

LEHM.konkret



Schlussbericht

Mit Förderung durch die Österreichische
Forschungsförderungsgesellschaft m.b.H. - FFG (früher
Technologie-Impulse Gesellschaft m.b.H. -TiG) in der
Programmlinie *protec-NET plus*



Impressum:

Herausgeber:

ecoplus Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH

Ökobau Cluster Niederösterreich

Landhausboulevard 29-30, Haus 5

3109 St. Pölten

E-mail: a.geisslhofer@ecoplus.at

Internet: <http://www.oekobaucluster.at>

Für den Inhalt verantwortlich:

Dr. Alois Geißlhofer

Projektleitung:

DI Christine Kunze, Fa. Wienerberger, früher ecoplus -Ökobau Cluster NÖ

Dr. Tobias Waltjen, Österr. Institut für Baubiologie u. -ökologie GmbH - IBO (Endredaktion)

November 2006

INHALTSVERZEICHNIS

1	Geplante Aktivitäten	5
1.1	Recherche.....	5
1.2	Optimierung von Grünlingen	5
1.3	Weiterentwicklung der Bauausführung	5
1.4	Technische Zulassung, Produktprüfung.....	6
1.5	Errichtung eines Prototypen.....	6
1.6	Vernetzung und Verbreitung	6
2	Durchgeführte Aktivitäten	7
2.1	Recherche.....	7
2.2	Optimierung von Grünlingen	8
2.2.1	Entwicklung der Lehmziegel-Materialmischung	8
2.2.2	Entwicklung des Lochdesigns	11
2.2.3	Entwicklung des Ziegelformats	12
2.2.4	Ergebnisse der Lehmziegel-Entwicklungen	13
2.3	Weiterentwicklung der Bauausführung	14
2.3.1	Richtlinien für die Planung eines Voll-Lehmziegelhauses	14
2.3.2	Richtlinien für die Verarbeitung des POROTHERM 20-25 Lehm	20
2.3.3	Richtlinien für die Errichtung und Nutzung eines Voll Lehmziegelhauses	22
2.4	Technische Zulassung, Produktprüfung.....	26
2.5	Errichtung eines Prototypen.....	27
2.6	Pilotprojekt LEHM.konkret Musterhaus im Marchfeld	28
2.6.1	Planung des LEHM.konkret Musterhauses im Marchfeld	28
2.6.2	Verarbeitung des POROTHERM 20-25 Lehm im LEHM.konkret Musterhaus im Marchfeld	32
2.6.3	Errichtung und Nutzung des LEHM.konkret Musterhauses im Marchfeld	33
2.7	Vernetzung und Verbreitung	36
3	Erfahrungen bei der Projektumsetzung	39
3.1	Begünstigende Faktoren.....	39
3.2	Hemmende Faktoren	39
4	Zusammenarbeit mit den Projektpartnern	40
4.1	Wichtigste Partner außerhalb des Projekts.....	40
	Abweichungen	41
4.2	Personalaufwand	41
4.2.1	Ökobau Cluster Team	41
4.2.2	Heribert Hegedys, Andreas Prehal	41
4.2.3	Norbert Prommer, Gerhard Koch	41

4.3	Vorzeitige Umsetzung eines Arbeitspaketes.....	41
4.4	Pilotprojekt BM Richard Caldonazzi.....	41
5	Grad der Zielerreichung	42
5.1	Erreichte Ziele	42
6	Wirkung des Projektes	42
6.1	Im Projekt.....	42
6.2	Jenseits der Projektziele	42
7	Anhang	43

1 Geplante Aktivitäten

Ziel des Projektes ist die fertigungstechnische Weiterentwicklung des traditionellen Baustoffes Lehm durch industrielle Fertigung von großformatigen Lehmziegeln (optimierte Grünlinge der Ziegelindustrie) zur Errichtung von Wohn- und Bürogebäuden mit höchstem ökologischen und energetischen Standard und bestem Nutzerkomfort in Passivhausbauweise.

1.1 Recherche

Juli 2004 - September 2004

Zu Beginn des Projekts soll mittels Internet- und Literaturrecherche recherchiert werden, welche Lehm-Produkte zur Zeit am Markt sind, welche Qualitäten und Schwächen diese aufweisen. Ebenso soll der Entwicklungsstand der Lehm-Technologien erfasst werden. Konsultationen und ExpertInnengespräche sollen Doppelgleisigkeiten der Forschungstätigkeiten vermeiden und eine fundierte, umfassende Wissensbasis schaffen, auf der die Forschungsaktivitäten des Projekts LEHM.konkret aufbauen können.

1.2 Optimierung von Grünlingen¹

September 2004 – Mai 2005

Bisher wurde das Design bzw. die Lochgröße und Lochreihen von Grünlingen vor allem auf den Brennvorgang abgestimmt. Ungebrannte Grünlinge ermöglichen ein neues Design und auch neue Lehm-mischungen wie beispielsweise Armierungen aus Hanf. Damit sollen die Statik und allgemein die Resistenz gegen mechanische Beanspruchung und das Austrocknungsverhalten verbessert werden. Durch Einsparen der Brennenergie wird die Umweltbelastung bei Massivbauwänden wesentlich reduziert. Das Projekt Lehmstein-Haus zielt auf eine entscheidende Verbesserung der Ökobilanzen von Massiv- bzw. Mischgebäuden.

1.3 Weiterentwicklung der Bauausführung

Oktober 2004 – August 2005

Im Rahmen des Projektes sollen die Bauausführung und Baudetails von tragenden Innen- und Außen-Lehmwänden sowie das Vermauern der Lehm-Steine optimiert werden. Traditionelle Mörteltechniken werden recherchiert und weiterentwickelt. Zur Erreichung des Passivhausstandards ist die Aufgabe der dauerhaft luftdichten Befestigung schwerer Fenster und Türen zu lösen. Es sind weitere Maßnahmen zur Lastverteilung bei stark beanspruchten Druckpunkten zu setzen, zum Beispiel durch die Integration von Stützen in Füllziegeln bzw. Grünlingen. Zentrale Anforderung des Lehmbaus ist der dauerhafte und zuverlässige Schutz vor Bauschäden durch Feuchtigkeit. Das betrifft beispielsweise den Sockelbereich des Gebäudes oder Deckenaufleger beim Ausbetonieren, etc. Um Passivhausstandard mit U-Werten bis hin zu $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zu erreichen, sind bei einem tragenden Lehm-mauerwerk von 20-25 cm weitere 30 cm Dämmung erforderlich. Herkömmliche Befestigungen von Vollwärmeschutzsystemen sind hier nicht geeignet und ökologisch nicht vorteilhaft. Entwickelt werden sollen daher neue Befestigungssysteme sowie vorgefertigte Dämmkonstruktionen für den Einsatz von Stroh, Zellulose und anderen biogenen Dämmmaterialien.

¹ Grünling: Aus fettem, steinfreiem Lehm mit Strangpressen industriell hergestellter, luftgetrockneter Lehmstein; Vorprodukt des gebrannten Ziegels. (G. Minke, *Das neue Lehm-bau Handbuch*, S. 119, 127, 2001, ökobuch Verlag)

1.4 Technische Zulassung, Produktprüfung

Im Zuge des Projekts sollen rechtliche Fragen und behördliche Einschränkungen geklärt werden. Es wird angestrebt, für den neu entwickelten Lehmbaustein EU-konforme Prüfzeugnisse zu erhalten.

1.5 Errichtung eines Prototypen

2005 – 2006

In der zweiten Projektphase soll ein Voll-Lehmziegelhaus in Passivhausbauweise als Prototyp errichtet werden. Im Zuge dieses Demonstrationsprojektes sollen entwickelte Baudetails realisiert und Baustellenabläufe optimiert werden.

1.6 Vernetzung und Verbreitung

März 2006 – Mai 2006

Die gewonnenen Erfahrungen aus dem realisierten Lehmziegel- sowie Gebäude-Prototypen sind in Workshops, bei Lehm-Events, Exkursionen, Messen und Fachtagungen zu verbreiten. Der Baustoff Lehm soll sowohl der Branche als auch dem Endkunden als allgemein erhältliches, geprüftes Serienprodukt zugänglich gemacht werden. Die Partner des Projektes profitieren von der Ausweitung ihrer Angebotspalette. Baustoffindustrie und Handel erhalten ein ökologisches und kosteneffizientes Produkt mit hohem Image. Beim bestehenden Netzwerk des Antragstellers, mit derzeit 30 Einzelmitgliedsbetrieben und weiteren 50 Betrieben und Forschungseinrichtungen bei Netzwerkpartnern, ist das Verbreitungspotential der durch das Projekt erworbenen neuen Entwicklungen, Erfahrungen und Ergebnisse besonders hoch. Das Lehmstein-Haus liegt auf der Linie der Klimaschutzziele der EU, des Bundes und des Landes Niederösterreich und ist nicht zuletzt auch in dieser Hinsicht äußerst zukunftsfähig.

2 Durchgeführte Aktivitäten

2.1 Recherche

Juli - Oktober 2004

Zu Beginn des Projektverlaufes, im Juli 2004, konsultierte die Projektleitung Professor Gernot Minke. Er ist Leiter des Forschungslabors für experimentelles Bauen, insbesondere Lehmbau, an der Universität Kassel. Als einer der wichtigsten Akteure und Know-how-Träger der deutschsprachigen Lehm-Szene konnte er einen Einblick in den aktuellen Stand der Lehm-Produktentwicklung sowie wesentliche Informationen bezüglich des vordergründigen Entwicklungsbedarfs in der Lehm-Technologie geben. Professor Minke wird häufig von Lehmprodukt-Herstellern herangezogen, die ihre neuesten Produktentwicklungen in seinem Forschungslabor, das mit speziellen Einrichtungen und Prüfinstrumente für Lehmstoffe eingerichtet ist, auf ihre Qualitäten testen lassen wollen. Durch diese Tätigkeit hat Prof. Minke einen guten Überblick bezüglich der Eigenschaften, Stärken und Schwächen der im Moment am Markt befindlichen Lehm-Bauprodukte, insbesondere der Lehmsteine. Viele dieser Produkte sind unter großem Aufwand mit viel handwerklichem Einsatz hergestellt und weisen dementsprechend starke Schwankungen in ihren Eigenschaften auf. Auffallend ist die geringe Druckfestigkeit der Lehmsteine sowie deren mangelnde serienmäßige Formstabilität. Auf Basis der Besprechungsinhalte mit der Projektleitung in Kassel hat Prof. Minke ein Strategiepapier zur Optimierung von Lehmziegeln erarbeitet, das als erster Leitfaden für den Entwicklungsprozess diente.

Im Oktober 2004 besuchte die Projektleitung die *Internationale Lehm-Tagung und Lehmfachmesse* in Leipzig, um die ausgestellten, aktuell am Markt befindlichen Lehm-Produkte zu erfassen und im Gespräch mit ExpertInnen Feedback zu den Stärken und Schwächen der verfügbaren Produkte zu bekommen. Lehm-Forscher wie Dr. Christof Ziegert wurden auf der Tagung kontaktiert und über den aktuellen Stand der Lehm-Technologie befragt. Sowohl auf der Messe als auch auf der Tagung bestätigte sich, dass ein dringender Entwicklungsbedarf hinsichtlich einfacher Herstellbarkeit, leichter Verarbeitbarkeit, seriengeprüfter Produktqualität sowie optimierter Tragfähigkeit besteht. Diese Eigenschaften sollten im optimierten Lehmstein realisiert werden.

Die beschriebenen Rechercheaktivitäten lieferte folgende Ergebnisse:

Das Interesse der Bauherren an gesunden, biologischen Baustoffen nimmt zu. Der Lehmbau gewinnt dadurch seit einigen Jahren einen völlig neuen Stellenwert.

Hemmende Faktoren sind

- Schlechte Verfügbarkeit von seriell produzierten Lehm-Produkten
- Hohe Preise der Lehm-Produkte, die durch aufwendige Herstellungsverfahren bedingt sind
- Hoher Verarbeitungsaufwand durch ein zu hohes Gewicht der Lehmsteine, fehlende Grifflöcher, geringe Kantenbruchfestigkeit
- Mangelnde Maßgenauigkeit der Produkte, wie zum Beispiel unebene Lehmstein-Flächen, die zu erhöhtem Mörtelverbrauch führen
- Keine allgemein erhältlichen, kompakt formulierten Produkthinweise für die Baustelle
- Wenig verfügbare Baudetails, die die Umsetzung von Lehm in Passivhausbauweise ermöglichen
- Fehlende behördliche Zulassung dieser Bauweise, beziehungsweise fehlender Leitfaden zur unbürokratischen Einzelzulassung

2.2 Optimierung von Grünlingen²

September 2004 – Juni 2005

Die Optimierung des unfertigen Produktes Grünling zum fertigen Produkt Lehmziegel wurde durch die Entwicklung einer neuen Lehmmaterialmischung, eines neuen Lochdesigns und eines neuen Formats erreicht. Wesentliches Ziel war, einen Lehmziegel zu entwickeln, der die Realisierung einer tragenden Lehmziegelwand ermöglicht. Mit der Möglichkeit, tragende Lehmziegelwände zu errichten, wird ein wesentlich breiteres Einsatzgebiet eröffnet. Mit dem Angebot eines technisch ausgereifteren Lehmziegels wird neben nichttragenden Zwischenwänden oder der Verwendung des Lehmziegels als Füllmaterial im Holzleicht- oder Fachwerksbau die Realisierung von „Volllehmhäusern“ möglich.

2.2.1 Entwicklung der Lehmziegel-Materialmischung

Erster Schritt war die Analyse des reinen Lehmmaterials aus den Werken Hennersdorf und Göllersdorf der Wienerberger Ziegelindustrie (WZI) sowie seine genaue Zusammensetzung. Ebenso wurden die Eigenschaften eines vorliegenden Grünlings des Ziegelwerkes Göllersdorf geprüft. Dieser ungebrannte Ziegel wurde als Ausgangsbasis für die Weiterentwicklung des Lehmziegels herangezogen. Geprüft wurde die Pfeilerfestigkeit durch die Prüfanstalt HTL Graz unter Einsatz einer Lehmschlämme bei plangeschliffenen Ziegeln, Lehmmörtel und Kalksandmörtel sowie die Abriebfestigkeit, Kantenbruchfestigkeit und Biegezugfestigkeit durch das Forschungslabor für experimentelles Bauen in Kassel. Diese Prüfungen ergaben, dass primär Entwicklungsbedarf hinsichtlich der Druckfestigkeit besteht sowie der effizienteren Verarbeitbarkeit der Lehmziegel.

