

# In Balance - Das Feuchtesorptionsvermögen von Lehmbaustoffen

Dr.-Ing. Christof Ziegert

Die Verringerung der Luftwechselraten von Innenräumen aus Gründen der Energieeinsparung führt zu einer wachsenden Bedeutung der raum-hüllenden Bauteile für das Raumklima. Um die Raumluftfeuchte in einem behaglichen Bereich zu halten, sollten vor allem die oberflächennahen Wandbaustoffe veränderlich wirkende Einflüsse, wie Duschen, Kochen etc., durch zwischenzeitliche Wasserdampfspeicherung in ihren Auswirkungen wesentlich abschwächen. So kann überschüssige Feuchte zeitversetzt über die Raum- an die Außenluft abgegeben werden. Diese als Sorptionsvermögen bezeichnete Materialeigenschaft ersetzt nicht die Lüftung, sondern verbessert die hygrischen Bedingungen von Innenräumen vor allem bei geringem Luftwechsel. Das Wasserdampfsorptionsvermögen von Lehmbaustoffen übertrifft das anderer Baustoffe zum Teil erheblich. Ihr Einsatz ist deshalb aus raumklimatischer Sicht besonders positiv. Andere, die hygienischen Bedingungen und die Behaglichkeit in Räumen fördernde Kriterien scheinen im Schlepptau des starken Wasserdampfaustausch gleich mit geregelt zu werden: die Bindung von Gerüchen und Schadstoffen. Nutzerberichte sprechen hier eine sehr eindeutige Sprache; aus wissenschaftlicher Sicht gibt es noch zu wenige Untersuchungen, um diese These bestätigen zu können.

## Bauen mit Lehm

Zum Glück sind es nicht nur die inneren Werte, die das Bauen mit Lehm so attraktiv erscheinen lassen. Die Lichtreflektion eines farbigen Lehmputzes, die Schichtung einer Stampflehmwand sind Dinge, die Lust machen, sich von neutralen Bauteilen zu lösen und Lehmteile als gestaltende Konstruktion einzusetzen. Immer öfter erscheint Lehm, der lange Zeit als überkommener Rest der ländlichen Bautradition empfunden wurde, selbstbewusst und neuartig neben und in Kombination mit Beton, Stahl und Glas.

Inzwischen gibt es zahlreiche Hersteller, Händler, Verarbeiter und Planer, für die der Umgang mit Lehmstoffen zum alltäglichen Geschäft geworden ist. Der Grad der Vorfertigung und das Qualitätsniveau von Lehmstoffen hat das konventioneller Produkte erreicht: Trockenmörtel als Sack- und Siloware, Bauplatten und Plansteine.

Spezielle baustoffspezifische Produktformen wie erdfeuchte Fertigmischungen aus ungetrocknetem Gruben-

lehm (geliefert im "Big-Bag") vereinen den Anspruch an zeitgemäße Lieferformen mit dem, umweltgerechte Baustoffe herzustellen und zu verarbeiten.

Mit der 1998 erfolgten Aufnahme der Lehmregeln [1] in die beim Deutschen Institut für Bautechnik geführte Liste der Technischen Baubestimmungen und der anschließenden bauaufsichtlichen Einführung durch die meisten Bundesländer ist der Lehm eine anerkannte Bauart der Gegenwart. Neben der Anwendung von Lehmstoffen im nichttragenden Bereich werden in den Lehmregeln verbindliche Vorgaben für die Bemessung von tragenden Stampflehm- und Lehmsteinwänden getroffen. Die Bemessungsregeln beschränken sich auf den Geschossbau mit bis zu zwei Vollgeschossen und beruhen im Wesentlichen auf überlieferten Erfahrungswerten. So geben sie für tragende Lehmwände traditionelle Grenzwerte für Geschosshöhen, Wanddicken und Wandabstände an. Dem Entwurf und der Konstruktion von tragenden Lehmteilen sind damit noch verhältnismäßig enge geometrische Grenzen gesetzt, bei deren Überschreitung eine Zustimmung im Einzelfall notwendig wird. Die derzeit laufende Entwicklung von ingenieurwissenschaftlichen Bemessungskonzepten [2] und die auf eine bessere Materialkenntnis zielende Grundlagenforschung [3] werden die möglichen Anwendungsgebiete von tragenden Lehmteilen zukünftig ausweiten.

