

Lehm - feucht oder trocken?

Lehmstoffe und Raumklima

Franz Volhard

Lehm ist ein moderner Baustoff mit hervorragenden Eigenschaften. Ein millionenfacher Bestand an gut erhaltenen Lehm- und Lehmfachwerkbauten beweist, dass Feuchte- oder Wasserempfindlichkeit mit üblichen Mitteln bewältigbar sind, auch in unseren regenreichen Breiten. Dach und Außenputz genügen. Lehm ist nur einmal naß oder feucht - nämlich wenn er mit Wasser zum Baustoff aufbereitet wird. Einmal getrocknet, ist der Baustoff für den Gebrauch genügend fest und dauerhaft. Die Besonderheit von Lehm gegenüber anderen Baustoffen ist, zur Herstellung eines dauerhaften und stabilen Bauproduktes nur Wasser, Luft und wenig Energie zu benötigen und jederzeit ebenso leicht veränderbar und wiederverwendbar zu sein. Dies macht ihn zu einem wirklich nachhaltig einsetzbaren Baustoff.

Positiv wirkende Feuchteigenschaften von Lehm sind weniger in raumklimatischen Befeuchtungs- oder Ausgleichseffekten zu sehen, sondern eher darin, durch Trockenhaltung der Konstruktion zu einem gesunden Raumklima beizutragen. Als eingebauter Baustoff ist Lehm sehr trocken und das ist seine Qualität.

Ausgangspunkte

Schon sehr früh beschäftigte sich die Bauphysik mit der hygroskopischen Feuchteaufnahme. Bereits 1960 demonstriert Künzel [1] die dämpfende Wirkung sorptionsfähiger Raumumschließungsflächen: In zwei unmöblierten Versuchsräumen, in denen 200 ml Wasser innerhalb 1/2 Stunde verdampfen, steigt die relative Feuchte der Luft (r.F.) bei mit Ölfarbe gestrichenen Putzflächen für kurze Zeit bis auf 75 Prozent, bei unbehandelten Kalkputzflächen jedoch nur bis auf 58 Prozent. Sorptionsfähige Innenausbaustoffe, aber auch Ausstattungselemente können produzierte Feuchte auf längere Zeit verteilen, Feuchtespitzen dämpfen, Schweißwasserbildung puffern.

Feuchtepufferung ersetzt aber keinesfalls die notwendige Wohnungslüftung, ermöglicht nur zeitversetzt zu lüften. Nicht nur Wohnfeuchte, sondern Staub, Gerüche und Schadstoffe sind abzuführen, gefährliche Schadstoffe sind meist geruchlos und nicht wahrnehmbar (Kohlendioxid, Gase und Dämpfe aus Materialien, Mikroorganismen, Radongas).

Wenn produzierte Feuchte nicht genügend abgelüftet wird, können Bauteile durchfeuchten und schimmeln. Da heute energiebewußt wenig oder überhaupt nicht mehr gelüftet wird - und dies bei verbesserter Luftdichtigkeit - konstatiert man eine Zunahme von Bauschäden, Schimmelbildung und Schadstoffbelastung in Innenräumen [2].

Aus wohnphysiologischer Sicht gilt ein Mindestniveau an Luftfeuchte als wünschenswert und gesundheitsfördernd. Weniger als 40 Prozent r.F. werden von den meisten Befragten als "zu trocken" empfunden und bei weniger als 30 Prozent r.F. begünstigen nach Grandjean ausgetrocknete Schleimhäute Erkältungskrankheiten [3]. Der Schwankungsbereich sollte sich nach allgemeiner Auffassung zwischen 40 und 60 Prozent bewegen. Die Baubiologie griff diese Erkenntnisse früh auf. In hygroskopischen und diffusionsoffenen Stoffen sah man willkommene bauliche Mittel, Feuchteschwankungen zu dämpfen, allerdings mit dem neuen Gedanken, dass sie auch das Niveau der Luftfeuchte erhöhen könnten, da weniger Wasserdampf beim Lüften entweicht [4]. Einen Teil der Wohnfeuchte würden Baustoffe und Ausstattung aufnehmen und nach dem Lüften dem Raum gesundheitsfördernd wieder zurückgeben.

Diese Gedanken wurden in Veröffentlichungen zu gesundem Bauen gerne aufgenommen und entsprechende Baustoffeigenschaften hervorgehoben, besonders die von Lehm. Mit Lehm verbinden sich immer schon Vorstellungen von Feuchte und Feuchtespeicherung, erstaunlich aber angesichts

der Tatsache, daß eingebaute Lehmbaustoffe ungefähr 100 mal trockener sind als feuchter bildsamer Lehm auf dem Acker. Inzwischen scheint eine besondere Sorptionsfähigkeit von Lehm erwiesen. Durch die Fähigkeit, Luftfeuchte aufzunehmen und abzugeben, sei Lehm mehr als andere Baustoffe in der Lage, Gesundheit und Raumklima positiv zu beeinflussen. Nicht nur Feuchteschwankungen würden ausgeglichen, es sei auch ein natürlicher Raumluftbefeuchtungseffekt bei zu trockener Heizungsluft festzustellen. Messungen in Lehmhäusern bestätigten ein gleichbleibend höheres Feuchteniveau, das von Nutzern auch geschätzt würde. Neue Untersuchungen und Simulationen [5] gehen der Frage nach, ob z.B. sorptionsfähige Lehmputze mehr als andere Putze zu einem behaglichen Raumklima beitragen. Leider werden bei solchen Untersuchungen andere mitbestimmende Faktoren wie z.B. Ausstattung, Nutzerverhalten usw. wegen der Komplexität nicht immer mitberücksichtigt, so dass die Ergebnisse zwar auf die untersuchten Baustoffe zutreffen, sich jedoch in der Nutzungsrealität nicht unbedingt einstellen müssen.

Es stellt sich die Frage, welche praktische Bedeutung Sorptionsfähigkeit unter realen Wohnbedingungen allgemein hat, und speziell, ob und wie sich Lehmbaustoffe hier besonders auswirken. Laboruntersuchungen und Simulationsmodelle sollen im folgenden kritisch gewürdigt und Messungen in bewohnten Häusern gegenübergestellt werden.