Zur Optimierung der Druck- und Biegezugfestigkeit wurden Tests mit unterschiedlichen Lehmmaterialmischungen und verschiedenen Zuschlagstoffen sowohl im trockenen als auch im feuchten Zustand durchgeführt. Die Zuschlagstoffe wurden nach ökologischen und wirtschaftlichen Kriterien und nach Erfahrungswerten aus entsprechender Literatur und dem Labor der Wienerberger Ziegelindustrie ausgewählt.

DRUCKVERSUCH

Versuchsreihe 1D Einzelmischungen trocken

Als erster Schritt mussten die optimalen Mengenverhältnisse zwischen den einzelnen Zuschlagstoffen und dem Lehm hinsichtlich verbesserter Druck- und Biegezugfestigkeit der Materialmischung eruiert werden. Hierfür wurden mit jedem Zuschlagstoff, unter Einsatz unterschiedlicher Gewichtsanteile Testläufe durchgeführt, bis jeweils die optimalen Testergebnisse erlangt werden konnten.

² Das Produkt *Grünling* ist ein unfertiges Vorprodukt des gebrannten Ziegels und somit in seinen Eigenschaften beeinträchtigt. Das im Projekt LEHM.konkret entwickelte, hinsichtlich Material, Format und Lochdesign optimierte Produkt ist ein fertiges Bauprodukt und wird zur besseren Differenzierung *Lehmziegel* genannt.

Für die Versuchsreihen eingesetzte Stoffe

Lehm:

Lehm von der Halde und mittels Brecher im Werk Hennersdorf zerkleinert, Korngröße von 0-5 mm, Firma Wienerberger, Werk Hennersdorf, www.wienerberger.at

Dr. Stimmeder, 01/60503-382, gottfried.stimmeder@wienerberger.com

Stroh:

Strohlänge ca. 0,5 bis 2 cm, Firma Fex, ÖKO Faserverarbeitung, Neusiedl an der Thaya, www.fex.at, 02533-810210, fex.neusiedl@aon.at

Natronwasserglas:

Firma W. Neuber's Enkel Groß-Drogerie, Wien www.neubers-enkel.at, 01/597666868

Spezial-Wasserglas:

Firma Wienerberger, 2-Komponenten-Wasserglas, Dr. Stimmeder

Holzasche:

Biomasseasche aus reinem Hackgut ohne Rinde, Standort Biomassewerk Wr. Neustadt, Firma EVN, www.evn.at, Dr. Vitovec, 02236/20012269, 0676/81032269

Firma Renet, www.renet.at

Tennismehl:

Korndurchmesser 0-2 mm, Firma Wienerberger, Werk Hennersdorf, Dr. Stimmeder

In verschiedenen Mischungsverhältnissen wurden die vorab genannten Zuschlagsstoffe den Grünlingen beigemischt und Änderungen der Druckfestigkeit von -25% bis +6% festgestellt. Die Detailergebnisse sind Teil des durch das Projekt erworbenen, noch unveröffentlichten Wissens der Fa. Wienerberger.

Versuchsreihe 2D Kombinationsmischungen trocken

Nachdem das optimale Mischungsverhältnis für jeden einzelnen Zusatzstoff gefunden wurde, wurden die verschiedenen Komponenten miteinander gemischt. Die hierbei verwendeten Prozentsätze der einzelnen Zuschlagstoffe wurden aus den Ergebnissen der 1. Versuchsreihe übernommen und bewegen sich im jeweiligen Optimalbereich. Erfolgversprechende Mischungen wurden in weiteren Versuchen näher untersucht. Die Herstellung, Trocknung und Prüfung der Probekörper erfolgte so wie in der Versuchsanordnung beschrieben.

Versuchsreihe 3D Einzel- und Kombinationsmischungen feucht

Die 3. Versuchsreihe widmete sich der wichtigen Frage der Änderung der Druckfestigkeit im feuchten Zustand. Jene Mischungen, die die besten Druckfestigkeiten aus der 1. und 2. Versuchsreihe aufwiesen, wurden nun im feuchten Zustand betrachtet. Nach dem Trocknen der Probekörper im Klimaschrank (40° C und 50 % Luftfeuchtigkeit) wurden die Probekörper ebenfalls im Klimaschrank bei 40° C und 80 % Luftfeuchtigkeit 5 Tage lang gelagert. Die Probekörper wurden vor der Prüfung, wie auch bei den anderen Versuchsreihen, gemessen und gewogen.

BIEGEZUGVERSUCH

Versuchsreihe 1B Einzelmischungen trocken

Die Versuchsanordnung und die Versuchsreihen sind identisch mit jenen vom Druckversuch.

In verschiedenen Mischungsverhältnissen wurden die vorab genannten Zuschlagstoffe den Grünlingen beigemischt und Änderungen der Biegezugfestigkeit von -59% bis +6% festgestellt.

Die Detailergebnisse sind Teil des durch das Projekt erworbenen Wissens der Fa.

Wienerberger.

Basierend auf den oben genannten Prüfergebnissen wurde eine Lehmmischung entwickelt, die die angestrebten Werte (gleiche bis höhere Festigkeit wie Porenbeton- bzw. Blähtonsteine) hinsichtlich Druckfestigkeit erreicht sowie eine leichtere Verarbeitbarkeit ermöglicht.

Das Projektteam ist überzeugt, dass eine weitere Optimierung der Materialmischung möglich ist. Eine noch viel ausführlichere Grundlagenforschung bezüglich Mineralogie, möglicher Zuschlagstoffe oder anderen Technologien zur Verbesserung der Materialeigenschaften hinsichtlich Feuchteresistenz wäre hierfür notwendig. Dies würde aber den Rahmen des Forschungsprojekts LEHM.konkret bei weitem sprengen und wäre ein interessanter Inhalt für ein Folgeprojekt.

2.2.2 Entwicklung des Lochdesigns

Das Lochdesign wurde aufgrund von Erfahrungswerten der Projektgruppe erarbeitet. Als Ausgangsbasis diente das Lochdesign von zwei Produkten der Wienerberger Ziegelindustrie, die sich mit der vorliegenden Lochstruktur als gebranntes Produkte bereits bewährt haben. Das Lochdesign der beiden gebrannten Ziegel wurde, mit Hinblick auf das Wegfallen des Brennvorganges, neu überarbeitet. Der Wegfall des Brennprozesses erlaubt die Optimierung einiger Parameter wie speicheroptimierte Randschicht, Lochgeometrie, etc.

Das neue Lochdesign bringt Verbesserungen folgender Eigenschaften der Lehmziegel:

- Druck- und Biegezugfestigkeit
- Wärmespeicherkapazität
- Schallschutz
- Gleichmäßige Trocknung
- Verarbeitbarkeit

Hohe Druck- und Biegezugfestigkeit

Die Höhe der Druck- und Biegezugfestigkeit des Lehmziegels wird neben der Lehmmischung auch durch das Lochdesign beeinflusst. Der Lochanteil muss für eine hohe Druck- und Biegezugfestigkeit des Lehmziegels möglichst gering sein. Die Dicke sowie die Anzahl der Längs- und Querstege haben einen direkten Einfluss auf die Druck- und Biegezugfestigkeit des Lehmziegels. Das Lochbild im Ziegelquerschnitt wurde deswegen mit besonders dicken Längs- und Querstegen versehen. Die Querstegmindststärke beträgt 8 mm. Ein umlaufender, 15 mm dicker Längssteg umfasst den Ziegelkern und trägt gemeinsam mit dem Randsteg zur Längsdruckfestigkeit des Lehmziegels bei. Unter Einhaltung des produktionsbedingten Mindest-Lochanteils von 33 % (Siehe Unterpunkt *Gleichmäßige Trocknung* des Kapitels 2.2.2) wurde im Ziegelquerschnitt die maximale Anzahl der Stege integriert.

Hohe Wärmespeicherkapazität

Eine besonders gute Wärmespeicherkapazität wurde durch die Gestaltung eines massiven Randbereiches im Lehmziegelquerschnitt erreicht. Der umlaufende, 45 mm starke Randbereich beträgt zusammen mit dem 1,5 cm starken Putz eine Randzone von 6 cm, die nur durch einen geringen Lochanteil unterbrochen ist. Die Wärmespeicherebene liegt somit im Außenbereich des Lehmziegels. (Ziegel in Ziegel-System)

Die wirksame Wärmespeicherkapazität einer mit den neuen Lehmziegeln errichteten, gedämmten Außenwand beträgt 115,9 [kJ/m²K], einer beidseitig verputzten Innenwand, 126,9 [kJ/m²K]

Wärmedurchgangskoeffizient

Der Lehmziegel weist primär durch den Lochanteil, weniger durch die Materialmischung seinen [Wärmeleitfähigkeit](#) von 0,454 [W/m²K] auf.

Guter Schallschutz

Das hohe spezifische Gewicht des Lehmmaterials trägt trotz des notwendigen Lochanteils von 33 % zu einem äußerst zufriedenstellenden Schalldämm-Maß bei. Eine Außenwand, errichtet aus dem neuen Lehmziegel mit 1,5 cm Lehmputz an der Innenseite, weist ein Schalldämm-Maß von 51[dB] auf.

Gleichmäßige Trocknung

Die rasche und annähernd gleichmäßige Trocknung des Lehmziegels ist nicht nur aus wirtschaftlichen, sondern auch aus physikalischen Gründen von großer Bedeutung. Wie von der herkömmlichen Ziegelherstellung bekannt, wird die gleichmäßige Trocknung des Lehmziegels in dem vorliegenden Format (20 / 25 / 23,4 cm) durch einen Lochanteil von 33% garantiert. Dieser Wert wurde bei der Gestaltung des Lehmziegeldesigns angestrebt.

Leichte Verarbeitbarkeit

Zur Erleichterung der Verarbeitbarkeit wurden bewährte Parameter der Ziegelindustrie berücksichtigt. Zur Verifizierung der effizientesten Verarbeitungstechnologie wurden verschiedene Testläufe durchgeführt. Die Gestaltungselemente, die den größten Einfluss auf rasche Verarbeitbarkeit hatten, wurden im Ziegeldesign integriert.

- Zwei ausgerundete Grifflöcher im Randbereich
- Nut & Feder-System (N&F-System)
- Randzone für Installationen (Ziegel in Ziegel-System)
- Leicht gerillte Oberfläche zur besseren Putzhaftung
- Ziegelgewicht von 16 kg, bei einem gesetzlich geregelten Grenzwert von 21 kg
- Maßgenauigkeit in der Produktion (Optionales Planschleifen)

2.2.3 Entwicklung des Ziegelformats

Die Gestaltung des Ziegelformats hat Einfluss auf die folgenden Anforderungen

- Hohe Druck- und Biegezugfestigkeit
- Rasche Verarbeitbarkeit
- Gewicht (< 21 kg)

Es wurden Ziegelformate für Wandstärken von 20 oder 25 cm ins Auge gefasst. Im Laufe des Entwurfsprozesses entstand die Idee, das Lehmziegel-Format ohne Nut & Feder zu gestalten, um ihn sowohl längs als auch quer vermauern und so mit ein und dem selben Lehmziegel Wandstärken von 20 sowie 25 cm errichten zu können. Verarbeitungsversuche ergaben jedoch, dass das Nut & Feder System im Vergleich zur Stoßfugenvermörtelung glatter Stoßfugen die Verarbeitungszeit deutlich reduziert. Somit entschied sich die Projektgruppe, den Lehmziegel mit Nut & Feder einseitig einsetzbar zu entwickeln.

Der allgemeine Trend in der Baubranche geht aufgrund der geforderten Dämmstoffdicken in die Richtung, den tragenden Teil der Außenwände unter Einhaltung der notwendigen Druckfestigkeit so dünn wie möglich auszuführen. Mit einer Stärke von 20 cm kommt der Lehmziegel diesem Markttrend entgegen.

Bestehende gesetzliche Regelungen bezüglich der Ziegelgewichts-Obergrenzen sowie ergonomische Gesichtspunkte für die Verarbeiter machten es notwendig, die Ziegellänge entsprechend zu reduzieren. Aus dem hohen spezifischen Gewicht des Lehmmaterials ergab sich die verhältnismäßig geringe Lehmziegel-Länge von 25 cm. Damit konnte ein Gewicht von 16 kg/Stück erreicht werden.

Nach mehreren Entwürfen und Überarbeitungen der Produktzeichnungen wurde ein Ziegelformat mit Lochdesign entworfen, das den zu erzielenden Anforderungen bestmöglich

gerecht wird. Aufgrund des vorliegenden End-Entwurfs wurde ein neues Mundstück³ angefertigt und die ersten Lehmziegel mit der neu entwickelten Lehmmischung produziert. Das fertige Produkt erhält die Bezeichnung *POROTHERM 20-25 Lehm*.⁴

2.2.4 Ergebnisse der Lehmziegel-Entwicklungen⁵

Vordergründiges Ziel in der Optimierung des Lehmziegels war die Steigerung der Druckfestigkeit, um den Lehmziegel auch in tragender Funktion einsetzen zu können. Der vorliegende neue Lehmziegel *POROTHERM 20-25 Lehm* weist eine Steindruckfestigkeit von 4,4 N/mm² auf, was im Vergleich zum ungebrannten Ausgangsprodukt *PTH 20-40 Objekt N+F* eine Steigerung von 30 % bedeutet. Mit diesem neuen Produkt ist es möglich, zweigeschossige Wände aus Lehmziegeln in tragender Funktion zu errichten. Dadurch eröffnen sich neue Einsatzgebiete, speziell im Einfamilien- und Reihenhausbereich. Im Folgenden die Entwicklungsergebnisse der Lehmziegeloptimierung im Überblick.