## Lehmputz

Die meisten Lehmstoffe werden heute in Form von Lehmputzen verbaut. Während in der Vergangenheit vor allem erdbraune Unter- und Oberputze zum Einsatz kamen, deren Oberflächen meist gestrichen wurden, werden heute immer häufiger farbige Lehmputzoberflächen als dekoratives Gestaltungselement verwendet. Das vielfältige Farbspektrum von Lehmfeinputzen wird durch die Verwendung verschiedenfarbiger Tone, Lehme und Sande erzielt. Pflanzliche Faserstoffe wie Strohhäcksel oder Flachsscheben beeinflussen ebenfalls die Optik der fertigen Oberfläche. Traditionell vor allem als Magerungsmittel eingesetzt, erhöhen diese Zusätze die Gefügestabilität und Elastizität des Putzes. Damit können Zwängungen infolge thermischer Beanspruchung, z.B. beim Einsatz einer Wandstrahlungsheizung, oder den gerade im Holzbau auftretenden Bewegungen des Untergrundes wesentlich besser kompensiert werden.

Lehmputze können mit moderner Putztechnik verarbeitet werden. Als Untergründe kommen praktisch alle konventionellen Baustoffe in Frage. Der Preis eines einlagigen Lehmputzes entspricht heute etwa dem eines Kalkputzes, während gestalterisch anspruchsvolle farbige Lehmputzoberflächen naturgemäß deutlich teurer sind.

Zur farblichen Gestaltung erdbrauner Lehmputze wurden bisher häufig Kasein- oder Silikatfarben eingesetzt. Heute können hier - aber auch auf konventionellen Untergründen - Lehmstreichputze aufgetragen werden. Lehmstreichputze sind grobkörnige Naturfarben, die mit der klassischen Malerbürste aufgetragen werden. Zur Verbesserung der Streichfähigkeit und der Bindung wird den verschiedenfarbigen Tonen und Sanden Zellulose beigemischt.

### **Lehm im Holzbau**

Lehmstoffe dienen im Holzbau vielfältig als ausfachendes und raumabschließendes Material. Während in der jüngeren Vergangenheit vor allem wärmedämmende und -speichernde einschalige Aufbauten aus Leichtlehm-mischungen ausgeführt wurden, sind die Funktionen Dämmen und Speichern heute aufgrund der gestiegenen Anforderungen an den Wärmeschutz zunehmend getrennt. Lehmstoffe werden hier in eine Gebäudehülle eingefügt, die alle Anforderungen hinsichtlich Tragfähigkeit, Wärmedämmung und Winddichtigkeit bereits erfüllt. Sie dienen im Wesentlichen der klimatischen Trägheit und erhöhen damit die Behaglichkeit. Die Anwendung reicht von einlagigen Putzen bis zur Ausbildung von Lehmsteininnenschalen. Zunehmend werden dabei die Lehmstoffe trocken verbaut. Richtwerte für die Kosten der zahlreichen unterschiedlichen Ausführungen aber auch alle anderen Techniken sind in [4] zusammengestellt.

### **Stampflehm**

Die Ausdruckskraft einer Stampflehmwand unterscheidet sich wesentlich von der anderer Wände. Stampflehm wird im erdfeuchten Zustand lagenweise in eine Schalung gestampft. Diese horizontalen Schichten sind später an der Oberfläche ablesbar, wodurch das Bauteil an den Schichtenaufbau von gewachsenen Böden erinnert; Materialität und Ausstrahlung vermitteln den Eindruck einer erdverbundenen Architektur, einer gebauten Geologie.

Als Ausgangsmaterial eignen sich steinige Lehme, die in ihrem Kornaufbau an Beton erinnern. Da selten geeignete Lehme als natürliches Gemisch anzutreffen sind, werden meistens bestimmte Korngrößen zugegeben. Wie bei den Putzen kann die Farbigkeit der Mischung durch den Einsatz verschiedener Tone, Lehme und Zuschläge variiert werden.