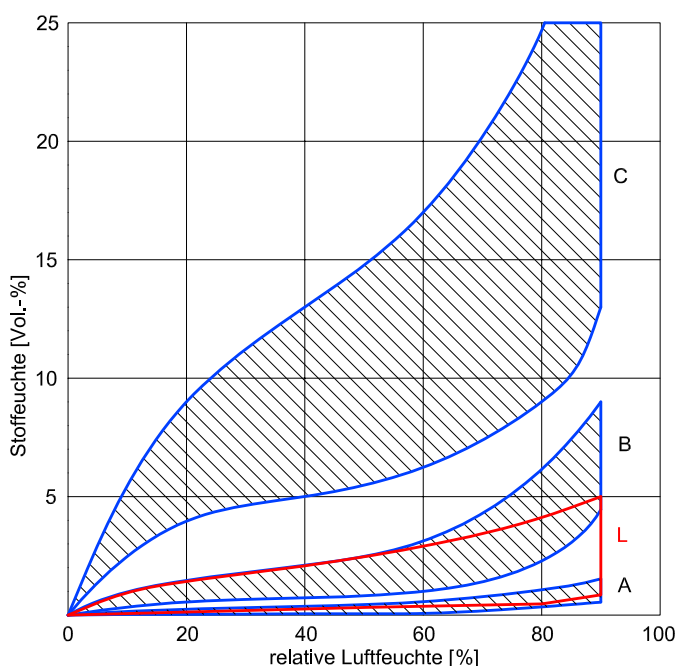


Abb.1 Bereiche der Sorptionsfeuchte von verschiedenen Stoffgruppen in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte bei 20°C
 A Ziegel, Gips [8]
 B Normalbeton, Leichtbeton, Porenbeton, Kalksandstein [8]
 C Holz, Papier, organische Faserstoffe (Wolle, Seide, Leinen) [8]
 Anmerkung:
 L Lehmbaustoffe nach Abb.2
 in A einzuordnen: Putze (Lehm, Kalk, Gips)
 in B teilweise einzuordnen: Sonstige Lehmbaustoffe

Grenzen der Gleichgewichtsfeuchte

Sorbieren bedeutet lateinisch "in sich ziehen", "aufnehmen". Wasserdampf dringt durch Diffusion in den Baustoff ein und lagert sich an der inneren Porenoberfläche an, wenn die Raumluftfeuchte höher ist als die jeweilige Gleichgewichtsfeuchte des Stoffes, d.h. mit einer bestimmten relativen Feuchte der Umgebungsluft stellt sich eine bestimmte Gleichgewichtsfeuchte ein. Bei umgekehrtem Feuchtegefälle lösen sich Wassermoleküle wieder von der inneren Oberfläche und diffundieren zurück in die Raumluft [6]. Die Gleichgewichts- oder auch Sorptionsfeuchte eines Stoffes ist in einer Sorptionsisotherme darstellbar (s. Abb. 1-3). Für den Vergleich verschiedener Baustoffe interessiert die in der Baustoffschicht enthaltene volumenbezogene Feuchte, kaum aussagekräftig sind bei unterschiedlichen Rohdichten dagegen massebezogene Werte. Baustoffe unterscheiden sich erheblich in ihrer Sorptionsfeuchte (s. Abb. 1). Nicht hygroskopisch sind Glas, Steine, Sand, Keramik, Klinker, dichte Anstriche. Als schwach bis normal hygroskopisch gelten feinporige Stoffe wie Mauersteine, Mörtel, Putze, Beton (A+B). Manche feinporige Stoffe sind auffällig hygroskopisch. Dazu gehören Holz, Holzwerkstoffe, organische Faserstoffe, Holz- und Polstermöbel, Teppiche, Tapeten und die meisten Textilien (C) [7].

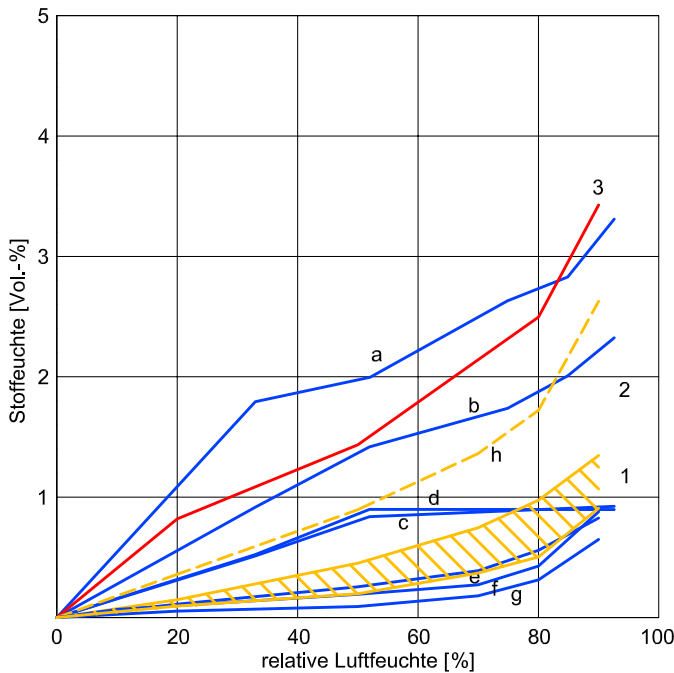


Abb.3 Bereiche der Sorptionsfeuchte von Lehmputzen im Vergleich

- 1 Durchschnittliche Lehmputzprodukte, 1850-1650 kg/m³ [15]
- 2 Kalkgips- und Gipsputze [15][16]
- 3 Baulehm für Lehmmauermörtel (noch ungemagert) 2050 kg/m³ [17]

- a Zementputz 1660 kg/m³ [16]
- b Kalk-Zementputz 1570 kg/m³ [16]
- c Gipsputz 850 kg/m³ [16]
- d Kalk-Gipsputz 1100 kg/m³ [16]
- e Kalk-Zementputz 1700 kg/m³ [15]
- f Gipsputz 1250 kg/m³ [15]
- g Kalk-Gipsputz 1150 kg/m³ [15]
- h Lehmputz 4 1550 kg/m³ mit besonders sorptionsfähigen Tonmineralen, Rißeignung [15]

