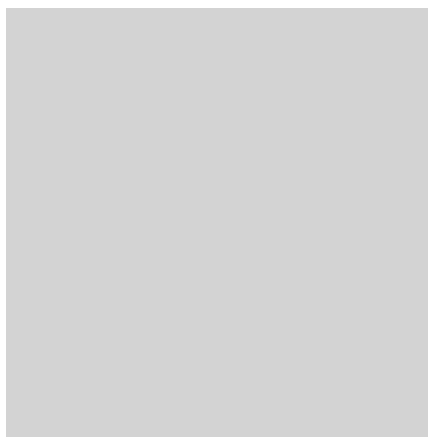
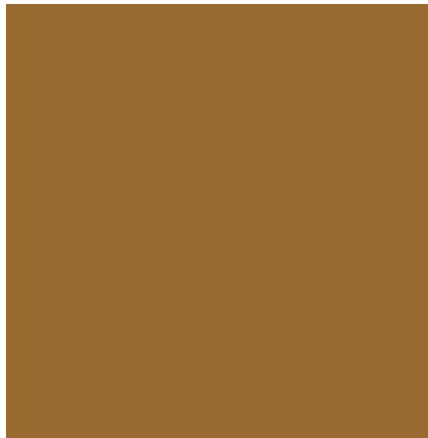


Fachverband Strohballenbau Deutschland e.V.



**Putzoberflächen auf
Strohballenwänden**

Eine Expertise von Burkard Rüger



The logo for the Fachverband Strohballenbau (fsb) is located in the bottom-right corner. It consists of a green square containing a stylized yellow symbol that resembles a knot or a complex geometric shape, with the lowercase letters 'fsb' in white to its right.

Inhalt

1.0 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

2.0 Kalk- und Lehmputze

2.1 Lehmputze

2.2 Kalkputz

2.3 Lehmputz auf Stroh

2.4 Kalkputze auf Lehm

3.0 Fotodokumentation

4.0 Brand- und Feuchteschutz

4.1 Brandschutz bei Strohballenwänden

4.2 Feuchteschutz bei Strohballenwänden

4.2.1 Bauablauf

4.2.2 Aufbringen des Strohlehmputzes

4.2.2.1 Lehmgrundputz mit maschineller Einblastechnik

4.2.3 Tauwasser im Bauteil

4.2.4 von außen durch Regen

4.3 Wissenstand zum Feuchteschutz

4.3.1 eigene Berechnungen

4.3.2 Untersuchungen, Berichte

4.3.2.1 Amazon Nails

4.3.2.2 Rob Jolly

4.3.2.3 Haus der Zukunft

4.3.2.4 Eweleit, Hansen, Meinhof

4.3.2.5 FAL Braunschweig

4.4 Schlussfolgerungen

Anhang

5.0 Ausschreibungstexte

5.1 Vorbehandlung Strohballen

5.2 Außenputz

5.3 Innenputz

6.0 Relevante Bauvorschriften

7.0 Literaturliste

7.1 Bauen mit Stroh

7.2 Bauen mit Lehm

7.3 Bauen mit Kalk

7.4 Ökologisches Bauen

7.5. Gestaltung Lehmoberflächen

7.6 Firmenunterlagen

7.7 sonstige zitierte Literatur

Die Erstellung dieser Expertise wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Broschüre liegt beim Autor.

Region Aktiv Projekt: „Strohballenbau-technik und Herstellung in der Altmark“



Impressum

3 Herausgeber:

3

Fachverband Strohballenbau
Deutschland e.V.

3

4

Ansprechpartner:

4

Dipl. Ing. Architekt Dirk Scharmer

5

Auf der Rübekuhle 10

D- 21335 Lüneburg

5

Telefon +49 4131 727 804

6

Telefax +49 4131 727 805

6

Email: info@fasba.de

6

6 Fotonachweis:

6

6

5: Florian Schier

6

7: Jörg Depta

7

andere: Verfasser bzw. Fachverband

7

Strohballenbau Deutschland e.V.

7

8 Verfasser:

8

8

Dipl.-Ing. Burkard Rürger

9

9

9 Layout:

9

Manuel Rex, Jan Reinschmidt

10 Erschienen:

10 Mai 2004

10

10

10

10

10

10

11

12

Hinweis:

12

Alle Rechte durch Verbreitung, auch durch Funk, Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Einspeicherung in EDV-Anlagen, Tonträger jeder Art und auszugsweisen Nachdruck sowie Rechte der Übersetzung sind vorbehalten.

12

12

12

Haftungsausschluss:

Für die Richtigkeit der in dieser Schrift gemachten Aussagen kann keine Gewähr übernommen werden. Im Fall einer, im Zusammenhang mit den hier getroffenen Angaben, stehenden Schädigung einer Person oder Sachen, besteht kein

1.0 Einleitung

In den letzten Jahren wurden auch in Deutschland neben vielen Versuchsgebäuden die ersten Wohnhäuser aus Strohballen gebaut. Für Viele vereinen sich in dieser Bauweise energiesparendes, wohngesundes und kostengünstiges Bauen in idealer Weise. „Eine mit Lehm verputzte Strohballenwand kann als Weiterentwicklung des Strohlehms angesehen werden, wobei durch die Entmischung beide Komponenten ihre positiven Materialeigenschaften voll entfalten können. Es werden deutlich höhere Dämmwerte erzielt und die problematische Trocknung umgangen.“ schreibt Axel Linde dazu.

Herbert Gruber, ein österreichischer Pionier des Strohballenbauens, beschreibt die Vorteile wie folgt:

„Zieht man alle Faktoren ins Kalkül, erweisen sich Strohballen als eines der bemerkenswertesten Bau-Materialien. Sie werden aus einem Abfall-Material eines nachwachsenden Rohstoffes erzeugt, der in kürzester Zeit nachwächst, vollkommen abbaubar ist, und in seiner Verwendung (statt Verbrennung) zahlreiche Effekte zur Erhaltung einer intakten Umwelt bewirkt. Strohballen sind einfach zu bearbeiten und zu formen, flexibel genug, um sie in einer Reihe an Anwendungen einzusetzen, solid, stabil und auch über lange Zeit haltbar. Zudem sind Strohballen beinahe rund um die Welt regional verfügbar. Im Gegensatz dazu brauchen moderne Baustoffe spezialisierte, teure Arbeitskräfte und Werkzeuge bzw. Maschinen, sie sind meist unflexibel, besitzen nur geringen ästhetischen Charakter, sind oft toxisch und erzeugen während Herstellung, Verarbeitung, Gebrauch und Entsorgung erhebliche Mengen an Umweltverschmutzung und Abfall.“

... Außerdem bieten massive, mit Lehm oder Mörtel verputzte Strohballenwände ein exzellentes Wohnklima, im Sommer angenehm kühl und im Winter wohlig warm. Die Atemluft fühlt sich beim Einatmen frisch an, und ist im Gegensatz zu den vielen giftigen Ausdünstungen herkömmlicher Wohnräume belebend und schadstofffrei. Auch der hervorragende Schallschutz trägt zu einem ruhigen und entspannenden Innenraumklima bei.“

Bei aller Begeisterung für den Strohballenbau gibt es doch zwei Problemkreise, die von Neuinteressierten spätestens nach fünf Minuten nachgefragt werden: zum einen ist das der Brandschutz, zum anderen der Feuchteschutz. Beide Schutzfunktionen übernimmt der Putz.

1.1 Aufgabenstellung

„Putze haben bauphysikalische Wirkungen“ schreibt die „Putz – DIN“ (DIN 18550) in ihrer Einleitung. Sie geben Mauern zusätzlich Schutz und Gestaltung. Aber auch ohne Putz erfüllen Wände im wesentlichen ihre Aufgaben. So wird im allgemeinen die Funktion von Putz verstanden, als etwas zusätzlich Gutes, aber Verzichtbares.

