

Alternative Baumaterialien und -techniken

Teil 6

NACHHALTIG BAUEN UND SANIEREN¹

ERGEBNISSE AUS DEM FORSCHUNGSPROGRAMM HAUS DER ZUKUNFT

Die Natur bietet ein großes Spektrum an pflanzlichen und tierischen Rohstoffen, die für eine Vielzahl von Anwendungen geeignet sind. Mit Konstruktionen, die sich speziell an nachwachsenden Baustoffen orientieren, können baubiologisch einwandfreie Ergebnisse und Gebäude mit ausgezeichnetem Raumklima geschaffen werden.

von Edeltraud Haselsteiner

Im Baubereich ist Holz mit großem Abstand der am häufigsten eingesetzte nachwachsende Rohstoff, gefolgt von Bienenwachs, Flachs, Hanf, Kokosfasern, Kork, Leinöl, Schafwolle, Stroh und Zellulose. Auffallend ist allerdings, dass nur ein kleiner Bruchteil der im Handel erhältlichen Produkte ausschließlich aus dem eigentlichen Grundwerkstoff besteht. Mehr als die Hälfte der Produkte sind so genannte Compounds – eine Mischung oder chemische Verbindung aus unterschiedlichen Ausgangsstoffen. Damit wird es zunehmend schwieriger, zwischen tatsächlichen Naturprodukten und solchen mit chemischen Zusatzstoffen zu unterscheiden. Im folgenden Beitrag stehen drei Baustoffe im Vordergrund – Lehm, Stroh und Altpapierzellulose –, die in der Praxis bereits erfolgreich eingesetzt wurden und auch baubiologisch eine einwandfreie Bilanz aufweisen können.

LEHMBAUSTOFFE

Lehmabauwerke sind bekannt für ihren positiven Einfluss auf das Innenraumklima. Leistungsfähige Lehmputze regulieren die Luftfeuchtigkeit und erhöhen fühlbar den Wohnkomfort. Chemische Zusatzstoffe verwandeln aber selbst dieses Naturprodukt nach einmaliger Verwendung zu nicht mehr wiederverwertbarem Müll. Dass eine Anwendung von Lehmabauwerken auf höchstem baubiologischen Niveau und ohne chemische Stabilisierung möglich ist, hat Roland Meingast von natur&lehm mit der Entwicklung von verschiedenen Lehmabauprodukten und Bauelementen gezeigt. Im Rahmen von Haus der Zukunft wurde die Entwicklung einer Lehmabauplatte mit malfertiger Oberfläche, die Entwicklung von Baumodulen für ein Lehm-Passivhaus und letztendlich die Realisierung eines Lehm-Passiv-Bürohauses in Tattendorf, Niederösterreich, gefördert.

Die Biofaserlehm-Platte besteht aus einer Trägerplatte aus Holzwerkstoffen und einer neu entwickelten Mischung aus hochwertigem Lehm, Sand, Hanf- und anderen Naturfasern ohne chemische oder andere künstliche Stabilisierung. Im Gegensatz zu herkömmlichen Lehmabauplatten, die armiert und verputzt werden müssen, ist die Biofaserlehm-Platte eine Trockenbau-Lehmplatte mit reibfertiger Lehmoberfläche. Dadurch ist sie ebenso einfach anzuwenden wie Gips-Werkstoffplatten, weist aber unvergleichlich bessere raumklimatische Eigenschaften auf.

Fortsetzung auf Seite 10

¹ Beitragsserie beauftragt in der Programmlinie Haus der Zukunft vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie und der Forschungsförderungsgesellschaft

Veranstaltungstipp

Die nächsten Themen im Rahmen der Seminarreihe Nachhaltig Bauen und Sanieren IV:

- Alternative Baumaterialien: Zellulose, Lehm und Stroh
- Zellulose-Dämmsysteme zur thermischen und akustischen Gebäudesanierung
 - Lehmabauwerke im Wohnbau
 - Bauen mit Stroh und Anwendung von nachwachsenden Rohstoffen im Baubereich

Seminar, Freitag, 15. Dezember 2006, 14.00 bis 18.15 Uhr
Arch+Ing Akademie, Karlsplatz 9, 1040 Wien,
www.archingakademie.at