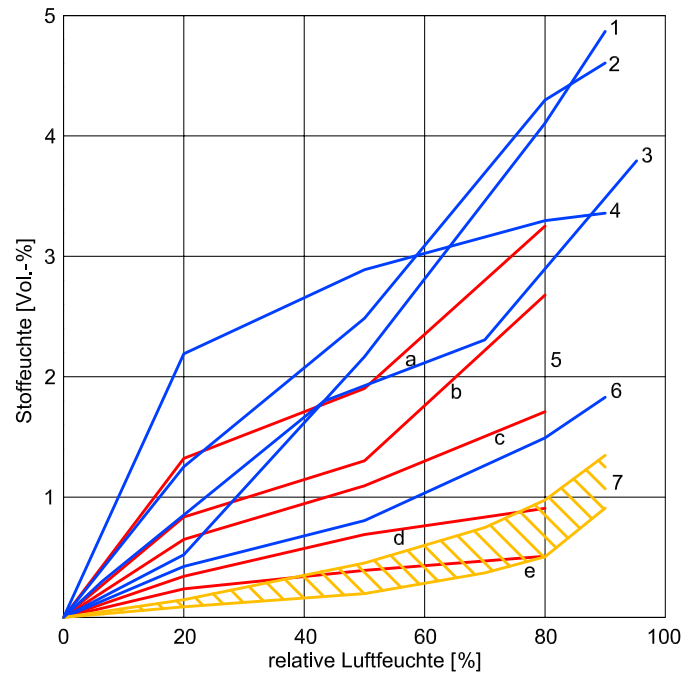


Abb.2 Bereiche der Sorptionsfeuchte von Lehmbaustoffen

- 1 Historischer Strohlehm, 1800 kg/m³ [9]
- 2 Historischer Lehmstein, Flamen 1760 kg/m³ [10]
- 3 Historischer Strohlehm, Belgien 1250 kg/m³ [11]
- 4 Historischer Strohlehm, 1640 kg/m³ [12]
- 5 Strohleichteilm, a 1200 kg/m³, b 850 kg/m³, c 450 kg/m³, Blähtonleichteilm, d 700 kg/m³, e 550 kg/m³ [13]
- 6 Historischer Wellerlehm, 1500 kg/m³ [14]
- 7 Lehmputze, 1850-1650 kg/m³ [15]

Lehmbaustoffe sind feinporige Mischungen aus Zuschlägen und Lehm. Die Anteile an unterschiedlich sorptionsfähigen Tonmineralen, organischen oder mineralischen Zuschlagstoffen bestimmen die Sorptionseigenschaften. Eine Kartierung publizierter Stoffwerte zeigt, dass Lehmbaustoffe den schwach bis normal hygroskopischen Stoffen zuzuordnen sind (s. Abb. 2). Putze sind bei hohem Anteil an nicht hygroskopischem Sand sehr trocken (s. Abb. 3).

Die Kurven verlaufen im normalen Bereich der Luftfeuchte von ca. 40 - 60 Prozent r.F. sehr flach, d.h. bei Feuchteschwankungen ist die Feuchteaufnahme entsprechend begrenzt. Hier bewegt sich die Gleichgewichtsfeuchte von z.B. Lehmputzen um ca. 0,2 Vol.-Prozent, d.h. weniger als ein Zehntel der Spannweite von Holz oder Faserstoffen, Textilien und Papier. Stroh- und Leichtlehme liegen bei ca. 1 Vol.-Prozent. In der Realität kann dieses Austauschpotential nur genutzt werden, wenn genügend Zeit zur Verfügung steht. Es kommt deshalb auch und vor allem auf die Geschwindigkeit der Austauschvorgänge an, auf die Sorptionsleistung.

Sorptionsleistung

Künzel entwickelte dazu einen einfachen Versuch. Eine Probenoberfläche wird einem definierten Feuchtesprung ausgesetzt, z.B. von 40 auf 80 Prozent relativer Feuchte bei 20 °C, und die Gewichtszunahme in diesem Klima ermittelt. Anfangs nehmen die Oberflächen mehr Feuchte auf als im späteren Verlauf, über mehrere Stunden kartiert steigt die Kurve anfangs steil an und verflacht dann, begründet durch eine abnehmende Aufnahmegeschwindigkeit von Luftfeuchte und flüssigem Wasser in Stoffen. Über der Wurzel der Zeit aufgetragen ergibt sich eine Gerade, deren Steigung den Wasserdampf-Absorptionskoeffizienten d [g/m²vh] darstellt [18]. Der Versuch