Dies gilt wie schon erwähnt ganz offensichtlich nicht für Strohballenwände. Ohne den Schutz einer Putzschicht können sie relativ leicht angezündet werden, ohne den Schutz gehen sie nach längerer Feuchteinwirkung durch Regen in Kompost über. Putz und Wandbaustoff bilden eine Einheit, ein Verbundsystem, wie wir zeigen werden, ähnlich wie es heute allgemein bei Wärmedämmverbundsystemen bekannt ist.

Wir meinen, das System „Strohlehmputz - Strohballen - Strohlehmputz mit Kalkputz als Wetterschutz“ erfüllt diese Schutzfunktionen am besten.

- Das System „Putz - Strohballen - Putz“ wird wegen der intensiven Verkrallung des Lehmfaserverputzes in den Ballen zu einem Verbundwerkstoff

- Es erfüllt den Brand- und Feuchteschutz

- Es erfüllt – bei Ausbildung entsprechender Anschlussdetails – die Forderung an Wind- und Luftdichtigkeit.

- Der Feuchteausfall durch Dampfdiffusion in der fertigen Wand wird bei diesem Aufbau minimiert.

- Der Lehmfaserverputz fängt durch seine starke Armierung die beim Trocknen immer auftretenden Setzungsrisse auf.

- Das Wandsystem hat durch den Lehmfaserverputz eine hohe Festigkeit. Die damit verbundenen Tragreserven für die Aussteifung des Gebäudes sind bisher nicht untersucht.

- Strohballenbau erfüllt nicht nur wegen seiner hohen Dämmwirkung die höchsten Ansprüche des ökologischen Bauens, sondern auch wegen seiner vollkommenen Rückkehr in den Stoffkreislauf. Dazu „passen“ Lehm und Kalk wie kein anderes Putzsystem.

Ziel dieser Ausarbeitung ist es, dies im einzelnen zu begründen und unsere bisherigen Erfahrungen an drei Häusern darzustellen.

Zur besseren Lesbarkeit ist sie kurz gehalten, hat aber einen umfangreichen Anhang zur Vertiefung.

2.0 Kalk- und Lehmputze

2.1 Lehmputze

In der Baubiologie wird das Haus als dritte Haut bezeichnet, die den Menschen umgibt und aus diesem Grund sollen alle Oberflächen eines Raumes zu einem wohngesunden Klima beitragen. Mit Lehm geputzte Wand- und Deckenflächen können sich positiv auf das Raumklima auswirken und vermitteln die sinnlichen Qualitäten des Materials: seine Weichheit und seine Farbigkeit.

Für ein gutes Raumklima sorgt die Fähigkeit von Lehm, Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen und wieder abzugeben, und seine Eigenschaft, Feuchtigkeit in Form von Wasser und Wasserdampf zu transportieren. Andere Wirkungen werden vermutet, sind allerdings nicht wissenschaftlich belegt: Verbesserung der Luftionisation, Aufnahme von Luftschadstoffen. Es können allerdings keine eindeutige Aussagen darüber gemacht werden, in welchem Umfang ein 1-2 cm starker Lehmputz raumklimatische Verbesserungen bewirkt (s. Anhang).

Lehmputze bestehen aus Lehmen, die mit Sand oder Kies und Faserstoffen wie Strohhäcksel oder Tierhaaren gemischt werden. Es ist eine gewisse Materialkenntnis und Erfahrung notwendig, um Grubenlehme auf der Baustelle zu Putzmischungen zu verarbeiten. Die Aufarbeitung ist aufwendig: die Lehme müssen gesumpft und oft auch gesiebt werden. Etwas einfacher ist die Herstellung von Mischungen mit Lehmpulver oder Tonmehlen. Inzwischen sind fertige Putzmischungen im Handel und es können die bauüblichen Maschinen zum Mischen und Putzen benutzt werden.

Lehmputze können nicht nur auf Lehmbauteilen, sondern auch auf vielen anderen Untergründen aufgebracht werden. Ausgeführt werden die Putze mit derselben Technik und den gleichen Werkzeugen wie andere Putze auch. Die Putzuntergründe werden vorbereitet; so dass der Putz gut haftet. Danach werden ein- oder mehrlagige Putze aufgebracht.

Für die Dauerhaftigkeit einer Putzoberfläche sind drei wichtige Eigenschaften verantwortlich: eine ausgezeichnete Haftung des Putzes auf dem Untergrund, eine gute Verbindung der Putzschichten untereinander und schließlich das richtige Mischungsverhältnis von Sand und Lehm, damit eine abriebfeste und rissfreie Oberfläche entsteht, die überstrichen werden kann. Im Außenbereich ist zusätzlich eine witterungsbeständige Oberfläche erforderlich, die auch thermische Spannungen infolge unterschiedlicher Sonneneinstrahlung auszugleichen vermag. Die Kultivierung einer schönen Oberfläche ist natürlich kulturell geprägt und vom persönlichen Geschmack bedingt.

Eine Oberfläche eröffnet viele Möglichkeiten - von der Strukturierung über plastisches Gestalten, Stuck und Sgraffittotechnik bis hin zu Feinputzen mit verschiedenen Zusätzen und Glanzputzen. Die Oberflächen können sehr verschieden bearbeitet werden: mit Reibebrettern, Schwämmen, Glättekellen oder auch einfach mit den Händen. Im weichen Zustand lassen sich reliefartige Strukturen herstellen, wie es eindrucksvolle Beispiele aus Afrika zeigen. Dort werden auch großflächige Ornamente ausgekratzt oder aufmodelliert. Andererseits ist es auch möglich, sehr edle geglättete Oberflächen auszuführen, wie es in Japan Tradition ist. Durch Zusätze, wie z.B. Marmorgries oder kurzes Stroh sind feine Nuancen in der Fläche sichtbar. Durch Perlmutt werden glitzernde Effekte möglich.

Der Grundton der Lehme ist häufig ein rötliches Ocker, welches im Innenraum oft zu dunkel wirkt. Um hellere Farbtöne zu erzielen, werden Putzmischungen aus hellen Sanden und Tonmehlen mit Farbpigmenten gemischt. Eine breite Farbpalette ist hier möglich, die auch Blau- und Grüntöne einschließt.

Vorstehende Kanten sind beim Lehmputz gefährdeter als bei herkömmlichen Putzen. Bei Fensterleibungen reicht es zumeist schon, sie abgerundet zu verputzen. Bei Kanten, die in den Raum hineinragen - z.B. Ecken und Türleibungen - empfehlen sich schützende Ziegel, Holzprofile oder Putzschienen. Stoßen Putzflächen an Holz, wie es im Fachwerk oft der Fall ist, sollte der Putz direkt an der Kante eingeschnitten werden, weil er sonst wegen der Bewegung des Holzes unregelmäßig einreißen würde. Dieser Kellenschnitt, Sollriss genannt, muss auch an der Kante zwischen Decke und Wand erfolgen.

Der Eindruck von Lehmoberflächen verändert sich je nach Lichteinfall und wirkt dadurch lebendig. Durch das Zusammenspiel mit den anderen Materialien im Raum ergeben sich sehr viele Möglichkeiten, Raumatmosphären zu gestalten.

2.2 Kalkputz

Kalk ist als Baustoff in allen Hochkulturen anzutreffen. Putze mit Kalk als Bindemittel werden durch Brennen aus Kalkstein hergestellt. Kalkputz zeichnet sich bei richtiger Verarbeitung aus durch

- Langlebigkeit und Witterungsbeständigkeit

- gute Feuchteaufnahme und -abgabe

Bei einer vergleichenden Bewertung von Baustoffen des Instituts für Baubiologie Neubeuren nach ganzheitlichen Gesichtspunkten kommt Kalkputz auf 77 Prozent des Idealbaustoffs hinter Lehm und Vollholz. Die Kombination Lehm geschützt durch Kalk ist seit Jahrhunderten gebräuchlich und bewährt.

Die richtige Verarbeitung von Kalkmörtel ist arbeitsaufwendig und deshalb in den letzten Jahrzehnten ins Abseits geraten. Die ökologische Rückbesinnung führt auch bei diesem Baustoff zu einer Renaissance.