Sofern geschosshohe Schalungen eingesetzt werden, liegen die Dicken von Stampflehmwänden bei sechzig Zentimetern, da die Schalung zum Verdichten begehbar sein muss. Bei niedrigen Schalungsabschnitten reduzieren sich die Abmessungen auf die statisch erforderlichen Wändedicken - häufig dreißig bis vierzig Zentimeter.

Trotz weitgehender Mechanisierung und teilweiser Vorfertigung von Bauteilen ist der Stampflehm-bau immer noch sehr arbeitsintensiv. Die Kosten von retuschierten stampflehm-sichtigen Bauteilen liegt deshalb bei 250-500 EUR/m<sup>2</sup>. Dennoch entscheiden sich immer häufiger Bauherren für diese Bauart - zum einen wegen der raumklimatischen Vorteile, viel häufiger aber aus gestalterischen Gründen.

### **Lehmsteinbau**

Das Bauen mit ungebrannten Lehmsteinen als tragender Wandbaustoff ist eine der ältesten und heute noch verbreitetsten Bauarten überhaupt. Rein technisch bestehen im Vermauern von Lehmsteinen keine Unterschiede zu anderen Mauersteinen. Sofern die Lehmsteine über eine ausreichende Festigkeit verfügen, können neben einfachen Wänden auch andere aus dem Ziegelbau bekannten Bauteile aus Lehmsteinen errichtet werden, wie z.B. Stürze, Kappendecken oder Kuppeln.

Die Kosten für die Erstellung von nichttragenden und tragenden Lehmsteinwänden liegen etwas über denen von Ziegelwänden aber wesentlich unter denen von Stampflehmwänden. Der Lehmsteinbau ist damit die preiswerteste Bauweise für massive Bauteile aus Lehm.

### **Feuchtesorptionsvermögen von Lehmstoffen**

Die Luftfeuchtesorption von Baustoffen erfolgt im Wesentlichen durch Kondensationsvorgänge in den Kapillarporen und hängt damit vom Porenvolumen und der Porenraumverteilung ab. Gängige Wandbaustoffe und Putze unterscheiden sich dabei untereinander nicht signifikant. Damit bewegt sich auch das Sorptionsvermögen in bestimmten Grenzen.

Lehmstoffe verfügen neben dem kapillar bedingten Sorptionsvermögen über einen mineralogisch bedingten Sorptionsanteil. Zusätzlich zur Kapillarkondensation kann Luftfeuchte in der Kristallstruktur sogenannter quellfähiger Dreischichttonminerale gespeichert werden. Es gibt eine Vielzahl verschiedener Tonminerale, die sich in ihrem Aufbau und ihren Eigenschaften erheblich unterscheiden. Nur einige von ihnen weisen den hier gewünschten Aufbau mit der entsprechenden Eigenschaft auf. Ob und zu welchen Anteilen in einem Lehmstoff diese speziellen Tonminerale vorhanden sind, wird von den Herstellern von Lehmstoffen bisher selten kontrolliert oder gar bewusst gesteuert, das tatsächliche Sorptionsvermögen kaum gemessen.

Die das außergewöhnliche Sorptionsverhalten von Lehmstoffen bewirkenden quellfähigen Tonminerale haben jedoch - wie schon der Name sagt - auch eine unangenehme Eigenschaft: sie quellen bei Wasserzutritt stark auf und schwinden bei Wasserabgabe. Bei Materialfeuchteänderungen infolge Luftfeuchteschwankungen sind die Volumenänderungen unschädlich klein; problematischer ist das Schwinden von feucht eingebauten Lehmmischungen, z.B. Lehmputzen. Durch Beimengung von Zuschlägen wie Sand oder Fasern verringert sich das Schwindverhalten, leider aber auch der sorptionsaktive Anteil im Lehmstoff und damit das gewünschte Sorptionsvermögen. Eine typische Aufgabe der Materialoptimierung. Häufig wird jedoch nur darauf hingearbeitet, Risse zu vermeiden, da sie sichtbare Mängel darstellen. Das Sorptionsvermögen wird dagegen - weil nur aufwändig messbar - oft vernachlässigt. Eine herstellerunabhängige Untersuchung [5] von sieben am Markt stark vertretenen Lehmputzmischungen (Werkrockenmörtel als Sackware) zeigt, dass die meisten der ausgewählten Lehmputze Wasserdampf deutlich besser aufnehmen, als handelsübliche kalk-, gips- oder zementgebundene Putze. Untereinander weisen die untersuchten Lehmputze aber erhebliche Differenzen auf (Diagramm 1). Gegenüber den konventionellen Putzen werden 1,4- bis 3-fache Mengen an Luftfeuchte aufgenommen und bei sinkender Luftfeuchte wieder abgegeben.

