklasse A1 (unbrennbar) eingeordnet. Je höher der Faser- bzw. Strohanteil, desto brennbarer wird Lehm, er gilt damit aber trotzdem nur als schwer entflammbar.

Außerdem wird Lehm aufgrund der enthaltenen Feuchtigkeit niemals brennen. Denn im Brandfall nehmen Lehmbaustoffe die Energie aus dem Feuer auf, die vorhandene Feuchtigkeit verdampft und ihre Oberfläche wird, wie in der Ziegelherstellung, gebrannt¹.

Somit schützt Lehm nicht nur sich selbst vor Feuer, sondern auch Materialien, die unterhalb der Lehmschicht angeordnet sind. Lehmputz, zum Beispiel, versiegelt im Brandfall das Mauerwerk und verhindert, dass etwaige Installationen Feuer fangen können.

¹ Egginger, Johann/Egginger, Stephan: Wie verhält sich Lehm im Brandfall? In: URL: <https://lehm.com/lehm-eigenschaften/> (letzter Zugriff: 16.05.2018)

1.3.6. Absorption hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung

Hochfrequente elektromagnetische Felder werden im Allgemeinen von einer Antenne abgestrahlt. Im freien Raum breiten sie sich mit Lichtgeschwindigkeit aus und können dabei Energie und Informationen über große Entfernungen übertragen. Diese Eigenschaft wird besonders für die moderne Kommunikation genutzt - zum Beispiel für Rundfunk, Fernsehen, Mobilfunk sowie für schnurlose Telefone und drahtlose Computernetzwerke (Wireless LAN oder WLAN).

Auch Funkanwendungen für kurze Entfernungen nutzen hochfrequente elektromagnetische Felder, so zum Beispiel Funkmodule nach dem Bluetooth-Standard¹.

Untersuchungen am Institut für Hochfrequenz-, Mikrowellen- und Radartechnik der Universität der Bundeswehr München zur Abschirmung hochfrequenter Strahlung durch Baustoffe haben ergeben, dass eine 24 cm dicke Wand aus Lehmziegeln mit einer Rohdichte von 1600 kg/m³ eine Schalldämpfung von rund 22 dB ergeben, was einer Reduktion von 99,4 % entspricht. Vergleichsweise ergab die Messung an einer gleich dicken Wand aus Hochlochziegel mit 1200 kg/m³ nur eine Reduktion um 17 dB².

¹ Paulini, Inge: Was sind hochfrequente elektromagnetische Felder? In: URL: <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/hff/einfuehrung/einfuehrung.html> (letzter Zugriff: 16.05.2018)

² Minke, Gernot: Handbuch Lehm- und Holzbau. 9. Auflage. Stauf bei Freiburg: ökobuch Verlag. S. 38.

1.4. Die ökologischen Eigenschaften

Neben seinen zahlreichen bauphysikalischen Eigenschaften ist Lehm ein äußerst nachhaltiger Baustoff. Die wichtigsten ökologischen Aspekte sind im Folgenden dargestellt.

- „unbegrenzte“ natürliche Vorkommen
- kein Bauschutt bei Abriss und Entsorgung
- geringe Transportwege
- kostengünstig

1.4.1. Lehm-Vorkommen weltweit

Lehm ist beinahe in allen Regionen der Welt zu finden. Hierzulande ist Niederösterreich für sein großes Lehmvorkommen bekannt. Hier kommt er vor allem dem Weinbau zugute, da auf dem saftigen Lehmboden andere Rebsorten gedeihen als auf sandigen Böden.

In Europa ist besonders Italien, beziehungsweise Rom, für sein Lehmvorkommen und für dessen Einsatz in der Architektur hervorzuheben.

Auch in anderen Teilen der Welt ist Lehm weit verbreitet aufzufinden. So kommt es, dass rund die Hälfte der Weltbevölkerung in Gebäuden, welche aus Lehm gebaut sind, wohnt. Nicht nur aufgrund geringer Kosten, sondern vor allem aus praktischen Gründen, wie dem direkten Vorkommen am Baugrund¹. Darüber hinaus kann Lehm ohne energieaufwändige Verarbeitung zutage gefördert werden.

¹ Bacher, Christoph: Lehmvorkommen weltweit. In: URL:
<http://www.lehmhaus.net/lehmvorkommen.html> (letzter Zugriff: 16.05.2018)

1.4.2. Abriss & Entsorgung von Lehmbauten

Die Rückführung von Lehmbaustoffen in den natürlichen Lebenszyklus kann direkt am Grundstück oder anderorts stattfinden. Jedenfalls ist Lehm durch einfaches „Zerlegen“ der Bauteile und ohne weitere Behandlung in das Erdreich zurückzuführen. Es ist kein Abtransport als Sondermüll notwendig, wie es bei vielen anderen Baustoffen der Fall ist.

1.4.3. Kosten & Aufwände

Oftmals gibt es auf dem Baugrund ein direktes Lehmvorkommen, welches durch den Aushub der Baugrube zu Tage gefördert und für den Bau des Gebäudes verwendet werden kann. Dadurch können enorme Kosten für die Materialien und auch Transportwege, gespart werden.

Dafür erfordert es aber einen persönlichen Arbeitseinsatz. Misch- & Bindearbeiten, das Erstellen von Lehmziegeln oder Stampflehm und deren Trocknungszeiten ergeben einen hohen Arbeitsaufwand und lange Bauzeiten. Während werksmäßig hergestellte Lehmbaustoffe von Firmen produziert, verpackt und transportiert werden, was wiederum zu hohen Kosten führt.

Das Preisniveau der im Handel befindlichen Lehmbaustoffe entspricht im Durchschnitt dem Niveau anderer mineralischer Baustoffe für den gleichen Verwendungszweck oder liegt darüber¹.

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 63.

2. Die aktuelle Situation

Lehm kann vielseitig eingesetzt werden. Egal ob er als massiver, tragender Bauteil, als Ziegel- oder Stampflehmwand, als Putz oder als Bodenbelag verwendet wird, in jedem Anwendungsbereich können seine positiven Eigenschaften genutzt werden.

Im Folgenden wird der momentane technische Wissensstand zum Lehmbau beschrieben, also die verschiedenen Lehmbaumstoffe, deren Anwendungsbereiche und einige Regeln zur Instandhaltung und Sanierung von Lehmgebäuden.

2.1. Lehmbaumstoffe

Für Lehm gibt es verschiedene Verarbeitungsmethoden, wie z.B. die Stampflehmtechnik. Für unterschiedliche Verarbeitungsmethoden, sind jeweils verschiedene Lehmbaumstoffe erforderlich. In der folgenden Tabelle 2 sind die wichtigsten Lehmbaumstoffe aufgelistet.

Baulehm bildet für alle Lehmbaumstoffe die Grundlage. Dabei handelt es sich um Naturlehm, der nach einfacher Aufbereitung, aber auch im natürlichen Zustand im Lehmbau, verwendet werden kann¹.

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbaumarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 9.

Lehmbaustoff	Eigenschaften	Inhaltsstoffe bzw. Zuschläge	Rohdichte [kg/m³]
Stampflehm	formlos, erdfeucht	Kies, Gesteinskörner, Stroh, Schilf oder dünne Zweige	1700-2200
Wellerlehm	formlos, halbstreif, erdfeucht	40cm langes Stroh oder Heidekraut	1500-1800
Leichtlehm	formlos	min 30% Lehm, Pflanzenhalme & -fasern, Holzschnitzel, mineralische Stoffe	je nach Art des Zuschlags: 400-1200
Strohlehm	formlos, breiig	Stroh & Fasern, ev. Sand	1200-1700
Lehmschüttungen	rieselfähig	Sand oder Holz	400-2200
Lehmsteine & Grünlinge	gepresster Baulehm 250 x 120 x 75 mm	Fasern	1200
Lehmplatten	ab 16mm Dicke	Stroh, Schilf, Holzwolle	1200
Lehmmörtel		Baulehm	

Tabelle 2: Lehmbaustoffe und ihre Eigenschaften

2.2. Anwendungsbereiche von Lehmbaustoffen

In der heutigen, modernen Architektur findet Lehm eine ganz neue Bedeutung. Man entdeckt seine zahlreichen Eigenschaften wieder und versucht diese optimal in die Architektur zu integrieren.

Einige der heutigen Verwendungs- bzw. Verarbeitungsmethoden werden im Folgenden beschrieben.

Die Anwendungsbereiche reichen von:

- tragenden Wände,
- nichttragenden Wände und Wandausfachungen,
- Geschossdecken,
- Putzen & Verblendungen bis hin zu
- Estrichen bzw. Bodenbelägen.

2.2.1. Tragende Wände

Die tragenden Wände übernehmen die Aufgabe, vertikale Lasten von oben aufzunehmen und sicher abzutragen. Wichtig dafür ist eine ausreichende Druck- und Scherfestigkeit der Lehmbaustoffe¹.