Der Kalkkreislauf

Der Idealfall des Brennens und Abbindens wird als Kalkkreislauf beschrieben. Die antiken Mörtel sind durchweg Kalkhydrat / Sandgemische. Andere Zusätze wie Puzzolane wurden in ihnen nicht gefunden. In der römischen Bauhochkultur sind in ihnen selten Verunreinigungen von Lehm zu finden. Die Mörtel wurden sehr genau und sorgfältig hergestellt und für Innen-, Außenputz und Mauermörtel verwendet. Sie banden gut und schnell ab und wurden sehr fest. Je nach Belastung durch Wasser, Erde oder Witterung sind sie noch heute nach über zweitausend Jahren erstaunlich gut erhalten.

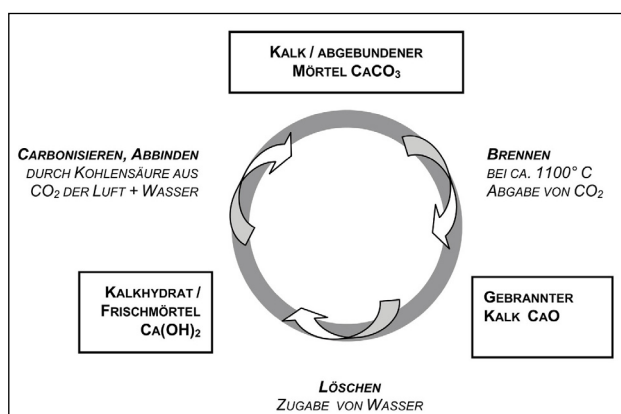


Abb.1

Der Kalkkreislauf

2.3 Lehmputz auf Stroh

Die Außenwand von Pflanzenstengeln besteht aus einer Wachs-Pektin-Schicht. Durch alkalisches, fermentatives oder bakterielles Anlösen dieser hydrophoben Wachsschicht wird die äußere Fibrillenschicht „zugänglich“ und erlaubt den Zugriff auf die Zellulose in den pflanzlichen Zellwänden (= lineares Kettenpolymerisat aus zahlreichen Glukoseresten). Zellulose ist für die Zugfestigkeit der Zellwände verantwortlich; benachbarte Zellwände werden durch Pektine in den Primärwänden zusammengehalten. Die Fibrillen selbst bestehen aus nebeneinanderliegenden Zelluloseketten, die durch Van-der-Waalsche Kräfte zu kristallgitterähnlichen Einheiten zusammengefügt werden. In einem Lehm mit vegetabiler Beimischung können die Tonteilchen sowohl an die Pektine wie an die Zelluloseketten angehängt werden.

Lehme sind Tone mit mehr oder weniger starken Magerungsmitteln, z. B. sandige Verunreinigungen. Tone bestehen aus kleinsten Kristallplättchen, die von Wasser eingehüllt in diesem „schwimmen“. Dadurch bildet sich eine „kolloidale“ Lösung, die sich formen lässt. Trocknet das Wasser zwischen den Tonplättchen aus, entsteht Bindigkeit. Die Ionen in dieser Wasserhülle tragen entscheidend zur Festigkeit des Tonmoleküls bei. Der Ionenhaushalt kann durch Gärungsprozesse, die bei der Verrottung vegetativer bzw. organischer Zusätze (Stroh, Spreu, Urin, Blut, Ham, Kot etc.) auftreten, maßgeblich beeinflusst werden.

Ein vierwertiges Siliziumatom bildet den Mittelpunkt im molekularen Aufbau; es umgibt sich mit vier ungesättigten Sauerstoffatomen. Vier Sauerstoffatome formen einen Tetraeder, in dessen Zentrum das Siliziumatom sich befindet.

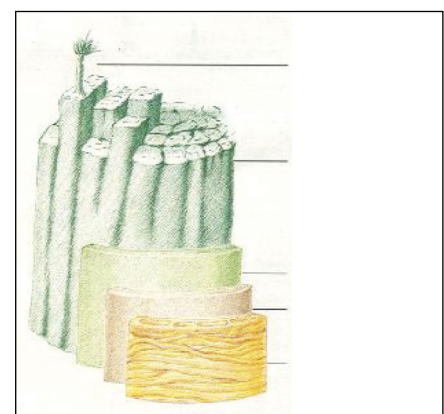


Abb.2

Fibrillen, Fasern des Strohs

2.4 Kalkputze auf Lehm

Im Außenbereich dienen Kalkputze auf Lehm als witterungsbeständige Oberfläche. In alten Fachwerkhäusern befinden sie sich häufig auch innen auf Lehmunterputzen. Da der Kalk mit dem Lehm nicht chemisch reagiert, gilt hier ebenfalls die Regel, dass Lehmunterputz eine raue Oberfläche haben muss, beispielsweise waagerechte oder diagonale Rillen oder schräg nach unten verlaufende Löcher. Als Haftbrücke lässt sich in den noch feuchten Lehm eine verdünnte Kalkkaseinmilch einstreichen, für die T. Leszner folgende Rezeptur angibt: 250 g Magerquark mit einer Kelle Sumpfkalk verrühren und mit 7-8 Liter Wasser verdünnen.

In Japan wird der Übergang zwischen den unterschiedlichen Putzen dadurch verbessert, dass sowohl der Lehm- als auch der Kalkputz Faserstoffe enthält. Zwischen Lehmbauteil und Kalkoberputz werden mehrere Lagen Lehmalkputze in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen aufgetragen, eine Tradition, die bei uns längst vergessen ist. Aus Sparsamkeitsgründen (Sparkalk) oder wegen der größeren Geschmeidigkeit enthielten historische Kalkputze oft Lehm in unterschiedlichen Volumenanteilen. Auch wurden in historischen Kalkputzen Kiesanteile bis 8 mm Durchmesser gefunden. Weicher Kalkputz enthält: 1 Teil Sumpfkalk, 3-4 Teile Sand mit Kies - für Unterputz bis 4 mm, für Oberputz bis 2 mm - und als mögliche Zusätze Kaseinleim, Tierhaare oder Kokosfasern.

Gebannter, gelöscht und über mehrere Jahre eingesumpfter Kalk (Sumpfkalk) hat eine bessere Qualität als das pulverförmige Kalkhydrat, das vor Gebrauch mindestens eine Nacht einsumpfen muss. Allerdings sind Sumpfkalkputze vor allem in Industriegebieten durch die hohe Schadstoffbelastung der Luft gefährdet.

Kalkputz kann zweilagig aufgebracht werden, doch muss die erste Schicht fest, aber noch feucht sein, wenn der Oberputz am darauffolgenden Tag aufgebracht wird. Bei Hitze oder Wind sollte auf keinen Fall geputzt werden. Ideal ist feuchtes Wetter, damit der Putz möglichst langsam abbindet. Wird der noch feuchte Putz mit Kalkmilch eingestrichen, ergibt sich die beste Verbindung zwischen Putz und Kalkanstrich.

Bestehen Bedenken gegen einen reinen Kalkputz, kann eine kleine Menge hochhydraulischer Kalk zugegeben werden (etwa eine Kelle pro Mischer). Unter Umständen ist Trasskalkputz möglich, der jedoch härter ist als reiner Kalkputz. Zudem lassen sich zwischen Lehm und Trasskalkputz als Putzträger beispielsweise Schilfrohmatten anbringen. Kalkputz mit Zementzusatz eignet sich nicht

für Lehmuntergründe, da er zu hart wird. Bauschäden dieses Ursprungs sind im Umkreis von Berlin besonders an Stampflehmhäusern zu sehen, die Neubauern in den fünfziger Jahren errichteten. Außerdem besteht bei jedem Zementputz die Gefahr, dass er das Holz, mit dem er in Berührung kommt, schädigt.