Abbildung 1: *POROTHERM 20-25 Lehm*

POROTHERM 20-25 Lehm	Werte
Ziegelformat (L x B x H)	20 / 25 / 23,4 cm
Stückmasse	16 kg
Steindruckfestigkeit	4,4 N/mm ²
Wärmedurchgangskoeffizient U, Außenwand, unverputzt	1,66 [W/m ² K]
Wärmedurchgangskoeffizient U, Innenwand beidseitig verputzt, Lehmputz 1,5 cm	1,45 [W/m ² K]
Wirksame Wärmespeicherkapazität C _A , PH Außenwand	115,87 [kJ/m ² K]
Wirksame Wärmespeicherkapazität C _A , Innenwand beidseitig verputzt, Lehmputz 1,5 cm	126,9 [kJ/m ² K]
Schalldämm-Maß R _w [dB], Außenwand, Innenputz, Lehmputz 1,5 cm	51[dB]
Brennbarkeitsklasse	A – nicht brennbar – F180

Tabelle 1: Übersicht der Forschungsergebnisse zur Optimierung des industriell gefertigten Lehmziegels

Siehe auch das aktuelle Produktdatenblatt im Anhang 2

³ Die Formgebung der Ziegel erfolgt durch eine Strangpresse mit Mundstück und dem nachgeschalteten Abscheider. Die Lehmmischung wird hierbei in einem endlosen Strang durch ein Mundstück gepresst und mit einem Draht in Stücke geteilt.

⁴ Der im Rahmen des Forschungsprojektes LEHM.konkret entwickelte neue Lehmziegel wurde von der Wienerberger Ziegelindustrie als *POROTHERM 20-25 Lehm* bezeichnet und wird auch im weiteren Berichtverlauf so genannt.

⁵ Im Anhang ist das vorläufige Produktdatenblatt einzusehen, das im Laufe des Forschungsprojekts kontinuierlich mit den neuesten Ergebnissen ergänzt wird.

2.3 Weiterentwicklung der Bauausführung

Oktober 2004 – August 2005

Zur Weiterentwicklung der Bauausführung wurden folgende Bereiche im Detail erarbeitet

- Richtlinien für die Planung eines „Voll-Lehmziegelhauses“
- Richtlinien für die Verarbeitung des *POROTHERM 20-25 Lehm*
- Richtlinien für die Errichtung und Nutzung eines Voll-Lehmziegelhauses

Alle Richtlinien wurden unter Berücksichtigung der Anforderungen der Passivhausbauweise erarbeitet und dokumentiert.

2.3.1 Richtlinien für die Planung eines Voll-Lehmziegelhauses

Zur Unterstützung der Planung eines Voll-Lehmziegelhauses in Passivhausbauweise wurden folgende Richtlinien und Baudetails zusammengestellt. Während der Planung und Realisierung des Prototypen in der zweiten Projekthälfte wurden die dadurch gewonnenen Erfahrungen und umgesetzten Baudetails dokumentiert. (Siehe Kapitel 2.6)

Es wurden Richtlinien für die folgenden Bereiche erarbeitet:

- Fensteranschlüsse
- Lastverteilung bei stark beanspruchten Druckpunkten
- Deckenaufleger
- Befestigungsmöglichkeiten der Dämmebene
- Schlitzen, Stemmen, Befestigen im Allgemeinen
- Ausfachungsmauerwerk (Lehmziegel nicht-tragend)
- Innenputz

Fensteranschlüsse

Bauanschlussfugen für Fenster, Fenstertüren, Türen, Tore in Außenbauteilen sind dauerhaft luftdicht auszuführen. Die Oberflächen sind glatt und lückenlos zu gestalten, durch die Herstellung eines Glattstrichs vor der Fenstermontage zur Abdeckung der Hochlöcher. Die Fensteranschlüsse zum Baukörper müssen lt. ÖNORM B 5320 außen schlagregendicht und innen luftundurchlässig sein und umlaufend erfolgen. Die Dichtheit des Anschlusses wird über Hinterfüllprofile (PE-Rundschnüre) und Schaum als Füllstoff in der Bauwerksfuge Fensterstock-Leibung und innenliegender Verklebung des Fensterstocks mit dem Glattstrich der Laibung erzielt.

Trockene Lehmziegel bieten ähnliche Haftzug-Eigenschaften für Dichtfolien beziehungsweise Klebebändern auf wie gebrannte Ziegel. (Siehe „Klebezugfestigkeitsprüfungen“, folgender Absatz) Für die Herstellung luftdichter Anschlüsse in Passivhausqualität gelten daher im Lehmziegelbau ähnliche Richtlinien wie für Mauerwerk aus gebrannten Ziegeln.

Klebezugfestigkeitsprüfungen

Es wurden Klebezugfestigkeitsprüfungen mit mehreren marktüblichen Klebern und Folien (mit unterschiedlichen Feuchtedurchlasswerten, laut ÖNORM B 5420, also einem Sd-Wert 50 für innen und Sd-Wert 1 für außen) für Vollwärmeschutzsysteme untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass trockene Lehmziegel eine ähnliche Klebezugfestigkeit bieten wie gebrannte Ziegel. Im Besonderen wurden Kleber für Korkfassaden näher untersucht.



Abbildung 2: Klebezugfestigkeitsprüfungen mit dem POROTHERM 20-25 Lehm

Fenstereinbau

Bei Einbau der Fensterelemente in die Dämmebene werden Montagewinkel am Lehmmauerwerk befestigt und zwischen Fensterstock und Wandfläche ein zellelastisches Dichtband eingelegt. Anschließend wird auf der Innenseite des Fensterstockes ein U-förmiges Anputzprofil (Alu-Leiste) aufgeklebt und die umlaufende Fuge zwischen Fensterstock und Mauerwerk mit einem überputzbaren Dichtband verklebt, um in Verbund mit dem Leibungsputz einen dichten Anschluss zu gewährleisten. Durch die geringere Dübelauszugsfestigkeit herkömmlicher Dübelssysteme sind hier weitere Versuchsreihen notwendig, beziehungsweise sind neue technische Lösungen anzustreben. Wenn beispielsweise der Einsatz von konventionellen Fensterüberlagern geplant ist, bietet sich eine gute statische Befestigungsmöglichkeit an der oberen Anschlussstelle der Fensteröffnungen. Ähnlich könnten stabile Auflager (dünne Betonausgleichsschicht) im unteren Bereich der Fenster und Türen eine dauerhafte stabile Befestigungsmöglichkeit bieten. Das heißt, Fenster und Türen werden oben und unten stabil verankert. Die seitliche Verdübelung hat die Funktion einer Zusatzbefestigung. (Dieses Baudetail wurde im Pilotprojekt LEHM.konkret Musterhaus im Marchfeld erfolgreich umgesetzt, siehe Kapitel 2.6.1)

Die Fenster- und Türleibungen sind sorgfältig und ebenflächig zu verputzen (Glattstrich), um eine glatte Oberfläche für den Einbau zu gewährleisten.

Für die richtige Einbaulage des Fensters in der Außenwand muss der Wandaufbau, die Befestigungs- und Abdichtungsmöglichkeiten, der Isothermenverlauf und die Anforderungen an die Gestaltung innen und außen berücksichtigt werden.

Prinzipiell gilt die Einhaltung der in der ÖNORM B8111-2 definierten Regeln, die sinngemäß lauten: Fensteranschlüsse und Durchdringungen sind so zu erstellen, dass Kondenswasser in der Bausubstanz oder Feuchtigkeit in gewissen Bauteilschichten den definierten Grenzwert nicht überschreiten, beziehungsweise das 2,5fache der entstandenen Feuchtigkeit in der warmen Jahreszeit wieder austrocknen kann. Die Bedingungen für die Freiheit von Oberflächenkondensat sind laut der genannten ÖNORM zu gewährleisten.

Verankerung

Für die Verankerung der Fensterelemente im Lehm-mauerwerk gelten die Ergebnisse der Dübelauszugsversuche (Siehe Kapitel *Befestigungsmöglichkeiten der Dämmebene*). Weitere Versuche sind hier erforderlich, da vermutlich "Schraubanker" – ähnlich wie vergrößerte Profile von Holzschrauben bessere Ergebnisse liefern könnten als "treibende Anker", die das Mauerwerk zerstören.

Überlager

Geplant ist der Einsatz konventioneller Überlager. Diese bestehen aus einem Langlochziegelmantel als Putzträger und einem auf die statischen Erfordernisse abgestimmten Stahlbetonkern der Güte C 20/25 (B225). Die Höhe der Überlager ist entweder 6,5 oder ziegelhoch. Gegenüber den gesetzlich vorgeschriebenen Mindestauflagetiefe bei Ziegelwänden soll bei Lehmwänden eine größere Auflagerfläche vorgesehen werden.

Lastverteilung bei stark beanspruchten Druckpunkten

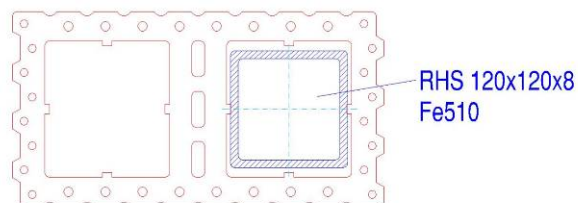
Bezüglich der Lastverteilung bei stark beanspruchten Druckpunkten wurde von Ziviltechniker Dr. Jeindl Lösungsvarianten zur Integration von Stützen in Lehmziegel erarbeitet und anhand eines konkreten Bauprojekts entsprechend statisch berechnet.

Folgende zwei Varianten wurden konzipiert:

Variante 1

Einbringung eines Stahlformrohres RHS 120 x 120 x 8 in den Hohlraum eines ungebrannten PTH 20-38 SBZ, der in der Lehmziegelwand aus dem *POROTHERM 20-25 Lehm* integriert wird.

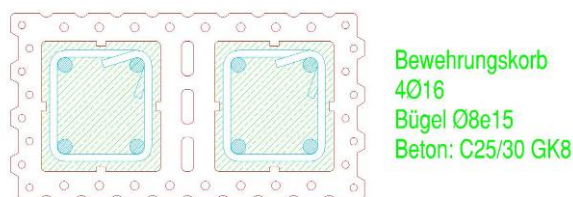
PTH 20-38 SBZ



Variante 2

Herstellen einer Doppelstütze aus Stahlbeton unter Verwendung eines ungebrannten PTH 20-38 SBZ als Schalstein, der in der Lehmziegelwand aus *POROTHERM 20-25 Lehm* integriert wird.

PTH 20-38 SBZ



Statische Aspekte zur Lastabtragung oder Baustellensicherung durch integrierte Stützen

Beispiel 1: Verhinderung von Deckenverformungen (Langzeitverformungen, wie das Aufgehen der Decke im Randbereich) bei großen Spannweiten durch die Integration von Stahlbetonstützen, oder durch die statische Verbindung von Stütze und Decke mittels Bewehrung.

Beispiel 2: Auffangen von horizontalen, durch starke Witterung (Wind), verursachte Kräfteangriffen an den Wänden, bevor die Decke aufgesetzt wird.

Deckenaufleger

Grundsätzlich ist die Beanspruchung des Lehmziegels mit Punktlasten wegen seiner geringeren Festigkeit im Vergleich zu gebrannten Ziegeln zu vermeiden. Bei der Einleitung von Punktlasten ist für eine ausreichende Verteilung der Spannung Sorge zu tragen und analog zu gebrannten Ziegeln eine Mindestwandstärke von 17 cm einzuhalten.

Zur Projekthalbzeit liefen am Testgelände der Wienerberger Ziegelindustrie in Leopoldsdorf Versuche mit den verschiedenen Auflager-Materialien, und zwar wie folgt:

- Bitumenpappe
- Korkplatte
- Beton
- *POROTHERM 20-25 Lehm* ohne Zwischenschicht

Es wurden die verschiedenen Vor- und Nachteile der Materialien sowie die unterschiedlichen Resistenzen verifiziert.

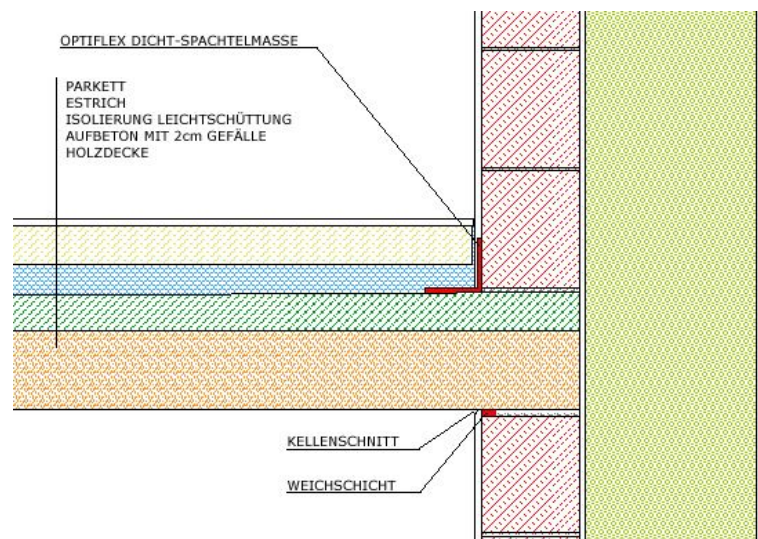


Abbildung 3: Baudetail Deckenanschluss Holzverbunddecke / Lehmziegelwand

Empfohlen wird eine Polymerbitumen-Dachdichtungsbahn, beidseitig besandet, auf einer Mörtelausgleichsschicht. Durch die Vermörtelung der obersten Ziegelschar wird einerseits ein ebenes Auflager hergestellt und andererseits das Eindringen von Wasser infolge Betonierarbeit in die Lehmziegelwand, mit daraus folgendem starren Verbund zwischen Stahlbetondecke und Wand, verhindert.

Folgende Richtlinien sind bei der Verarbeitung zu berücksichtigen:

- Mörtelausgleichsschicht: im Mittel ca. 2 cm
- Styropor- oder Holzweichfaserstreifen: im inneren Drittel der Auflagerfläche zur Vermeidung von Pressungen im Randbereich bei größeren Spannweiten
- Schutz der Lehmziegel vor Niederschlägen in der Bauphase:
 - Tropfnase: bei guter Witterung und schnellem Baufortschritt ausreichend
 - Kontrollierte temporäre Regenwasserableitung in der Bauphase: bei unsicherer Witterung und langsamem Baufortschritt

Ausführungshinweise zum Wand-Decken-Knoten

Es besteht die Gefahr, dass es an der Außenseite der Wand durch die Deckenverdrehung zu Rissen kommt. Zusätzlich treten noch andere Verformungen im Deckenbereich auf, nämlich durch

- Kriechen
- Schwinden
- Längenänderung infolge von Temperatureinflüssen

Es sind deshalb zur Vermeidung von Rissen konstruktive Maßnahmen zu setzen. Vor allem ist darauf zu achten, dass die Decken möglichst geringe Durchbiegungen und damit geringe Verdrehungen im Auflager aufweisen.