Ändert sich die Luftfeuchte eines Raumes sprunghaft, weil innerhalb kurzer Zeit große Feuchtemengen freigesetzt werden, wie z.B. durch Duschen, ist weniger die Menge an Feuchte, die der Baustoff absolut aufnehmen kann entscheidend, als vielmehr die Geschwindigkeit der

Feuchteaufnahme. Auch hier schneiden die Lehmputze eindeutig besser ab, was im Diagramm 1 am steilen Anstieg der Sorptionsisothermen erkennbar ist.

Der Glaube an die raumklimatische Heilwirkung von Lehmstoffen treibt jedoch in letzter Zeit seltsame Blüten: schon der alleinige Auftrag einer Lehmfarbe oder ein 2 Millimeter dicker Lehmfeinputz, aufgetragen auf einem beliebigen Untergrund, soll das Raumklima nachhaltig verbessern. Diagramm 2 zeigt jedoch, dass die puffernde Wirkung eines Lehmfeinputzes isoliert betrachtet nur etwa eine Stunde anhält; die einer lediglich filmbildenden Lehmfarbe entsprechend weniger. Die üblichen täglichen Nutzungszyklen von Innenräumen und die damit verbundene meist einseitige Beeinflussung der Raumluftfeuchte dauern jedoch in der Regel zwischen 6 und 12 Stunden. Eine leistungsfähige Pufferung über diese Zeiträume wird nur durch Schichtdicken ab 1,5 Zentimetern erreicht. Sollen gar Schwankungen, die über tägliche Zyklen hinausgehen, wirkungsvoll gedämpft werden, empfiehlt es sich, mindestens zehn Zentimeter dicke Lehminnenschalen auszubilden. Die diesbezügliche Qualität einer Massivlehmwand von dreißig und mehr Zentimetern Dicke erklärt sich von selbst.

Die notwendige Abmagerung von feucht einzubauenden Lehmmischungen, ist bei Lehmstoffen, die trocken eingebaut werden, vermeidbar (z.B. bei Lehmsteinen und Lehmputzplatten). Im Werk können stark schwindende Mischungen nach der Formgebung zwangungsspannungsfrei ihr Volumen reduzieren und damit rissfrei bleiben. Das erklärt, warum Lehmsteine in der Regel eine noch höhere Wasserdampfaffinität aufweisen als beispielsweise Lehmputze und Stampflehm. Betrachtet man Räume von 25 m<sup>2</sup> Grundfläche und angenommen 45 m<sup>2</sup> Wandfläche und erhöht die relative Luftfeuchte wiederum von 50 auf 80 %, so nehmen die oberen 1,5 cm der Wand eines aus Sichtbeton erstellten oder mit kalk-, gips-, oder zementgebundenen Putzen ausgekleideten Raums in zwölf Stunden lediglich etwa ein Liter Wasser auf; in dem mit einem guten Lehmputz versehenen Raum werden etwa drei Liter absorbiert und bei Lehmsteinmauerwerk sind es sogar 5,5 Liter. Die luftfeuchtebedingte Änderung der Materialfeuchte führt nicht dazu, dass die Bauteile feucht erscheinen oder sich feucht anfühlen, -im Gegenteil, auch bei niedrigen Oberflächentemperaturen werden Kondensationsvorgänge vermieden. Nicht immer ist für die Innenraumgestaltung die materialspezifische

Farbigkeit von Lehmoberflächen gewünscht. Daraus ergibt sich die Frage, inwieweit Anstriche durch ihren eventuell höheren Diffusionswiderstand die Geschwindigkeit der Wasserdampfsorption des Lehmputzes verzögern. Die bei Lehmoberflächen oft angewendeten Kasein- und Silikatfarben reduzierten in der Untersuchung [5] die Geschwindigkeit der Aufnahme nur um bis zu fünf Prozent. Die bereits erwähnten Lehmstreichputze führen sogar zu einer geringfügigen Verbesserung der Sorptionswerte. Dagegen setzen vor allem die bei gängigen Innenwandfarben enthaltenen Polymerdispersionsanteile die ohnehin schon geringere Sorptionsgeschwindigkeit der üblicherweise eingesetzten kalk-, gips- und zementgebundenen Putze um weitere zwanzig Prozent herab.