3.0 Fotodokumentation



Abb.3 Anschnitt einer lehmverputzten Strohballenwand
Lehmkuppel, Club 99, Ökodorf Sieben Linden



Abb.4 Fetter, sehr strohhaltiger Lehmputz auf Strohballen, Oberfläche gezogen, Club 99, Ökodorf Sieben Linden



Abb.5 Fertig mit Kalk verputztes Strohballen-Haus (BV Bösel)



Abb.6 Beim Putzauftrag (ohne Maschine), BV Club 99, Sieben Linden



Abb.7 Vorspritzen mit Lehmschlämme

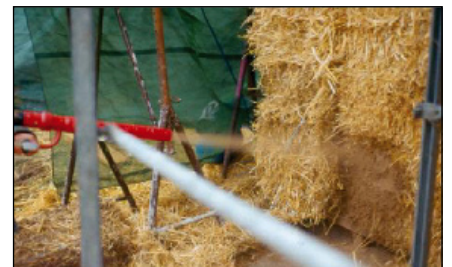


Abb.8 Putzauftrag mit Schleudertechnik (BV Bösel 2)



Abb.9 Mit dem Schleuderverfahren aufgebracht, schlecht haftender Lehmputz

4.0 Brand- und Feuchteschutz

4.1 Brandschutz bei Strohballenwänden

Ein Brandversuch an der Materialprüfungsanstalt Braunschweig ergab, dass eine Strohballenwand, die beidseitig mit 3 cm Strohlehm verputzt war, einer Brandlast von neunzig Minuten stand hielt und damit als Bauteil die Feuerwiderstandsklasse F 90 hat. Voraussetzung für diese Bescheinigung ist, dass der Baustoff „Strohballen“ normal entflammbar ist (B2). Auch dafür liegen Versuchsergebnisse vor, so dass in Kürze mit einem endgültigen Prüfzeugnis zu rechnen ist. Für Strohballenwände mit anderen Putzaufbauten gibt es in Deutschland keine vergleichbaren Prüfzeugnisse.

4.2 Feuchteschutz bei Strohballenwänden

Feuchte kann durch vier unterschiedliche Vorgänge in die Strohballenwand eingetragen werden.

In der Bauphase durch:

- schlechte Planung und Unachtsamkeit beim Bauablauf
- Aufbringen des Putzes,

während der Nutzung durch:

- Kondensat in den kalten Monaten im Bauteil
- Regen auf die Außenwand.

In den beiden letzten Fällen ist die äußere Strohballenschicht davon betroffen.

4.2.1 Bauablauf

Der Schutz der Ballen vor Regen bei Lagerung und Einbau ist bestimmend für Bauablauf und Konstruktion. Wegen der Feuchtegefährdung beim Bauen ist zur Zeit in Deutschland Strohballenbau nur in den frühen Sommermonaten sinnvoll. Bei der gängigen nicht lastabtragenden Bauweise wird zuerst das Ständerwerk erstellt mit plattenförmigen Aussteifungen im Geschossboden und Dach, die damit gleichzeitig einen guten Wetterschutz bilden. Gitterfolien vor der Rüstung haben sich bei böigem Regen bewährt.

Eine denkbare Vorfertigung von Strohballenelementen, die in ein bestehendes Traggerüst geschoben würden und damit die Begrenzungen der Bauzeit aufweichen, wurden bisher nur im Ansatz probiert.

4.2.2 Aufbringen des Strohlehmputzes

Der Strohlehmputz wird in mehreren Arbeitsschritten feucht auf die Strohballenwand aufgebracht. Zuerst ein Vorspritzen mit sehr fettem Lehm, dann der ca. drei Zentimeter dicke Grundputz in mehreren Arbeitsgängen und gegebenenfalls der

Lehmoberputz oder ein Kalkputz. Dabei werden je nach Putz- und Auftragungsart 15 bis 20 Liter Wasser je Seite und Quadratmeter eingebracht. Im Lehm-bau wird vorsichtig mit 1 mm Trocknung pro Tag gerechnet, der Lehmgrundputz trocknet am Anfang schnell, dann langsamer in drei bis vier Wochen bis zur Gleichgewichtsfeuchte. Die bisherigen Erfahrungen hat gezeigt, dass es sinnvoll ist, spätestens im Hochsommer die Strohballenwände zu verputzen. Jede Putzschicht muss durchgetrocknet sein, bevor die nächste Schicht folgt. Zu bedenken ist auch, dass die Trocknung innen wesentlich langsamer als außen ist. Diese Faktoren müssen im Zeitablauf gut eingeplant werden.

Für die Steuerung und Beurteilung gibt es neben den Erfahrungen bisher wenig Grundlagenwissen. Unbekannt ist, wie viel Feuchte über welche Zeit erlaubt ist, bevor es zu Schimmelbildung und Kompostierung kommt. Erschwerend kommt die Unkenntnis über die bakterielle Vorbelastung von Strohballen, Stroh im Lehmputz und Lehm. Deshalb sollte hier mit großer Vorsicht vorgegangen werden:

- Feuchte der Ballen unter 15 % (nach einigen Autoren unter 18 %), wenig Beikraut
 - Prüfung des Humingehaltes des Lehms durch Riechen oder Test mit Natronlauge
 - Strohlehm nur einige Tage mauken lassen und relativ zügig verbrauchen
- Ob eine Beimischung von bekannten fungiziden Mittel wie Borsalz* in die erste Lehmschlämme die Sicherheit erhöht, sollte untersucht werden.

4.2.2.1 Lehmgrundputz mit maschineller Einblastechnik

Bei einer Baustelle wurde 2003 der Lehmgrundputz innen mit maschineller Einblastechnik aufgebracht (siehe dazu auch: Thomas Dingeldein, „Konzeption einer neuen Lehmbauweise mit maschineller Einblastechnik“ in Moderner Lehm-bau 2002, Tagungsband). Dabei wird der knapp erdfeuchte Lehm in einen Strom mit hohem Luftdruck „eingeschleust“, trocken in einem geriffelten Schlauch transportiert und unter geringer Wasserzugabe gegen die Wand gespritzt.

Statt 15 Liter werden so nur 3 Liter pro Quadratmeter auf die Wand gebracht. Für das sehr schnelle Arbeiten ist auf der Baustelle eine äußerst gute Logistik notwendig. Außerdem ist die Verkrallung am Ballen nicht mit der Nasslehntechnik vergleichbar. Dieser Putz ist nur mit Hanfschäben bewehrt, erhält aber durch den extremen Aufblasdruck eine hohe Druckfestigkeit. Für eine endgültige Beurteilung sind mehr Erfahrungen und Untersuchungen notwendig.

4.2.3 Tauwasser im Bauteil

Im Bauteil findet neben dem Wärmetransport ein Wasserdampftransport im Winter (in der Verdunstungsperiode) von innen nach außen statt. Dadurch kommt es auch bei der relativ homogenen Strohballenwand zu einem Ausfall von Kondensat, zumindest bei einer Tauwasserberechnung nach DIN 4108, Teil 3. Vergleichsrechnungen zeigen, dass dieser Ausfall recht unabhängig von der Art des Innen- und Außenputzes ist, es bei der Austrocknung jedoch umgekehrt ist. Die Wand ist umso sicherer je wasserdampfdurchlässiger die Putze sind.

*Borsalze sind nach der Gefahrstoffverordnung nicht kennzeichnungspflichtig. Ihre Giftwirkung auf Warmblüter ist vergleichsweise gering und mit der von Kochsalz vergleichbar. Borsalz wirkt schimmelabweisend und verhindert nachhaltig die Neubildung von Schimmelpilzen.



Abb.10 Aufbringen des Strohlehmputzes



Abb.11 Lehmgrundputz mit maschineller Einblastechnik

4.2.4 von außen durch Regen

Der Regendruck treibt die Feuchtigkeit in den Außenputz. In der DIN 4108, Teil 3 werden drei Beanspruchungsgruppen mit geringer, mittlerer und starker Schlagregenbeanspruchung und entsprechenden Anforderungen an den Außenputz unterschieden. (> Tabelle 1)

Lt. Firmenangabe erfüllte der Putz auch die Anforderungen für mittlere Schlagregenbeanspruchung.

