

# Der Baustoff Lehm und seine Anwendung im Fachwerkbau



Autor:  
Benjamin Krick XXX  
Dozent:  
Prof. Frank Oppermann

# 1. Inhalt

1. Inhalt/Gliederung
2. Einleitung
3. Baustoff Lehm
  - 3.1 Zusammensetzung und Herkunft, Lehmarten
  - 3.2 Vorkommen
  - 3.3 Bauphysikalische Eigenschaften
  - 3.4 Weitere Eigenschaften
  - 3.5 Ton- das Bindemittel
  - 3.6 Zuschlagstoffe
    - 3.6.1 Mineralisch Zuschlagstoffe
    - 3.6.2 Organische Zuschlagstoffe
    - 3.6.3 Künstliche Zuschlagstoffe
4. Lehm im Fachwerkbau
  - 4.1 Das „Gefach“
    - 4.1.1 Ausfachungsarten
      - 4.1.1.1 Enge Stakung ohne Geflecht
      - 4.1.1.2 Stakung mit Geflecht
      - 4.1.1.3 Stakung mit Sprickeln
      - 4.1.1.4 Stakung mit Strohseilen
      - 4.1.1.5 Lehmweller
      - 4.1.1.6 Ausmauerung mit Natursteinen
      - 4.1.1.7 Ausmauerung mit gebrannten Ziegeln
      - 4.1.1.8 Ausfachung mit ungebrannten Ziegeln
    - 4.1.2 Nachbehandlung beworfener Gefache
  - 4.2 Putze
    - 4.2.1 Kalk
    - 4.2.2 Lehm
    - 4.2.3 Anstriche
5. Schäden
6. Sanierung
  - 6.1 Schadensanalyse
  - 6.2 Reparaturen am Fachwerkgerüst
  - 6.3 Reparaturen am Gefach
    - 6.3.1 Auszäunung noch intakt
    - 6.3.1 Auszäunung beschädigt
  - 6.4 Erhöhung der Wärmedämmung
    - 6.4.1 Ersetzen der Ausfachung
    - 6.4.2 Außendämmung
    - 6.4.3 Innendämmung
7. Zusammenfassung
8. Quellen

## 2. Einleitung

Bei der Lektüre verschiedener Referate zum gleichen Thema fiel mir auf, dass die Behandlung des Baustoffes Lehm an sich und seine bauphysikalischen Eigenschaften bisher offenbar vernachlässigt wurden. Aus diesem Grund habe ich mir erlaubt, dem eigentlichen Thema meiner Arbeit „Sanierung von Lehmgefachen“ ein etwas umfangreicheres Kapitel voranzustellen, in welchem ich auf den Baustoff Lehm und seine Eigenschaften näher eingehen werde.

## 3. Baustoff Lehm

Seit Menschengedenken wird Lehm als Baustoff verwendet, in den heiß-trockenen und gemäßigten Klimazonen der Erde ans vorherrschendes Baumaterial.

Noch heute lebt ca. 1/3 der Menschheit in Lehmhäusern, überwiegend in den Entwicklungs- und Schwellenländern.

Dass der Lehm auch in den industrialisierten Ländern ein Comeback erfährt, liegt hauptsächlich an der Naturverträglichkeit, Nachhaltigkeit und den überragenden Feuchte regulierenden Eigenschaften des Lehms.



### 3.1 Zusammensetzung und Herkunft, Lehmarten

Lehm besteht aus einer Mischung von Ton, Schluff (Feinstsand) und Sand in verschiedener Körnung sowie Verunreinigungen durch Kalk oder organische Stoffe.

Nach dem Fundort und der unterschiedlichen Zusammensetzung unterscheidet man verschiedene Lehmarten:

„Körner“ und wie sie heißen:

Ton:	0,001-0,002 mm Korndurchmesser
Schluff:	0,002-0,06 mm Korndurchmesser
Sand:	0,06-2 mm Korndurchmesser
Kies:	2-60 mm Korndurchmesser

**Berg- oder Gehängelehm** entsteht an Berghängen durch die Verwitterung des dortigen Gesteins. Meist sind kleinere Gesteinsbrocken eingeschlossen. Bei ausreichendem Tongehalt eignet sich dieser Lehm besonders für den Stampflehmbau

**Geschiebelehme** sind aus Ablagerungen der Eiszeiten im Flachland entstanden. Sie sind meist kalkhaltig.

Steigt der Kalkanteil, so spricht man von **Mergel**. Dieser ist aufgrund seiner geringen Bindekraft nicht zum Bauen geeignet.