Die entsprechenden Detailösungen wurden im Zuge dieses Projektes seitens Wienerbergers erarbeitet und sind Inhalt der noch nicht veröffentlichten Verarbeitungsrichtlinie „Lehmziegel“.

Verarbeitungshinweise für Niedrigenergie- und Passivhaus:

Durch den in der Kehle geführten Kellenschnitt wird die luftdichte Ebene Putz unterbrochen. Diese Bauwerksfuge muss dauerhaft luftdicht verschlossen werden. Zwei Varianten können zur Ausführung kommen:

- Einlegen eines Elastomerbandes (geschlossenzelliges Band)
- Bei luftdichtem Verkleben mit einem Dichtband muss der Kellenschnitt mit einer Rundkelle sehr gefühlvoll erfolgen, ohne das unter dem Putz liegende Dichtband zu verletzen. Der notwendige ebene Klebgrund am Mauerwerk muss als Glattstrich ausgeführt werden.

Befestigungsmöglichkeiten der Dämmebene

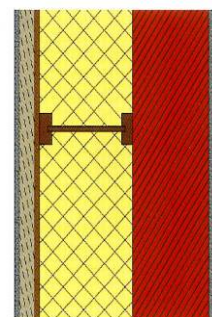
Bezüglich Befestigungsmöglichkeiten der Dämmebene wurden für die folgenden zwei Bausysteme Lösungsansätze, die jedoch keine von Wienerberger empfohlenen bzw. geprüften Aufbauten sind, zusammengetragen:

- Vorgesetzte Dämmschale (Holzleichtfassade) auf tragender Lehmziegelwand: Zellulose, Strohdämmung, etc.
- Vollwärmeschutzsystem: Kork (Mineralschaumplatte)

Tragende Lehmziegelwand mit vorgesetzter Holzleichtbaufassade

Horizontalschnitt von außen (links) nach innen (rechts)

- 1,5 cm Außenputz
- 5 cm HWL-Platte
- 30,2 cm TJI/Zellulose
- 20 cm Lehmziegel
- 1,5 cm Innenputz



Dübelauszugsversuche mit einem konkreten, marktüblichen Produkt führten zu den folgenden Empfehlungen und Verarbeitungshinweisen:

- Zur Herstellung des Bohrloches ist das Drehbohrverfahren anzuwenden.
- Durchmesser größer als 12 mm können zum Aufspalten des Lehmziegels führen.
- Beim Anziehen der Schrauben ist darauf zu achten, dass ein Eindrehwiderstand gegeben ist; Ist kein Schraubendrehwiderstand gegeben gibt es keine Lastaufnahme

- Sämtliche Anwendungsregeln der entsprechenden Dübel-Hersteller sind zu beachten und gegebenenfalls abzumindern.
- Die Lehmziegelwand darf im Bereich der Befestigung nicht durchfeuchtet sein.

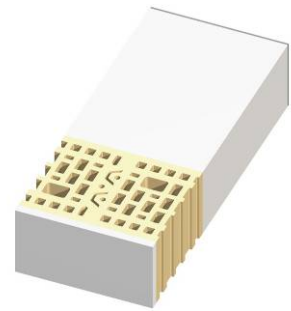
Die höchsten Werte hinsichtlich der zulässigen Gebrauchslast / Zug wurden bisher durch chemische Befestigungen erreicht (51 kg). Zusätzlich zur Befestigung von Vorsatzschalen an den Lehmziegelwänden besteht die Option, an drei Punkten – am Anschlusspunkt zum Dach, im Bereich des Deckenrostes (Beton- oder Holzdecke) und am Fußpunkt – eine stabile Befestigung herzustellen.

Weitere Forschungsaktivitäten zur Detailplanung von unterschiedlichen vorgesetzten Holzleichtbaufassaden wurden durchgeführt. (Siehe Kapitel 2.6.1 „Befestigungsmöglichkeiten der Dämmebene“)

Vollwärmeschutzsystem

Von Außen (oben rechts) nach innen (unten links)

- 1,5 cm Außenputz
- 35 cm Kork-Platte
- 0,5 cm Korkkleber
- 20 cm Lehmziegel
- 1,5 cm Innenputz



Die schon im Kapitel Fensteranschlüsse genannten Klebezugfestigkeitsprüfungen mit einem marktüblichen Produkt ergaben, dass Kleber auf dem POROTHERM 20-25 Lehm die gleiche Funktionalität aufwiesen wie auf einem konventionellen, gebrannten Ziegel.

Schlitzten, Stemmen, Befestigen im Allgemeinen

Es sind folgende Richtlinien zu berücksichtigen:

- Schlitzten mit Fräse und kein Stemmen.
- Punktuelle (z.B. für Putzdosen) und vertikale linienförmige Schlitzte sind wie in ÖNORM B 3350 – Bemessung und Konstruktion – zulässig. Zu beachten ist die im Vergleich zu üblichen Mauersteinen geringere Festigkeit.
- Waagrechte und geneigte längere Schlitzte sollten vermieden werden. Ist dies nicht möglich, muss deren Tiefe auf $t/10$ (ein Zehntel der Wandstärke) beschränkt bleiben bzw. sollte mit dem Statiker abgeklärt werden.
- In Versuchen zeigte sich, dass übliche Befestigungen von Bildern, Ablagen oder Regalen können mit handelsüblichen Dübeln durchgeführt werden können.
- In nichttragende Wände sollten keine schweren Lasten eingeleitet werden.
- Schwere Lasten z.B. von Hängeschränken sind mit dem Statiker abzuklären. In Frage kommen handelsübliche Injektions-Ankerdübelssysteme.

Ausfachungsmauerwerk (Lehmziegel nicht-tragend)

Die entsprechenden Detaillösungen wurden im Zuge dieses Projektes seitens Wienerbergers erarbeitet und sind Inhalt der noch nicht veröffentlichten Verarbeitungsrichtlinie „Lehmziegel“.

Innenputz

Ein weiterer Bestandteil des beschriebenen Lehmbauwandsystems ist der dazugehörige Feinlehmputz. Die Elastizität der Endoberfläche wurde auf die systemimmanenten Verformungen der gemauerten Lehmziegelwand abgestimmt. Als Fertiglehmputz wird er auf der Baustelle nur noch mit Wasser auf die gewünschte Konsistenz gebracht und kann sofort verarbeitet werden.

Es sind folgende Richtlinien zu berücksichtigen:

- Die Oberfläche des POROTHERM Lehmmauerwerks muss frei von losen oder lockeren Teilen, sauber, trocken und staubfrei sein.
- Zeitpunkt des Verputzens: je nach Bauablauf, sodass Baufeuchte auf ein Minimum gehalten wird
- Eventuelle Installationsschlitze vor dem Verputzen z.B. mit n&l Mauermörtel M03 oder n&l Lehmputzmörtel G03 oder F02 auswerfen, keinesfalls mit konventionellen Putzmörteln; ebenfalls trocknen lassen
- Überlagen mit geeignetem Vorspritzer vollflächig vorspritzen, Abbindezeit: ca. 5 Tage
- Haftgrund: Lehmmauerwerk mit n&l Lehmschlämme aus Lehmpulver TLP-S als Haftgrund deckend besprühen oder streichen
- Lehmputz F02 nass in nass aufbringen, max. Schichtstärke: 1 cm; erst nach vollkommener Abtrocknung darf eine weitere Schicht aufgebracht werden (vorher ausreichend vornässen)
- Armierung: an ausspringenden Ecken und im Bereich von Materialwechsel (Überlagen, ...) Gewebe wie üblich einlegen

2.3.2 Richtlinien für die Verarbeitung des POROTHERM 20-25 Lehm

Grundlagenforschung

Grundlagenforschung wurde betrieben in den Bereichen

- Optimale Mörteltechnik
- Möglichkeiten einer raschen Verarbeitung

Es wurden Versuche mit einer Lehmschlämme sowie mit Lehmmörtel, Kalksandmörtel und mit Kalkzementmörtel durchgeführt.

Die Verarbeitung von plangeschliffenen *POROTHERM 20-25 Lehm* mit Lehmschlämme hat gezeigt, dass N&F Lehmziegel mit Lehmschlämme ähnlich wie konventionelle Planziegel verarbeitet werden können. Diese können im WZI Werk Göllersdorf, in dem derzeit der *POROTHERM 20-25 Lehm* hergestellt wird, nur manuell produziert werden. Mittelfristig wäre diese äußerst effiziente Verarbeitungsweise (N&F-System mit 1 mm Mörtelfuge) ein interessantes Ziel



Die Verklebung von Lehmziegeln, die nicht plangeschliffen wurden, mittels Lehmschlämme erwies sich bei unbelasteten Vormauerungen als mögliche Vermauerungstechnik, der Einsatz bei auch nur leichter Belastung wird allerdings wegen des Setzungsrisikos als bedenklich gesehen. Versuche mit unterschiedlichen

Verarbeitungstechniken zeigten, dass das Tunken der Lehmziegel in die Schlämme effektiver ist als das Auftragen mittels Walze oder Bürste.

Es wurden weitere Tests mit Lehmmörtel, Kalksandmörtel und Kalkzementmörtel durchgeführt. Dabei stellten sich keine großen Unterschiede in der Verarbeitung heraus. In allen Versuchen erwies sich das Nut & Feder-System (im Vergleich zur Stoßfugenvermörtelung glatter Stoßfugen) als Vorbedingung für rationelles Verarbeiten (siehe auch Kapitel 2.2.3). Wanddruckprüfungen des *POROTHERM 20-25 Lehm*, vermauert mit verschiedenen Mörtelmaterialien, ergaben allerdings unterschiedliche E-Module und Druckfestigkeiten der Lehmziegelwand (Siehe Kapitel 2.4).

Grundregeln

- Grundsätzlich werden die „Verarbeitungshinweise Porotherm-Ziegelbausystem“ der Wienerberger Ziegelindustrie GmbH empfohlen.
- Der hier beschriebene Lehmziegelbau beschränkt sich auf die Verarbeitung folgender Lehmziegel:
 - Porotherm 20-25 Lehm N+F im Format: B = 20 cm, L = 25 cm, H = 23,4 cm für tragende Außen- und Innenwände
 - Porotherm 12-50 Lehm N+F im Format: B = 12 cm, L = 50 cm, H = 23,8 cm für nichttragende Innenwände (10 cm Lehmziegel in Vorbereitung)
 - Porotherm Mauerziegel NF voll Lehm im Format 12/25/6,5 für tragende und nichttragende Wände
- Die Höhe der Lehmziegel kann etwas schwanken und ist daher vor der Verarbeitung nachzumessen.
- Die empfohlene Mörtelfugenhöhe beträgt 0,6 cm und daher ergibt sich eine Scharenhöhe von ca. 24 cm. Die Lagerfugenvermörtelung erfolgt vollflächig. Setzungen in der Höhe werden dadurch auf ein Mindestmaß reduziert.
- Lagerflächen der Ziegel vor der Verarbeitung mit Malerbürste anfeuchten.
- Es sind möglichst ganze Ziegel zu vermauern, Teilziegel nur dort, wo es der Verband erfordert bzw. im Bereich von Fenster- und Türleibungen.
- Teilziegel ausnahmslos schneiden, nicht schlagen oder sonstiges. Eine Trockenschneidemaschine (Ziegelschneidemaschine für porosierte gebrannte Ziegel) oder Alligatorsäge kann verwendet werden.
- Die Eckausbildung geschieht grundsätzlich im Verband
- Im Wandfuß die Höhe ausgleichen mit geschnittenem gebranntem Ziegel, oben möglichst nicht schneiden oder Normalformat verwenden (geringere Gefahr des Wassereintritts, bessere Lasteinleitung)

Empfohlene Mörtel

- Für tragende Außen- und Innenwände mit Porotherm 20-25 Lehm N+F:
 - Kalk-Sand-Mörtel (Sand 0-4 mm, Baunit Sumpfkalk, 1:3) oder
 - Kalk-Sand-Mörtel (Sand 0-4 mm, Baunit SpeziKalk, 1:2,5)
- Für nichttragende Innenwände aus Porotherm 12-50 Lehm N+F:
 - n&l1 Mauermörtel M03
 - Kalk-Sand-Mörtel bei Wandanschluss mit Ankern (Stumpf-Stoß-Technik)
- Lagerfugen im Mittel ca. 6 mm dick und die Stoßfugen knirsch (Nut-Feder ohne Mörtel) gestoßen.

2.3.3 Richtlinien für die Errichtung und Nutzung eines Voll-Lehmziegelhauses

Allgemeines zum Schutz vor Feuchtigkeit

Der ungebrannte Lehmziegel besitzt eine geringe Resistenz gegenüber freiem Wasser, insbesondere fließendem Wasser, und muss daher während der gesamten Errichtungs- sowie Nutzungsphase entsprechend davor geschützt werden.

Mögliche Wasserquellen während der Bauphase sind:

- Regenwasser
- Schmelz- und Sickerwässer
- Grundwasser
- Wasser für den Baustellenbetrieb sowie alle Wässer der technischen Gebäudeausstattung

Sämtliche Lehmziegelwände sind durch bautechnische Vorkehrungen davor zu schützen, während der Nutzungsphase Wassereinwirkungen ausgesetzt zu sein. Mögliche Wasserquellen während der Nutzungsphase sind:

- Spritzwasser
- Überlaufende Badewanne
- Auslaufende Waschmaschine
- Defekte Rohrleitungen

Wahl des Bauplatzes und der Bauform

Es sind Bauplätze ungeeignet, die innerhalb von Hochwasserzonen liegen, in denen es bei länger andauernden Niederschlägen zu hohen Wasserständen (> 50 cm über GOK) kommen kann.

Der eigentliche Lehmbau muss mindestens 30 cm über dem Geländeniveau errichtet und mit entsprechenden Sperrschichten (z.B. Bitumenpappe etc.) gegen aufsteigende Feuchtigkeit geschützt werden. Grundsätzlich werden die ersten 1 bis 2 Scharen im EG mit gebrannten Ziegeln ausgeführt.

Der Bau von zweigeschossigen Bauwerken (Einfamilien-, Reihenhaus) kann in der Regel komplett in Lehmziegelbauweise erfolgen. Ein Tragfähigkeitsnachweis ist für gewöhnlich problemlos erstellbar. In jedem Fall aber sollte bei der Planung ein Statiker hinzugezogen werden. Falls erforderlich (Erdbebenzone 3 und 4), muss ein Erdbebennachweis geführt werden.