Diese Wände können in folgenden Bauweisen ausgeführt werden:

- **Stampflehmwände**

Eine weite Verbreitung findet die Stampflehmtechnik, aus der Wände wie folgt hergestellt werden können:

Der meist bewehrte erdfeuchte Stampflehm wird in Schichten von etwa 10 cm Höhe in die stabile Schalung geschüttet und durch Stampfen verdichtet. Ecken und Wandanschlüsse können durch eingebundenes Bewehrungsmaterial noch stabilisiert werden. Dafür sind gehäckselte Pflanzenhalme, Zweige und Steinsplitt geeignet. Nach dem Entfernen der Schalung kann die Außenfläche z.B. mit dem Drahtbesen oder Nagelbrett aufgeraut werden. die eingebundene Bewehrung dient nicht als Putzträger².

- **Wellerlehmwände**

Wellerlehmwände dürfen nur gering bis mäßig belastet werden. Dabei wird der Wellerlehm, der aus einem erdfeuchten Lehm-Strohgemenge besteht, auf die gleiche Art wie Stampflehm eingesetzt und verarbeitet³.

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 110.

² Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 111.

³ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 111.

- **Lehmsteinwände**

Die Lehmsteine, welche in den üblichen Verbandsregeln, wie Blockverband, gotischer oder polnischer Verband, märkischer Verband & holländischer Verband, geschichtet werden, werden mit Lehmmauermörtel verbunden. Anschließend werden die Fugen zwischen den Ziegeln etwa 1 cm ausgekratzt, um für den Putz eine gut geeignete Oberfläche zu schaffen¹.

2.2.2. Nichttragende Wände und Wandausfachungen

Nichttragende Innenwände dürfen keine Lasten aus anderen Bauwerksteilen aufnehmen. Sie müssen, je nach Zuschlagsmaterialien & -gehalt, nur geringe Eigenlast tragen. Ausführbar sind sie als Stampf-, Weller-, Leicht- & Strohlehm, aus Lehmsteinen, aber auch als Trockenbauwände mit einer Beplankung aus Lehmplatten.

Heutzutage werden Wandausfachungen aus Lehm bei Dachausbauten eingesetzt, das Tragwerk des Dachstuhls kann teilweise oder ganz ausgefacht werden.

Wandausfachungen aus Lehm kommen aber hauptsächlich bei Fachwerken zum Einsatz und sind somit eher bei den historischen Anwendungsbereichen von Lehm einzuordnen. Hierbei ist die tragende Konstruktion das Fachwerk, welches aus Holz gefertigt ist. Die Ausfachungen übernehmen die Funktion des Raumabschlusses und des Wärme-, Brand- & Schallschutzes².

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 112.

² Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 114.

2.2.3. Geschossdecken

Der Einsatz von Lehm in Geschossdecken fand vor allem in historischen Gebäuden - wie im Wirtshaus zur Rose in Gaißau in Vorarlberg, das 1735 von Johannes Lutz erbaut wurde - statt. Dabei werden die Felder zwischen den Holzbalken bei Balkendecken ausgefüllt. Dies kann als Staken-, Leichtlehm-, Spalier- oder Einschubdecke ausgeführt werden¹.

Die Abbildungen 4 bis 7 zeigen einige Ausbildungsvarianten für Geschossdecken im Lehmbau.

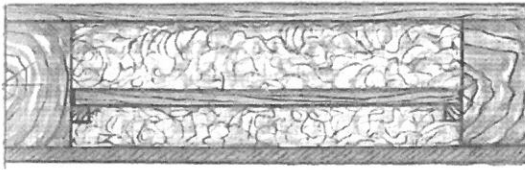


Abbildung 4: Leichtlehmdecke, Strohlehm mit eingebundenen Staken

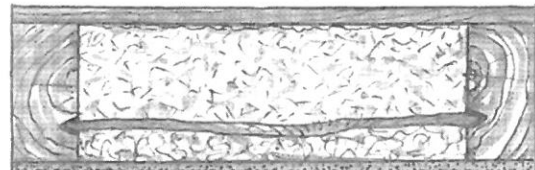


Abbildung 5: Leichtlehmdecke, Lehm-Holzchnitzel mit Staken und Lehmplatten

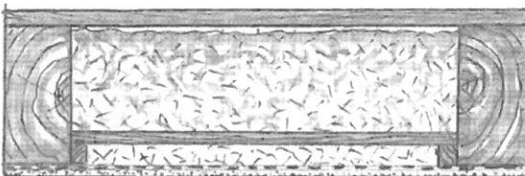


Abbildung 6: Leichtlehmdecke, Lehm-Holzchnitzel mit Spalier und Putz



Abbildung 7: Einschubdecke

Heutzutage sind Decken und auch Dächer in Lehmgebäuden oft Beton- oder reine Holzkonstruktionen. Diese können abschließend mit Lehm verputzt oder mit Lehm-
bauplatten beplankt werden, beide Varianten sind im nächsten Kapitel 2.2.4. beschrieben².

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 114ff.

² Rauch, Martin: Gebaute Erde, Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm. 2. korrigierte Auflage. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG 2017. S. 103.

2.2.4. Putze & Verblendungen

Lehm kann ebenfalls verwendet werden, um die Oberfläche von Wänden und Decken glatt und sauber zu gestalten.

Für Putze wird Lehm-Putzmörtel für den Innen- und Außenraum verwendet. Dabei kommen spezielle Ober- & Unterputze zum Einsatz. Diese bestehen aus Lehm mit feinem oder grobem Sand, Flachsfasern oder Strohhackselzusatz. Als Putzträger werden dabei Schilfrohmatten, Holzspalier- und Holzrundstabgewebe oder auch Holzwolle-Leichtbauplatten eingesetzt¹.

Bewehrte Lehmbauplatten sind 20 bis 25 mm dick und werden zum Beplanken von Wänden, Decken und Dachschrägen verwendet. Die Lehmbauplatten werden an einer Lattung montiert, welche an den Decken- & Dachbalken oder an der Wandkonstruktion befestigt ist. Um die Wärme- & Schalldämmung des jeweiligen Bauteils zu verbessern, kann die Verblendung, mit Stroh- oder Leichtlehm, hinterfüllt werden. Abschließend werden die Fugen mit einem fasrigem Lehmgemisch gefüllt².

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 51ff.

² Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 118.

2.2.5. Bodenbelag

Gestampfte Erde als Bodenbelag ist eine der ursprünglichsten Anwendungsformen des Naturmaterials. In allen Regionen und Kulturen der Welt hat man schon zu Beginn der Menschheit Lehm als Fußboden genutzt. Vor allem in ländlichen Gegenden war er zu finden. Schon damals wusste man die zahlreichen Eigenschaften zu schätzen, deshalb wurde der Lehm-Fußboden auch täglich gewässert, um ein Austrocknen zu verhindern. Früher wurden als Untergrund grobe Steine miteingestampft, um eine größere Festigkeit zu erzielen, wohingegen die Konstruktion bis heute stark weiterentwickelt worden ist.

Heutzutage ist diese ursprüngliche Form sehr altmodisch geworden. Jedoch wird Lehm wieder vermehrt auch am Boden eingesetzt. So kann man auch heute die angenehme Fußwärme, die besondere Haptik, die lebendige Textur, aber auch die fugenlose Verlegung genießen.

Lehm kann, genauso wie Beton, auch als Estrich verwendet werden. Egal, ob schwimmend, mit oder ohne Fußbodenheizung, auf einer 2 bis 3 cm dicken Trittschalldämmung oder auf Dämmplatten verlegt. Abschließend kann der Estrich ohne zusätzlichen Bodenbelag sichtbar gelassen werden. Es wird lediglich ein Oberflächen-Finish aus Carnauba-Hartwachs oder eine Wachsemulsion aufgetragen, um die Lehmoberfläche langlebiger zu machen. Wichtig beim Einbringen des Erdmaterials ist es, dass die Unterkonstruktion stabil, druckfest und unbeweglich ist, da der Lehm mithilfe einer Rüttelplatte verdichtet wird. Für diese Anwendung sind mehrere Arbeitsschritte notwendig, was sehr viel Zeit in Anspruch nimmt und Lehm als Bodenbelag sehr teuer macht¹.

¹ Rauch, Martin: Gebaute Erde, Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm. 2. korrigierte Auflage. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG 2017. S. 51ff.

2.3. Traditionelle Lehmbautechniken in Österreich

In den letzten Jahrhunderten wurde Lehm in Österreich sehr häufig eingesetzt. Weniger wegen seiner vielfältigen Eigenschaften, mehr aufgrund der Verfügbarkeit.

In der vernakulären Architektur Österreichs, welche ohne Planung oder Hilfe durch einen Architekten aus vorhandenen Baustoffen entsteht, bildet Lehm einen der wichtigsten Baustoffe. Im Folgenden sind einige traditionelle Lehmbautechniken aufgeführt, welche in weiterer Folge beschrieben werden.

- Wutzl- oder Batzenmauerwerk
- G'satztes Bauen mit Lehm
- Holzblockbau mit Lehmputz
- luftgetrocknete Lehmziegel
- Quaderstockmauerwerk¹

2.3.1. Wutzl- oder Batzenmauerwerk

Bei der Wutzl- oder Batzenmauerwerkstechnik werden aus einem Lehm-Sand-Gemisch Klumpen bzw. „Wutzl“ geformt, übereinandergeworfen und so eine senkrechte Mauer gefertigt, welche sich üblicherweise nach oben verjüngt. Anschließend wird das Mauerwerk mit Kalk verputzt.