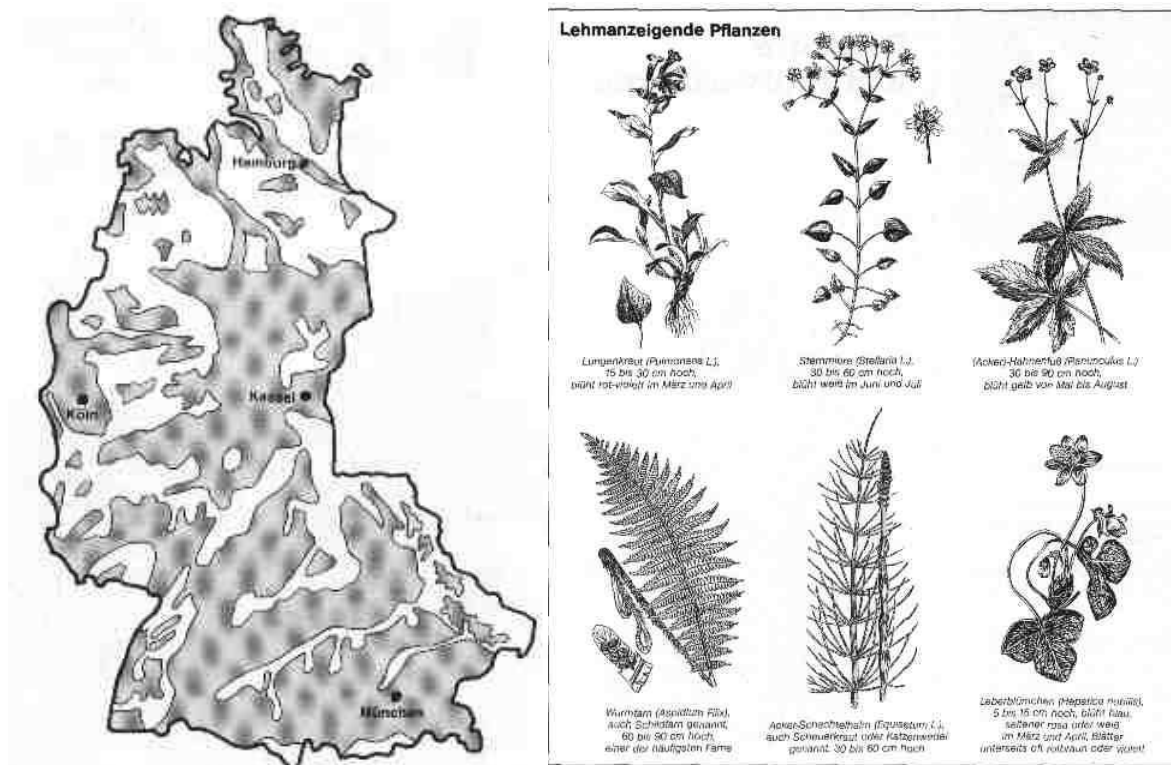
Werden Geschiebelehme durch Wasser fortgespült und an anderer Stelle wieder abgelagert, werden sie **Schwemmlehme** genannt. Diese Schwemmlehme sind meist sehr fett (→ hoher Tonanteil)

**Lößlehm** ist ein stark schluffhaltiger, feinkörniger Lehm mit geringem Tongehalt und dadurch geringer Bindekraft. Er entstand in den Sandstürmen der letzten Eiszeit.

**Auen- oder Schlicklehm** bildet sich in Flußauen durch Ablagerung aus dem Wasser. Er ist häufig stark mit organischen Stoffen gemischt und daher zum Bauen eher ungeeignet.

### 3.2 Vorkommen und Verfügbarkeit

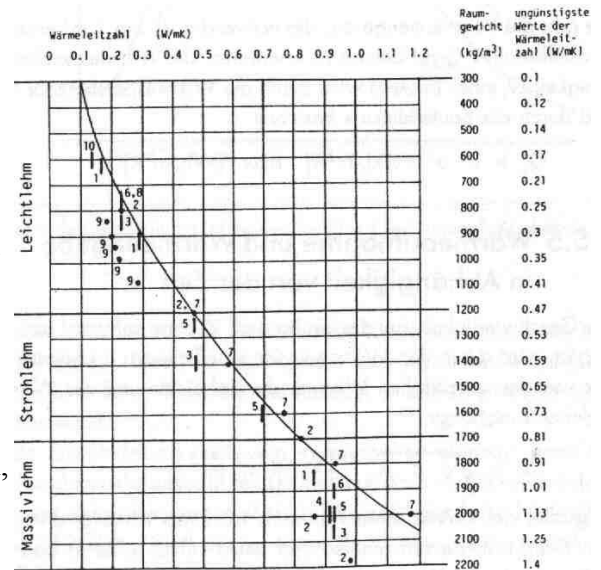
Wie die Karte zeigt, liegt kein Ort in Deutschland (vor 1990) mehr als 80 km von Lehmvorkommen entfernt (Flächen mit Lehmvorkommen sind dunkel). Früher hatte jedes Dorf seine eigene Lehmgrube, aus der der Lehm entnommen, aufbereitet und dann direkt zum Bauen verwendet wurde. Leider sind die meisten dieser Gruben mittlerweile geschlossen oder gar überbaut. Ob Lehm im Untergrund vorhanden ist, zeigt auch der Pflanzenbewuchs an der Oberfläche.



### 3.3 Bauphysikalische Eigenschaften

- **Spezifische Dichte:** Ein Lehm ohne bestimmte Zuschläge hat eine spezifische Dichte von ca. 2000 kg/m<sup>3</sup>. Durch Zugabe von Steinen kann diese erhöht, durch Leichtzuschläge (siehe unten) bis auf ca. 300 kg/m<sup>3</sup> verringert werden.
- **Wärmeleit- und -speicherfähigkeit:** Wie bei anderen Stoffen auch, hängt die Wärmeleit- und Speicherfähigkeit des Lehmes eng mit der Dichte zusammen. Massivlehm mit einer Rohdichte von 2000 Kg/m<sup>3</sup> hat nach DIN 4108 eine Wärmeleitzahl von 0,93 W/mK, ein Leichtlehm mit 1200 kg/m<sup>3</sup> 0,47 W/mK. Bei Rohdichten von 300 kg/m<sup>3</sup> können Werte von 0,1 W/mK erreicht werden (im Vergleich dazu: Mineralfaserdämmung 0,045 W/mK) Entsprechend wird man schwere Lehmwände im Gebäudeinneren zur Wärmespeicherung, Leichtlehmwände zur Wärmedämmung im Außenwandbereich einsetzen.