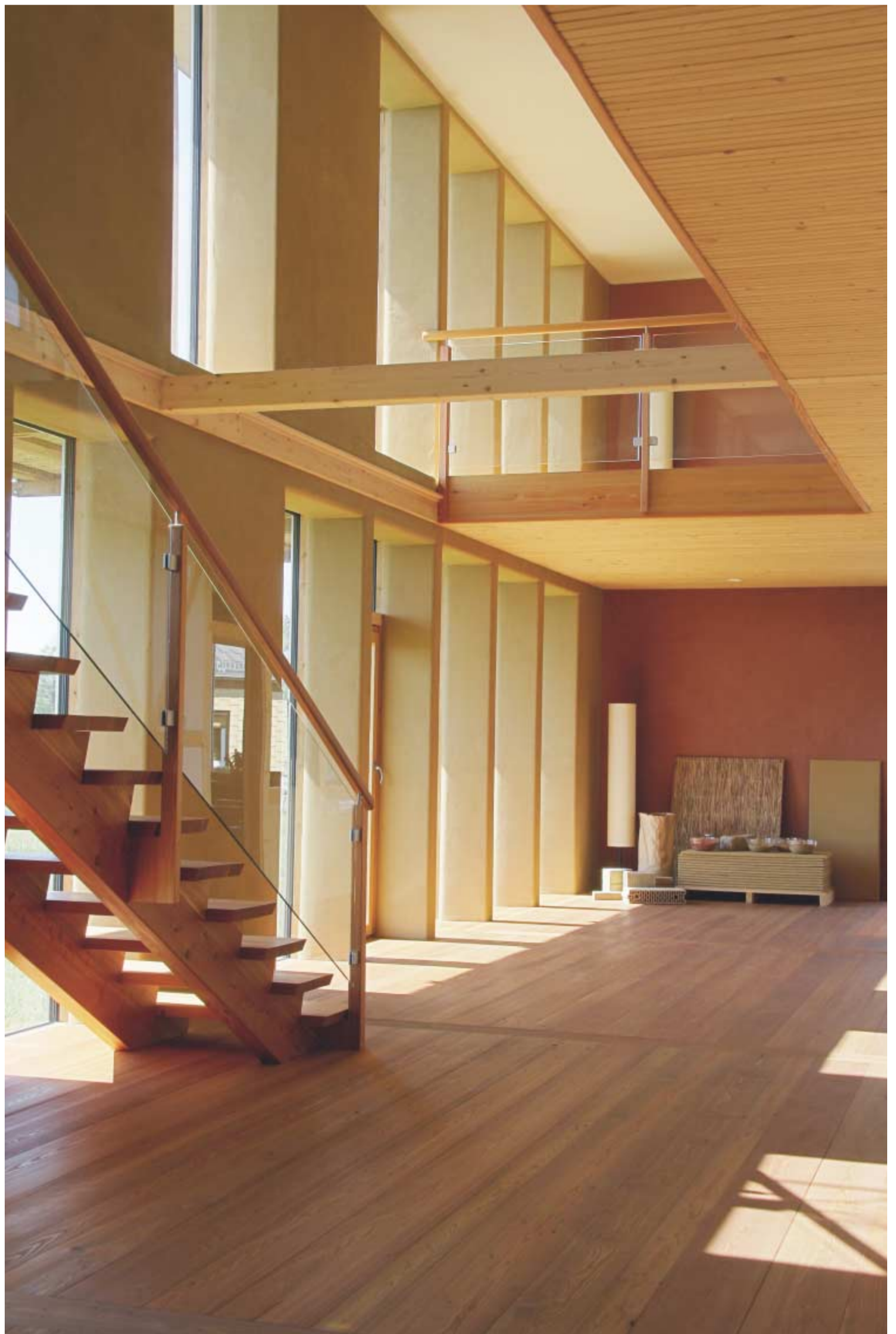


Abb. 1: Lehm-Passiv-Bürohaus Tattendorf/NÖ, Architekt: Georg W. Reinberg. Foto: Peter Kytlica