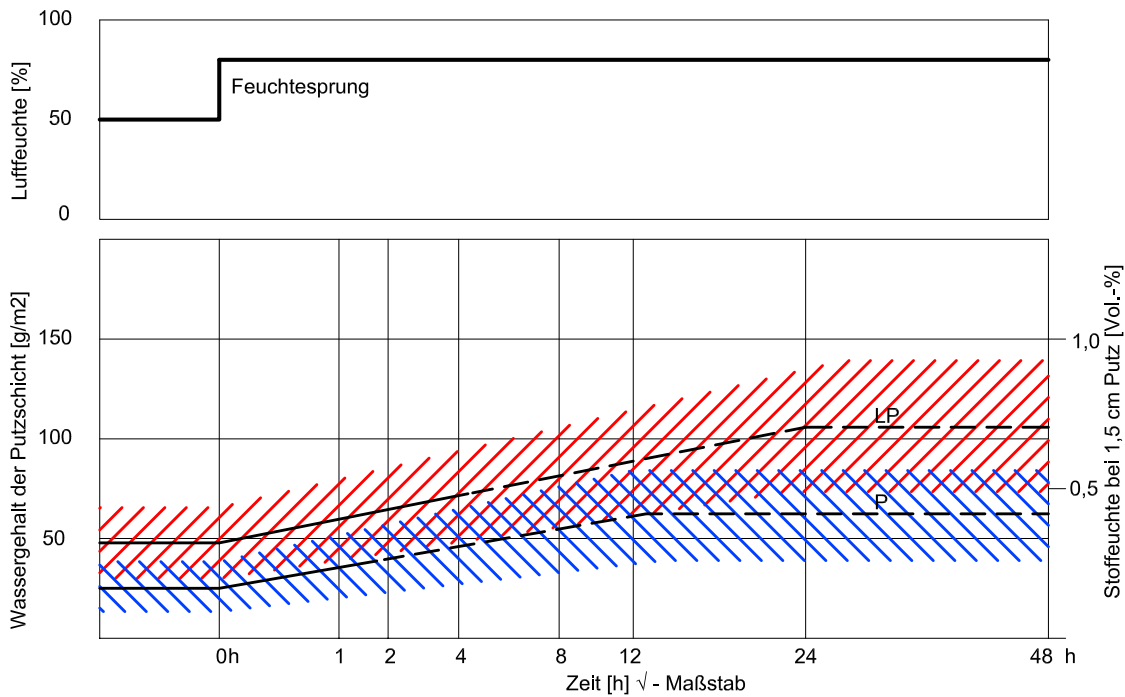
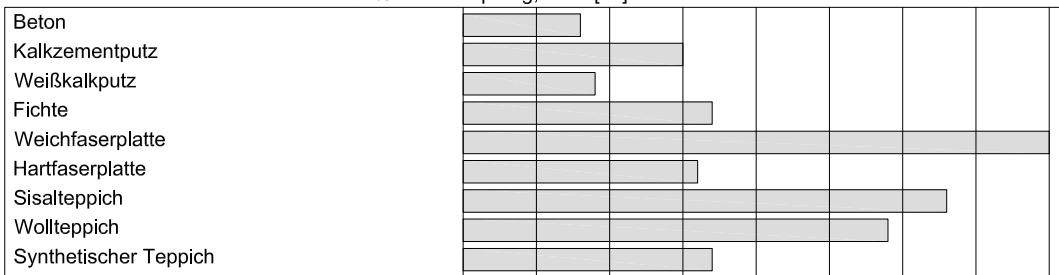


Abb.4 Wasserdampfabsorption von Innenputzen nach Erhöhung der Umgebungsfeuchte von 50 auf 80% r.F. bei 20 °C (Feuchtesprungversuch)
 Grafische Auswertung der in [15] ermittelten Sorptionswerte von unbehandelten Putzschichten d=15mm
 LP durchschnittliche Lehmputze, Mittelwert
 P andere Putze (Kalkzement, Gips, Kalkgips), Mittelwert
 Durchgezogene Linie: Sorptionsfeuchte im normalen Bereich von 50-65% r.F.

Feuchteaufnahme 1 Stunde nach 40-80% Feuchtesprung, nach [18]



Feuchteaufnahme 1 Stunde nach 50-80% Feuchtesprung

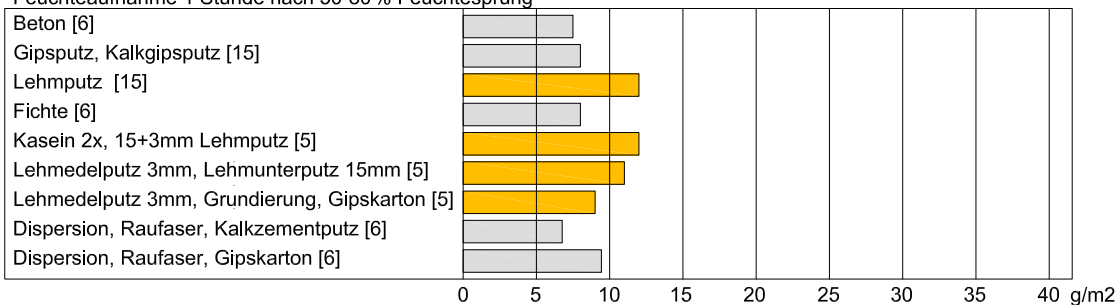


Abb.5 Feuchteaufnahme von Baustoffen und Bauteilen in g/m² nach 1 Stunde nach Feuchtesprung 40-80% und 50-80% r.F. bei 20°C

erhebt nicht den Anspruch von Realitätsnähe, solche Feuchtebelastungen kommen wenn, nur sehr kurz vor. Aber er ermöglicht auf einfache Weise, vergleichbare Zahlenwerte zu gewinnen. Abb.4 stellt die Sorptionskoeffizienten untersuchter Lehm-, Kalk- und Gipsputze über der Wurzel der Zeit anschaulich dar, besonders die entscheidende Anfangsphase der ersten Stunde. Mit den bekannten Sorptionsfeuchtwerten (Abb.3) lässt sich die gesamte Zeitspanne, von der Ausgangsfeuchte von 50 Prozent bis zum Erreichen der 80 Prozent r.F. entsprechenden Gleichgewichtsfeuchte abbilden. Der Vergleich in Abb.4 zeigt, dass auf relativ trockenem, bei Lehmputzen etwas höherem Niveau der Sorptionsfeuchte, alle hier untersuchten Putze eine ähnliche Steigung der Kurve, d.h. ähnliche Sorptionsleistungen aufweisen.

Vergleiche mit den Absorptionskoeffizienten anderer Baustoffe (Abb.5) zeigen eine relativ hohe Sorptionsleistung von unbehandelten Lehmputzen. Diese wird aber bei weitem z.B. von Textilien, Papier, Faserstoffen oder Teppichen übertroffen. Die Austauschgeschwindigkeit hängt besonders von der Diffusionsfähigkeit der oberflächennahen Schichten ab. Tapeten, Anstriche aller Art, Holzoberflächenbehandlung können die Sorption erheblich abmindern oder steigern [16]. Tiefere Wandschichten sind nicht oder nur längerfristig am Feuchteaustausch beteiligt [19].