Diese Art von Mauerwerksbau kam vor allem im Wein- & Waldviertel Niederösterreichs, aber auch im Burgenland zum Einsatz.

¹ Mayer, Irmengard: Kunstgeschichte. Wien: FH-Campus Wien. Skriptum. SS 2017. S. 27ff.

2.3.2. G'satztes Bauen mit Lehm

Bei dieser veralteten Methode wird der Lehm mit Stroh oder sonstigen Pflanzenfasern vermischt und mithilfe einer Schalung zu einem Mauerwerk gestampft. Diese Art Lehm zu verarbeiten ist nicht mit Stampflehm aus der heutigen Zeit zu vergleichen. Ein „G'satztes“ Lehmmauerwerk ist sehr grob, hat unterschiedliche Schichten und Oberflächen und ist daher nicht für den modernen Wohnbau geeignet.

2.3.3. Holzblockbau mit Lehmputz

Bauten aus Holzblöcken wurden früher für zusätzlichen Schutz vor Witterung mit Lehm verputzt. Bevor der Lehm aufgetragen wird, muss die Oberfläche haftbar gemacht werden, damit der Lehmputz später nicht wieder abläuft. Dies kann durch Aufhacken der Holzoberfläche mithilfe einer Axt geschehen, oder auch mit Holzdübel, die oberflächlich eingeschlagen werden.

2.3.4. Lehmziegelmauerwerk

Lehmziegel werden auch heute noch verwendet. Früher wurde mithilfe einer Model - einer hölzernen Form - 29 x 14 x 6,5 cm große Ziegel geformt und an der Luft getrocknet. Anschließend können die Ziegel zum Mauerbau eingesetzt werden. Die einzelnen Ziegel werden geschichtet und mit einem Lehmmörtel verbunden. Diese Ziegel können auch gebrannt werden, was wiederum die Witterungsbeständigkeit steigert.

2.3.5. Quaderstockmauerwerk

Bei dem Quaderstockmauerwerk handelt es sich ebenfalls um Lehmziegelmauerwerk, allerdings sind diese Ziegel etwas größer und haben Abmessungen von rund 15 x 15 x 30 cm.

2.4. Lehm-Neubau

Der Lehm-Neubau unterscheidet sich, betreffend Planung, Technologie und Nutzung, wesentlich von den traditionellen Bauweisen, wie sie im Kapitel 2.3. beschrieben werden.

Zum einen wird bei neuen Lehmgebäuden sehr auf die Umgebung und den Standort geachtet, dieser ist ausschlaggebend für die Langlebigkeit des Bauwerks. Außerdem sind die Konstruktion, die Statik und die Resistenz des Gebäudes maßgeblich.

2.4.1. Standortwahl

Für Lehm-Neubauten beginnt die Planung, wie auch bei anderen Bauweisen – zum Beispiel dem Holzbau, mit der Standortwahl. Der Standort ist bei Lehmbauten besonders wichtig. Neben den richtigen Bodenverhältnissen ist vor allem die Umgebung bedeutend für ein gut geschütztes und ideal gelegenes Lehmgebäude.

Zu bevorzugen ist ein Bauplatz, auf dem das Bauwerk möglichst freistehend platziert werden kann. Es sollte eine gute Austrocknung durch Winde und die Sonneneinstrahlung möglich sein. Weiters sind eine geringe Bodenfeuchtigkeit und ein niedriger Grundwasserspiegel essenziell für die Dauerhaftigkeit eines Lehmbauwerks, wie in Abbildung 8 gezeigt wird.

Standorte mit ständig hoher Luftfeuchtigkeit, wie es in Flussniederungen vorkommt, oder auch in Hochgebirgstälern mit hohem Schnee- und Regenaufkommen und wo sogar eine Vereisung der Wände möglich ist, sind eher ungeeignet für ein Lehmbauwerk.

Aber auch Gebiete, die durch Überschwemmung oder häufiges Hangwasser gefährdet sind, oder solche mit hohem Grundwasserspiegel kommen als Standort nicht infrage, dies wird in Abbildung 9 veranschaulicht¹.

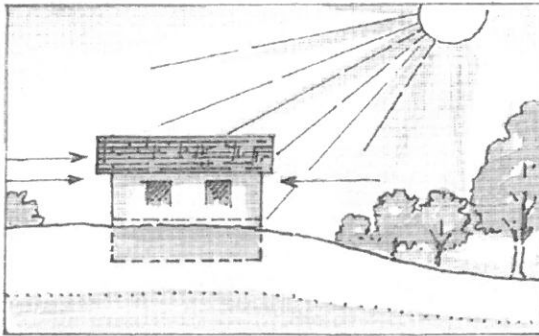


Abbildung 8: Günstiger Standort; optimale Durchlüftung möglich, keine Gefahr durch Grund- oder Hangwasser

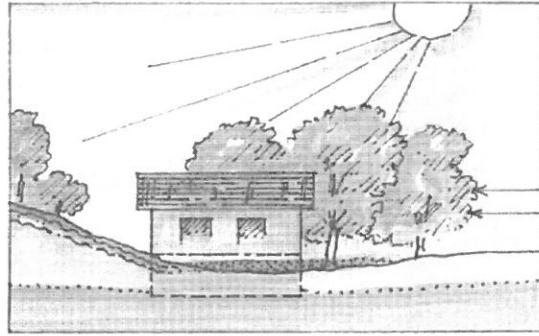


Abbildung 9: Ungünstiger, schattiger Standort; hoher Grundwasserspiegel und starke Hangwassergefährdung, keine Durchlüftung möglich

Ein weiterer Aspekt der Standortwahl, ist ein mögliches Lehmvorkommen auf dem Baugrund. Dieser Lehm sollte oberflächlich aufzufinden sein, damit keine aufwändigen Aushubarbeiten notwendig werden.

2.4.2. Anforderungen an die Konstruktion

Gebäude müssen Belastungen wie Wind und Eigenlast, selten aber auch Erdbeben widerstehen können. Da es mit Lehm allein nur begrenzt möglich ist Zug- und Scherkräfte aufzunehmen, werden Bewehrungen, aus Pflanzenfasern und -halmen, verstärkend eingesetzt. Zusätzlich können Aussteifungen verwendet werden, um Schubkräfte aufzunehmen und abzutragen. Einige Ausbaudesignvarianten sind in Abbildung 10 dargestellt.

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 94f.

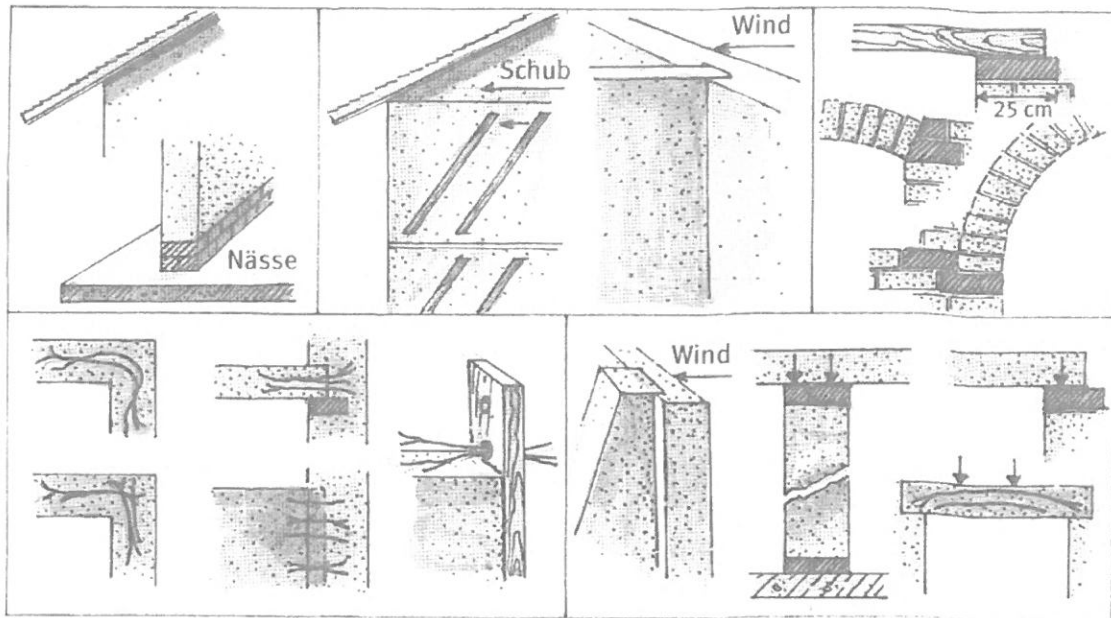


Abbildung 10: Konstruktive Anforderungen; Nässeschutz, Aussteifungen, Stürze und Widerlager, Bewehrungsverbund und Lastaufnahme

Weiters ist die Konstruktion vor Grundwasser und Niederschlag zu schützen. Meist gelingt das durch bauliche Maßnahmen, wie große Dachüberstände zum Schutz vor Regenwasser oder ein Betonfundament zum Schutz des Lehm-mauerwerks vor Grundwasser. Abbildung 11 zeigt bauliche Ausführungsvarianten für die Sicherung gegen Schlagregen und Spritzwasser.