- **Lehm ist nicht wetterfest.** Die Erhärtung des Lehmes ist nicht Folge eines chemischen, sondern eines physikalischen Prozesses, es erfolgt also keine irgendwie geartete Umwandlung des Materials an sich sondern nur eine Veränderung seiner Eigenschaften (siehe Ton- das Bindemittel). Dieser Prozess ist umkehrbar- sobald auf trockenen, harten Lehm Wasser kommt, wird er wieder weich und wäscht sich so schnell aus. Ebenso ist Lehm im feuchten Zustand nicht frostsicher. Z.B. Nasse Grünlinge, die dem Frost ausgesetzt werden, zerbröseln in kleine Krümel. Lehm ist also generell vor der Witterung zu schützen



- Quellen:
- 1 Niemeyer (77) S.103,116
  - 2 Hälscher (51) Anhang II. S.89
  - 3 DIN 18951 Bl.2 (21)
  - 4 Vornorm DIN 18953 Bl.1 (22)
  - 5 DIN 4108 Ausgabe 1969 (24)
  - 6 Beidatsch (7) S.14
  - 7 Eichler (26) Tafel 56
  - 8 Pollack, Richter (81) S.19
  - 9 Vanros (98) S.97
  - 10 Kasperleit (57) S.19

- **Lehm quillt und schwindet.** Beim Austrocknen schwindet Lehm und neigt entsprechend des Wasserverlustes zur Rissbildung. Je nach Zusammensetzung und Wasseranteil beträgt das Schwindmaß 0,4 – 12%. Generell gilt: Je trockener der Baustoff eingebaut wird und je weniger Ton enthalten ist, umso geringer ist das Schwindmaß. Im selben Maße, wie Lehm beim Trocknen schwindet, quillt er bei Aufnahme von Feuchtigkeit: Verbunden mit dem Aufquellen ist immer die Abnahme der Festigkeit. Ein interessanter Effekt des Quellens ist, dass in Risse eingedrungenes Wasser den Lehm aufquellen lässt, den Riss bis zu einem gewissen Grad schließt und so ein weiteres Eindringen von Wasser verringert.
- **Lehm reguliert die Luftfeuchtigkeit.** Lehm ist in der Lage, sehr schnell Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen und wieder abzugeben. Im Vergleich zu einem gebrannten Ziegel kann ein Grünling etwas 30 mal so viel Wasser aufnehmen. Die Aufnahme von Wasser aus Wasserdampf endet, wenn der Wassergehalt im Stein ca. 5-7% beträgt. Weich werden die Steine erst bei einer Feuchte von 11-15%, was bewiesenermaßen nur eintritt, wenn Lehm mit flüssigem Wasser in Kontakt kommt. In Lehmhäusern stellt sich durch die feuchteregulierende Wirkung des Baumaterials eine nahezu konstante Luftfeuchte von 50% ein, was nicht nur für ein sehr angenehmes und gesundes Wohnklima sorgt, sondern auch vorteilhaft für Musikinstrumente oder wertvolle Bilder ist.
- **Lehm konserviert Holz.** Mit einer, wie oben beschriebenen, maximalen Gleichgewichtsfeuchte von maximal 7% liegt Lehm unter dem Wert von Holz mit minimal 8%. So wirkt Lehm entfeuchtend, das Holz bleibt trocken, auch bedingt durch die hohe Kapillarkraft des Lehms, Pilze und Bakterien können sich nicht einnisten.

### 3.4 Weitere Eigenschaften

- Durch die regionale Verfügbarkeit und den geringen Energieeinsatz bei Gewinnung, Aufbereitung und Verarbeitung (ca. 1% der zur Herstellung von Stahlbeton oder Mauerziegeln eingesetzten Energie), sowie der Wiederverwendbarkeit ist Lehm als Baustoff im hohen Grade **umweltverträglich**.

- Ungebrannter Lehm kann nach Zerkleinerung und Anfeuchtung wiederverwendet werden, ist also **uneingeschränkt recyclebar**.
- **Lehm spart** Baumaterial und **Transportkosten** durch seine regionale Verfügbarkeit.
- Durch den einfachen und ungefährlichen Umgang mit dem Baustoff eignet sich Lehm gut für den **Selbstbau**

### 3.5 Ton- das Bindemittel

Der Ton fungiert im Lehm als Bindemittel. Ton ist wie Sand ein Verwitterungsprodukt aus den Urgesteinen, wie z.B. Feldspat.

Feldspate bestehen aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Kieselsäure ( $6\text{SiO}_2$ ) und einem weiteren Metalloxid.

Aus diesem entstehen durch Verwitterung (Auswaschung des 2. Metalloxids) die Tonminerale.

Die häufigsten tonminerale sind Kaolinit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) und Montmorillonit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Durch Trocknen verliert Ton seine plastische Konsistenz und erhärtet. Dieser Prozess ist reversibel, d.h. durch Zugabe von Wasser wird Ton wieder plastisch bis flüssig, je nach Wassermenge. Erst beim Erhitzen auf über 900 Grad C. entweicht das in den Kristallen chemisch gebundene Wasser und macht den Weg frei für einen irreversiblen Härtungsprozess. Es entstehen dann Ziegel, Klinker oder auch Tongeschirre.

Wie aber entfaltet der Ton seine Bindekraft? Die Kristalle haben die Form hexagonaler Plättchen. Im plastischen bzw. flüssigen Zustand sind diese Plättchen von Wasser umschlossen, welches die Reibung zwischen ihnen minimiert. Beim Austrocknen verdunstet dieses Wasser, die Plättchen lagern sich dicht aneinander und es können Adhäsionskräfte wirken, die die Teilchen binden.

Diese Adhäsionskräfte sind in ähnlicher Form auch bei Sand, ja sogar Kies vorhanden, jedoch können sie ihre Wirkung aufgrund der im Verhältnis zur Masse viel geringeren Oberfläche nicht entfalten.

Dazu ein Beispiel: Ein Würfel mit einer Kantenlänge von 1 cm hat eine Oberfläche von  $6 \text{ cm}^2$ . Wird dieser Würfel in 1000 Teile mit einer Kantenlänge von 1 mm zerschnitten, so erhält man eine Gesamtoberfläche von  $600 \text{ cm}^2$ . Tonteilchen sind, wie vorhin erwähnt noch um einige Größenordnungen kleiner, sodass die Oberfläche der Tonteilchen, die in einen  $\text{cm}^3$  passen eine Gesamtfläche von  $3000 \text{ m}^2$  ergeben.