Raumklimatische Zielwerte

Welches sind die Zielwerte einer baulichen Beeinflussung des Raumklimas? Ist trockene Luft ungesund? Auch 20 bis 30 Prozent r.F. gelten nach manchen Literaturangaben als noch behaglich. Das Gefühl von Behaglichkeit entsteht aus vielen Faktoren und wird subjektiv sehr unterschiedlich wahrgenommen. "Die Fähigkeit der Wahrnehmung der Luftfeuchtigkeit ist beim Menschen wenig ausgebildet, so dass er diesen Klimafaktor schlecht beurteilen kann" [3]. Deshalb werden auch Schwankungen der Luftfeuchte als unauffällig hingenommen [7]. Hygrostabilisierende Maßnahmen z.B. durch sorptionsfähige Raumumschließungsflächen hält Künzel bei üblicher Nutzung und Einrichtung für nicht erforderlich [20]. Eine schwankende relative Feuchte zeigt sich auch oft nur als physikalische Folge einer Temperaturänderung, bei konstantem absoluten Feuchteniveau. Nur Feuchtezufuhr erhöht den absoluten Feuchtegehalt, und diese Zufuhr ist aus hygienischen und baukonstruktiven Gründen generell zu begrenzen [6], kann aber zum Schutz empfindlicher Möbel, Ausstellungsstücke oder Instrumente u.U. in Frage kommen. Für die menschliche Atmung kann trockene Luft, wenn sie staubfrei ist, als durchaus angenehm empfunden werden [21], denn oft sind es nur Verunreinigungen der Luft, welche die Atemwege reizen [7].

Simulation von Feuchtepufferung und Raumklima

Um eine Vorstellung zu gewinnen, wie sich unterschiedliche Sorptionswerte von Baustoffoberflächen auf das Raumklima auswirken, kann man experimentell entsprechend unterschiedlich bekleidete Testräume untersuchen [18]. Komplexer - und weniger aufwendig - ist dies mit Rechner-Simulationen möglich, deren Modelle um so realitätsnäher sind, je mehr auch andere Einflußfaktoren berücksichtigt werden, die im betrachteten Nutzungsfall eine Rolle spielen können:

- Feuchteproduktion, Belegungsdichte
- Raumgrößen, Luftverbund
- Luftwechsel, Nutzerverhalten
- Raumausstattung, Einrichtung
- Oberflächenbeschichtungen
- Betrachtungszeitraum, Jahreszeit

Feuchteproduktion

Zur Berechnung möglicher Bauschäden und Schimmelbildung nimmt man bauphysikalisch allgemein ungünstig (hohe) Werte der Feuchteproduktion an. Fragt man dagegen nach einem möglichen Rückbefeuchtungseffekt sorbierter Wohnfeuchte, muß man auch damit rechnen, daß u.U. nur sehr wenig Feuchte produziert wird, z.B. im Einpersonenhaushalt oder einer Büro-Tagesnutzung ohne Feuchträume oder Schlafzimmer.

Raumgröße

Räume einer Wohnung sind miteinander verbunden, Türen stehen tagsüber meist auf. Größeres Raumvolumen und Luftverbund verdünnen Wohnfeuchte erheblich, sie wirkt sich weit weniger aus als im isoliert betrachteten Einzelraum. Die Bedeutung von Sorptions-Feuchteaufnahme verringert sich.

Luftwechsel

Die angenommene Luftwechselrate spielt in den Simulationsmodellen eine entscheidende Rolle. Mit zunehmend häufigem Luftwechsel, bis hin zu einer kontrollierten Dauerlüftung im Passivhaus, verliert die Pufferwirkung an Bedeutung, da die Feuchtigkeit schon abgeführt ist, ehe sich Sorptionseffekte auswirken können. Maßstab für die Simulation sollte der hygienisch notwendige Mindestluftwechsel sein und nicht unzureichende Lüftungsgewohnheiten.

Raumausstattung

Einrichtungsgegenstände aus hygroskopischen Stoffen, Möbel und Textilien dämpfen die Schwankungen der Luftfeuchte meist stärker als saugfähige Bauteile [8]. Sie haben ein wesentlich höheres Sorptionsvermögen, sowohl vom Austauschpotential (15-20 mal höher als z.B. Lehmputz), als auch von der Sorptionsleistung (Teppiche drei mal schneller als Lehmputz).

Beschichtungen

Meist sind Oberflächen mehr oder weniger veredelnd, schützend oder verschönernd bekleidet. Lehmputze bleiben selten roh, werden oft mindestens verfestigt, mit Anstrich oder einem Kalkfeinputz versehen oder auch tapeziert, im Laufe der Jahre kommen Renovierungsschichten hinzu. Die Diffusionsfähigkeit der Oberflächenschichten wirkt sich entscheidend auf die Sorptionsfähigkeit aus.

Betrachtungszeitraum

Die Problematik zu trockener Raumluft reduziert sich auf die kalte Jahreszeit, wenn auf Zimmertemperatur erwärmte Außenluft eine geringe relative Luftfeuchtigkeit annimmt.

Simulationsmodelle

Feuchtesprungversuch

Zuweilen wird der oben erwähnte Feuchtesprungversuch dazu herangezogen, eine Wirkung sorptionsfähiger Lehmbaustoffe auf das Raumklima nachzuweisen. Die Feuchteaufnahme von Laborproben beeindruckt bei dem auf Stunden und Tage ausgedehnten Versuchsklima von 20°C und 80% r.F. [5]. Als Simulation von Wirklichkeit taugt der Versuch kaum, denn solche Belastungen sind nur von sehr kurzer Dauer, auch würde eine so schwere und schwüle Innenraumluft niemand lange aushalten wollen ohne zu lüften. Die in der Feuchteaufnahme gezoomte grafische Darstellung (Y-Achse) wird auch dem relativ trockenen Niveau wenig gerecht, auf dem sich die Vorgänge tatsächlich abspielen. Bei den von [15] untersuchten Putzen handelt es sich um einen Wassergehalt im Promillebereich von weniger als 0,5 Vol.-Prozent bei normaler relativer Luftfeuchte von 40-60 Prozent. In anderem Maßstab (vgl. Abb.4) dargestellt wird im Gegenteil deutlich, wie zuverlässig trocken Lehmbaustoffe selbst in einem solchen extremen Feuchteklima sind und bleiben.