Abbildung 11: Sicherung des Schlagregen- und Spritzwasserbereichs

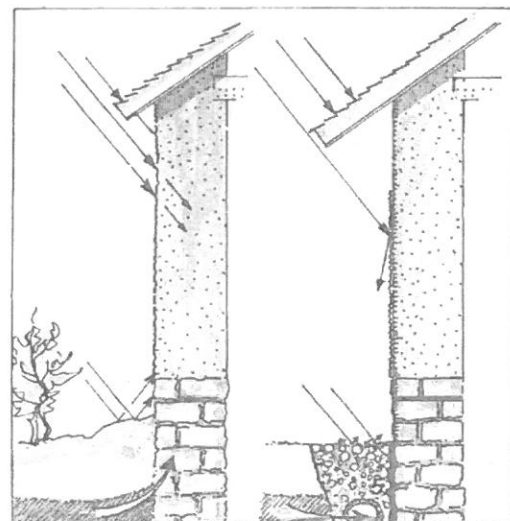


Abbildung 12: Wasser am Lehm-bau; mögliche Einflüsse und Abhilfe dagegen

Aufgrund der Sensibilität von Lehm gegenüber Wasser werden bei Lehmbauten die erdberührenden Bauteile meist nicht aus Lehm gefertigt. Das Fundament, oft als Streifenfundament ausgeführt, welches aus unbewehrtem Beton besteht, ist etwas breiter als die darüber liegende Wand.

Keller- und Sockelwände sind in der Regel ebenfalls aus Beton, Naturstein- oder Klinkermauerwerk hergestellt. Dieses ist mindestens 50 cm über das angrenzende Gelände zu führen, um das Lehmmauerwerk vor Spritzwasser zu schützen (siehe Abbildung 12). Zusätzlich ist zwischen Kellerwand und Lehmmauerwerk eine horizontale Mauerwerksabdichtung vorzusehen, um das Aufsteigen von Bodenfeuchtigkeit zu vermeiden¹.

Es gibt aber auch gebaute Beispiele, wie das Haus Rauch in Vorarlberg (siehe S.39f.), bei dem die Stampfbetonwände auch unter die Erde geführt wurde. Allerdings wurde hierbei Schaumglas und eine bituminöse Abdichtung verwendet, die das Mauerwerk vor eindringender Feuchtigkeit schützen sollen².

2.4.3. Statik und Resistenz

Die Standfestigkeit und -sicherheit der Lehmbauwerke beruhen gänzlich auf der Statik der Bauwerksteile, besonders auf der statischen Wechselwirkung der verschiedenen, mechanisch im Verbund stehenden Bauwerksteile, z.B. des Lehms und der Bewehrung oder der Lehmsteine mit dem Lehmmörtel. Daraus resultieren im Lehmbau die hohen Anforderungen an die statische Sicherheit der Konstruktion und überhaupt an die Solidarität der gesamten Bauausführung. Das hat den Vorteil, dass Lehmbauwerke immer für eine langfristige Nutzung

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 97ff.

² Rauch, Martin: Gebaute Erde, Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm. 2. korrigierte Auflage. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG 2017. S. 124f.

ausgelegt werden können. Auch ihre einfache Instandsetzung und Instandhaltung tragen zu einer sehr langen Standzeit bei. Standzeiten von mehreren hundert Jahren sind, besonders bei historischen Gebäuden, keine Seltenheit¹.

Wo früher jahrzehntelange Erfahrung mit der Errichtung von Lehmbauten ausreichte, ist heutzutage eine statische Berechnung der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Standsicherheit und Erdbebbensicherheit im Zuge der Nachweisführung unabdingbar².

Dabei sind es weniger die großflächigen Belastungen, wenn Lehm auf Lehm aufliegt, sondern kleinflächige oder punkt- und linienförmige Belastungen, z.B. am Auflager von Balken, Stützen und Bögen.

Der Zug-, Biegezug- und Druckbelastung in der Lehmmasse durch Quellen und Schwinden sowie der Erschütterungsbelastung durch Wind, Straßenverkehr, u.a. kann mit Bewehrungen entgegengewirkt werden³.

Als Bewehrungsmaterialien kommen im Lehmbau beinahe nur natürlich gewachsene Materialien zum Einsatz, etwa Zweige, Schilf, langes Getreide, Palmenblätter, aber auch Häcksel oder Rinderhaar. Diese erhöhen die Druck-, Zug-, Biegezug- und Erschütterungsfestigkeit maßgeblich⁴.

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 96.

² Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 101ff.

³ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 104.

⁴ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 101ff.

2.4.4. Industrielle Vorfertigung

Heutzutage ist es bereits möglich Lehmbaumstoffe, aber auch ganze Lehmbauteile vorzufertigen. Grund dafür ist hauptsächlich der wirtschaftliche und organisatorische Aspekt. Produktion und Montage werden getrennt, was den großen Vorteil hat, dass die Baustelle selbst schneller abgewickelt werden kann. Stampflehmwände zum Beispiel können sofort nach der Planung produziert werden. Diese werden dann im Werk gefertigt, entweder maschinell oder von Arbeitern gestampft, und werden danach komplett ausgetrocknet auf die Baustelle gebracht. Die beiden Parteien, also sowohl Werksplanung als auch Fabrikation, müssen akribisch zusammenarbeiten und kommunizieren. Auch die kleinsten Details müssen im Vorfeld der Produktion feststehen, im Nachhinein werden nur noch die einzelnen Fertigteilelemente verbunden und die Schnittstellen optisch kaschiert.

Die Dimensionen der Elemente sind hauptsächlich abhängig von der Lastbegrenzung des Krans, welcher die einzelnen Wände zusammenstellt und das Gebäude errichtet. Die Bauteile entstehen witterungsunabhängig, effizient und die Termine sind einfacher zu koordinieren. Außerdem ist der Transport der Güter wesentlich einfacher geworden. Bei einigen Großbaustellen lohnt es sich sogar die Produktionsanlagen lokal aufzubauen, was Transportwege spart und es trotzdem möglich macht auf regionale Materialien zurückzugreifen.

Darüber hinaus gibt es Versuche, nicht nur einschalig gestampfte Wände zu fertigen, sondern auch mehrschalige Elemente, die mit einer Dämmebene ausgestattet oder in denen sogar Kühl- bzw. Heizschläuche miteingearbeitet sein können¹.

¹ Rauch, Martin: Gebaute Erde, Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm. 2. korrigierte Auflage. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG 2017. S. 118ff.

2.5. Instandhaltung von Lehmbauwerken

Der Instandhaltungsaufwand ist für Lehmbauten nicht größer als für Mauerwerksbauten. Regelmäßiger und sorgfältiger muss jedoch ihr Zustand kontrolliert werden, weil im Außenbereich Mängel und vor allem sich anbahnende Schäden an den Lehmbauteilen sofort erkannt und unverzüglich beseitigt werden müssen. Verzögerung kann infolge der Unbeständigkeit des Lehms gegen andauernden Einfluss von Regenwasser, Staunässe und Frosteinwirkung auf den durchfeuchteten Lehm schnell zu schweren Bauschäden führen¹.

Äußere Einflüsse wirken auf ein Lehmbauteil generell stärker ein, als auf ein Bauwerk anderer Materialien, und können schon nach kurzer Zeit schwere Schäden verursachen:

2.5.1. Schlagregen & Spritzwasser

Kurzer, seltener Schlagregen oder auch auftretendes Spritzwasser sind prinzipiell nur ein minimales Problem. Ist ein Lehmbauteil jedoch ständigem Einfluss von Regen ausgesetzt, ist ein Austrocknen kaum möglich. Gefriert das enthaltene Wasser, kann es zu Absprengungen und Rissen an der Oberfläche kommen.

Ein abweisender Anstrich, wie ein Dispersions-Silicatfarbenanstrich, kann dem Eindringen von Niederschlagswasser vorbeugen. Einen optimalen Witterungsschutz bieten jedoch nur ein Stein-Vorsatz oder eine Vorsatzschale aus Holz.

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 163.

In den folgenden Abbildungen sind einige Varianten für Aufbau von Außenwänden erläutert.