Der von uns bisher benutzte leicht hydraulische Kalkputz (Mörtelgruppe 1) gestrichen mit Kalkkaseinfarbe (System Fa. Solubel) sollte bei dem bisherigen Kenntnisstand nur bei geringer Schlagregenbeanspruchung eingesetzt werden. Die bisherigen Anwendungen lagen in entsprechenden Gebieten. Bei höherer Beanspruchung sollte ein anderer Schutz wie Verbretterungen o.ä. gewählt werden.

Kalkputz und Anstrich muss als System angesehen werden, dessen Komponenten aufeinander abgestimmt sind: „Ein kalkverträglicher Anstrich (freskale Kalktünche, Kalk-Kasein-Anstrich) vermindert das Porenvolumen des Mörtels in seiner direkt bewitterten Zone. Die sich daraus im Mörtel ergebende Porengeometrie bremst eindringendes Wasser ab, sorgt aber gleichzeitig für verstärkte Kapillarentfeuchtung von innen heraus. Die kapillare Feuchtwanderung funktioniert nämlich nur von Grob- in Feinporen, nicht umgekehrt.“ (Konrad Fischer: Die häufigsten Fehler bei der Anwendung von Luftkalkmörtel, Kalkputz und Kalkanstrich, s. Anhang).

Von besonderem Interesse wäre, ob und wann die Schlagregenbeanspruchung einen solche Größe annimmt, dass die Vermittlungsschicht zwischen Lehm- und Kalkputz versagt und der Kalkputz abfällt.

4.3 Wissenstand zum Feuchteschutz

4.3.1 eigene Berechnungen

Bei der Berechnungen des Tauwasser- ausfalls in der Strohballenwand nach DIN 4108 Teil 5 an wurde die Art des Innen- und Außenputzes variiert. (> Tabelle 2)

Entscheidend für das Ergebnis ist der jeweilige Ansatz der Stoffwerte, vor allem der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl. Die Werte für Kalkzementputz wurden der DIN entnommen, die für Strohlehmputz den Lehm- und Kalkputz gibt die Fa. Solubel Werte an, die denen anderer Hersteller gleichen. Die Anstriche wurden nicht berücksichtigt. (> Tabelle 3)

DIN 4108, T3	Schlagregen beanspruchung	mm Regen / Jahr	sonstige Anforderungen	
	gering	unter 600	besonders windgeschützt	keine besonderen
	mittlere	600 – 800	windgeschützt	0,5 < w < 2,0
	stark	über 800		w < 0,5 sd < 2,0 w * sd < 2,0

w > Wasseraufnahmekoeffizient
sd > Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke

Tabelle 1 Schlagregenbeanspruchung nach DIN 4108 Teil 3

Innenputz	Außenputz	Kondensat	verdunstet
Strohlehm	Strohlehm	0,62	4,08
Kalk	Kalk	0,62	3,05
Strohlehm	Strohlehm / Kalk	0,74	3,03
Strohlehm	Kalk	0,77	2,94
Strohlehm	Kalkzement	0,93	1,27
Kalk	Kalkzement	0,79	1,15
Kalkzement	Kalkzement	0,65	1,06

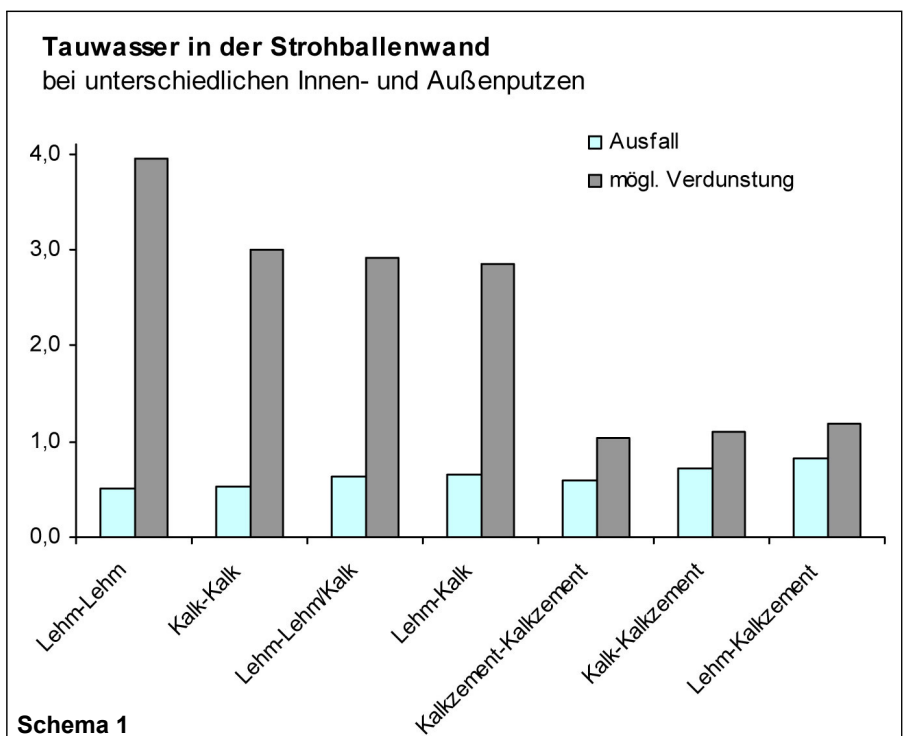
Tabelle 2 Tauwasser in der Strohballenwand: Ergebnisse

Material	Dampf- Diffusion μ_1 / μ_2 [-]	Wärmeleitf. λ [W/mK]	Rohdichte ρ [kg/m³]	Dicke [cm]	S _D [m]
Stroh	2	0,045	150	45	0,9
Strohlehmputz	3 / 5	0,500	1200	3	0,09/ 0,15
Kalkputz	8	0,870	1800	3 (1)	0,24
Kalkzementputz	15 / 35	0,870	1800	3	0,45/ 1,05

Tabelle 2 Tauwasser in der Strohballenwand: Rechenwerte

Bei der hochdämmenden Strohballenwand, die auf eine innenliegende Dampfsperre verzichtet, kommt es zu Tauwasser- ausfall (in der Tauperiode) im Bereich des Übergangs Strohballen – Außenputz. Er liegt je nach Putzsystem mit 0,50 bis 0,83 [litr./m²] unterhalb des Grenzwertes der DIN. Er nimmt deutlich zu, wenn der

äußere Putz wesentlich dampfdichter ist als der innere. Bei allen Putzsystemen kann das ausfallende Tauwasser (in der Verdunstungsperiode) verdunsten, die dichteren Kalkzementputze gerade mal so, die diffusionsoffeneren Lehm- und Kalkputze haben siebenfache „Verdunstungsreserven“ (Verhältnis „mögl. Verdunstung“ zu „Ausfall“).



Schema 1

Schon eine Dampfbremse von $sD = 2,0$ [m] verhindert den rechnerischen Tauwasserausfall. Damit würde die Wand nach DIN 4108, T3, 3.1.4 nicht mehr als diffusionsoffen ($sD < 0,5$) gelten, sondern als diffusionshemmend. Diese Einschränkung wird auch im baubiologischen, ökologischen Bauen bei der Verwendung von Grobspanplatten oft übersehen. Dem Autor ist auch keine akzeptable Möglichkeit der Ausführung einer solchen Dampfsperre bekannt.

Günstig bei den Varianten mit Lehmputz ist, dass der Putz sich tiefer im Strohballen verkrallet und damit im Bereich des möglichen Tauwasserausfalls mehr und stärker kapillar transportierendes Material vorhanden ist.