Rechnersimulationen

Eine realitätsbezogenere Einzelraum-Simulation versucht Eckermann et al. [5][22]. Unter verschiedenen Belastungsmodellen werden Lehm- und Gipsputzaufbauten verglichen. Zugrunde liegen Stoffwerte des Feuchtesprungversuchs aus [15], bei geringerer Feuchtebelastung auf Realitätsnähe reduziert. Einflüsse von Innenausstattung oder Luftverbund sind bewußt ausgeklammert. Die Lehmputze halten den virtuellen Testraum länger trocken als Gipsputze. Allerdings sind hier die Lehmputze rohbelassen oder nur mit Kaseinfarbe behandelt, dagegen die Gipsputze mit Dispersionsfarbe gestrichen oder tapeziert.

Anders untersucht Otto [6][16] sehr realistisch den Einfluss von Raumumschließungsflächen aus konventionellen Baustoffen im Gesamtzusammenhang mit üblicher Innenausstattung. Der Feuchtetransport wird hier auf der Grundlage von Sorptionsisothermen und Wasserdampf-Diffusion

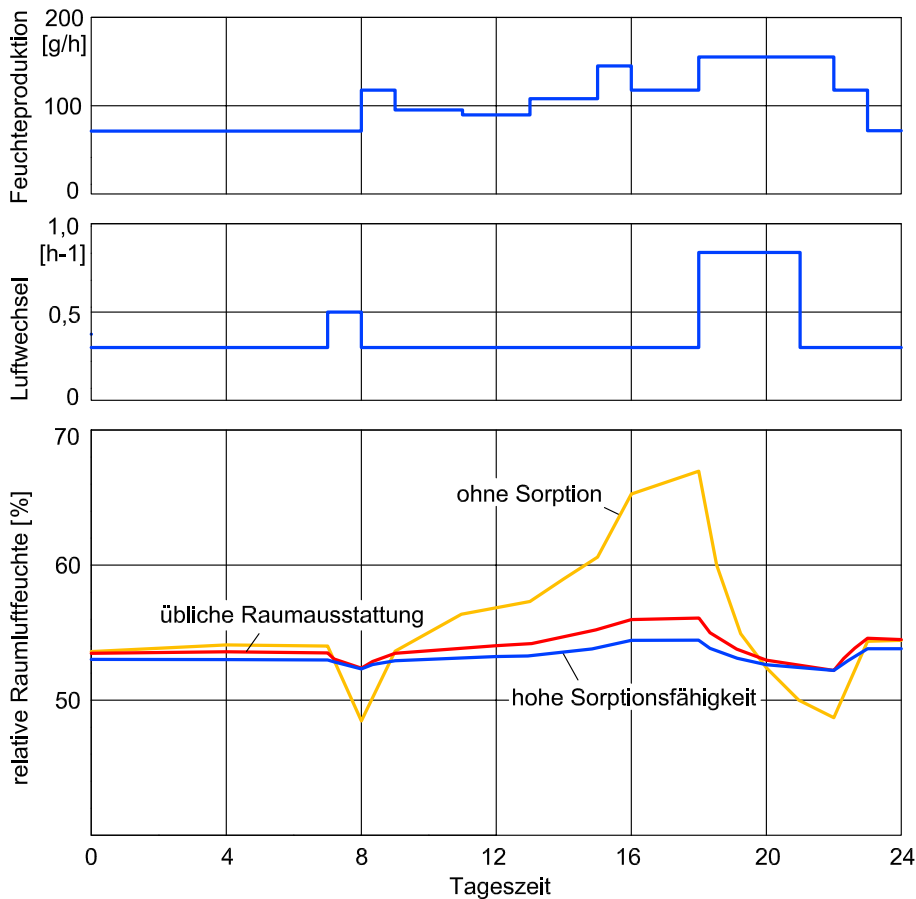


Abb.6 Simulierter Tagesverlauf der Luftfeuchte in einem Wohnzimmer mit unterschiedlicher Sorptionsfähigkeit der Baustoffe und der Ausstattung an einem Wintertag $t_{La} = i.M. 0,7 \text{ °C}$ bei 89% r.F., nach [6][16]

swiderstandszahlen berechnet, nicht anhand von Messungen bei Feuchtesprüngen abgeleitet [16]. Die hygroskopische Speicherfähigkeit eines Raumes wird in Belastungsmodellen abgebildet: z.B. einer einstündigen sprunghaften Erhöhung der Luftfeuchte, wie sie etwa einer Küchenbenutzung (ohne Dunstabzug) entspricht, oder einem sinusförmigen, ± 10 um den Mittelwert von 50 Prozent schwankenden Verlauf der Luftfeuchte als Folge etwa einer Wohnzimmernutzung. Die geringere Schwankung beim Sinus-Verlauf bedeutet eine deutlich verringerte Feuchteaufnahme, bei den meisten Proben reduziert sich die Sorptionsfähigkeit auf ca. 30 Prozent der im Feuchtesprung ermittelten Werte.

Abb.6 simuliert den Tagesverlauf der Luftfeuchte in einem Wohnzimmer. Ohne Sorption würde die Feuchte bis auf 66 Prozent ansteigen. Schon eine übliche Sorption (Teppichbelag, Dispersionanstrich, Rohfaser, gewachste Möbel und Polstergarnitur) reduziert den Feuchteanstieg auf 56 Prozent. Mit sehr aufnahmefähigen Materialien würde sich der Höchstwert der relativen Feuchte um nur 2 auf 54 Prozent reduzieren [6].

Messungen in bewohnten Häusern

Nach allen Laborwerten und Rechnersimulationen stellt sich die Frage, wie das Feuchteklima in Lehmhäusern wirklich ist. Entspricht es den optimistischen Erwartungen an LehmBaustoffe und Lehmputze? Leider sind bisher nur wenige Messungen objektiv vergleichbar dokumentiert. Für ein Haus aus unverputzten LehmBaustoffen wird eine durchgängige Luftfeuchte von 50 Prozent angegeben, mit nur geringen Schwankungen, im Schlafraum werde mit abgesenkter Temperatur eine höhere Feuchte als angenehm empfunden. Wie bereits ausgeführt, kann sich eine vielfach beobachtete Hygrostabilität jedoch schon als Folge der Temperaturstabilität wärmespeichernder LehmBauteile - auch moderner Regelungstechnik - erklären. Sie muß auch nicht zwangsläufig Folge

besonders sorptionsfähiger Materialien und Raumumschließungsflächen sein (vgl. Abb. 6) und ist in konventionellen Bauten ebenso anzutreffen. Vielleicht ist es nur feucht, weil nicht genug gelüftet wird. Aufschlußreich wären Vergleichsmessungen in konventionellen Bauten mit ähnlicher Nutzung, Ausstattung, Wärmespeicherung. Vergleiche mit Leichtbauweisen sollten zwischen Thermo- und Hygrostabilität differenzieren.