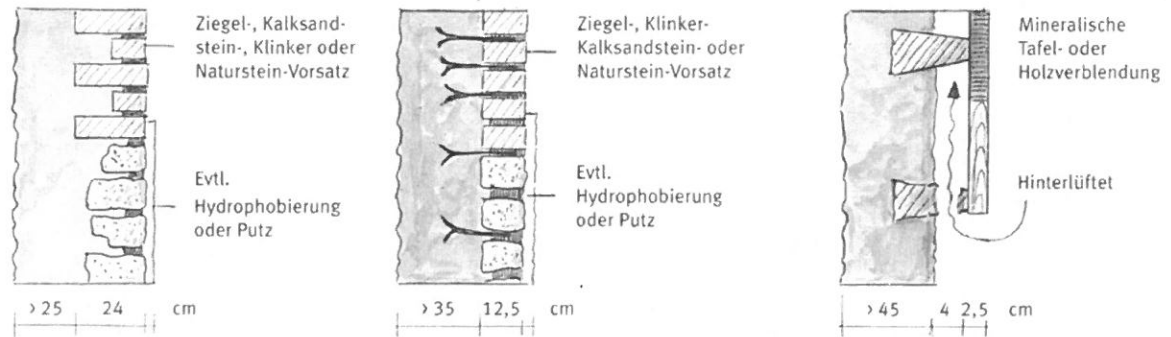


Abbildung 13: Witterungsschutz bei Außenwänden

2.5.2. Insekten & Tiere

Um ein Einnisten von Ameisen, Wespen und anderen Insekten in Fugen und Lücken von Lehmbauteilen zu vermeiden, kann ein Schlämmputz angebracht werden.

Gegen größere Tiere, wie Mäuse oder Vögel kann eine Drahtgewebe-Bewehrung in den Putz eingearbeitet werden. Diese Tiere bevorzugen Stroh- und Leichtlehm, zum Anlegen ihrer Brutplätze.

2.6. Sanierung von Lehmbauten

Die meisten Lehmbauwerke oder Fachwerk-Lehmbauten, für die eine Sanierung vorgesehen ist, sind mehr als 100 Jahre bzw. mehrere Jahrhunderte alt. Aufgrund der sensiblen Eigenschaften des Lehms, ist die Sanierung von Lehmbauten beziehungsweise Lehmbauteile besonders anspruchsvoll. Neben gutem Know-how zu Lehm benötigt es vor allem breites Fachwissen und bautechnisches Verständnis.

Das Ausbessern von schadhaften Lehmbauteilen, insbesondere von Rissen und größeren Fugen, erfordert besondere Maßnahmen, die nicht mit Reparaturen vergleichbar sind, wie sie beispielsweise bei Ziegelmauerwerk oder bei Kalkputzen auftreten¹.

2.6.1. Zustand der Bauwerke

Die Tiefe einer Sanierung ist abhängig vom Zustand des Gebäudes. Je nach Nutzungsintensität in der Vergangenheit und der bisherigen Pflege und Instandhaltung müssen unterschiedliche Sanierungsmaßnahmen gesetzt werden.

Ein wichtiger Aspekt in der Beurteilung von Lehmgebäuden ist die Verfälschung in der Bauweise, der Konstruktion und in der Oberflächengestaltung. Einige Gebäude wurden im Laufe der Zeit stark verändert oder umgebaut, dass sie heute beinahe nicht mehr als Lehmbauwerk zu beurteilen sind. Häufig werden neue, stilveränderte Fenster eingebaut, Räume mit modernen Putzen oder Wandfarben ausgestattet, aber auch Installationen angebracht, die zu einer groben Verfälschung der historischen Bauwerke führen².

¹ Minke, Gernot: Handbuch Lehm- und Fachwerkbau. 9. Auflage. Stäufen bei Freiburg: ökobuch Verlag 2017. S. 125.

² Schönburg, Kurt: Lehm- und Fachwerkbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 121ff.

2.6.2. Langfristige Sicherung der Statik und Resistenz

Die Sicherung der Statik und Resistenz der einzelnen Lehm-Bauwerksteile erfordert eine sorgfältige Analyse der Art und Wirkungsweise der am Standort zu erwartenden Einflüsse und eine gewissenhafte Prüfung des baulichen bzw. statischen Zustandes des Lehmbauwerks.

Die Reihenfolge für eine Überprüfung der Standsicherheit erfolgt normalerweise im Bauwerk von unten nach oben und sollte folgendermaßen ablaufen:

- a. Baugrund - eventuelle Veränderungen erkennen
- b. Fundament - Brüche und Setzungen sicherstellen
- c. Keller- & Sockelwände
- d. Kellerdecke - Tragfähigkeit nachweisen
- e. Stampflehmwände - Verbund des Lehms prüfen
- f. Lehmsteinwände - Mauerwerksverband kontrollieren
- g. Fachwerk-Lehmwände - Holzqualität prüfen
- h. Fenster- & Türstürze - Standsicherheit nachweisen
- i. Gesimse & Sohlbänke – Verankerungen kontrollieren
- j. Dach - Zustand des Holzes und der Dachdeckung überprüfen,
Dachüberstand kontrollieren

Sollten an einem der genannten Bauwerksteile Schäden oder Mängel entstanden sein, müssen diese unverzüglich beseitigt werden. Die Widerstandsfähigkeit der Lehmbauteile durch Imprägnierungen oder Zusätze im Gefüge muss erhöht werden.

Ist ein Lehmbauteil oberflächlich beschädigt, können auch im Rahmen einer Sanierung wasserabweisende Putze oder Anstriche angebracht werden¹.

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 128ff.

2.6.3. Planung einer Generalsanierung

Für die Planung einer Generalsanierung eines stark beschädigten Lehmbauwerks sind folgende Schritte vorzunehmen:

- Einholen aller notwendigen Genehmigungen, bei etwaigen statischen Umbauten, bei Änderung der Wasser- und Abwasseranschlüsse oder der Energieversorgung
- Abdeckungen anbringen, welche das Eindringen von Regenwasser oder Schnee verhindern sollen
- Sicherung der Standsicherheit von Decken oder Wänden
- Instandsetzung des bestehenden Lehmmauerwerks
- Instandsetzung der Decken und eventuelle Erneuerungen
- Instandsetzung des Dachs unter Berücksichtigung des notwendigen Dachüberstands
- Instandsetzung bzw. Einbau von Installationen, Montage des jeweiligen Heizsystems
- Instandsetzung oder Erneuerung von Fenstern und Türen
- Putzarbeiten
- Anstricharbeiten mit passenden Schutzanstrichen¹

2.6.4. Fehler bei der Sanierung

Wie bei jeder anderen Bauweise können auch bei Lehmbauten Fehler in der Sanierung auftreten. Diese können zu massiven Folgeschäden führen. Somit ist bei der Instandsetzung eines Gebäudes immer größte Vorsicht und genaues Arbeiten Voraussetzung.

¹ Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 125f.

Hier sind einige der am häufigst begangenen Fehler bei der Sanierung von Lehmbauwerken aufgelistet:

- statische Veränderungen (Dachausbauten etc.)
- falsche Fundamentsanierung: „eingesperrte“ Bodenfeuchte (ein Lehmgebäude muss „atmen“ können)
- kein ausreichender Spritzwasserschutz
- zu dichte Böden (z.B: Beton): Feuchtigkeit kann nicht mehr durch den Boden abziehen und steigt im Mauerwerk auf
- Einziehen von dichten Decken: kein Entweichen der Feuchtigkeit über den Dachraum möglich - Schwitzwasser
- Anbringen zu starrer Putze (z.B: Zementputze): Rissbildung, Oberflächenspannungen und Einschränkung der „Atmung“ des Gebäudes
- zu dichte Fenster, keine Lüftungsöffnungen¹

¹ Mayer, Irmengard: Kunstgeschichte. Wien: FH-Campus Wien. Skriptum. SS 2017. S. 35.

2.7. Gebaute Beispiele

Im Folgenden werden einige realisierte Gebäude in Österreich vorgestellt und analysiert.

2.7.1. Druckerei Gugler, Pielach, Niederösterreich

Architekten:	Ablinger, Vedral & Partner, Wien
Lehmbau:	Martin Rauch; Lehm Ton Erde Baukunst GmbH
Fertigstellung:	2000
Nutzfläche:	2125 m ²

Beschreibung der Architekten:

Das Gebäude besteht aus einer Maschinenhalle und einem südlich davor gelagerten dreigeschossigen Bürotrakt, der über eine glasüberdeckte Flur- und Aufenthaltszone erschlossen wird.

Beidseitig ist dieser Flurbereich von Stampflehmwänden begrenzt. Insgesamt wurden 160 vorgefertigte 1,70 x 1,30 x 0,40 m große Fertigteile montiert, die zusammen 208 t wiegen. Die 40 cm dicken Lehmtafeln weisen innen Luftkanäle auf, durch die im Winter warme Luft und im Sommer kühle Luft geleitet wird. Die Frischluft wird über Erdkanäle angesaugt. Ein großer Teil des Wärmebedarfs wird über die Wärmerückgewinnung gedeckt¹.

Analyse:

Bei diesem Beispiel wurde anstatt eines üblichen Industrie- bzw. Gewerbegebäude ein modernes Gebäude mit wunderbar eingesetzten Lehmbauteilen geschaffen.

¹ Minke, Gernot: Handbuch Lehmbau. 9. Auflage. Staufen bei Freiburg: ökobuch Verlag 2017. S. 200.

Man nutzt die zahlreichen Eigenschaften des Baustoffs, um das Raumklima und die Architektur positiv zu beeinflussen.