Baustelleneinrichtung

Anlieferung zur Baustelle

Beim Transport zur Baustelle ist vor allem für den Schutz des Baumaterials vor Regenwassereinwirkungen zu sorgen. Dazu zählt vor allem eine einwandfreie Folierung der angelieferten Paletten. Insbesondere beim Be- und Entladen bzw. Stapeln von Paletten sind Beschädigungen zu vermeiden und die Dichtheit der Planen anschließend zu überprüfen. Ein entsprechender Vermerk zur Überprüfung der Fehlerfreiheit der Palettenverpackung im Lieferschein ist einzuführen. Um Schäden während des LKW-Transportes durch gegeneinander reibendes Lehmziegelmaterial zu vermeiden ist ein Mindestabstand von 1 cm zwischen den gestapelten Paletten vorzusehen, der dadurch realisiert wird, dass die Palettenausmaße entsprechend größer sind als die Ausmaße des auf ihnen gelagerten Ladegutes.

Lagerung

Bei der Wahl des geeigneten Lagerplatzes für die angelieferten Lehmziegel sind folgende Kriterien hinsichtlich des Feuchtigkeitsschutzes zu beachten:

Befindet sich der Lagerplatz im Freien, so muss er an einem erhöhten Punkt liegen und ein Gefälle von 2–3 % aufweisen, damit eine einwandfreie natürliche Entwässerung gewährleistet ist und es auch hangabwärts zu keinen Rückstauungen kommen kann.

Gerade in den Übergangszeiten ist eventuell auftretender Rückstau von Schmelzwasser zu bedenken.

Um die Ziegel vor Stau- und Spritzwasser zu schützen, sind diese in einem Mindestabstand von 20 cm über dem Bodenniveau zu lagern. Dies kann beispielsweise durch zwei übereinanderliegende Holzpaletten erreicht werden. Ein Rollierungsuntergrund ist von Vorteil.

Der Untergrund des Lagerplatzes muss fest genug sein, dass ein Einsinken der Paletten verhindert wird.

Die Folierung von angebrauchten Paletten ist bei Arbeitsunterbrechungen wieder wasserdicht zu verschließen.

Bei schlechter Witterung ist darauf zu achten, dass die Lehmziegel während aller Arbeitsschritte vor Niederschlägen geschützt sind.

Die Einhaltung der angeführten Lagerungsbedingungen ist bauaufsichtlich zu kontrollieren.

Die Druckfestigkeit der ungebrannten Lehmziegel erlaubt eine vertikale Stapelhöhe von max. 2 Paletten übereinander.

Langdauernde Frosteinwirkung kann die Festigkeit feuchter Lehmziegel beeinträchtigen. Daher ist eine Lagerung von Lehmziegeln mit Folienabdeckung im Freien z.B. über eine Winterperiode problematisch, da eventuell Kondenswasserbildung unter der Folie möglich ist.

Allgemeines

Die Verankerung der Einrüstung ist in der Deckenebene oder im Bereich des Mauerrostes anzubringen, dort, wo keine Lehmziegel geschädigt werden können.

Objektschutz

Regenschutz

Bei dieser Variante wird der gesamte, für die Versetzung der Lehmziegel vorgesehene Baustellenbereich durch eine wasserdichte Zeldachkonstruktion gegen Meteorwässer abgeschirmt. Wassereintritte durch Undichtheiten oder Rückstauungen etwa als Folge von Sackbildungen, insbesondere bei Schneelage, sind zu verhindern. Bei größeren Gebäudehöhen und in windausgesetzten Lagen ist für einen ausreichenden Schlagregenschutz zu sorgen. Die Konstruktion ist sturmsicher auszubilden, wobei die Verankerungen am Bauwerk in der Deckenebene, bzw. am Deckenrost anzubringen sind.

Entwässerung

Die Entwässerung des Zeldaches ist auf leicht kontrollierbare Punkte zu konzentrieren und möglichst fern der Lehmwände kontrolliert bis zum Boden zu führen. Ebenso sind Einwirkungen, wie unkontrollierte Dachentwässerungen von benachbarten Gebäuden und von Baustelleneinrichtungen zu berücksichtigen.

Erfolgt die Versetzung des Baumaterial mittels Baukran über zentrale Öffnungen in der Baustellen-Zeltüberdachung, ist eine ausreichend dimensionierte und leicht kontrollierbare Innenentwässerung einzurichten.

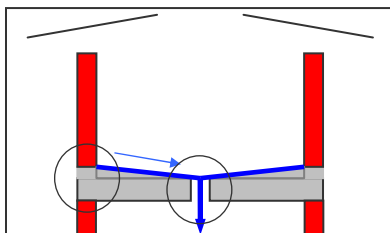
Alle Regenschutz- und Entwässerungssysteme sind bauaufsichtlich zu kontrollieren.

Bauteilschutz

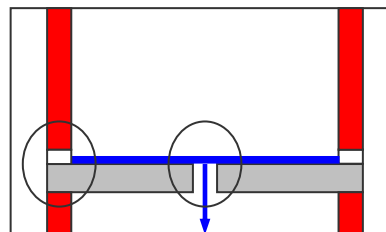
Regenschutz

Alternativ zur Zeltkonstruktion kann ein in der Höhe mit dem Baufortschritt wandernder partieller Regenschutz installiert werden. Dieser muss in ausreichender Höhe über den Arbeitsbereichen angeordnet sein, um Beschädigungen der Dachhaut zu vermeiden. Auch bei dieser Variante müssen alle Lehmbauteile vollständig gegen jegliche Wassereinwirkungen abgeschirmt werden. Neben der Überdachung der Mauerkrone mit ausreichenden Überständen für den Schlagregenschutz verlangt bei dieser Variante der Schutz des Wandfußes vor Wasserandrang aus dem nichtüberdachten Gebäudeinneren besondere Aufmerksamkeit:

Grundsätzlich können zwei Varianten unterschieden werden



Variante 1: mit Decke im Gefälle zur Innenentwässerung.



Variante 2: mit wasserfester 1. Ziegelschar u. Innenentwässerung

Abbildung 4: Varianten zur Innenentwässerung

Bei Variante 1 wird die Deckenoberkante im Gefälle von den Lehmwänden weg zu zentralen Entwässerungsstellen ausgebildet. Es darf zu keinen Pfützenbildungen kommen. Bei dieser Variante kann die erste Ziegelschar in ungebranntem Lehm errichtet werden. In diesem Fall ist im Wandfußbereich ein mindestens 10 cm hoher Dichtstreifen anzubringen. Dieser kann entweder als mineralische Dichtschlämme oder beim Passivhaus als luftdichtes Kautschukelastikband ausgebildet werden.

Bei Variante 2 wird die erste Ziegelschar in einem wasserbeständigen Material (gebrannte Ziegel, Schaumglas, Betonriegel...) ausgeführt. Der Vorzug dieser Variante liegt darin, dass die Rohdeckenoberkante nicht im Gefälle ausgeführt werden muss. Der Nachteil liegt im Materialwechsel und der damit einhergehenden Notwendigkeit zur umlaufenden Putzbewehrung im Deckenbereich. Auch bei dieser Ausführung ist eine kontrollierte Innenentwässerung unbedingt erforderlich.

Bei beiden Varianten des Bauteilschutzes kann es zur Bildung von Schneeweichten kommen, die dann unverzüglich zu entfernen sind.

Allgemeine Empfehlungen zum Bauteilschutz vor Regen

- unterste Ziegelscharen mit gebrannten Ziegeln ausführen
- oberste Lehmziegelschar sowie Fensterparapete bei Arbeitsunterbrechung stets abdecken (z.B. mit Bitumenpappe)
- Wetterseite abdecken als Schutz vor Schlagregen, besonders auch vor Spritzwasser (z.B. vom Gerüstbelag), wenn nicht innerhalb von 14 Tagen ein Wärmedämmverbundsystem aufgebracht wird

Feuchteschutz für die Nutzung eines Voll-Lehmziegelhauses

Mögliche Gefahren, das Lehmmauerwerk dauerhaft zu schädigen, sind im Nassbereich vor allem durch Wasserrohrbruch, Undichtheit der Leitungen, Auslaufen der Waschmaschine, Überlaufen der Wanne/Dusche sowie größere Mengen Kondenswasser gegeben. Sofern diese Risiken in der Planung mit ausreichender Sicherheit berücksichtigt wurden (z.B. wasserdichte Rohrleitungsschächte mit Abflussmöglichkeit, Gully, wasserresistente Wandsockel, ...), können Nasszellen in Lehmbauweise ausgeführt werden.

Empfohlene Ausführung mit Lehmziegeln

- 2 Scharen gebrannte Ziegeln als Wandfuß zur Abdeckung des höheren Risikos (z.B. Überlaufen der Wanne)
- Auf Lehmziegeln muss ein dauerhaft gegen Wasser abdichtender Putz oder eine dauerhaft abdichtende Beschichtung aufgebracht werden.
- Schächte mit Wasser- und Abwasserleitungen sollten auf jeden Fall mit gebrannten Ziegeln ausgeführt werden.

Generelle Empfehlungen für die Errichtung eines Voll-Lehmziegelhauses

- Zur Verankerung der Einrüstung im Mauerwerk, etwa gegen Umkippen, sind die Auszugswerte der Dübel anzuwenden und zu prüfen.
- Die Verankerungen sind in der Deckenebene oder im Bereich des Mauerrostes anzubringen.

- Das Funktionieren der Innenentwässerung ist bauaufsichtlich zu kontrollieren.
- Um Sackbildungen oder Überlastungen zu verhindern, sind Ansammlungen von Schnee und Eis vom Zeltdach zu entfernen.
- Mechanische Beschädigungen während des Transports und der Manipulation auf der Baustelle sind zu vermeiden.
- Die Bauarbeiten mit Lehmziegeln dürfen nur bei Tagesmitteltemperaturen von über 5 °C durchgeführt werden, wobei die Mörteltemperatur mind. 5 °C betragen muss und die Ziegel nicht gefroren sein dürfen. Auf Frostfreiheit während der Trocknungsphase des Mörtels ist zu achten! In der Regel ist die Verarbeitung zwischen März und Oktober aus Witterungsgründen am sinnvollsten.

2.4 Technische Zulassung, Produktprüfung

Folgende erste Produktprüfungen zur Vorbereitung einer technischen Zulassung der beschriebenen Lehmziegelbauweise wurden durchgeführt

Produktprüfungen	Details	Ergebnisse
Produktzulassungsprüfungen, Österreichisches Institut für Baubiologie- und ökologie	Gesundheit, Hygiene, Umwelt	Das Produkt entspricht den Anforderungen der Bauproduktenrichtlinie und den Anforderungen der Länder
Brandschutz MA 39	Brennbarkeitsklasse	A – nicht brennbar – F 180
BTI Pfeilerdruckprüfungen	Druckfestigkeit und E-Modul des <i>POROTHERM 20-25 Lehm</i> mit Lehmmörtel	Die Verwendung von Kalksand- und Kalkzementmörtel brachte eine wesentliche Steigerung der Pfeilerdruckfestigkeit und E-Modul im Vergleich zum Lehmmörtel.
	Druckfestigkeit und E-Modul des <i>POROTHERM 20-25 Lehm</i> mit Kalksandmörtel	
	Druckfestigkeit und E-Modul des <i>POROTHERM 20-25 Lehm</i> mit Kalkzementmörtel	
Ökobilanz	Bilanzierung des Energie- und Ressourcenaufwandes durch die Herstellung des Lehmziegels, bzw. dessen Einsparpotential gegenüber gebrannten Ziegel	Einsparungspotential vorhanden, siehe auch Kommentar im Anhang 3

Eine ausführliche Befassung des Projektteams mit dem Thema „EU-konforme technische Zulassung“ hat ergeben, dass hier ein längerfristiger und kostenintensiver Aufwand zu erwarten ist. In bautechnischer Hinsicht sind die wesentlichen Aufgaben gelöst. Bei den noch offenen Fragen zeichnen sich Lösungen ab. In rechtlicher Hinsicht ist angestrebt, in einem Folgeprojekt die EU-Zulassung zu erreichen. Der Volllehmziegelhaus-Prototyp wurde auf Basis einer Einzelzulassung errichtet.

2.5 Errichtung eines Prototypen

2005 – 2006

Projekt Sonnenquartier in Giesenbach, Schlins⁶

Schon zu Projektbeginn war mit BM Richard Caldonazzi von Caldobau in Vorarlberg vereinbart, dass in Kooperation mit ihm ein Mehrfamilienhaus als Prototyp von LEHM.konkret realisiert werden soll. Das in Passivhausbauweise geplante Bauprojekt umfasst 12 Wohneinheiten und ist dreigeschossig. Die Baupläne sowie das Projektkonzept des Bauvorhabens war soweit abgeschlossen, dass zusammen mit der Projektgruppe von LEHM.konkret Detaillösungen erarbeitet werden konnten. Es wurden die nötigen Baudetails unter Berücksichtigung der speziellen Anforderungen für den Lehmziegelbau entwickelt, Richtlinien zum Bauablauf hinsichtlich Feuchteschutz erarbeitet. Unter Einbeziehung eines Statikers wurden Lösungsvarianten zur Umsetzung des dreigeschossigen Gebäudes unter Einsatz des *POROTHERM 20-25 Lehm* in tragender Funktion erarbeitet. Die Entwicklung eines statischen Systems, das aufgrund der im dreigeschossigen Bereich ausgereizten Druckfestigkeitsgrenze des *POROTHERM 20-25 Lehm* ein zusätzliches, schlankes Tragsystems erforderte, das aber die Tragfähigkeit des Lehmziegels voll ausschöpfen sollte, war eine hochinteressante Herausforderung. BM Richard Caldonazzi entschied sich zusammen mit der Projektgruppe für die Umsetzung eines Systems mit einer besonders konsequenten ökologischen Performance. In den geschoßhohen, in allen Geschoßen übereinander liegenden Fensterlaibungen sollen schlanke Holzrahmen integriert werden. Die Decken wurden als Holzverbunddecken geplant. Die Statik des Gebäudes wurde von einem Ziviltechnikerbüro durchgerechnet. Die volle Tragfunktion der Lehmziegel im System wurde bestätigt. Die Baudetails zur Realisierung des neu entwickelten Systems wurden gezeichnet.⁷

Als Baubeginn war für April 2005 geplant. Eine Woche vor Baubeginn wurde der Projektleitung von BM Richard Caldonazzi mitgeteilt, dass die Firma Caldobau GmbH Konkurs anmelden musste.