Um uns einer Aussage exemplarisch anzunähern, haben wir zwei sehr unterschiedlich genutzte Holz-Lehm-Bauten, die von unserem Büro realisiert wurden, untersucht. Wand- und Deckenbaustoffe sind aus Strohlehm, Leichtlehm-mauerwerk oder Lehmplatten, Unter- und Ausgleichspitze meist Faserlehmputze. Lehmoberflächen generell schützend bekleidet mit dünnem Kalk- oder Kalkgipsputz und mit Kalkfarbe gestrichen, in einzelnen Räumen auch mit sichtbarem Lehmfeinputz und Lehmfarbanstrich. Die Bewohner fühlen sich ausgesprochen wohl und äußern sich sehr zufrieden mit dem Raumklima. Die Räume sind leicht zu beheizen, Wände haben bei sehr guter Wärmedämmung auch im kalten Winter meist dieselbe Temperatur wie die Raumluft, ein entscheidender Faktor für Behaglichkeit. Die Oberflächenmaterialien sind offenporig und fühlen sich angenehm warm an. Die Datalogger-Stichproben im kalten Januar zeigen bei beiden Beispielen ein thermisch und hygrisch stabiles Raumklima. Offenporige Raumumschließungsflächen und Dielenböden, übliche Ausstattung

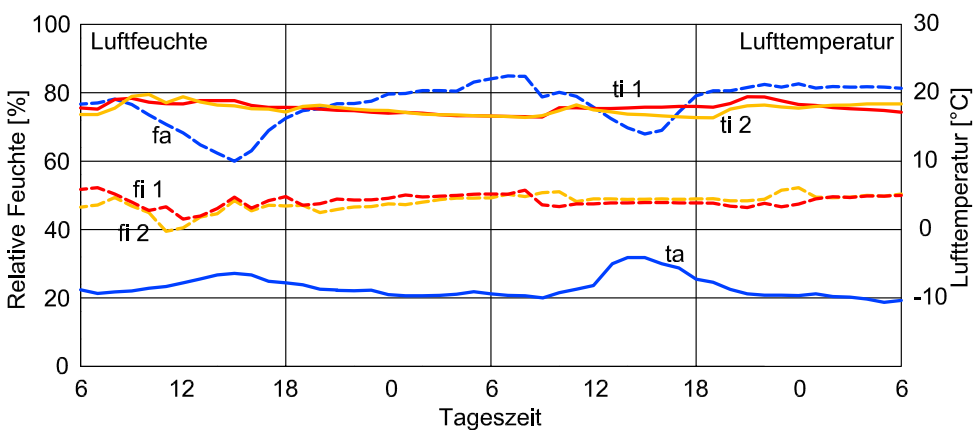


Abb.7 Raumklima im Lehmhaus 1
zwei unterschiedlich verputzte Wohn-Schlafräume einer 2-1/2 Zimmerwohnung
Zweipersonenhaushalt, 40m² Wohnfläche/Person
kalter Januar, tagsüber Luftverbund
Wohn-Schlafräum 1: Lehmputz mit Lehmanstrich, 1 Person
Wohn-Schlafräum 2: Kalkgipsputz mit Kalkanstrich, 1 Person

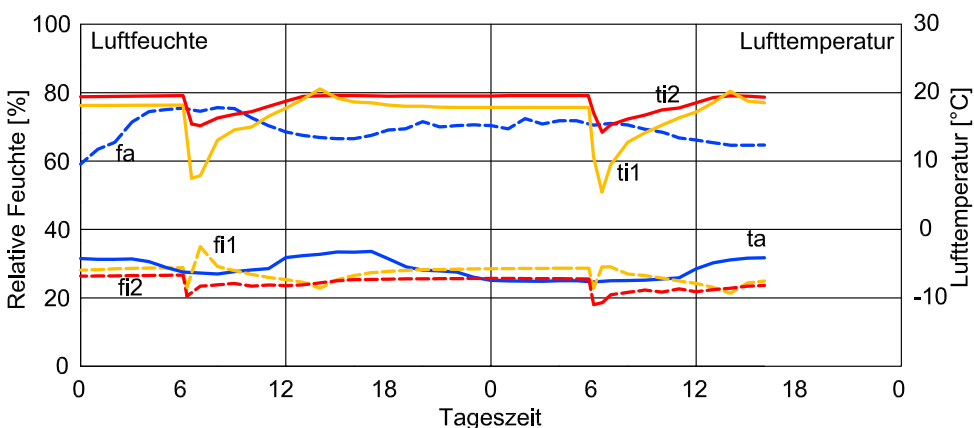


Abb.8 Raumklima im Lehmhaus 2
Atelierraum 1, Bibliothek 2, Luftverbund, nur Tagesnutzung,
1 Person, 120m² Wfl/Person, intensive Morgenlüftung, kalter Januar
Lehmputz 15mm, Kalkfeinputz 5mm, Kalkanstrich

und Einrichtung, zeitweiser Luftaustausch über geöffnete Türen tragen zur Feuchtepufferung bei. Es zeigt sich, dass die Höhe des Feuchteniveaus hier in erster Linie bestimmt wird von der Belegungsdichte, d.h. der Feuchteproduktion sowie dem Lüftungsverhalten. Ob die Wände mit Lehm oder Kalk verputzt sind, spielt weniger eine Rolle, dies zeigt ein Vergleich zweier jeweils von einer Person ähnlich genutzter und eingerichteter Wohn-Schlafräume (Abb.7). Das zweite Beispiel mag verdeutlichen, dass bei geringer Feuchteproduktion, großem Raumvolumen, und bei intensiver Morgenlüftung, über die Messtage mit sehr kalter Frischluft, auch im Lehmhaus zeitweise die relative Feuchte sehr niedrig sein kann. Die Luft wirkt aber nicht zu trocken, sondern angenehm frisch.