Abbildung 14: Flur im Oberschoss mit Blick unter das Glasdach

2.7.2. Wohnhaus M, Rankweil, Vorarlberg

Architekt: Robert Felber, Martin Rauch
Ausführung: Lehm Ton Erde Baukunst GmbH mit Bauherrschaft
Bauzeitraum: 1993 – 1996

Beschreibung der Architekten:

Das Engagement der Bauherrschaft ermöglichte die Realisierung eines konsequent konzipierten Lehmhauses. Fundament und Kellerwände sind aus Beton. Die Außenwände des Erdgeschosses sind 63 cm starke Stampflehm-Mauern, hergestellt mit dem Aushubmaterial von der Baustelle, vermischt mit Ziegelsplitt; alle Innen- und Außenflächen dieser Mauern blieben unverputzt. Auf die im Grundriss stark gegliederten, mit großen Öffnungen durchbrochenen Wände ist das Obergeschoss in einer Holzständerkonstruktion aufgesetzt; diese ist mit Leichtlehm ausgefacht und mit Lehm verputzt. Lehm vom Grundstück wurde weiters als Füllmaterial der Zwischendecke sowie für verschiedene Ausbaudetails eingesetzt¹.

Analyse:

Dieses Wohnhaus ist ein perfektes Beispiel zur Demonstration einer vorbildhaften Nutzung des Naturprodukts. Der verwendete Lehm wurde vollständig aus dem Aushubmaterial der Baustelle gewonnen und zum Bau der tragenden Wände verwendet. Große Glasflächen bringen viel Tageslicht und Wärme in das Gebäude, wodurch wiederum die große Wärmespeicherfähigkeit des Lehms genutzt wird. Die Kombination mit Holz, macht das Objekt zusätzlich optisch sehr ansprechend.

¹ Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: Wohnhaus M. In. URL:
<http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?PID=14> (letzter Zugriff: 02.06.2018)



Abbildung 15: Süd-Ansicht 1



Abbildung 16: Süd-Ansicht 2



Abbildung 17: Einblick in die Wohnküche mit Blick auf das Stampflehm-mauerwerk

2.7.3. LKH Feldkirch, Vorarlberg

Bauzeitraum: 1992 – 1993

Ausführung: Lehm Ton Erde Baukunst GmbH

Beschreibung der Architekten:

In einer 180 m langen Wandelhalle, die auch als Hauptzugang dient, wirkt eine sechs Meter hohe Lehmwand als Klimaregler und als gestalterischer Kontrast zu dem gleißenden Band der nach Süden ausschwingenden Schrägverglasung.

Energietechnisch wirkt die Wandelhalle als riesiger Wintergarten. Die Lehmwand dient als optimaler Klimaregler, zugleich setzt sie der konstruktiven und technischen Ästhetik der Halle eine kontemplative, naturnahe Materialität entgegen¹.

Analyse:

Das Landeskrankenhaus in Feldkirch wurde nicht vollständig aus Lehm gefertigt. Es wurde lediglich eine Lehmwand im Eingangsbereich gebaut. Das Hauptaugenmerk wurde auf die bauphysikalischen Eigenschaften des Baustoffs gelegt. Somit kann ein komfortables Innenraumklima ohne Hilfe durch technische Geräte, geschaffen werden.

¹ Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: LKH Feldkirch. In. URL:
<http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?PID=17> (letzter Zugriff: 02.06.2018)



Abbildung 18: Atmosphäre der Lehmwand



Abbildung 19: Lehmwand mit
Glasfassade



Abbildung 20: Treppenaufgang

2.7.4. Haus Rauch, Vorarlberg

Bauzeitraum: 2005 – 2008

Bauherrschaft: Martin Rauch, Lehm Ton Erde Baukunst GmbH

Architektur: Arch. Roger Boltshauser, Martin Rauch

Ausführung: Lehm Ton Erde Baukunst GmbH

Beschreibung der Architekten:

Das Grundstück für das Wohnhaus liegt oberhalb der Ortschaft Schlins im Vorarlberg an steiler Süd-Hanglage. Das Haus reagiert in seiner Stellung und in seinem Ausdruck direkt auf den topografischen Verlauf der schmalen Parzelle und ihren landschaftlich genuinen Kontext: Ein monolithischer Baukörper wird als skulpturaler Block wie eine abstrakte, künstliche Natur wörtlich aus der Erde herausgedrückt. Dabei vereinigt die Technik des massiven Stampflehm-Mauerbaus diese architektonische Absicht mit dem gezielten Wunsch ein ökologisches Gebäude aus ausschließlich natürlichen Materialien zu bauen¹.

Analyse:

Dieses Gebäude wurde von und für den Architekten Martin Rauch geplant und von seiner Firma „Lehm Ton Erde Baukunst GmbH“ gebaut. Es ist ein weiteres Beispiel für moderne Architektur im Lehmbau. Das Kriterium, ausschließlich nachhaltige und natürliche Baustoffe zu verwenden, zeigt wie einfach und innovativ Lehm eingesetzt werden kann. Es wurden lediglich vereinzelt Stahlprofile verwendet, die für die Statik und die Tragfähigkeit notwendig waren. Andere Bereiche, wie das nicht begehbare Flachdach, welches der Witterung direkt ausgesetzt ist, wurden mit einer bituminösen Abdichtung vor Regenwasser geschützt und mit gebrannten Tonplatten abgedeckt.

¹ Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: Haus Rauch. In. URL: <http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?pid=7> (letzter Zugriff: 10.08.2018)

Deckenkonstruktionen wurden mithilfe einer Holz-Doppelbaumdecke gestützt. In die Fassade wurden ebenfalls gebrannte Tonplatten eingearbeitet, um ein zu starkes Ausspülen der Oberfläche zu vermeiden¹.



Abbildung 21: Süd-West Ansicht



Abbildung 22: Treppenhaus

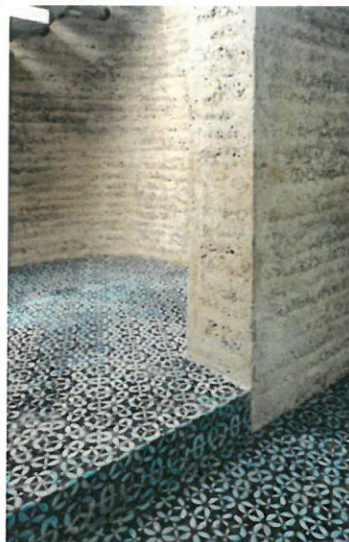


Abbildung 23: Bodenbelag & die unbehandelten Innenwände

¹ Rauch, Martin: Gebaute Erde, Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm. 2. korrigierte Auflage. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG 2017. S. 82ff.

3. Zukunftsaussichten

Natürlich ist schwer zu sagen, wie sich die Zukunft von Lehm in der modernen Architektur entwickeln wird. Es gibt einige Faktoren, die das Fortbestehen und die Entwicklung von Lehm in der österreichischen Baukultur beeinflussen.

3.1. Hindernisse in der Weiterentwicklung

3.1.1. Vorurteile

Lehm hat aufgrund seiner Vorgeschichte als günstiger Baustoff in ärmeren Ländern sicherlich einen schlechten Ruf und eine große Anzahl an Vorurteilen davongetragen. Viele Menschen würden auch heute noch behaupten, Lehm sei schmutzig, billig oder sogar minderwertig. Es gibt jedoch genug Argumente die gegen all diese Vorurteile sprechen.

Es ist nicht zu leugnen, dass Lehm als schmutziger Baustoff bekannt ist. Allerdings ist an dieser Stelle hervorzuheben, dass genau diese Eigenschaft ihn von anderen Baustoffen abgrenzt. Denn das, was Lehm „schmutzig“ macht, also sein Ursprung in den Böden unserer Erde, sollten wir eher als „naturverbunden“ und „herkunftsnah“ beurteilen. Beinahe kein Baustoff, abgesehen von Holz und Stein, kann direkt am Baugrund gewonnen, verarbeitet und als Bauteil wiederverwendet werden.

Auch die Nachrede Lehm sei billig, im Sinne von mangelhaft oder schlecht, oder sogar minderwertig ist leider oft genug zu hören. Aufgrund seines weltweiten Vorkommens ist Lehm leicht zu bekommen, da er beinahe unerschöpflich vorhanden ist. Man könnte meinen, dass dies Lehm zu einem billigen Rohstoff macht, was im Grunde auch stimmt, allerdings ist die weitere Verarbeitung und Herstellung von Bauteilen miteinzuberechnen.

Die Kosten, die aufzubringen sind, um einen Lehmbaustoff oder einen fertigen Lehmbauteil zu erwerben, sind, wie im Kapitel 1.4.3. beschrieben, vergleichbar mit den Kosten von anderen mineralischen Baustoffen.

All das hat nichts mit seiner Qualität zu tun. Wird Lehm, seinen Eigenschaften entsprechend, richtig verarbeitet, ist er auf keinen Fall schlechter zu bewerten als andere Baustoffe.

Die Vorurteile, welche Lehm zu tragen hat, beeinflussen stark die öffentliche Meinung über den Rohstoff. Was es vielen Bauherren und Auftraggebern schwer macht, heute schon traditionellen Baustoffen, wie Ziegel oder Beton, den Rücken zu kehren und auf nachhaltige und ressourcenschonende Baustoffe zurückzugreifen.