### 3.6 Zuschlagstoffe

Zur Erhöhung der Wärmedämmung bzw. zur Minderung des Raumgewichtes werden dem Lehm Stoffe zugesetzt. Im Allgemeinen unterscheidet man zwischen mineralischen, organischen und künstlichen Zuschlagstoffen

#### 3.61 Mineralische Zuschlagstoffe:

Gegenüber organischen Stoffen haben mineralische den Vorteil, dass sie nicht verrotten können, also weniger feuchteanfällig sind. Auch sind mineralische Leichtlehme im allgem. druckfester, als organische. Mit mineralischen Leichtlehm lässt sich das geringste Schwindmaß erzielen. Nachteilig ist, dass mit Ausnahme des Bimses ein relativ hoher Energieeinsatz und teilweise chemische Zusätze zum Blähen benötigt werden. Als

Zuschlagstoffe kommen hier in Frage: Bims, Blähton, Blähschiefer, Blähglas sowie Blähperlite und – Lava.

Rohdichten von 500-1200 kg/m<sup>3</sup> sind bei mineralischen Leichtlehm üblich

Vereinzelt wird dem Lehm zur Erhöhung der Rohdichte schwere Zuschlagstoffe wie Basalt oder Granit zugefügt um die Wärmespeicherfähigkeit und den Schallschutz zu erhöhen.

### 3.62 Organische Zuschlagstoffe

Gegenüber mineralischen haben organische Leichtlehm den Vorteil des geringeren Primärenregieeinsatzes und der preiswerteren Beschaffung (mit Ausnahme des Blähkorks), nachteilig ist die Anfälligkeit für Feuchtigkeit und die geringere Druckfestigkeit gegenüber organischem Leichtlehm. Es lassen sich Rohdichten von unter 300 kg/m<sup>3</sup> erreichen, wodurch sich bessere Wärmedämmeigenschaften erzielen lassen als mit mineralischem Leichtlehm.

Folgende organische Leichtlehm finden Anwendung:

- **Strohleichtlehm** wird aus einer Mischung aus gehäckselt Stroh und Lehm hergestellt. Bei Rohdichten über 1200 kg/m<sup>3</sup> spricht man von Strohlehm, bei Dichten unter 1200 kg/m<sup>3</sup> von Strohleichtlehm. Es sind Rohdichten um 300 kg/m<sup>3</sup> erreichbar, jedoch entstehen unter 500 kg/m<sup>3</sup> leicht Fäulnis und Schimmelbildung in der Wand. Diese Gefahr ist auch bei schwereren Konstruktionen latent vorhanden, wenn diese nicht einwandfrei ausgeführt sind oder sich durch Schäden in der Außenhülle Wasser einlagern kann.
- **Holzleichtlehm** besteht aus Holzhackschnitzeln und Lehm. Es sind Rohdichten von 700 kg/m<sup>3</sup> erreichbar. Die Wärmedämmeigenschaften sind eher bescheiden. Das Holz in den, auf dem deutschen Markt angebotenen Produkten, kommt meist aus Skandinavien und wird aus ganzen Bäumen hergestellt, sodass der Energieaufwand für Transport und Herstellung etwa dem von Blähtonleichtlehm entspricht, wobei sich mit Blähton bessere Wärmedämm- und festigkeitswerte erzielen lassen.
- **Kork Leichtlehm**, bei dem expandierter Kork verwendet wird, weist sehr hohe Dämmwerte und geringe Rohdichten (unter 300 kg/m<sup>3</sup>) auf, ist aber sehr teuer und wenig fest.

### 3.62 Künstliche Zuschlagstoffe

Vereinzelt wird auch mit Zusätzen aus EPS (expandiertes Polystyrol) oder PUR (Polyurethan) Schaum verwendet. Jedoch entsprechen diese Stoffe der petrochemischen Industrie nicht der „Art“ des Baustoffes Lehm und werden von den meisten Lehmbauern daher abgelehnt.

## 4. Lehm im Fachwerkbau

In Fachwerkbauten wird Lehm hauptsächlich zur Ausfachung von Wänden und Decken genutzt. In dieser Arbeit wird vorwiegend die Ausfachung der Wände thematisiert.

### 4.1 Das Gefach

Als Gefache bezeichnet man im Fachwerkbau den Raum zwischen den tragenden Elementen. Dieser kann auf unterschiedliche Weise und mit unterschiedlichen Materialien geschlossen werden.

Trotz großer Bemühungen ist es bis heute nicht gelungen, Gefache dicht zu bekommen. Problemzone Nummer eins ist hier der Anschluss Gefach/Tragkonstruktion. Da nun das Eindringen von Wasser nicht dauerhaft verhindert werden kann, muss dafür gesorgt werden, dass einmal eingedrungenes Wasser ungehindert wieder abfließen, bzw. ausdiffundieren kann.



Beachtet man diese vom Prinzip her simple Regel, steht der Haltbarkeit des Fachwerks ein Problem weniger im Weg.

Der Anschluss zum Gefach sollte nicht nur möglichst dicht, sondern muss auch kraftschlüssig sein. Dabei wird bei der Ausfachung mit Staken, Spellern oder Wellern das tragende Holz eingekerbt und die angespitzten Stakhölzer eingeklemmt.

Bei Ausmauerungen werden an den Tragholzern Leisten angebracht, ungebrannte Lehmsteine entsprechend ausgekerbt, damit der Stein diese Leiste kraftschlüssig umschließt.