Luftbefeuchtung durch Lehm?

Wie dargelegt, wirken sich sorptionsfähige, diffusionsoffene Stoffe feuchteausgleichend auf das Raumklima aus, jedoch ist der Einfluß sorptionsfähiger Wand- und Putzbaustoffe meist gering, gegenüber einer wesentlich leistungsfähigeren Wohnungsaustattung. So sind Lehmbaustoffe zwar hygroskopisch und diffusionsoffen. Der Feuchteaustausch ist aber begrenzt durch niedrige Gleichgewichtsfeuchte und sehr langsam und allmählich, d.h. gegenüber der ohnehin notwendigen Raumlüftung hygienisch nahezu bedeutungslos. Die Vorstellung von Luftbefeuchtung durch Lehmbaustoffe ist deshalb nicht realistisch [23].

Lehm ist trocken

Lehm ist ein Baustoff mit vielen guten Eigenschaften, die in Hinblick auf normale und breitere Anwendung eine sachliche Argumentation verdienen. Der Vorteil feuchteausgleichender Eigenschaften ist eher nicht Feuchtespeicherung oder gar Erhöhung der Raumluftfeuchte, sondern in erster Linie, die Bauteile zuverlässig trocken zu halten. Bei Lehm sind es die geringe Sorptionsfeuchte und die hohe Diffusions- und kapillare Feuchteleitfähigkeit, die dies garantieren und mit einfachen Mitteln einen robusten Feuchteschutz ermöglichen. Im Fachwerk- und Holzbau oder der Innendämmung hat dies viele baukonstruktive und bauphysikalische Vorteile. Dies ist der eigentliche wertvolle Beitrag von Lehm, auch zu einem gesunden Raumklima.

Eine einseitig raumklimatisch geführte Argumentation lenkt ab von den besonderen – auch ästhetischen – Qualitäten eines Baustoffes, der seine beispielhafte Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit über Jahrhunderte bewiesen hat.

Literatur

- [1] Künzel, H.: Die "klimaregelnde Wirkung" von Innenputzen. Gesundheits-Ingenieur 81(1960), Heft 7, S.196-201
- [2] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden. Bonn, 1995
- [3] Grandjean, E.: Wohnphysiologie. Zürich: Artemis Verlag, 1973
- [4] Schneider, A.: Wohnklima. Institut für Baubiologie Rosenheim (Hrsg.), Fernlehrgang Baubiologie, Lehrbrief 5/6(1978), S.29
- [5] Eckermann, W., Röhlen, U., Ziegert, C.: Auswirkung von Lehmbaustoffen auf die Raumlufffeuchte. Europäischer Sanierungskalender 2008. Beuth-Verlag, 2007
- [6] Otto, F.: Die Sorptionsfähigkeit von Bauteilen. DBZ Deutsche Bauzeitung, Heft 10(2000), S.106-110
- [7] Staufenbiehl, G., Wessig, J.: Bauphysik und Baustofflehre Band 3. Wiesbaden und Berlin: Bauverlag, 1992
- [8] Gösele, K., Schüle, W., Künzel, H.: Schall, Wärme, Feuchte. 10. Aufl., Wiesbaden und Berlin: Bauverlag, 1997
- [9] Hafezi, M.: Leichtlehme, Leichtkalk- und Leichtlehmörtel für die Sanierung von Fachwerkbauten. Dissertation. Freiburg, 1996
- [10] Goosens, I., Verplancke, K.: Studie van enkele aspecten van hygrisch en thermisch gedrag van Vlaamse groeningen. Abschlußarbeit. Gent, Belgien, 1995
- [11] Vanros, G.: Studie van bouwfysische Kenmerken van Lemen Vakwerkwanden. Abschlußarbeit. K.U. Leuven, Belgien, 1981
- [12] Figgemeier, M.: Der Baustoff Lehm im historischen Fachwerkbau. Dissertation. Marburg, 1994
- [13] Minke, G.: Lehm - Handbuch. Staufen: Ökobuch - Verlag, 1994
- [14] Ziegert, C.: Lehmwellerbau. Dissertation. Berichte aus dem Konstruktiven Ingenieurbau, Heft 37. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2003
- [15] Holl, H.-G., Ziegert, C.: Vergleichende Untersuchungen zum Sorptionsverhalten von Werkrockenmörteln. Kirchbauhof gGmbH (Hrsg.), Peter Steingass, Moderner Lehm - Handbuch 2002, Internationale Beiträge zum modernen Lehm - Handbuch, Fraunhofer IRB Verlag, 2002, S.91-101
- [16] Otto, F.: Einfluß von Sorptionsvorgängen auf die Raumlufffeuchte – Entwicklung von Kenngrößen zur Beschreibung des hygrischen Verhaltens von Räumen. Dissertation. Kassel, 1995
- [17] Lustig, U.: Untersuchungen zum Feuchteverhalten von Lehm als Baustoff. Dissertation. Kassel, 1992
- [18] Künzel, H. M., Holm, A., Sedlbauer, K.: Einfluß feuchtepuffernder Materialien auf das Raumklima. Zeitschrift WKSB, Heft 57(2006), S.26-36
- [19] Ziegert, C.: In Balance, Das Feuchtesorptionsvermögen von Lehmbaustoffen. db deutsche bauzeitung, Heft 2(2003), S.73-80
- [20] Künzel, H., Schwarz, B.: Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe von Baustoffen und Bauteilen. Berichte aus der Bauforschung Heft 79. Berlin: Ernst & Sohn, 1972
- [21] Eisenschinck, A.: Falsch geheizt ist halb gestorben. München: Hirthammer Verlag, 1975
- [22] Eckermann, W. et al.: Feuchtesorption von Lehmbaustoffen. Unveröffentlichter Bericht. Potsdam, 2006
- [23] Volhard, F.: Leichtlehm - Handbuch. Karlsruhe und Heidelberg: C.F. Müller Verlag, 1983, 1995, 2008