3.1.2. Normierung im Lehmbau

Eine Normenregelung für den Lehmbau ist aufgrund seiner unterschiedlichen Zusammensetzungen, die abhängig von seinem Herkunftsort sind, beinahe unmöglich zu fassen. So kommt es auch, dass Lehm in den österreichischen Normen nahezu nicht vorkommt, lediglich in Bezug auf Erdarbeiten, die damit verbundenen Baugrundverhältnisse und einige Festigkeitswerte für Lehm als Mörtel oder Bindemittel.

Im Vergleich dazu Beton, bei dem von den Festigkeitswerten über die Tragwerksplanung von Betonbauten bis hin zu Dimensionierung im Brückenbau alles in Normen geregelt wird.

Es werden weder Lehmbaustoffe, wie Leicht- oder Strohlehm, noch Lehmbauteile, wie Stampf- oder Wellerlehm-mauerwerke in den österreichischen Normen geregelt.

Aufgrund dieser wagen Situation macht es mehr Sinn, Regeln für den Lehmbau aufzustellen, als eine Normierung der Bauweise vorzunehmen.

So schreibt zum Beispiel Marko Sauer in dem Buch „Gebaute Erde – Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm“, das von der Erfolgsgeschichte des Martin Rauch, seinen Erkenntnissen und seiner jahrzehntelangen Arbeit zum Thema Lehm handelt:

Der Baustoff Lehm ist fast weltweit verfügbar und im besten Fall entsteht jedes Gebäude aus Stampflehm mit einer Mischung aus lokalem Material – dadurch entzieht es sich bereits einer Normierung. Zudem hat sich das Wissen Jahrhunderte lang vor allem mündlich erhalten, schriftliche Quellen sind rar: Zu fest verankert im Alltag der einfachen Leute war die Bauweise, zu vernakulär. (...) Früher war das Bauen mit diesem einfachen Material selbstverständlich, und noch vor 200 Jahren waren die Häuser alle im gleichen Typus erstellt, mit gleichen Materialien und in den gleichen Farben. Wenn sich etwas etabliert hatte, verbreitete es sich auch ohne geregelte Weitergabe¹.

In Deutschland wurde bereits in den 1990er Jahren versucht, das Bauen mit Lehm in Richtung einer Standardisierung zu bringen. Der deutsche „Dachverband Lehm“ hat damals Regeln für den Lehmbau herausgegeben.

¹ Rauch, Martin: Gebaute Erde, Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm. 2. korrigierte Auflage. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG 2017. S. 124f.

3.1.3. Ausbildung der Fachkräfte

Nicht nur die Vorurteile gegenüber Lehm und seinen Bauweisen sind ein großes Hindernis für die Entwicklung der österreichischen Baukultur, sondern vor allem auch die damit verbundene Meinung der Fachleute im Bauwesen.

Ein weiteres, vielleicht sogar das größte aller Hindernisse, ist die Ausbildung der heutigen Architekten. Das Hauptaugenmerk in Architekturstudien an österreichischen Universitäten liegt zwar immer häufiger auf nachhaltigen Baustoffen, es wird aber hauptsächlich auf die Wirtschaftlichkeit und eine praktische Umsetzung geachtet. Materialien wie Beton und Stahl, aber auch Holz bringen oft einen günstigen Vorteil gegenüber anderen ökologisch kostbaren Rohstoffen wie Lehm.

An den technischen Universitäten in Österreich wird verstärkt auf den gestalterischen Aspekt der Architektur gesetzt, und die Nachhaltigkeit der Baustoffe bzw. der Gebäude vernachlässigt.

Das nachhaltige Bauen steht lediglich an einer Fachhochschule im ganzen Land täglich auf dem Stundenplan. Die FH Campus Wien hat mit seinem Architekturstudium ein wenig den Fokus weg vom Design und hin zu Nachhaltigkeit bzw. Green Building gelegt. Es wird verstärkt darauf geachtet, wie Gebäude am besten in die Klimazonen der Erde integriert werden können, im Hinblick auf die verwendeten Materialien, die Gebäudegeometrie und die Ausrichtung.

Außerdem gibt es an der Universität für Bodenkultur in Wien (kurz: BOKU) eine Forschungseinrichtung, die sich mit dem Lehmbau beschäftigt. Dort schreibt man:

Moderner Lehmbau

Ein Ziel von Lehmbau BOKU ist es, Lehm als Baustoff von Vorurteil behafteten unrichtigen Attributen zu befreien und dessen Bedeutung in unterschiedlicher Anwendung als "massentauglichen" Baustoff in Österreich aufzuzeigen. Dies betrifft einen vielschichtigen Einsatz von Lehm, beispielsweise als Teil von Wandkonstruktionen, als Verputz, als Bodenbelag oder für dekorative Zwecke.

In vergangenen Zeiten gab es in verschiedenen Gegenden dieser Erde Bautraditionen, bei welchen Lehm als "Massenbaustoff" eine zentrale Rolle übernahm. (...) Die Zeiten haben sich spätestens seit der Nachkriegszeit geändert. Bautätigkeiten sind nicht mehr vorrangig an lokale Bautraditionen gebunden, sondern folgen einem individuellen Bewusstsein. Damit veränderte sich auch die wirtschaftliche Notwendigkeit zur Verwendung von Lehm und dessen Bedeutung als "Massenbaustoff"¹.

All diese Argumente sollten ein Ansporn für Architekten und Baumeistern sein: Lehm nicht als minderwertig oder nur als Baustoff der ärmeren Bevölkerung anzusehen, sondern ihn zurückzubringen und öfter als den vielseitigen, ökologisch & ökonomisch wertvollen und nachhaltigen Baustoff einzusetzen, der er ist.

¹ Lehmbau BOKU: Moderner Lehmbau. In. URL: <http://lehm.bau.boku.ac.at/bauberatung/> (letzter Zugriff: 06.07.2018)

3.2. Regionale Entwicklung

In die Zukunft zu schauen, ist uns Menschen nicht möglich. Jedoch können wir Einschätzungen über künftige Entwicklungen tätigen, welche uns helfen; Pläne zu schaffen, wie das Leben auf unserer Erde weiter gehen soll oder könnte.

So kann auch die künftige Bedeutung von Lehm in den verschiedenen Regionen der Erde nur eingeschätzt werden.

In Regionen, in denen vorrangig mit Lehm gebaut wird, wird dies auch in Zukunft in gleichem Ausmaß weiter praktiziert werden. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um wirtschaftlich und gesellschaftlich gering erschlossene, aber auch unterentwickelte Gebiete in Afrika, Asien und Süd- & Mittelamerika.

Auch der niedrige soziale Stand ist Grund für die Wahl einer billigen und auch in Eigenleistung durchführbaren Bauweise, wie dem Lehmbau. Oft werden hier auch zerstörte und verfallene Gebäude neu errichtet oder abgetragen und die Materialien erneut verwendet.

Gleichermaßen in Regionen, in denen moderne Bauweisen vorrücken, wird besonders in ländlichen Gebieten auch heute noch die Lehmbauweise arbeitstechnisch unverändert angewendet. Das betrifft beispielsweise Italien, Spanien und den Balkan.

Selbst in wirtschaftlich gut erschlossenen Ländern, in denen inzwischen moderne Bauweisen Einklang gefunden haben, wird wieder verstärkt auf Lehm als Baustoff zurückgegriffen. Nicht zuletzt wegen seinem hohen natürlichen Vorkommen und der, ohne großem Energieaufwand möglichen, Gewinnung und Verarbeitung von Lehm und anderen Naturbaustoffen.

Neben dem Lehm-Neubau, ist auch eine große Anzahl an sehr gut erhaltenen Lehmbauten, vor allem in den Altstädten Österreichs und auch Deutschlands vorhanden. Im Laufe der Zeit hat eine große Wertsteigerung von Lehmbauten

stattgefunden, was es sinnvoll macht, dass alte Lehm- & Lehmfachwerksgebäude fachgerecht saniert oder instandgehalten werden.

Besonderes ist aber zu erwähnen, dass dieses Material aufgrund seiner zahlreichen bauphysikalischen Eigenschaften wieder einen absoluten Aufschwung erlebt. Dank seiner guten Schalldämmung & -dämpfung und der Fähigkeit, Wärme und Feuchtigkeit zu speichern und an einem späteren Zeitpunkt wieder abzugeben, erreicht man ohne erheblichen technischen Aufwand beste Raumqualität.

Lehm findet wieder Einklang in der modernen österreichischen Architektur. Der Wunsch nach Kontrasten gegenüber den Strukturen und Farben der neuzeitlichen Bauwerke steigt. Besonders in der Innenraumgestaltung greift man vermehrt auf natürliche, ökologisch & ökonomisch wertvolle, aber auch praktische Materialien, wie Lehm, zurück¹.

¹ Schönburg, Kurt: Lehm-bauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 13f.