Verdichteter Wohnbau

Über die Errichtung eines Einfamilienhauses als Pilotprojekt hinaus wurden weitere Kontakte zu Akteuren der Baubranche geknüpft. Unter anderem ist der Einsatz des neuen Lehmziegels Teil einer Wettbewerbseinreichung, deren Ergebnisse im Herbst 2005 bekannt gegeben wurden. Zwei Projekte wurden mit dem Einsatz des *POROTHERM 20-25 Lehm* eingereicht, eines der beiden Projekte gewann den ersten Preis des Wettbewerbs. Zum aktuellen Zeitpunkt wird der Einsatz der Lehmziegel im Detail geplant und kalkuliert.

Pilotprojekt mit BM Karl Macho in Niederösterreich

Mit BM Karl Macho wurde im Juli 2005 vereinbart, dass LEHM.konkret in Kooperation mit ihm ein bis zwei Einfamilienhaus-Projekte in Lehmziegelbauweise unter Einsatz des *POROTHERM 20-25 Lehm* realisiert. Die Projekte sind in Passivhausbauweise geplant. Den Bauherren wurde das Projekt LEHM.konkret präsentiert, sowie die Möglichkeit, im Rahmen des Forschungsprojektes ihr Bauvorhaben unter Betreuung der Projektgruppe in Lehmziegelbauweise zu errichten. Beide Bauherren waren von der Idee begeistert. Baubeginn war im August 2005.

⁶ Siehe Präsentation *Caldobau WA Giesenbach* im Anhang

⁷ Siehe *Baudetails_Caldo* im Anhang

2.6 Pilotprojekt LEHM.konkret Musterhaus im Marchfeld

Die folgenden Erfahrungen und Baudetails des Pilotprojekts wurden im Laufe der Errichtung des Musterhauses gesammelt und dokumentiert, strukturiert nach:

- Planung des *LEHM.konkret Musterhauses im Marchfeld*
- Verarbeitung des POROTHERM 20-25 Lehm im Rahmen des *LEHM.konkret Musterhauses im Marchfeld*
- Errichtung und Nutzung des *LEHM.konkret Musterhauses im Marchfeld*



Der im Forschungsprojekt LEHM.konkret optimierte industriell gefertigte Lehmziegel.

2.6.1 Planung des LEHM.konkret Musterhauses im Marchfeld

Sowohl was die Baudetailplanung, als auch die Planung des Baustellenablaufes betrifft, wurden folgende wesentliche Erfahrungen während der Realisierung des *LEHM.konkret Musterhauses im Marchfeld* gewonnen:

- Fensteranschlüsse
- Lastverteilung bei stark beanspruchten Druckpunkten
- Deckenaufleger
- Befestigungsmöglichkeiten der Dämmebene
- Schlitzen, Stemmen, Befestigen im Allgemeinen
- Innenputz



Die erste Ziegelschar muss mit feuchteresistentem Material ausgeführt sein.

Fensteranschlüsse

Folgende zwei Überlager-Varianten standen zur Diskussion:

a) Vibraton-Sturz 9/6,5

- B x H = 9 x 6,5 cm
- nur bei 1–2 Scharen Übermauerung zu verwenden + Vermörtelung der Stoßfugen mit Kalk-Sand-Mörtel
- Lichte Weite $\leq 2,0$ m
- Auflagertiefe ≥ 25 cm
- wenn keine Punktlasten vorhanden

b) POROTHERM Überlage 24

- B x H = 8 x 23,8 cm
- 2 Stück + betonieren dazwischen (Auflager nicht vergessen)
- als selbsttragender Sturz mit
- Auflagertiefe ≥ 25 cm
- auf im Mittel ca. 12 mm Kalk-Sand-Mörtelbett



Die Lehmziegel sind rasch verarbeitbar und werden mit einem Kalk-Sandmörtel vermauert.



Während der Errichtungsphase ist die oberste Lehmziegel-Schar abzudecken.



Betonieren der Geschoßdecke unter Berücksichtigung der nötigen Feuchte-Schutzmaßnahmen

Im Fall des Musterhauses im Marchfeld hat Baumeister Karl Macho die Variante VIBRATON 9 x 6,5 cm (nach Bedarf $> 2 \times 9$ cm + Fuge = 20 cm Wandstärke) der POROTHERM Überlage 24 (Spanntonstürzen) vorgezogen, da seiner Erfahrung nach so die schweren Passivhaus-Fenster leichter zu befestigen sind. Die Fenster werden bei dieser Lösung nur nach oben und unten (nicht seitlich) statisch befestigt.



Fertig gestellter Rohbau des LEHM.konkret Musterhauses im Marchfeld

Im unteren Parapetbereich werden 4 Scharen Ziegel aufgemauert, darauf kommt eine Betonausgleichsschicht von ca. 5 cm, die die Differenz des Fußbodenaufbaus und der Parapethöhe ausgleicht. Die Auflagertiefe der Überlager beträgt 25 cm auf jeder Seite. Die Fensterstöcke liegen zu einem Drittel in der Dämmebene. Der Fensterstock wird überdämmt, die Laibungen aus Luftdichtheitsgründen davor gespachtelt. Seitlich sind keine statische Befestigungen vorgesehen, nur Abstandsmontage-Schrauben (Dorn, 7,5 x 152 mm, alle 80 cm).



Abbildung 5: Fensterdetail mit VIBRATON Überlager und Betonausgleichsschicht

Grundsätzlich kann also empfohlen werden:

- Befestigung der Fenster in der Regel in der Ausgleichsschicht und im Sturz bzw. in der Überlage, seitlich keine statische Befestigung
- Glattstrich der Fensterlaibungen
- Anschlussdetails analog zu gebrannten Ziegeln (Winddichtheit, ...)

Lastverteilung bei stark beanspruchten Druckpunkten

Bei besonders großen Glasflächen oder Spannweiten in der Gebäudefassade oder anderen besonderen Lastsituationen schlägt BM Karl Macho vor, diesen Lastspannungen effizient entgegenzuwirken ohne den Lehmziegelwänden ihre tragende Funktion zu nehmen: Ein Umfassungsrost wird in allen Decken mit schlanken Stahlbetonstützpfählern im Lehmziegel-Mauerwerksverband verbunden.

Deckenaufleger

Beim Musterhaus herrscht durch die aufgelagerte Elementdecke eine Linienlast auf der obersten Lehmziegel-Schar. Dies führt zu einer starken Beanspruchung der Innenkante der Lehmziegel-Wand (800 kg/Laufmeter, laut BM Karl Macho), die im schlimmsten Fall zum Aufkippen der obersten Lehmziegel-Schar führen kann. Im Fall des Musterhauses wurde daher auf die oberste Lehmziegel-Schar eine Ausgleichsschicht aufbetoniert. Während des Betoniervorgangs wurden – im Abstand von ca. 50 cm zu den Wänden – Steher zur statischen Unterstützung der Decke aufgestellt. Diese Steher dürfen nicht zu hoch aufgedreht werden, da sonst zu wenig Verbund zwischen der Wand und der Decke während des Betoniervorgangs herrscht. Styroporpolster, die zwischen oberer Wandkante und Decke eingelegt werden könnten, sind nicht sinnvoll, da im Bauablauf nicht praktikabel und ohne ausreichende Druckfestigkeit. Generell wird eine höhere Ausgleichsschicht auf der obersten Lehmziegel-Schar empfohlen. Der Einsatz eines Streifens aus Holzweichfaserplatte könnte hier für künftige Projekte zielführend sein.

Befestigungsmöglichkeiten der Dämmebene

Bei Vollwärmeschutz empfiehlt Karl Macho, Kork als Dämmstoff zu verwenden.

Bei einer Pfostenriegelkonstruktion wird die Befestigung derselben am Umfassungsrost, an den Decken und im Sockelbereich, an den gebrannten Ziegeln, bei einer Unterkellerung wird eine Befestigung der Pfostenriegelkonstruktion in der Decke oder im Unterlagsbeton empfohlen. Als Materialien zur Ausdämmung sind zum Beispiel Zellulose oder eine lose Strohschüttung erwägenswert.

Die Variante Lehmziegelwand und vorgesetzte Holzleichtbaukonstruktion mit Strohschüttung erscheint wegen ihrer bauökologischen Konsequenz besonders reizvoll. Es wurden Versuche mit einer geschütteten Strohhäcksel-Dämmung durchgeführt, eine Musterwand im Maßstab 1:1 errichtet und diese mittels eines Zellulose-Einblasgeräts mit Strohhäcksel befüllt. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Zellulose beim Einblasen verflockt und es dadurch zu einer Eigenverdichtung kommt. Beim Einblasen der Strohhäcksel ist dies nicht der Fall, es kommt also kaum zu einer Eigenverdichtung. Das Schüttmaterial muss nachträglich durch Stampfen des Materials und durch Klopfen an der Verschalung verdichtet werden. Der Rasterabstand in der Musterwand betrug von Riegel zu Riegel 50 cm, die Strohdämmstärke 19 cm plus 6 cm MDF-Platte ($\lambda = 0,4$). Die Musterwand-Höhe betrug 2 m. Nach der Verdichtung des Schüttmaterials und der Entfernung der Schalung nach 2 Monaten stand die Dämmebene von selbst. Diese Dämmebenen-Konstruktion mit Strohhäcksel-Schüttung bedarf auf jeden Fall weiterer Tests, ein diesbezügliches Folgeprojekt wäre spannend!

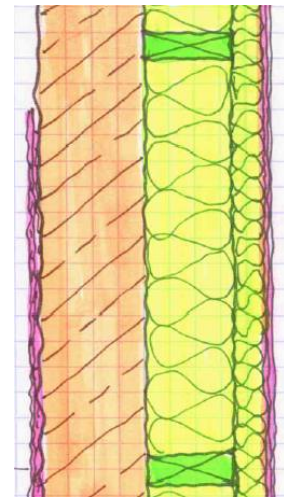


Abbildung 6: Wandaufbau Pfostenriegelkonstruktion von innen (links) nach außen: Lehmputz fein

Lehmputz grob

Lehmziegel

Strohspreu lose

Holzweichfaserplatte

Spachtelung und Armierung

Endbeschichtung

Fall weiterer Tests, ein

Schlitzten, Stemmen, Befestigen im Allgemeinen

Elektroinstallateure müssen eingeschult werden, da die Lehmziegel-Wand nur wenig geschwächt werden darf (gerade weil sie so leicht schwächbar ist!). Folgende Richtlinien haben sich bei der Errichtung des Musterhauses bewährt (siehe auch Kapitel 2.3.1):

- Schlitzten mit Fräse und kein Stemmen.
- Punktuelle (z.B. für Putzdosen) und vertikale linienförmige Schlitzte sind wie in ÖNORM B 3350 – Bemessung und Konstruktion – zulässig. Zu beachten ist die im Vergleich zu üblichen Mauersteinen geringere Festigkeit.
- Waagrechte und geneigte längere Schlitzte sollten vermieden werden. Ist dies nicht möglich, muss deren Tiefe auf $t/10$ (ein Zehntel der Wandstärke) beschränkt bleiben bzw. sollte statisch abgeklärt werden.
- Übliche Befestigungen von Bildern, Ablagen oder Regalen können mit handelsüblichen Dübeln durchgeführt werden.
- In nichttragende Wände sollten keine schweren Lasten eingeleitet werden.
- Schwere Lasten z.B. von Hängeschränken sind mit dem Statiker abzuklären. In Frage kommen handelsübliche Injektions-Ankerdübelssysteme.



Abbildung 7: Punktuelle und vertikale linienförmige Schlitzte sind waagrechten und längeren geneigten Schlitzten vorzuziehen

Der luftdichte Einbau ist generell eine Herausforderung, unabhängig von den verwendeten Baumaterialien.

Innenputz

Das Mauerwerk, bestehend aus dem POROTHERM 20-25 *Lehm* wurden zunächst mit Lehm geschlämmt, die Sockelzone aus gebrannten Ziegeln wurde vorgespritzt. Darauf wurde die erste Putzlage als Maschinenputz aufgetragen.

Neue Erfahrungswerte

An einigen Stellen der Lehmziegelwand kam es zum Auftreten von feinen Rissen im Lehmputz – entlang der Lehmziegel, auch nach Aufbringen der zweiten Lehmputzlage. Dieses Phänomen war auch mit einer zusätzlichen Armierung nicht beherrschbar. Alle bis zu dem Zeitpunkt ausgeführten Anwendungen auf Lehmziegel-Oberflächen anderer Bauprojekte waren auch ohne Armierung rissfrei geblieben.

Ursachenforschung

Ein Misch- oder Materialfehler beim verwendeten Lehmputz konnte als Ursache ausgeschlossen werden, da sich z. B. auf den gebrannten Ziegelflächen der 50 cm Sockelzone im EG beim gleichem Lehmputzmaterial keinerlei Rissbildung zeigte.

Statische Ursachen konnten ausgeschlossen werden, da keine Korrelation zwischen Lastabtragung und Rissverteilung erkennbar war. Statisch besonders hoch belastete Bauteile wiesen keine Rissbildungen auf.

Die Rissbildung war in einem nordseitig orientierten, fensterlosen Raum im Obergeschoß am stärksten, neben der Eingangstüre im Erdgeschoß aber am geringsten. Daher lag die

Vermutung nahe, dass hier ein Zusammenhang mit der verfügbaren Luftmenge zur Trocknung gegeben war.

Faktoren, die zur beschriebenen Rissbildung geführt haben

Die Verputzarbeiten wurden während der Wintermonate durchgeführt, daher mussten beim Verputzen Türen und Fenster geschlossen bleiben.

Nach dem Verputzen wurde die Beheizung mit der an den Kamin angeschlossenen Heizkanone eingestellt, da im Passivhaus keine Frostgefahr besteht. In den nordseitig orientierten Räumen fehlte zusätzlich der solare Eintrag, was zu einer geringeren Austrocknung als in südseitigen Räumen führte.