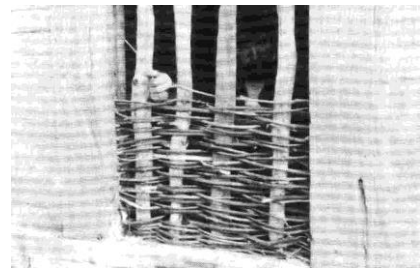
Das Einbringen von Staken, mit oder ohne zusätzlichem Geflecht jeglicher Art, nennt man auch Auszäunen

#### 4.1.1 Ausfachungsarten

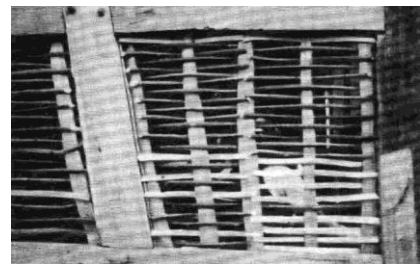
**4.1.1.1 Enge Stakung ohne Geflecht:** Von Eichenholzscheiten werden mittels Spaltäxten und -keilen Staken oder Spaller abgespalten. Diese werden zugebeilt um ihnen die scharfe Kante zu nehmen, abgelängt, an beiden Seiten angespitzt und in die Nuten des Gefaches geklemmt. Dies hier mit geringem Abstand. Ist das Gefach solchermaßen vorbereitet, wird es mit Strohlehm beidseitig beworfen und anschließend mit der Hand oder einer Kelle bündig zum Rand der Traghölzer geglättet.



4.1.1.2 **Stakung mit Geflecht** Die Spaller werden entsprechend 4.1.1.1 hergestellt und eingepasst, nur in weiterem Abstand. Bis 1 m Gefachlänge benutzte man 3 Spaller, bei größeren 5. Zwischen die Spaller werden nun bis 2 cm starke Ruten aus Weide, Esche oder Haselstrauch gewunden. Über Nuten greifen die Ruten in die tragende Konstruktion ein und stellen so den Kraftschluss an den Seiten sicher. Wie zuvor beschrieben wird das Flechtwerk mit Lehm beworfen. An bestimmten Stellen in der Fassade wurde das Geflecht enger gemacht und auf den Lehmwurf verzichtet. So wurden kleintiersichere Lüftungsöffnungen geschaffen.



4.1.1.3 **Stakung mit Sprickeln.** Die Technik ist im Wesentlichen dieselbe wie bei 4.1.1.2, jedoch werden keine Ruten verwendet, sondern gespaltene Hölzer, die zwischen jeweils 3 Staken verklemmt und anschließend mit Lehm beworfen.



4.1.1.4 **Stakung mit Strohseilen:** Diese Technik wurde wohl ursprünglich nur eingesetzt, wenn das Flechtwerk sichtbar bleiben sollte, da das Flechten der Strohseile extrem aufwendig ist.



4.1.1.5 **Lehmweller:** Auch die Herstellung der Gefache in dieser Technik ist sehr aufwendig. Langstroh wird in einen Bottich mit Lehmschlämme getaucht, anschließend auf einer Arbeitsfläche ausgelegt und um einen Staken gewickelt. Nach dem Antrocknen wurden die Staken wie beim Flechtgefach in den Nuten der Gefache verklemmt. Diese Technik wurde auch häufig zur Ausbildung von Decken eingesetzt. Auch bei dieser Technik wurden die Gefache bis zur Kante der Traghölzer aufgefüllt und geglättet

4.1.1.6 **Ausmauerung mit Natursteinen** wurden mit Feld-, Bruch- und behauenen Steinen vorgenommen. Die Steine wurden mit Lehm vermauert. Auch der Anschluss zum Gefach erfolgte mit Lehm.

4.1.1.7 **Ausmauerung mit gebrannten Ziegeln.** Es wurden handgeformte, nicht zu hart gebrannte Ziegel verwendet. Es wurde mit Lehm verfugt. Die Fugen zum Gefach wurden unvermörtelt gelassen, so konnte eingedrungenes Wasser leicht wieder entweichen.



4.1.1.8 **Ausfachung mit ungebrannten Ziegeln.** Die Technik zur Ausmauerung ist die gleiche wie bei den gebrannten Steinen, nur dass auch die

Anschlussfuge zu den Traghölzern ausgemörtelt wird. Es werden sowohl Grünlinge, als auch Leichtlehm- bzw. Strohlehmsteine verwendet. Dieses Verfahren bietet mehrere Vorteile: Zum einen geht der Bau schneller vonstatten, wenn die Lehmsteine bereits vorhanden sind, auch die Trocknungszeit ist geringer, zum Anderen tritt so gut wie keine Schwindung auf.

#### 4.1.2 Nachbehandlung beworfener Gefache

Alle beworfenen Gefache, unabhängig von der Konstruktion des Bewurfgerüsts müssen nachbehandelt werden.

Durch das Schwinden des Lehms während der Austrocknung bilden sich einerseits Risse im gesamten Gefach, besonders an den Anschlussstellen zum Tragholz, andererseits wird der Durchmesser der Lehmpackung geringer, sodass die Gefachfüllung nicht mehr mit der Tragkonstruktion abschließt.

Die entstandenen Spalten zum Tragholz werden mit Lehm sorgfältig ausgestopft, Risse in der Fläche bis 5 mm Breite und 20 mm Tiefe können ohne weitere Behandlung überputzt werden. Die gesamte Fläche des Gefaches wird so überputzt, dass die Oberfläche wieder bündig zu der Tragkonstruktion ist.