3.3. Persönliche Einschätzung

Aufgrund der zahlreichen Verarbeitungsmethoden und den vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten von Lehmbaustoffen fällt es schwer daran zu zweifeln, dass Lehm einen Aufschwung erleben wird.

Mit seinen bauphysikalisch und ökologisch wertvollen Eigenschaften steht Lehm anderen Materialien nichts nach. Im Gegenteil, es sind heutzutage Baumaterialien in Verwendung, die weniger vielseitig und vor allem nicht so nachhaltig wie Lehm sind.

Ein Blick in die Zukunft macht klar, dass es immer wichtiger sein wird, auf ressourcenschonende Materialien wie Holz, Stein oder Lehm zurückzugreifen. Allein die Herstellung von Zement oder Stahl ist nicht vergleichbar mit der Gewinnung von Lehm. Dabei werden unzählige chemische Prozesse vollzogen und Abfallprodukte hergestellt, welche nur in einer eigens dafür gebauten Fabrik durchgeführt und gelagert werden können. All diese Vorgänge benötigen Unmengen an elektrischer Energie, die wiederum produziert werden muss.

Das Bauen in der Zukunft muss wieder naturbezogener werden, damit die weitere Ausbeutung unserer Erde zur Gewinnung von Rohstoffen vermindert werden kann. Architekten und Baumeister werden auf neue Herausforderungen stoßen, welche auch ohne den Einsatz von technischen Geräten und der neuesten Technologie in der Gebäudetechnik gemeistert werden können. Zum Beispiel wird in Zukunft, das Kühlen von Gebäuden einen immer größeren Stellenwert bekommen, was auf die Klimaerwärmung zurückzuführen ist. Allerdings ist zu vermuten, dass aufgrund des technischen und wirtschaftlichen Wissens unserer Gesellschaft der Bedarf an Kühlung mithilfe von technischen Geräten, wie Klimaanlage bewältigt werden wird.

Wird ein Gebäude jedoch von Beginn an optimal an seine Umgebung, also den jeweiligen Standort und die dortigen Umwelteinflüsse angepasst, kann durch die

Ausrichtung, die Baustruktur und die verwendeten Materialien entgegengewirkt werden und ein angenehmes Innenraumklima geschaffen werden. Lehm kann hierbei eine tragende Rolle spielen.

An dieser Stelle wird dennoch Pionierarbeit notwendig sein, um das Bauen mit Lehm neu zu bewerben und gewissermaßen seine Vermarktung zu fördern. Um Lehm ein gutes Image zu verschaffen, benötigt es weitere gut umgesetzte Bauprojekte, die den Fokus auf das Bauen mit Lehm setzen. Deshalb ist es wichtig, dass Architekten wie Martin Rauch weitere Gebäude, wie das Haus Rauch in Schlins in Vorarlberg bauen.

Denn nur solche, gut umgesetzten Bauwerke können Vorbild für die weitere Entwicklung von Lehm in der modernen österreichischen Architektur sein und das Wissen über den Baustoff steigern.

Quellenverzeichnis

Buch-Quellen

- Minke, Gernot: Handbuch Lehmnbau. 9. Auflage. Staufeu bei Freiburg: ökobuch Verlag 2017.
- Rauch, Martin: Gebaute Erde, Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm. 2. korrigierte Auflage. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG 2017.
- Schönburg, Kurt: Lehmnbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017.
- Schroeder, Horst: Lehmnbau – mit Lehm ökologisch planen und bauen. 1. Auflage. Wiesbaden: Vieweg & Teubner | GWV Fachverlage GmbH 2010.

Internet-Quellen

- Bacher, Christoph: Lehmvorkommen weltweit. In: URL:
<http://www.lehmhaus.net/lehmvorkommen.html> (letzter Zugriff: 16.05.2018)
- Egginger, Johann/Egginger, Stephan: Speichert Lehm Wärme? In: URL:
<https://lehm.com/lehm-eigenschaften/> (letzter Zugriff: 16.05.2018)
- Lehmnbau BOKU: Moderner Lehmnbau. In. URL:
<http://lehmnbau.boku.ac.at/bauberatung/> (letzter Zugriff: 06.07.2018)
- Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: Druckerei Gugler. In. URL:
<http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=37> (letzter Zugriff: 17.07.2018)
- Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: LKH Feldkirch. In. URL:
<http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=17> (letzter Zugriff: 02.06.2018)
- Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: Wohnhaus M. In. URL:
<http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=14> (letzter Zugriff: 02.06.2018)

- Neuhaus, Heinrich: Lehm begeistert immer wieder durch seine Vielfalt. In: URL: <https://www.lehmbau-neuhaus.de/über-lehm/> (letzter Zugriff: 16.05.2018)
- Paulini, Inge: Was sind hochfrequente elektromagnetische Felder? In: URL: <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/hff/einfuehrung/einfuehrung.html> (letzter Zugriff: 16.05.2018)

Skriptum

- Mayer, Irmengard: Kunstgeschichte. Wien: FH-Campus Wien. Skriptum. SS 2017

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: <i>Wärmeabsorption, abhängig von der Rohdichte. oben: dichter Stampflehm, unten: lockerer Strohlehm:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 87.....	5
Abbildung 2: <i>Schallschutzwirkung von Lehmwänden, Abbau von Luftschall:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 88.	7
Abbildung 3: <i>Schalldämpfung von rauen Lehmoberflächen im Vergleich zu glatten Oberflächen:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 89.	7
Abbildung 4: <i>Leichtlehmdecke, Strohlehm mit eingebundenen Staken:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 117.	16
Abbildung 5: <i>Leichtlehmdecke, Lehm-Holzschnitzel mit Staken und Lehmplatten:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 117.	16
Abbildung 6: <i>Leichtlehmdecke, Lehm-Holzschnitzel mit Spalier und Putz:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 117.	16
Abbildung 7: <i>Einschubdecke:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 118.	16
Abbildung 8: <i>Günstiger Standort; optimale Durchlüftung möglich, keine Gefahr durch Grund- oder Hangwasser:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 95.....	22

Abbildung 9: <i>Ungünstiger, schattiger Standort; hoher Grundwasserspiegel und starke Hangwassergefährdung, keine Durchlüftung möglich:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 95.....	22
Abbildung 10: <i>Konstruktive Anforderungen; Nässeschutz, Aussteifungen, Stürze und Widerlager, Bewehrungsverbund und Lastaufnahme:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 95.....	23
Abbildung 11: <i>Sicherung des Schlagregen- und Spritzwasserbereichs:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 103.	23
Abbildung 12: <i>Wasser am Lehmbau; mögliche Einflüsse und Abhilfe dagegen:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 98.	23
Abbildung 13: <i>Witterungsschutz bei Außenwänden:</i> Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 98.	28
Abbildung 14: <i>Flur im Oberschoss mit Blick unter das Glasdach:</i> .Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: Druckerei Gugler. In. URL: http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=37 (letzter Zugriff: 17.07.2018).....	34
Abbildung 15: <i>Süd-Ansicht 1:</i> Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: Wohnhaus M. In. URL: http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=14 (letzter Zugriff: 02.06.2018).....	36
Abbildung 16: <i>Süd-Ansicht 2:</i> Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: Wohnhaus M. In. URL: http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=14 (letzter Zugriff: 02.06.2018).....	36

Abbildung 17: <i>Einblick in die Wohnküche mit Blick auf das Stampflehm-mauerwerk:</i> Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: Wohnhaus M. In. URL: http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=14 (letzter Zugriff: 02.06.2018).....	36
Abbildung 18: <i>Atmosphäre der Lehmwand:</i> Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: LKH Feldkirch. In. URL: http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=17 (letzter Zugriff: 02.06.2018).....	38
Abbildung 19: <i>Lehmwand mit Glasfassade:</i> Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: LKH Feldkirch. In. URL: http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=17 (letzter Zugriff: 02.06.2018).....	38
Abbildung 20: <i>Treppenaufgang:</i> Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: LKH Feldkirch. In. URL: http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=17 (letzter Zugriff: 02.06.2018).....	38
Abbildung 21: <i>Süd-West Ansicht:</i> Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: Haus Rauch. In. URL: http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=7 (letzter Zugriff: 10.08.2018).....	40
Abbildung 22: <i>Treppenhaus:</i> Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: Haus Rauch. In. URL: http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=7 (letzter Zugriff: 10.08.2018).....	40
Abbildung 23: <i>Bodenbelag & die unbehandelten Innenwände:</i> Lehm Ton Erde Baukunst GmbH: Haus Rauch. In. URL: http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?plD=7 (letzter Zugriff: 10.08.2018).....	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: *Wärmeleitfähigkeit & Wärmedurchgangskoeffizienten von*

Lehmbaustoffen: Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 87ff.6

Tabelle 2: *Lehmbaustoffe und ihre Eigenschaften:*

Schönburg, Kurt: Lehmbauarbeiten. 2., überarbeitete undergänzte Auflage. Berlin, Wien & Zürich: Beuth Verlag GmbH 2017. S. 46ff.

Schroeder, Horst: Lehmbau – mit Lehm ökologisch planen und bauen. 1. Auflage. Wiesbaden: Vieweg & Teubner | GWV Fachverlage GmbH 2010. S 115ff.13