Bei einem Vergleich der verschiedenen Arten des Feuchteintrags zeigt sich die geringe Größe der Tauwasserbelastung deutlich:

Masse-Prozent [%]	30	25	20	15	10	5	0
Gewicht [kg bzw ltr.]	4,50	3,75	3,00	2,25	1,50	0,75	0,00
Putzauftrag	Einbaufeuchte der Ballen			Tauwasser			

Tabelle 4

4.3.2 Untersuchungen, Berichte

Die Zahl der Untersuchungen zu dem Thema ist gering, aber natürlich äußern sich alle Autoren, die über Strohballenbau schreiben, auch zur Frage des Putzes.

4.3.2.1 Amazon Nails, 2001, Information Guide to Straw Bale Building Plastering and Rendering (Innen- und Außenputz)

„Stell Dir vor, du steckst einen Strohballen in einen Plastetasche und bindest ihn zu. Er wird warm, schwitzt und ein guter Nährboden für Bakterien. Stroh ist ein atmendes Material, das durchlässig ist für Luft und Luftfeuchte. ... In praktischer Hinsicht bedeutet das, dass alle Materialien, die es vor Feuchte schützen sollen, dieses Atmen nicht verhindern dürfen. Das ideale Putzmaterial für Strohballen

ist traditioneller Kalkputz oder Lehmputz ohne Vergütungen, weil sie auch atmungsaktiv sind, gestrichen mit Kalkfarbe oder anderen atmenden Farben.“ Nach den Arbeitsanleitungen erwähnen sie noch, dass es in den USA und in Kanada Hunderte von Strohballenhäuser gibt, die mit Zement verputzt sind. Den meisten von ihnen geht es auch gut, nur einige haben wegen des Putzes starke Schäden.

4.3.2.2 Rob Jolly, 2000, Strawbale Moisture Monitoring Report für das Canadian Mortgage and Housing

Umfangreiche Testserien bestätigen, was im Strohballenbau Stand der Technik ist: Feuchteempfindliche Naturdämmstoffe sollten unter allen Umständen diffusionsoffen verputzt werden, da nur „atmende“ Systeme langfristig Schutz vor erhöhtem Feuchteanfall in den Wänden garantieren können. In diesem Zusammenhang empfiehlt die CMHC, Strohballen-Wandssysteme in Kombination mit Kalk- und Lehmputzen zu verwenden, da diese auch mit erhöhtem Feuchteanfall aus der Raumluft umgehen können, während bei Zementputzen und diffusionsdichten Anstrichen oftmals die typischen Bauschäden erkennbar sind (Schimmel, vermoderndes Stroh, Wärmebrücken). Die Eignung verschiedenen Putze und Anstriche ist im folgenden aufgelistet:

- Zementputze sind relativ wasserdampftundurchlässig (diffusionsdicht), ein 40 mm starker Zementputz wirkt wie eine Dampfsperre. Deshalb Zementputze nur dort verwenden, wo wasserabweisende Eigenschaften notwendig sind, wie im Spritzwasserbereich der Außenwand.
 - Die Mischung mit Kalk (Kalkzementputze) hat positive Auswirkungen auf die Diffusionsfähigkeit.
 - Reine Kalkputze sind besonders diffusionsoffen. Es konnten keine großen Diffusions-Unterschiede zwischen Trasskalk und Hydratkalk festgestellt werden, obwohl Unterschiede beim Putzen feststellbar waren.
 - Ein Ölansrich - selbst auf relativ dampfdiffusionsoffenen Putzen - wirkt wie eine Dampfsperre.
 - Ein Latexansrich (Dispersion) auf einem Putz (1 T Zement, 1 T Kalk, 6 T Sand) reduziert die Dampfdiffusion um ein Drittel.
 - Elastomere (z.B. Bitumenansrichen) sind dampfdiffusionsdicht (Dampfsperren) und zeigen nur geringe Wasserabsorption. Der Gebrauch dieser Elastomere wird von CMHC für den Spritzwasserbereich empfohlen.
 - Siloxane haben sowohl bei Zement als auch Zement-Kalkputzen keine Auswirkungen auf den Dampfdiffusionswiderstand, wohl aber auf die Wasserabsorption. Ihr Einsatz kann aufgrund der CMHC-Studie nicht empfohlen werden.
 - Leinöl ist ein kaum wirksamer Nässe-schutz und hat beinahe keine Auswirkungen auf die Dampfdiffusion.
 - Calcium-Stearate als Zement-Additive reduzieren die Dampfdiffusion und haben nur geringe Auswirkungen auf die Wasserabsorption. Ihr Einsatz kann von CMHC nicht empfohlen werden.
- zitiert nach: Haus der Zukunft – Wand-systeme aus nachwachsenden Rohstoffen, GrAT in Zusammenarbeit mit asbn und StrohTec.
- Anmerkung: Nach Minke reduziert Leinöl (Zusatz oder Anstrich) die Diffusions-offenheit von Lehm erheblich.

4.3.2.3 Haus der Zukunft – Wandsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen, GrAT in Zusammenarbeit mit asbn und Strohtec

Die Studie stellt zusammenfassend zum Feuchteverhalten verschiedener Strohballenkonstruktionen fest:

„Stroh ist im Vergleich zu anderen Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen, wie Flachs oder Hanf unter erhöhtem Feuchteinfluss leichter zersetzbar und muss daher sicher davor geschützt werden. Um hohe Feuchtwerte in Strohballenwänden zu verhindern empfiehlt sich eine leichte Dampfbremse (Sd-Wert: 6-7m) als Luftdichtung an der Innenseite. Lehmputze unterstützen aufgrund ihrer hydrophilen Eigenschaft die Verteilung von Feuchtespitzen auf einen längeren Zeitraum (Lehmputze haben bei Fachwerkhäusern das Holz auf lange Zeit derart ausgetrocknet und konserviert, dass weder Schädlinge noch Pilze und Mikroorganismen dem Holz schaden konnten). Die untersuchten Strohwandkonstruktionen sind bei der vorgeschlagenen Dimensionierung und bei sorgfältiger Ausführung unproblematisch hinsichtlich Dampfdiffusion und Kondensation. Durch das hohe Austrocknungspotenzial sind sie auch gegenüber kurzfristigen, unvorhergesehenem Wassereintritt beständig. Eine Ausnahme bilden die direkt innenseitig verputzten Wandquerschnitte in den Fällen, in denen auch die Außenbekleidung als Putzfassade ausgeführt wird. Die innenseitige Diagonal-Sparschalung muss vollflächig ausgeführt werden. Der Außenputz sollte nur auf Putzträger aufgebracht werden. Auch in diesem Fall sollten nur dafür zugelassene Putzsysteme oder bereits erprobte Außenputze zum Einsatz gelangen. Lehmputze dürfen nur an Fassaden ausgeführt werden, die sicher weder von Spritzwasser noch von Schlagregen belastet werden. Neuere Entwicklungen mit Endbeschichtung aus Wasserglas oder Mikrokristallinen stehen noch in der Erprobungsphase. Mit Wasser belastete Außenwände sollten mit dafür zugelassenen Silikatputzen endbeschichtet werden. die äußere Winddichtung, als auch die Fassadenoberfläche diffusionsoffen ausgeführt wird. Das betrifft nicht nur Putze sondern auch die Anstriche.“

4.3.2.4 Eweleit, Hansen, Meinhof: Strohballen, Bauen für eine bessere Zukunft, Forschungsbericht

In der von Frerichs und Margit Kennedy betreuten Diplomarbeit werden zusätzlich zu den bekannten Berechnungen des Tauwasserausfalls nach DIN 4108 Teil 5 Berechnungen mit dem Simulationsprogramm WUFI (Wärme- und Feuchtetransport instationär) des Fraunhofer Instituts für Bauphysik in Holzkirchen durchgeführt.