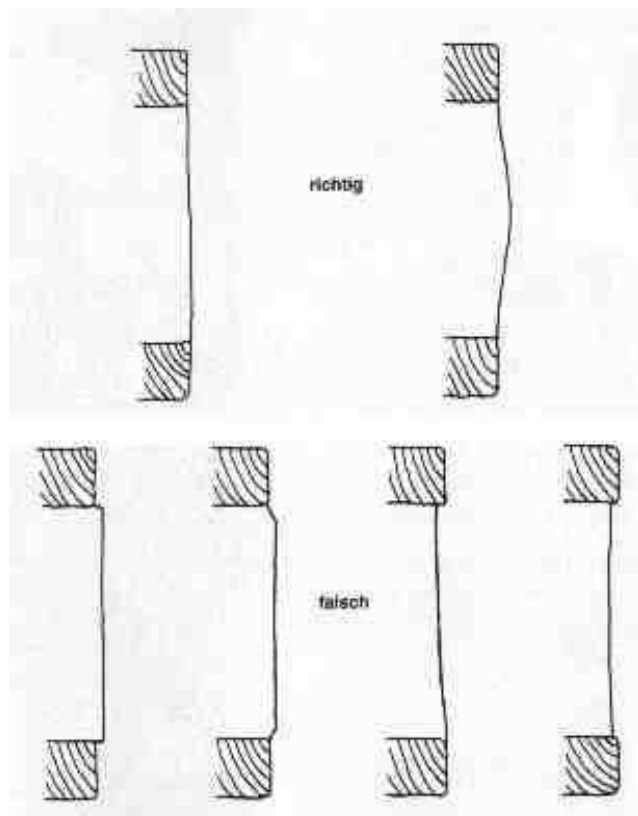
#### 4.2 Putz

Der Putz auf der Außenseite hat in erster Linie die Aufgabe, den Lehm vor Abwitterung zu schützen. Folglich muss dieser wetterfester als der Lehm selber sein. Außerdem ist es wichtig, dass der Putz elastisch genug ist, die Bewegungen des Gefaches, wie auch des ganzen Gebäudes mitzumachen.

Auf der Innenseite kommt es mehr auf die optische Wirkung als auf die Wetterfestigkeit an, auch hier muss das Material elastisch genug sein. Bei Lehm- und Kalkputzen ist es zumindest im Unterputz sinnvoll, zur Armierung Haare oder Borsten unterzumischen.

In beiden Fällen ist es von unbedingter Notwendigkeit, dass die bauphysikalischen Eigenschaften des Putzes und des Lehmes im Gefach zusammenpassen, d.h. vor allem, dass der Dampfdruckwiderstand der einzelnen Schichten von innen nach außen abnehmen sollte.

Ebenfalls wichtig ist, dass der Putz plan mit den Balken der Konstruktion abschließt. So wird z.B. eine Stauwasserbildung vermieden.



### **4.2.1 Kalk**

Vorteil des Kalks gegenüber dem Lehm ist seine deutlich höhere Witterungsbeständigkeit. Den Anforderungen des geringen Dampfwiderstandes wird er gerecht.

Nachteilig ist, dass Kalk keine chemische Verbindung mit Lehm eingeht, es also einer mechanischen Aufhängung, bzw. eines Putzträgers bedarf, um den Putz auf dem Untergrund zu halten. Es wird Sumpfkalk oder Löschkalk eingesetzt. Um ein langsames und damit saubereres Abbinden des Kalkes zu erreichen, wird der Mischung Magerquark oder Heringslake zugesetzt

### **4.2.2 Lehm**

Lehmputz ist mit weniger Material und Arbeitsaufwand herzustellen, aber weniger haltbar. Ein weiterer Vorteil ist der Wegfall des Putzträgers, da der Lehmputz auf der Lehmwand gut hält. Allgemein lässt sich sagen, dass die Vorteile eines Lehmputzes mit Kalkanstrich auch an Außenwänden, außer auf der Wetterseite überwiegen. Zur Verbesserung der Haft- und Witterungseigenschaften wird dem Lehm Kuhdung zugesetzt.

### **4.2.3 Anstriche**

Auch hier muss der Forderung nachgekommen werden, den Dampfwiderstand so gering wie möglich zu halten. Latex-, Kunststoff- oder Dispersionsfarben sind völlig ungeeignet. Auch hier sollte auf alt bewehrtes zurückgegriffen werden:

Zunächst wurde die Wand mit einem Kalk-Kasein-Leim aus 5 teilen Magerquark und einem Teil Sumpfkalk, dann mit Kalk- Kaseinleim- Farbe aus einem Teil Kaseinleim, 4 Teilen Kalk, oder kalkechten Pigmenten und 2-5% Speiseöl od. Leinölfirnis gestrichen. Bei neuen Lehmwänden kann auf die Grundierung verzichtet werden.

## **5. Schäden**

Schäden entstehen meist im Laufe der Zeit durch die Bewitterung oder aber durch unsachgemäßen Umgang mit der Bausubstanz.

Es ist natürlich generell am sinnvollsten durch regelmäßige „Wartung“ des Gebäudes Schäden erst gar nicht entstehen zu lassen. So nimmt die Pflege der Gebäude einen hohen Stellenwert ein. Zu dieser gehören die regelmäßigen Anstriche der Gefache und die Beseitigung kleinerer Schäden wie Risse oder Auswaschungen mit Reperaturlehm. Ein Fachwerkhaus, welches gut und regelmäßig gepflegt wird, wird problemlos die Jahrhunderte überdauern.

So sind auch die meisten größeren Schäden zunächst auf mangelnde Pflege zurückzuführen. Durch gravierende Fehler bei der Sanierung ist schon manches Fachwerkhaus zu Grunde gerichtet worden. Unsachgemäß wurden „moderne“, industrielle Baustoffe wie Beton, Zement und Kunststoffe eingesetzt, die durch ihren hohen Dampfdiffusionswiderstand oder unsachgemäßen Einbau das Eindringen von Wasser förderten, oder/und die Austrocknung der Bauteile verhinderten, sodass Fäulnis, Insekten und Pilze Holz, welches Jahrhunderte lang gehalten hatte, in wenigen Jahren in Torf verwandelten.

Die gleiche Gefahr geht natürlich von Wasser aus dem Inneren in Form von Dampf aus, welcher an kalten Flächen kondensiert. Solche Situationen entstehen z.B. bei unsachgemäß eingebauter Innendämmung.

Um Gefache dicht zu bekommen, dichtete man z.B. in den vergangenen Jahren den Gefachanschluss mit dauerelastischer Dichtmasse ab. Schon bald jedoch drang Wasser ein und konnte nicht mehr entweichen. Das war dauerhaft feucht und fing an zu faulen.