Im luftdichten Passivhaus war daher im Gegensatz zu den üblichen zugigen Baustellen praktisch kein Luftwechsel gegeben. Die automatische Wohnraumbelüftung wurde nicht eingeschaltet, da lt. Herstellervorschrift das Lüftungsgerät während der Bauphase wegen Verschmutzungsgefahr für den Filter nicht in Betrieb gesetzt werden darf. Auch eine Fensterlüftung war wegen der teils sehr niedrigen Temperaturen nicht möglich (Frostgefahr).

Da die Feuchte des Lehmputzmörtels hier nicht über die Luft abgeführt werden konnte und so mehrere Wochen lang auf die Lehmziegel eingewirkt hatte, drang sie unverhältnismäßig stark in den trockenen, hoch sorptionsfähigen Lehmziegel ein und brachte ihn zu außerordentlichem Quellen. Beim Austrocknen schwand der Lehmziegel entsprechend stark, was weder durch die innere Hanffaserarmierung im Lehmputz noch durch eine zusätzlich eingebrachte Gewebearmierung kompensiert werden konnte. Es entstanden die feinen Haarrisse entlang der Lehmziegel-Fugen.

Die Dokumentation der Luftfeuchte durch kontinuierliche Messungen im Haus beginnt ab der Entdeckung der Schwundrisse. Verlauf und Dauer der vermutlich sehr hohen Luftfeuchtwerte auf dieser Baustelle ab dem Verputzen bis zum Auftreten der Schwundrisse sind nicht bekannt. Die Haarrissprobleme konnten nach völligem Austrocknen des Innenputzes durch das Ausmalen mit gefüllter Sumpfkalkfarbe zur Zufriedenheit der Kunden gelöst werden.

Konsequenzen aus diesen Erfahrungen

Wird in einem Lehm-Passivhaus während der Wintermonate mit Lehm verputzt, muss der Konflikt zwischen Lüftungsgerätehersteller-Garantiebedingungen und Trocknungserfordernis gelöst werden. Eine mögliche Lösung ist der Einbau von handelsüblichen Rohrfiltern bei den Absaugöffnungen, die nach Fertigstellung des Gebäudes entfernt werden können. Der Trocknungsprozess durch die automatische Wohnraumbelüftung ist so rasch wie möglich einzuleiten. Eine simple digitale, kontinuierlich beobachtete Feuchtemessung während der Trocknungszeit ist in allen Lehmziegel-Winterbaustellen empfehlenswert.

2.6.2 Verarbeitung des POROTHERM 20-25 Lehm im LEHM.konkret Musterhaus im Marchfeld

Bei der Verarbeitung des POROTHERM 20-25 Lehm im Rahmen des LEHM.konkret Musterhauses im Marchfeld wurden in den folgenden Bereichen Erfahrungen gesammelt:

- Optimale Mörteltechnik
- Möglichkeiten der rascheren Verarbeitung

Optimale Mörteltechnik

Auf der Musterhaus-Baustelle wurde nur Kalk-Trass-Mörtel M5 eingesetzt, das Mischverhältnis betrug: Fertigmörtel : Sand : Wasser = 1 : 3 : 0,9) Die durch das Vermörteln entstandene Nässe hatte keine negative Auswirkungen auf den POROTHERM 20-25 *Lehm*.

Zur rascheren Verarbeitung wurde ein Mörtelschlitten mit Kufen entwickelt. Die Kufen saßen seitlich auf den Lehmziegelkanten der letzten gemauerten Schar auf. Erste Versuche zeigten, dass diese Konstruktion allerdings zu einem – um die beiden Kufenbreiten – schmälern Mörtelbett führt und damit zu einer geringeren Auflagerfläche der Lehmziegel, was wiederum eine generell verminderte Druckfestigkeit der Lehmziegel-Mauer verursachen würde. Daraufhin wurde der Mörtelschlitten-Prototyp optimiert, die Schlittenführung an den Aussenkanten der Lehmziegelschar angebracht. Der Mörtelschlitten eignet sich ebenso, die erste Schar gebrannter Ziegel (Sockelzone) mit Perlite zu befüllen, um einen „Warmen Fuß“ zu erhalten.



Mörtelschlitten 1: Der Mörtelschlitten auf Kufen, die zu einem verschmälerten Mörtelbett führen

Mörtelschlitten 2: Die weiterentwickelte Version mit Schlittenführung an den Lehmziegel-Aussenkanten

Abbildung 8: Von Baumeister Karl Macho selbstentwickelte Mörtelschlitten, Variante 1 und Variante 2

Möglichkeiten der rascheren Verarbeitung

Mit Hilfe des oben genannten Mörtelschlittens und des Nut-und-Federsystems war ein äußerst rasches Verarbeiten der Lehmziegel möglich. Rückmeldungen von der Baustelle besagen, dass die Entwicklung eines Plan-Lehmziegels die optimale Weiterentwicklung für eine hocheffiziente Verarbeitung wäre. Ein weiterer wichtiger Erfahrungswert der Musterhaus-Baustelle war die Erkenntnis, dass für besseren Versatz das Ziegelformat hinsichtlich seines Längen und Breitenverhältnisses geändert werden sollte. Eine praktikable technische Lösung wurde im Zuge dieses Projektes erarbeitet und ist Inhalt der noch nicht veröffentlichten Verarbeitungsrichtlinie „Lehmziegel“.

2.6.3 Errichtung und Nutzung des LEHM.konkret Musterhauses im Marchfeld

Im Zuge der Errichtung und Nutzung des LEHM.konkret Musterhauses im Marchfeld wurden in den folgenden Bereichen Erfahrungen gesammelt:

- Maßnahmen zur Verhinderung starker Durchnässung während Bauphase
- Dauerhafter, zuverlässiger Schutz vor Feuchtigkeit in der Nutzungsphase
- Durchführung einfacher Messungen (Temperatur, Austrocknungsverhalten)
- Allgemeine praktische Erfahrungen

Maßnahmen zur Verhinderung starker Durchnässung während Bauphase

Die Erfahrungen auf der Baustelle des Musterhauses haben gezeigt, dass der POROTHERM 20-25 *Lehm* viel Witterung verzeiht, solange nicht Wasser in die Hohlkammern eindringt und darin stehen bleibt. Bei durchschnittlich starken Niederschlägen sind Abhängungen der Lehmziegelwände nicht erforderlich. Während der Errichtungsphase wurde die oberste, offen liegende Lehmziegelschar mit Bitumenpappenbahnen abgedeckt, diese mit gebrannten Ziegeln beschwert. Die Breite der Bitumenpappenbahnen war mit 5 cm Überstand auf jeder Seite des Mauerwerks bemessen.

Karl Macho empfiehlt, beim Ausbetonieren der Ortbetondecke eine wasserdichte Auflage auf die gemörtelte Ausgleichschicht einzulegen, um das Eindringen des Anmachwassers in die Lehmziegelwand zu vermeiden. Während der Rohbauphase ist ebenso unbedingt zu vermeiden, dass sich auf den Decken Wasser ansammelt, das dann konzentriert und ungesteuert an einzelnen Stellen der Lehmziegelwände entlang rinnt und zu Erosionsschäden an den Wandflächen führt. Auf der Musterhaus-Baustelle wurden die Decken mit einem leichtem Gefälle nach innen (max. 0,5 cm/1m ausreichend) zu einem zentralen Ablauf mit Kunststoffrohr ausgeführt. Auf der zweiten Musterhaus-Baustelle konnte das Entlangrinnen von Regenwasser an der Lehmziegelwand vermieden werden, indem ein umlaufender Wulst an den Deckenaussenkanten (auch an Stiegenöffnungen) betoniert und 2 Deckendurchbrüche provisorisch mit Kunststoffrohren zu Wasserabläufen umfunktioniert wurden.



Abbildung 9:
Bitumenpappenbahnen verhindern das Eindringen von Regenwasser



Abbildung 10:
Abhängungen sind bei üblichen Niederschlagsmengen nicht notwendig

Auf der Musterhaus-Baustelle wurde die Erfahrung gemacht, dass die Verpackung des POROTHERM 20-25 Lehm zu optimieren ist, da eine große Anfälligkeit der Folien zur Verlust einiger Lehmziegel geführt hat, eindringendes Regenwasser hat diese Lehmziegel zerstört. Eine Idee von Karl Macho war, eine Art „Haube“ für ein nachträgliches, zusätzliches „Anziehen“ der Lehmziegel-Paletten auf der Baustelle mitgeliefert zu bekommen.

Entstandenes Kondenswasser unter der Folie der Lehmziegel-Paletten war kein Problem, da die Lehmziegel die dadurch angefallene Feuchtemenge ohne Qualitätsverluste rasch aufgenommen haben.

Dauerhafter, zuverlässiger Schutz vor Feuchtigkeit in der Nutzungsphase

Während der Planung des Musterhauses hat sich die Wichtigkeit vorsorglich geplanter Installationsschächte nochmals bestätigt. Diese sind möglichst gebündelt zu planen und mit feuchteresistentem Material auszuführen: entweder mit gebrannten Ziegeln mit Lehmziegelmauerwerk, das mit hochdruckfähiger Dichtschlämme ausgespachtelt wird. Im Musterhaus wurde die Vorsatzschale mit gebrannten Ziegeln errichtet, die restlichen betroffenen Lehmziegel-Mauerbereiche mit Dichtschlämme ausgespachtelt.

Es wurde ein handelsübliches Spachtelmasse-Produkt auf Eignung zur Befestigung von Fliesen auf der Lehmziegelwand getestet. Die Ergebnisse waren zufrieden stellend, das Produkt eignet sich zum Kleben von Fliesen auf Lehmziegeln.

Durchführung einfacher Messungen (Temperatur, Austrocknungsverhalten)

Einfache Feuchtemessungen im Musterhaus, nach dem Auftreten feiner Risse entlang der Lehmziegel-Fugen (siehe Kapitel 2.6.1, Innenputz) haben zu folgenden Ergebnissen geführt: Beim Verputzen der Innenwände mit Lehmputz sind im Winter Entfeuchtungsgeräte oder die automatische Wohnraumbelüftung in Kombination mit Heizen notwendig. Die Entfeuchtung alleine ist wegen der niedrigen Temperaturen nicht ausreichend.

	ZUSAMMENFASSUNG					
	15.03.-17.03		23.03.-30.03.		04.04.-13.04	
	Temp.	Luftf.	Temp.	Luftf.	Temp.	Luftf.
Min-Wert	6,9°	49%	15,1°	46%	11,8°	32%
Max-Wert	18,0°	72%	22,6°	67%	23,1°	62%
Durchschnitt	15,6°	60%	17,0°	59%	16,2°	51%

Tabelle 2: Messwerte Temperatur und Luftfeuchte, Musterhaus im Marchfeld

Generell gilt: In einem Passivhaus in Massivbauweise sind die Heizkosten aufgrund der Baurestfeuchte im ersten Jahr bis zu doppelt so hoch wie später.

Vor Inbetriebnahme der Wohnraumbelüftung sind kaum Änderungen zu verzeichnen, danach wird die Luft langsam aber stetig trockener. Durch das Auftragen des Lehmputzes in Kombination mit der gesamten Baufeuchte im Winter kam es zu Rissbildungen, vermutlich infolge Quell- und Schwindvorgängen. Die Rissbildungen konzentrierten sich auf nordseitigen Räumen mit wenig Fensterflächen (hohe Luftfeuchtigkeit, kein solarer Eintrag). Es wird empfohlen, bei Putzarbeiten im Innenraum während der Wintermonate den Trocknungsprozess so schnell wie möglich einzuleiten. Rissbildungen können mit Füllfarbe übermalt werden.

Allgemeine praktische Erfahrungen

Baumeister Karl Macho empfiehlt die Entwicklung eines Nutzerhandbuchs für Bewohner von Volllehmziegel-Häusern. Den Nutzern sollen wesentliche Informationen über die Vorteile eines Volllehmziegel-Hauses sowie Richtlinien zur angemessenen Nutzung eines solchen Gebäudetyps geboten werden.

Elektroinstallateure müssen für Arbeiten in einem Volllehmziegel-Gebäude eingeschult werden, da die Lehmziegel-Wand nur bedingt geschwächt werden darf. Bei der Musterhaus-Baustelle wurden die meisten Leitungen im Fußbodenbereich verlegt und im Wesentlichen nur vertikale Schlitzlöcher zu Steckdosen und Lichtschaltern hergestellt. Der luftdichte Einbau der Installationen ist unabhängig vom Baumaterial immer eine Herausforderung.

Im Allgemeinen gab es positive Rückmeldungen von den Verarbeitern auf der Musterhaus-Baustelle, das neue Produkt POROTHERM 20-25 *Lehm* wurde in der Praxis gut angenommen.

Für die Planung eines Volllehmziegel-Hauses empfehlen sich einfache Baukörper, da statische Anforderungen und Anforderungen des Feuchteschutzes damit leichter erfüllt werden können.

Das Interesse an der Kombination Lehmziegelbau und Passivhausbauweise ist groß. Eine Besserstellung der Lehmziegel-Bauweise durch „Mehrpunkte“ bei der Wohnbauförderung wäre zu befürworten.

2.7 Vernetzung und Verbreitung

Mai 2005 – Juni 2006

Die Umsetzung des Arbeitspaketes *Vernetzung und Verbreitung* war für das Ende der Projektlaufzeit vorgesehen. Aufgrund des hohen Interesses wurde ein Teil der Öffentlichkeitsarbeit bereits in der ersten Projekthalbzeit durchgeführt. Folgende Aktivitäten wurden zur Verbreitung der Forschungsergebnisse des Projekts LEHM.konkret sowie zur Vernetzung von Informationssuchenden mit den Lehmbau-Akteuren umgesetzt.