Als Belastung wird angesetzt und über ein Jahr verfolgt:

- die Feuchte des Putzes nach Putzauftrag am 1. Januar
- der Wasserdampfes über das Jahr, nicht jedoch Regen

„Dieser Test simuliert über den Zeitraum eines Jahres die Wirkung von Feuchtigkeit auf ein Bauteil unter instationären Verhältnissen. Hierbei wird überprüft, ob die natürliche Trocknungszeit ausreicht, um die anfallende Feuchtigkeit wegzutrocknen. Strohballenwände wiesen hier keine Probleme auf.“

Die Arbeit weist einige Probleme beim Ansatz der notwendigen Stoffgrößen auf. So wurde die Rohdichte des Lehms mit 600 [kg/m³] unsinnig niedrig angesetzt. Vergleichsrechnungen nach DIN ergaben dadurch Abweichungen bei der Tauwasserberechnungen von zehn Prozent. Die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl wurde mit „3“ statt „3/5“ (Lehmbau Regeln) angesetzt, die weiteren komplizierten Stoffwerte konnten nur nach Plausibilität durch Vergleich mit anderen Stoffen angesetzt werden.

Trotzdem konnte so rechnerisch festgestellt werden, dass die Strohballen nach Trocknung des Lehmgrundputzes ebenfalls trocken sind.

4.3.2.5 FAL Braunschweig, Vor Ort Untersuchungen der Feuchte in Strohballen, Aussiedlerhof Warmuth

Wie bei der kanadischen Untersuchung wurde vor Ort mit Sonden, die über den Wandquerschnitt verteilt waren, die Feuchte gemessen. Leider wurden die Sonden nur im inneren Bereich gesetzt, nicht jedoch im äußeren, wo mit Feuchte zu rechnen ist. Deshalb und da die Arbeit nicht im Wortlaut vorliegt, kann sie nicht weiter kommentiert werden.

4.4 Schlussfolgerungen

Nach den vorliegenden Untersuchungen und Erfahrungen werden von den Strohballenbauern weltweit und zunehmend Putzsysteme bevorzugt, die möglichst diffusionsoffen und dabei ausreichend wasserdicht gegen Schlagregen sind. Sie gewährleisten bei entsprechender zeitlicher Planung ein Austrocknen nach der Bauphase und Tauwasserfreiheit während der Nutzung.

Zur Erhöhung der Planungs- und Ausführungssicherheit sind jedoch wissenschaftlich nachprüfbar Vor – Ort – Messungen und Simulationen für Austrocknung, Schlagregen- und Tauwasserbelastung notwendig.

Anhang

5.0 Ausschreibungstexte

5.1 Vorbehandlung Strohballen

Pos. 1 Vorspritz auf Strohballen im Außen- und Innenbereich mit fetter Lehmschlämme, volldeckend als Putzgrundvorbereitung
Deckungsgrad: Schlämme darf nicht abtropfen bzw. runterlaufen, Vorspritz muss vor Putzauftrag durchtrocknen

Pos. 2 Strohlehmputz einlagig als Unterputz im Außen- und Innenbereich, Mischung aus fettem Lehm (Körnung 0 - 2 mm) und Faserarmierung aus Strohhäckseln im Volumenverhältnis von ca. 1:1, Auftrag nass in nass bis zu einer Putzdicke von ca. 30 mm, Oberfläche glatt gezogen, im feuchten Zustand gelöchert

Auftrag des Unterputzes als Maschinenputz unter Druck oder als Handbewurf mit starker Verreibung in die Strohballen, Halmlängen der Strohfasern beim Maschinenputz ca. 5 cm, beim Handputz ca. 20 cm

Pos. 3 Runde Ecken als Zulage zum Strolehmunterputz für die Ausbildung von gerundeten Ecken an Gebäudekanten, Versprüngen und Laibungen, vertikal und horizontal, in Lot und Waage, Radius 5 cm (nach Absprache)

Pos. 4a Strohlehmputz mit Putzträger auf Hölzern, Plattenstreifen o.ä., Hölzer längs mit 70-stengeligem Schilfrohr bespannen, Hanf- oder Jutegewebe flächig mit einem Überstand von mind. 10 cm über den zu überspannenden Bereich hinaus nach Herstellerrichtlinien in den Lehmputz einarbeiten, Stoßüberlappung 10 cm

Pos. 4b Strohlehmputz mit Putzträger auf Hölzern, Plattenstreifen o.ä., Hölzer quer mit 70-stengeligem Schilfrohr mit einem Überstand von mind. 10 cm über den zu überspannenden Bereich hinaus bespannen
Alternativ zu Pos. 4a und / oder 4b

5.2 Außenputz

Pos. 5 Vermittlungsschicht für den folgenden Auftrag mit Kalkputz im Außenbereich, System Solubel: Verarbeitung nach Herstellerrichtlinien, Auftrag von essigsaurer Tonerde in den durchgetrockneten Untergrund und anschließender Einarbeitung von Kalkunterputz in einer Dicke von 0 - 6 mm

Nässen des Unterputzes vor Auftrag der Tonerde, der Kalkunterputz wird stark eingerieben, Vermittlungsschicht muss

vor dem Auftrag vom Kalkputz durchtrocknen und durchreißen

Pos. 6 Kalkputz zweilagig im Außenbereich wetterbeständig, auf Vermittlungsschicht, Putzdicke 10 - 15 mm, Körnung 0 - 6 mm, System Solubel: Verarbeitung nach Herstellerrichtlinien, erste Lage mit Dachshaararmierung
Nässen der Vermittlungsschicht vor Putzauftrag, 1. Lage des Kalkputzes muss vor dem Auftrag der 2. Lage durchtrocknen und durchreißen, besonders beanspruchte Kanten und Ixel bedürfen der verstärkten Dachshaararmierung

Pos. 7 Runde Ecken als Zulage zum Kalkputz für die Ausbildung von gerundeten Ecken an Gebäudekanten, Versprüngen und Laibungen, vertikal und horizontal, in Lot und Waage, Radius siehe oben

Pos. 8 Fassadenanstrich mit Sumpfkalk - Kaseinfarbe, wetterbeständig, System Solubel, mehrlagig entsprechend den Herstellerangaben, erdfarben pigmentiert

5.3 Innenputz

Pos. 9 Lehmoberputz einlagig, an Wänden bzw. Decken im Innenbereich, Oberfläche gerieben, aus Lehm, gemischtkörnigem, gewaschenen Sand (Körnung 0 - 2 mm) und Feinarmierung aus tierischen oder pflanzlichen Fasern, Putzdicke d= 5 - 10 mm, incl. aller notwendigen Kellenschnitte, Oberfläche und Ebenheit nach Absprache

Pos. 10 Runde Ecken als Zulage zum Lehmoberputz für die Ausbildung von gerundeten Ecken an Gebäudekanten, Versprüngen und Laibungen, vertikal und horizontal, in Lot und Waage, Radius wie oben

Anmerkungen kursiv

6.0 Relevante Bauvorschriften

DIN EN 459 T1 - 3 02 / 02 zurückgezogen
DIN 1060 T1 - 3
Baukalk; Begriffe, Anforderungen, Lieferung, Überwachung

DIN 4102 T1 02 / 88
Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Baustoffe, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

DIN 4102 T4 03 / 94
Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile

DIN 4108 T3 07 / 01

Wärmeschutz im Hochbau; Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung

DIN 4211 03 / 95
Putz- und Mauerbinder

DIN 18 550 T1 01 / 85
Putz, Begriffe und Anforderungen

DIN 18 550 T2 01 / 85
Putze mit Mörteln mit mineralischen Bindemitteln

DIN 52 617 05 / 87
Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme von Baustoffen und Beschichtungen; Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung

Lehmbau Regeln 1998
Begriffe, Baustoffe, Bauteile
Dachverband Lehm (Hrsg.)
Vieweg Verlag, Braunschweig 1999 (29,80 DM)

7.0 Literaturliste

7.1 Bauen mit Stroh

Bauen mit Stroh, Herbert Gruber
Ökobuchverlag, Staufen, 1999
„Der Autor zeigt gebaute Beispiele sowie erprobte Bauformen und Konstruktionen. Er geht auf die bauphysikalischen Eigenschaften ein und berichtet über neue Testergebnisse und Forschungen ...“
(Klappentext)

Moderner, kostengünstiger Strohballenbau
Der Gebrauch von Strohballen als Dämmstoff im Kontext des modernen Lehmbaus, Axel Linde
In : *Moderner Lehmbau 2002*, Internationale Beiträge zum modernen Lehmbau
Hrsg. KirchBauhof gGmbH
Fraunhofer IRB Verlag

The Straw Bale House
Bainbridge, Steen
A real goods living book
296 S., Chelsea Green Publishing Company, 1994, Vermont
ISBN 0-930031-71-7
„I grew up building“ beginnt die Athena Steen Story und beginnt der Klassiker der Strohballenszene.