## 6. Sanierung

Heute geht man davon aus, dass es am besten ist, Reparaturen mit dem ursprünglichen Material durchzuführen und dabei die Nachteile desselben in Kauf zu nehmen. Ebenfalls gilt der Leitsatz, alte Substanz in möglichst großem Umfang zu erhalten.

### 6.1 Schadensanalyse

Vor Beginn der eigentlichen Sanierungsmaßnahmen steht die Analyse des Bauwerks und der Schäden. Der Bestand wird aufgenommen und registriert, um eine Entscheidungsgrundlage zu bilden. Auch ist diese Analyse Voraussetzung zur Beantragung von Fördergeldern im Rahmen des Denkmalschutzgesetzes.

Aufgrund der Analyse wird entschieden, was und wie repariert wird, bzw. was repariert werden kann und was ausgetauscht werden muss.

### 6.2 Reparaturen am Fachwerkgerüst

... sind immer zuerst durchzuführen. Einerseits, um evtl. die Standfestigkeit des Gebäudes sicherzustellen, andererseits, weil beim Austausch ganzer oder Teile von Balken die Gefache in Mitleidenschaft gezogen werden. Auch hier gilt der Grundsatz: wenn möglich reparieren und nicht tauschen. Zum Austausch und Reparatur sollte altes Holz verwendet werden, natürlich der gleichen Holzart, da dies in seinem Verhalten bezüglich Dehnung, Schwinden, Kriechen den ursprünglichen Teilen am meisten entspricht. Die Reparaturverbindungen werden zimmermannsmäßig ausgeführt.

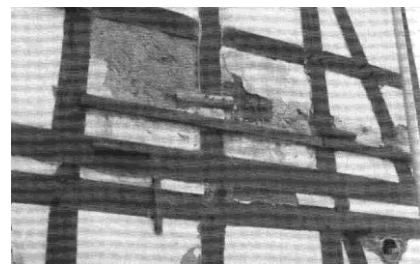
### 6.3 Reparaturen am Gefach

#### 6.3.1 Auszäunung noch intakt

Wenn das Flechtwerk noch mit Lehm überdeckt ist, kann davon ausgegangen werden, dass es intakt ist. Bei freiliegendem Flechtwerk ist der Zustand durch Sichtprüfung einfach festzustellen. Ist das Geflecht noch intakt, werden unabhängig vom Schadensumfang zunächst lose Teile mittels Hammer oder Drahtbürste entfernt. Zur besseren Haftung des Reparaturmaterials am Altmaterial ist eine raue Oberfläche desselben wichtig.

Ist diese Eigenschaft nicht schon durch das Entfernen der losen Teile hergestellt, wird mit der Metallbürste nachgearbeitet.

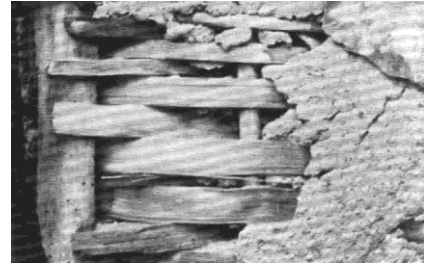
Tiefe Risse werden, um das Eindringen der Reparaturmasse zu erleichtern, auf ca. 5 mm erweitert. Die Oberfläche des Lehmes wird nun angefeuchtet,



damit sie wieder plastisch wird und sich besser mit dem neuen Material verbindet.

Je nach Schadensumfang wird nun ein neuer Verputz, bzw. eine neue Strohlehmschicht aufgebracht.

Handelt es sich um leichte Schäden im Bereich des Gefachanschlusses, werden die Risse wie beschrieben vergrößert, gewässert, wulstig mit Reparaturlehm aufgefüllt und mit einem Hammer oder Holzstempel verdichtet. Treten während des trocknungsprozesses wieder risse auf, kann problemlos nachverdichtet werden.

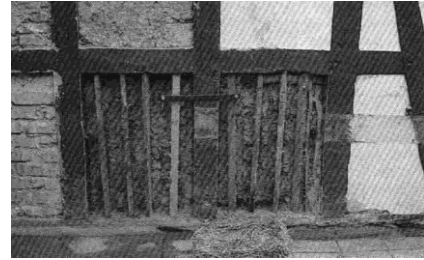


### 6.3.2 Auszäunung beschädigt

Ist auch die Auszäunung beschädigt, muss diese ganz oder in Teilen ausgebaut und erneuert werden. Dazu muss nicht zwangsläufig das ganze Gefach zerstört werden. Ist der Innenputz noch intakt, kann dieser erhalten bleiben. Dies ist möglich, da dieser Innenputz bis zu 8 cm stark ist.

Von außen wird zunächst der Lehm, dann das Geflecht und die Staken entfernt. Die hinter den Staken liegende innere Putzschicht wird aufgeraut und angefeuchtet.

Die neuen Staken werden mit einem Beil eingekerbt, um eine bessere Haftung des Lehms zu erreichen. Die Staken werden in das Gefach eingebracht, mit Lehm beworfen und verputzt. Hierzu kann das alte Material verwendet werden, wenn es zuvor durch einsumpfen wieder plastisch gemacht wurde.



## 6.4 Erhöhung der Wärmedämmung

Zur Erhöhung des Wärmedurchgangswiderstandes stehen grundsätzlich 3 Möglichkeiten zur Verfügung:

### 6.4.1 Ersetzen der Ausfachung durch besser Wärmedämmende Stoffe

Sind die Beschädigungen der Gefache so stark, oder wird kein Wert auf die Erhaltung und Reparatur derselben gelegt, kann das ursprüngliche Material durch neues ersetzt werden. Hierzu sind Leichtlehmsteine geeignet. Auch die Ausfachung mit anderen dämmenden Substanzen ist möglich, wenn entsprechende Dampfdurchlässigkeit und der Wasserabtransport gewährleistet ist. Allerdings sind mir dafür keine Beispiele bekannt

### 6.4.2 Außendämmung

Wenn kein Wert auf die Sichtbarkeit des Fachwerkes nach außen gelegt wird, ist eine Außendämmung eine gute und preiswerte Lösung.