Ziel	Aktivität	Datum
Nutzung des ÖBC-Netzwerks zur Verbreitung der Lehmbauweise mit Lehmziegel	Präsentation auf ÖBC Webpage unter www.oekobaucluster.at (http://www.niederösterreich.at/oebc/OEBC_R27.htm) Präsentationen der aktuellen Projektergebnisse in mehreren ÖBC-Newsletter	2004 – 2006
Verbreitung auf Exkursionen /Workshops	Vorlesung im Rahmen einer Exkursion und eines Workshops zum Thema Lehmbau der Technischen Universität Wien, Institut f. Raumgestaltung in Fels am Wagram	09. 2006
Verbreitung auf Messen	Vortrag zum Projekt auf der Bauen & Energie Messe 2005 in Wien Vortrag zum Projekt auf der Bauen & Energie Messe 2006 in Wien	02. 2005 02. 2006
Verbreitung auf Fachtagungen	Vortrag zum Projekt auf der 9. Europäischen Passivhaustagung 2005 Ludwigshafen ⁸	04. 2005
Verbreitung durch Multiplikatoren	Information von Architekten und Baumeistern mittels Unterlagen Brief und Präsentationen	2005 – 2006
Workshops mit Mitarbeitern der Kooperationspartner	IBO Werkstattgespräch	05. 2005
Verbreitung im Rahmen von Fachveranstaltungen	Präsentation der Forschungsergebnisse in dem vom ÖBC veranstalteten Lehmkurs LEHM.intensiv mit Prof. Gernot Minke	08. 2005
Präsentation des Projekts und der Forschungsergebnisse vor Fachpublikum aus aller Welt	Präsentation auf der WORLD SUSTAINABLE CONFERENCE in TOKIO	09. 2005
	Pressetermin und Feier zum Richtfest des LEHM.konkret Musterhauses im Marchfeld	10. 2005

⁸ Siehe Präsentation: LEHM.konkret_Ludwigsh05_25 April im Anhang

Projektbegleitende Pressearbeit

Während der Projektlaufzeit wurde in den folgenden Medien über das Projekt LEHM.konkret berichtet:

Medien	Titel	Erscheinungsdatum
<u>A 3 bau</u>	„Konkretes in Lehm“	05. 2005
<u>Lebensart</u> Magazin für eine nachhaltige Lebenskultur ⁹	Interview „Modernes Bauen mit Lehm“	07. 2005
<u>wohnet.at</u> Österreichs größter Plattform für Bauen, Wohnen und Einrichten (http://www.wohnet.at/www/ireds/P-50430.html)	Interview „Vom Nischenprodukt zum zeitgemäßen Baustoff für jedermann“	08. 2005
OIB aktuell Mitteilungen des Österreichischen Instituts für Bautechnik, Heft 3 2005	„Lehmbau – Vom Nischenprodukt zum industriellen Bausystem“	09.2005
<u>bau.zeitung</u>	„Passiver Lehmbau“	10. 2005
<u>Öko-News</u>	„Erstes LEHM.konkret-Haus in Österreich“	11. 2005
<u>wohnet.at</u> Österreichs größter Plattform für Bauen, Wohnen und Einrichten (http://www.wohnet.at/www/ireds/P-50430.html)	„Österreichs erstes Voll-Lehmziegelhaus in Passivhausbauweise“	11. 2005
<u>ABAU, Österreichische Bauwirtschaft</u>	„Prototyp LEHM.konkret“	11. 2005
<u>NÖN Cluster in NÖ</u>	„Allianzen sind innovativ“	11. 2005
<u>BM</u> Bau Magazin 6/2005	„Österreichs erstes Voll-Lehmziegelhaus in Passivhausbauweise“	12. 2005
<u>Österreichische Baudatenbank</u> (www.bau-info.at)	„Neuartiges Lehmziegelhaus in Passivhausbauweise“	12. 2005
<u>NÖN Gänserndorf</u>	„Lehmbau wird zukunftsweisend“	12. 2005
<u>Waldviertlernews</u> (www.waldviertlernews.at)	„Erstes Lehmziegelhaus in Passivhausbauweise“	12. 2005
<u>IBO Magazin 4/05</u>	„LEHM.konkret Musterhaus im Marchfeld“	01. 2006
<u>IBO Magazin 4/05</u>	„Baustellenbesichtigung beim ersten LEHM.konkret-Haus im Marchfeld“	01. 2006
<u>Besser Wohnen</u> (www.besser-wohnen.co.at)	„Im Rampenlicht“ Der Ökobau Cluster (ÖBC), Aust Bau und die Wienerberger Ziegelindustrie	01. 2006
<u>Umweltjournal 01/2006</u>	„Ein Haus aus Lehm“	01. 2006
<u>ImmobilienStandard 4./5. März 2006</u>	„Bist du gelehmt!“	03. 2006

⁹ Siehe das beiliegende Magazin im Anhang der gedruckten Version dieses Zwischenberichts

Durch die Öffentlichkeitsarbeit wurden zahlreiche Architekten und Bauherren auf das Projekt LEHM.konkret und seine Forschungsinhalte aufmerksam und haben großes Interesse an Kooperationen und an der Realisierung weiterer Pilotprojekte gezeigt.

3 Erfahrungen bei der Projektumsetzung

3.1 Begünstigende Faktoren

Das Zusammenspiel verschiedener Kompetenzen aus Wissenschaft und Wirtschaft im Projektteam, die Begeisterung des Teams für das Projekt und das damit verbundene Engagement waren wesentliche Faktoren für die Erfolge in der Projektumsetzung. Die Projekteinhalte haben zudem auch von aussen immer sehr hohe Sympathie erhalten.

Die Projektpartner verfügen über Netzwerke und interne Know-How-Träger, die für die Realisierung aller Arbeitspakete ein großer Gewinn waren. Das Labor der Wienerberger Ziegelindustrie sowie das umfassende Fachwissen über das Baumaterial Lehm von natur&lehm waren wertvoll für die Optimierung des Lehmziegels. Die Kontakte von Arch. Andreas Lang und Heribert Hegedys zu Bauherren mit besonderem Interesse an ökologischen, energieeffizient konzipierten Gebäuden sowie die Erfahrungswerte dieser beiden Projektpartner durch ihre langjährige Tätigkeit als Planer waren nützlich für die Entwicklung der lehmziegelspezifischen Passivhaus-Baudetails. Mit Hilfe der Wienerberger Massivwerthaus-Baumeistergruppe gelang es, einen sehr fähigen Baumeister, Karl Macho für das Projekt zu gewinnen. Mit ihm war es möglich, die erworbenen Projektergebnisse in Form eines Musterhauses praktisch anzuwenden.

3.2 Hemmende Faktoren

Da bisher zum Fachbereich *Lehmbau* nur sehr wenige wissenschaftliche Arbeiten vorliegen und nur vereinzelte fundierte wissenschaftliche Fakten erhältlich sind, war in fast allen Bereichen der „Start bei Null“ erforderlich, was das Ausmaß des erforderlichen Projekteinsatzes deutlich erhöhte.

4 Zusammenarbeit mit den Projektpartnern

4.1 Wichtigste Partner außerhalb des Projekts

Der wichtigste Partner im Projekt LEHM.konkret war ohne Zweifel Baumeister Karl Macho, der die Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis ermöglichte. Sein großes Engagement, seine besonders sorgfältige Arbeitsweise, seine vielseitigen, umfassenden Erfahrungen in der Planung und Realisierung, insbesondere energetisch optimierter Gebäude, waren ein unschätzbare Gewinn für das Projekt LEHM.konkret. Die Zusammenarbeit mit Karl Macho hat dem Projekt neben der Anwendung der Forschungsinhalte viele wertvolle Hinweise und Know-How eingebracht.

Die Firma Henkel Central Eastern Europe GmbH (Wien) half kompetent und engagiert durch kostenlose Versuche zur Abklärung der Verwendungsmöglichkeit und Haltbarkeit von Folien und Klebern zur Herstellung der Luftdichtheit bei Anschlüssen von Fenstern (siehe Kapitel 2.3.1).

Dr. Ferdinand Jeindl war ein kompetenter Partner für die statische Berechnung der verschiedenen vorgesehenen Musterhäuser. Auch das Projekt Sonnenquartier in Giesenbach (Schlins) sowie das Projekt Dr. Walter wurde neben dem LEHM.konkret Musterhaus von Dr. Ferdinand Jeindl berechnet.

Dr. Manfred Bruck der TU Wien war ein kompetenter Ansprechpartner für Fragen der Ökobilanzierung.

Die Zusammenarbeit mit Baunit Baustoffe GmbH und der Rockwool-Austria im Rahmen der Musterhaus-Realisierung war ebenfalls zufriedenstellend.

Abweichungen

4.2 Personalaufwand

4.2.1 Ökobau Cluster Team

Durch den Wechsel des ÖBC-Teams wurden die Projektstunden nicht voll ausgeschöpft und die Fertigstellung dem Österr. Institut für Baubiologie u. -ökologie GmbH – IBO (Dr. Tobias Waltjen) übertragen. Geplant war ein Personalaufwand von € 224.200 im 2. Projektjahr, dem tatsächlich Kosten von rund € 60.000 gegenüberstehen. Die Beauftragung des IBO beträgt rund € 10.000,-.

4.2.2 Heribert Hegedys, Andreas Prehal

Im ersten Projektjahr haben sich die Personentage vom Projektpartner Andreas Prehal (POPPE*PREHAL Architekten) auf den Projektpartner Heribert Hegedys (Haus der Baubiologie) verschoben. Bei der Umsetzung des Arbeitspaketes *Weiterentwicklung der Bauausführung* kristallisierte sich heraus, dass Heribert Hegedys durch seine Erfahrung bezüglich ökologischer Materialien, insbesondere Lehm, stärker in das Projekt involviert werden sollte als ursprünglich geplant. Im Gegenzug stellte sich heraus, dass Andreas Prehal weniger in den Arbeitsprozess einzubinden war.

4.2.3 Norbert Prommer, Gerhard Koch

Aus innerbetrieblichen Gründen übernahm DI Gerhard Koch die von Norbert Prommer zu leistenden Arbeitsbereiche.

4.3 Vorzeitige Umsetzung eines Arbeitspaketes

Das Arbeitspaket *Vernetzung und Verbreitung* war zunächst für den Zeitraum von März 2006 bis Mai 2006 vorgesehen. Es wurde in die erste Projekthälfte vorgezogen um erwartbare Anregungen und Beiträge von Fachleuten schon im Projektverlauf nutzen zu können.

4.4 Pilotprojekt BM Richard Caldonazzi

Aufgrund der in Kapitel 2.5 genannten Umstände wurde das Bauprojekt Sonnenquartier Giesenbach in Schlins nicht umgesetzt. Der Budgetposten für die Errichtung eines Prototyps ließ ohnehin nur die Konzipierung und Betreuung eines einzelnen Projektes zu. Reaktionen und Anfragen von Bauherren, Bauträgern und Planern im zweiten Projektjahr zeigten, dass ein allgemeines Interesse für die Realisierung weiterer solcher Gebäudetypen besteht.

5 Grad der Zielerreichung

5.1 Erreichte Ziele

Alle für das Projekt geplanten Ziele konnten erreicht, oder sogar übererfüllt werden. Die folgenden Arbeitspakete waren bereits nach dem ersten Projektjahr mehr oder weniger abgeschlossen:

- Recherche
- Optimierung von Grünlingen
- Weiterentwicklung der Bauausführung

Im Laufe des zweiten Projektjahres wurden die Inhalte dieser Arbeitspakete mit neu erworbenen Forschungserkenntnissen ergänzt und dokumentiert. Insbesondere die Erfahrungen bei der Realisierung eines Prototypen konnten neue, interessante Aspekte eröffnen.

6 Wirkung des Projektes

6.1 Im Projekt

Die intensive Auseinandersetzung mit den Projekthaltungen und der Erwerb der Forschungsergebnisse eröffnen den Projektpartnern neue Märkte und Betätigungsfelder. Die Wienerberger Ziegelindustrie kann sich mit einem ökologisch hochwertigen Produkt, in einem neuen Marktsegment positionieren. Kunden, die bisher Lehmabauvorhaben im Alleingang unter hohem handwerklichen Aufwand umsetzen mussten, finden nun in den im Projekt involviert gewesenen Planern und Fachexperten kompetente Ansprechpartner. Die Verbindung von konsequenter ökologischer Bauausführung und Passivhaustechnologie konnte ebenfalls gefestigt werden. Projektpartner Roland Meingast (natur&lehm) kann aufgrund des Einsatzes der Lehmziegel einen erhöhten Bedarf für sein Produkt *Lehmputz* erwarten. Eine engere Kooperation mit der WZI wurde angedacht.

6.2 Jenseits der Projektziele

Mit der Öffentlichkeitsarbeit des Projekts LEHM.konkret wurden Menschen angesprochen, die bisher nichts mit der Lehmziegelbauweise zu tun hatten. Darunter waren Bauherren, die noch nie etwas von ökologischem Bauen oder gesunden Baustoffen gehört hatten, aber auch Fachleute für die Passivhausbauweise, deren Fokus bisher auf die Energieeffizienz von Gebäuden gerichtet war. Durch Vorträge, Diskussionsrunden oder persönliche Gespräche mit Multiplikatoren und Bauherren konnten viele Hemmschwellen überwunden und allgemein übliche Fehlinformationen über das Baumaterial Lehm aus dem Weg geräumt werden. Das Projekt LEHM.konkret unterstützt im Wesentlichen die Weiterentwicklung des Nischenprodukts Lehm zu einem ökologisch hochwertigen, wirtschaftlich umsetzbaren Bausystem und ermöglicht damit eine völlig neue Positionierung dieser Bauweise in Österreich.

7 Anhang

Anhang 1

Testläufe Lehmmaterial

Anhang 2

Produktdatenblatt_POTOTHERM 20-25 Lehm

Anhang 3

Ökobilanz Bruck

Anhang 4

Caldobau_WA Giesenbach

Anhang 5

Baudetails_Caldo

Anhang 6

Baupläne LEHM.konkret Musterhaus im Marchfeld

Anhang 7

Präsentation LEHM.konkret

Anhang 8

Pressemappe

Anhang 9

Photodokumentation LEHM.konkret Musterhaus im Marchfeld

Anhang 1

Testläufe Lehmmaterial

Umfangreiche Testläufe inklusive Messungen wurden absolviert und stellen internes, nicht veröffentlichtes Betriebswissen der Fa. Wienerberger, das im Zuge dieses Projektes erarbeitet wurde, dar.

Anhang 2

Produktdatenblatt POROTHERM 20-25 Lehm

Anhang 3

Ökobilanz Bruck

Eine umfangreiche und aussagekräftige Ökobilanz wurde von Prof. Bruck erstellt und stellt internes, nicht veröffentlichtes Betriebswissen der Fa. Wienerberger, das im Zuge dieses Projektes erarbeitet wurde, dar.

Anhang 4

Caldobau WA Giesenbach

Anhang 5

Baudetails Caldo

Anhang 6

Baupläne LEHM.konkret Musterhaus im Marchfeld

Anhang 7

Präsentation LEHM.konkret

Anhang 8

Pressemappe

Anhang 9

Photodokumentation LEHM.konkret Musterhaus im Marchfeld