Aus dem Internet

Strohballen - Bauen für eine bessere Zukunft, Eweleit, Hansen, Meinhof (Diplomarbeit), PDF unter www.anderssehn.de
Schwerpunkt: Feuchte, Bauphysik, Schimmel, u.a. „die Wirkung von Feuchtigkeit auf ein Bauteil unter instationären Verhältnissen“ mit dem Programm „WUFI“ des Fraunhofer Instituts für Bauphysik. Im Anhang Übersetzungen zu diesem Thema aus Amerika und die amerikanischen Bauvorschriften zum Bauen mit Stroh.

Haus der Zukunft – Wandsysteme aus Nachwachsenden Rohstoffen
Wirtschaftsbezogene Grundlagenforschung, Endbericht einer Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (Österreich) GrAT in Zusammenarbeit mit asbn und StrohTec 01/2001, 62 Seiten unter www.grat.tuwien.at
GrAT, ein Verein zur Erforschung und Wissenvermittlung über angepasste Technologien

Information Guide to Straw Bale Building for self-builders and the construction industry, Amazon Nails, 76 Seiten, davon 16 S. Architekturzeichnungen unter www.starwbalefutures.org.uk
Sehr anschauliche Anleitung zum Bauen, acht Seiten über Innen- und Außenputz

Strawbale Moisture Monitoring Report
Rob Jolly (2.02) für das Canadian Mortgage and Housing
58 Seiten unter
Langzeituntersuchungen an neun bestehenden Strohballenhäusern über Feuchtebelastung in der Wand

Tucson / Pima County Straw Bale Code und andere amerikanische Vorschriften für das Bauen mit Stroh
Prescriptive Code for Load-Bearing and Non-Load-Bearing Straw Bale Construction as Approved by the Pima Country Board of Supervisors and the Mayor and City Council of Tucson, Arizona, January 2, 1996, Unter dcat.net
Das hauptsächliche Anliegen der Organisation DCAT ist „Building Sustainability into the Code“, also die amerikanische Normierung für nachhaltiges Bauen zu öffnen. Der genannte Code beschreibt beispielsweise, dass Zementputz mit verzinktem Draht bewehrt sein muss, Lehmputz jedoch nicht.

7.2 Bauen mit Lehm

Das neue Lehm-Bauhandbuch
Der Baustoff Lehm und seine Anwendung, Gernot Minke
Ökobuchverlag Staufen, 5. Aufl. 2001
„In diesem Lehrbuch und Nachschlag-

werk werden die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten und Verarbeitungstechniken des Baustoffs Lehm gezeigt und die materialspezifischen Eigenschaften und physikalischen Kennwerte fundiert und praxisnah dargestellt. ... (Dies) wird ergänzt durch Beschreibung und Bilder ausgeführter Lehmhäuser und durch die Erfahrungen, die bei der Planung und Realisierung zahlreicher Lehmbauten im In- und Ausland gewonnen wurden.“ Dem Klappentext ist nichts hinzuzufügen.
Leichtlehm-Bau

Alter Baustoff - neue Technik
Franz Volhard, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, 5. ergänzte Auflage 1995
Dieses Standardwerk enthält eine Übersicht über traditionellen und weiterentwickelten modernen Leichtlehm-Bau, seine Anwendung bei Fachwerksanierung und Neubau sowie detaillierte Angaben über Ausführung, Zeit- und Kostenaufwand, bauphysikalische Grundlagen und praktische Erfahrungen bei der Ausführung. Die vorliegende „Überarbeitung“ kommt einem neuen Buch gleich, das zwar von der Aufmachung immer noch recht dröge wirkt, vom Inhalt aber ein guter und zuverlässiger Ratgeber ist.

Lehm-Bau für Architekten und Ingenieure
Konstruktion, Baustoffe und Bauverfahren, Prüfung und Normen, Rechenwerte
U. Schneider, M. Schwimann, H. Bruckner
Werner Verlag, Düsseldorf, 1996, vergriffen
Zusammengetragen sind, wie im Titel beschrieben, technischen Angaben zum Bauen mit Lehm. Überflüssige Abschreiberei? Es ist eine dritte Sichtweise, diesmal weniger das Konstruktive, mehr das Stoffliche im Vordergrund, alles bienenfleißig zusammengetragen und für die Unermüdlichen eine Bereicherung besonders in den Kapiteln über die Mineralogie des Tons.

Technik des Lehm-Baus
E. Pollack / E. Richter, Verlag Technik Berlin, Berlin, 1952, vergriffen
Eine noch umfassendere Einführung in die Techniken des Lehm-Baus, die den Wissenstand der 50iger Jahre wiedergibt - nur selten in Bibliotheken zu finden.

Traite de construction en terre
L'encyclopedie de la construction en terre - Vol.1 (CRATerre), H. Houben, H. Guillaud, Editions Paranthésis Marseille 1989, ISBN 2-86364-041-0
Dieses wunderschön bebilderte Lehrbuch hat nur einen wesentlichen Mangel: es ist auf französisch. Es gibt aber als Trost auch eine englische Ausgabe.

Lehm-Bau Regeln
Begriffe, Baustoffe, Bauteile
Dachverband Lehm (Hrsg.), Vieweg Verlag, Braunschweig 1999
Die Lehm-Bau Regeln geben den „Stand der Technik“ wieder. Durch ihre rechtlich verbindliche Einführung in fast allen Bundesländern ist damit die Rechtsunsicherheit beendet, die durch das Zurückziehen der alten Lehm-Bau - DIN entstanden war.

Lehm-Bau 2001
Aktuelles Planungshandbuch für den Lehm-Bau, Dahlhaus, Kortlepel, von Börjesson, Eider, Giskes, Papke, von den Steinen, Loseblattsammlung
manudom Verlag, Jakobsplatz 7 in 52064 Aachen
Bauteile, Ausschreibungstexte, Kosten, Richtlinien, Kennwerte, Produkte, Anbieter, Medien, ...

Rammed earth
Lehm und Architektur, Martin Rauch, Otto Kapfinger, Birkhäuser, Basel/Berlin, 2001
Sehr schön gestaltetes Buch über die Stampflehm-Bauten von Martin Rauch.

Neue Lehm-Häuser international
Projektbeispiele, Konstruktionen, Details
Günter zur Nieden, Christof Ziegert
Bauwerk Verlag, Berlin, 2002
Eine Übersicht über den Stand der Lehm-Bautechnik mit gebauten Beispielen aus Deutschland und International.

Neues Bauen mit Lehm
Konstruktionen und gebaute Objekte
A-L. Huber, Th. Kleespiess, P. Schmidt
Ökobuch, Staufen 1997
Lehm als Baustoff, Was ist Lehm, Neues aus der Lehm-Bauforschung, Mit Lehm bauen - Materialien und Baustellenorganisation, Regeldetails für den Bau von Lehmhäusern, Beispiele, ...

Modern bauen mit Lehm
4 Bände mit den Beiträgen zu den Fachtagungen „Moderner Lehm-Bau“ organisiert vom KirchBauhof Berlin, Jahrgänge 1997 und 2000 im Overall Verlag Berlin
Jahrgänge 2002 und 2003 im Fraunhofer IRB Verlag

Konzeption einer neuen Lehm-Bauweise mit maschineller Einblastechnik
Thomas Dingeldein, In: Moderner Lehm-Bau 2002, Internationale Beiträge zum modernen Lehm-Bau, Hrsg. KirchBauhof gGmbH, Fraunhofer IRB Verlag