Diagramm 3 zeigt zusammenfassend den Vergleich des Sorptionsverhaltens raumseitiger Schichtenaufbauten aus konventionellen Baustoffen und einiger im Lehmbau üblichen Aufbauten. Sämtliche lehmbasierenden Aufbauten verfügen danach gegenüber den meisten Konventionellen um ein etwa 3-faches Sorptionsvermögen. Daß sich die Schichtdicke der Lehm-Aufbauten in den Ergebnissen nicht wesentlich widerspiegelt, liegt an dem bereits in Diagramm 2 dargestellten Umstand, dass durch die im Versuch simulierten Tagesschwankungen der Raumluftfeuchte lediglich die oberen 1,5 - 2 cm einer Wand aktiviert werden. Interessant ist, dass ein 3 mm dünner Lehmputz auf einer Gipskartonplatte bereits eine 60 %-ige Verbesserung des Sorptionsvermögens gegenüber einer gespachtelten Gipskartonplatte bewirkt.

#### **In Balance**

Auch wenn anhand von Sorptionskurven nachgewiesen werden kann, dass Lehm wie kein anderer Baustoff in der Lage ist, raumklimatische Schwankungen zu puffern und damit für den Nutzer und das Bauwerk kritische Luftfeuchten vermieden werden können, fehlt bisher ein seriöser wissenschaftlicher Vergleich zwischen der raumklimatischen Qualität konventioneller und mit Lehm ummantelter Räume. Auf Initiative eines Lehmbaustoffherstellers soll dieser Aspekt in Zusammenarbeit mit einem führenden deutschen Raumklimainstitut umfassend untersucht werden. Bis hier Ergebnisse vorliegen, bleibt die klare Sprache der Nutzerberichte einziges und zugleich glaubhaftes Indiz für die Relevanz des Sorp-

tionsverhaltens von Wandbaustoffen. Wie jüngste Untersuchungen zeigen, sind die hervorragenden Eigenschaften von Lehmbaustoffen weder Zauberei noch Selbstläufer. Es liegt in der Verantwortlichkeit der Hersteller, diese und andere Eigenschaften ihrer Produkte zu optimieren, zu überwachen und das einzigartige Potential der natürlich vorkommenden Rohstoffe zu nutzen. Lehm verspricht: Balance und Spannung!

#### Weiterführende Literatur:

- G. Minke, Das neue Lehm-Bau-Handbuch, Stauf bei Freiburg 2002
- M. Rauch, Rammed earth - Lehm und Architektur, Basel 2001
- G. z. Nieden, C. Ziegert, Neue Lehm-Häuser international, Berlin 2002

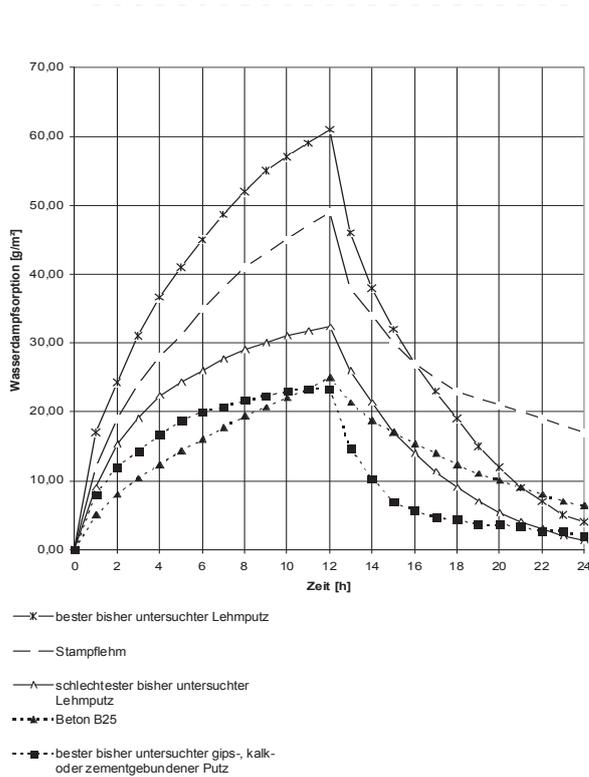
#### Literatur:

- [1] Dachverband Lehm e.V., Lehm-Bau-Regeln, Braunschweig/Wiesbaden 1999
- [2] K. Dierks, R. Stein, Ein Bemessungskonzept für tragende Stampflehmwände, in: KirchBauhof (Hrsg.), Moderner Lehm-Bau 2002, Stuttgart 2002
- [3] K. Dierks, C. Ziegert, Neue Untersuchungen zum Materialverhalten von Stampflehm, in: KirchBauhof, Moderner Lehm-Bau 2002, Stuttgart 2002
- [4] U. Dahlhaus, U. Kortlebe, Lehm-Bau 2001, Planungshandbuch, Aachen 2001
- [5] H. G. Holl, C. Ziegert, Unterschiede im Sorptionsverhalten von Werkrockenmörteln in: KirchBauhof, Moderner Lehm-Bau 2002, Stuttgart 2002

*Dr. Christof Ziegert promovierte im Jahr 2002 zum Thema Lehmwellerbau. Als Mitarbeiter der TU-Berlin führte er zahlreiche Studien zum Sorptionsverhalten von Lehm-Baustoffen durch und war u. a. bei Lehm-Wiederaufbauprojekten in Kabul/Afghanistan und in Mexico beratend tätig. Zur Zeit arbeitet er als Mitinhaber des Büros Ziegert Roswag Seiler, Architekten und Ingenieure, Schwerpunkt Neubau und Sanierung von Massivlehm-Bauten.*

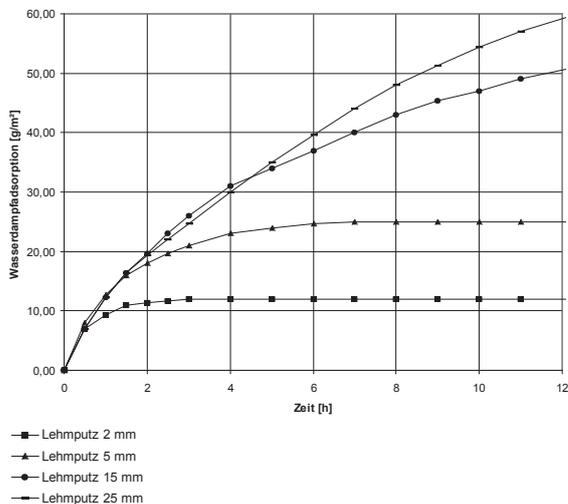
### Diagramm 1

Das Diagramm zeigt die unterschiedliche Reaktion von verschiedenen Materialien auf Schwankungen der relativen Feuchte (Sorptionsvermögen). Im Versuch wurde die relative Feuchte bei gleichbleibender Temperatur kurzfristig von 50 auf 80 % RLF erhöht (Feuchtesprung) und nach 12 Stunden wieder auf 50 % abgesenkt.



### Diagramm 2

Diagramm 2 zeigt den Einfluss der Dicke auf die Wasserdampfsorption eines Lehmputzes nach kurzfristiger Erhöhung der relativen Luftfeuchte von 50 auf 80 %.



### Diagramm 3

Das Diagramm zeigt zusammenfassend den Vergleich des Sorptionsverhaltens raumseitiger Schichtenaufbauten aus konventionellen Baustoffen und einiger im Lehmputz üblichen Aufbauten. Wie bei dem unter Diagramm 1 abgebildeten Versuch wurde die relative Feuchte bei gleichbleibender Temperatur kurzfristig von 50 auf 80 % RLF erhöht (Feuchtesprung) und nach 12 Stunden wieder auf 50 % abgesenkt.