Wichtig ist, dass das Dämmmaterial dampfdurchlässig ist. Aus diesem Grund scheiden Petrochemische

Dämmstoffe, ebenso wie Poren- oder Gasbeton und Hochlochziegel aus.

Eine Möglichkeit ist z.B. das Gebäude in einen Mantel aus Steinwolle einzuhüllen und mit einer hinterlüfteten Holzfassade zu bekleiden.

Auf diesem Wege können auch die Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2000 erfüllt werden.

Zwar wird der kapillare Wassertransport durch die Mineralwollschicht unterbrochen, aber da nur doch das Wasser aus dem Wasserdampf abgeleitet werden muss, ist dies vertretbar.

### 6.4.3 Innendämmung

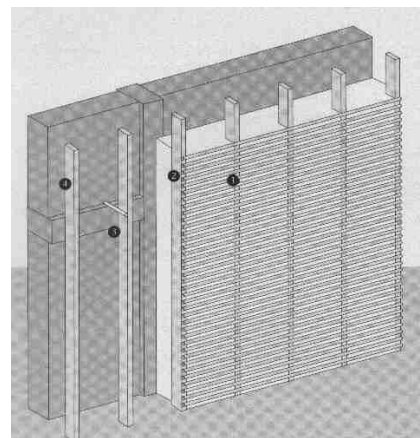
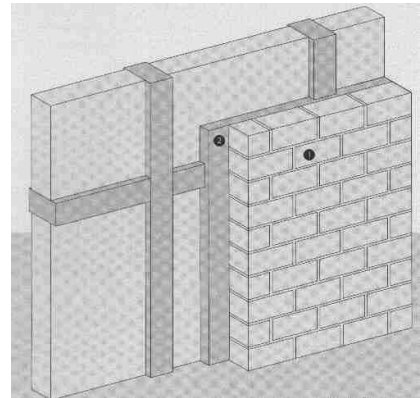
Auch für die Innendämmung gilt der Grundsatz der Dampfdiffusionsfähigkeit.

Folglich scheiden auch hier petrochemische Dämmstoffe und Poren- oder Gasbeton und Hochlochziegel aus. Ebenfalls als nicht verwendbar haben sich Mineralwolldämmungen erwiesen, da durch sie der kapillare Wassertransport unterbrochen wird und es auf der Innenseite der Außenhaut zu Kondenswasserbildung kommen kann.

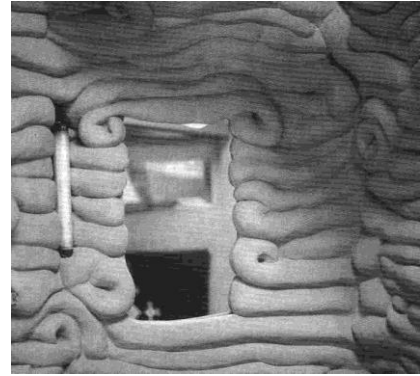
So bleibt nur das Einbringen einer Innenschale aus Leichtlehm, da dieser sowohl eine ausreichende Dampfdurchlässigkeit, wie die Möglichkeit des Kapillartransportes aufweist.

Diese Schale kann in verschiedenen Techniken ausgeführt werden. In allen Fällen ist ein Luftspalt, der den Kapillartransport unterbrechen würde, unbedingt zu vermeiden!

- **Leichtlehmsteine** aus Stroh-, Kork-, Holz- oder mineralischem Leichtlehm können verwendet werden. Die Steine werden untereinander und mit der Wand vermörtelt. Vorteil dieser Technik ist das schnelle Austrocknen, sowie der geringe Arbeitsaufwand (zum Vermauern) und die relativ saubere Verarbeitung.
- **Stampflehm:** Leichtlehm kann mit Hilfe von Schalungen eingebracht und verdichtet werden. Alle oben genannten Leichtzuschläge sind denkbar. Durch den geringen Wasseranteil trocknet auch eine solche Konstruktion recht schnell aus.
- **Lehmschüttung:** Es kann auch eine fließfähige Lehmschüttung aus mineralischem Leichtlehm in eine verlorene Schalung eingebracht werden. Hauptnachteil dieser Methode sind die sehr langen Austrocknungszeiten.



- **Andere Techniken** sind z.B. das von Minke vorgeschlagene Lehmschlauchverfahren oder der Bewurf mit Strohlehm (allerdings mit geringem Dämmeffekt) oder das Aufbringen eines mehrlagigen Dämmputzes aus Kork Leichtlehm.



## 7. Zusammenfassung

Abschließend kann gesagt werden, dass es aus heutiger Sicht am sinnvollsten erscheint, Sanierungen mit den originären Materialien durchzuführen und auf „moderne“ Baustoffe weitgehend zu verzichten, denn die „alten“ Techniken haben sich im Laufe von Jahrtausenden entwickelt und sind so optimal aufeinander abgestimmt. Wer in einem Fachwerkhaus lebt, sollte dieses als solches akzeptieren und nicht versuchen, es durch den Einsatz „moderner“ Materialien in ein Hi-Tec Gebäude zu verwandeln, denn dies richtet das Haus auf die Dauer zu Grunde.

## 8. Quellen

- Lenzner/Stein, Lehm Fachwerk, Verlag Rudolf Müller 1987
- Gernot Minke, Lehm-Bau-Handbuch, Ökobuch Verlag 3. Auflage 1997
- Firmenunterlagen Claytec Lehm-Bau Peter Beridenbach Viersen
- Firmenunterlagen Thilo Schneider Lehm-Baustoffe, Kleinfahner
- Firmenunterlagen EIWA Waldemar Eider, Biesterscheid
- Diverse Referate verschiedener Studeneten für das Fach Denkmalpflege am Fachbereich Architektur der Fachhochschule Darmstadt