Fortsetzung von Seite 9

Die Lehm-Passivhaus-Bauelemente wurden aus den nachwachsenden Rohstoffen Holz, Stroh, Hanf, Flachs und Schafwolle, optimal ergänzt durch den Baustoff Lehm, hergestellt. Der Aufbau der Wand-, Boden- und Deckenelemente erfolgte aus einer Holzrahmenkonstruktion, optimiert für Wärmedämmung mit Stroh. Der Innenputz besteht aus Biofaser-Lehm, die Außenwandoberfläche aus einer Biofaser-Lehmschicht. Die lückenlose Umhüllung der bis zu 8 mal 3,2 Meter großen Bauteile mit Hanffaser-Lehmstoffen bewirkt eine permanente kapillare Entfeuchtung des Dämmstoffs in der Wand und wirkt zugleich als Luftdichtheitsebene, Dampfbremse, Windbremse und Feuchtepuffer. Die Trocknung erfolgt im Werk ohne Fremdenergie.

Aus diesen vorgefertigten Baumodulen wurde in Tattendorf ein Lehm-Passiv-Bürohaus errichtet, das die energieeffiziente Passivhaustechnik mit dem Einsatz von Lehm-Baumodulen ver-

bindet. Grundelemente waren vorgefertigte Module, bestehend aus einem doppelten (thermisch getrennten) Holzständerwerk, dem kostengünstigsten Dämmmaterial Stroh, einer neuen Lehm-Vliestechnik, welche die üblichen Dampfbremsen ersetzt und die Luftdichtigkeit in der Fläche gewährleistet, sowie die mit hoher Qualität neu entwickelten Biofaser-Lehmputze, die auch im Außenbereich einsetzbar sind. Die Stöße der Module wurden bei der Montage konventionell verschraubt, gedichtet und mit einer neu entwickelten, chemiefreien Lehm-Vliestechnik überdeckt. Die Lehm-Innenoberflächen sind frei von allen bauchemischen Zusätzen und wurden nur mithilfe von Hanffasern biotechnisch stabilisiert. Bodenplatte und Decke wurden aus analogen Fertigteilelementen hergestellt. (Abbildungen 1 bis 5, Grafiken 1, 2). Eine Besichtigung des natur&lehm Büro- und Schaugebäudes in der Nähe von Baden bei Wien ist nach Terminvereinbarung jederzeit möglich. (www.lehm.at)

STROH UND ANDERE NACHWACHSENDE ROHSTOFFE

Ähnlich erfolgreich wurde durch das Forschungsprogramm Haus der Zukunft die Weiterentwicklung für den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen gefördert. Gerade im Baubereich lassen sich durch ihren intelligenten Einsatz Synergien zwischen optimaler Funktionalität und der Vermeidung von Umwelt- und Entsorgungsproblemen realisieren.

Eine von der Gruppe Angepasste Technologie (GrAT) der TU Wien unter der Leitung von Robert Wimmer durchgeführte Analyse über hemmende und fördernde Faktoren diente dazu, die Grundlage zu einer verbesserten Marktdurchdringung von Bauprodukten und Systemlösungen aus nachwachsenden Rohstoffen zu schaffen. Die Ergebnisse aus den umfangreichen Recherchen zu den technischen Einsatzmöglichkeiten der bereits marktreifen Produkte wurden in einem nach Einsatzgebieten gegliederten Katalog dargestellt. Die Recherche wurde insbesondere für Wärme- und Schalldämmung, Raumtextilien, Oberflächenvergrüung, Innenausbau-systeme, Montagehilfsmittel, Wand/Decke/Dachaufbauten, statische Tragsysteme, Fertigteilsysteme sowie Fenster und Türen durchgeführt. Der gesamte Katalog umfasst 330 Produkte, die jeweils nach Produkteigenschaften, Einsatzgebieten, Gebrauchstauglichkeit, umweltrelevanten Eigenschaften und ihrem Grad der Markterschließung dokumentiert sind. Neben den bereits am Markt erhältlichen Systemen wurden auch in Entwicklung befindliche Produkte berücksichtigt.

Eine sehr wesentliche Rolle bei der Akzeptanz und Verbreitung kommt natürlich auch den Zertifizierungen zu – und damit der technischen Zulassung in Österreich beziehungsweise in der EU. In den bestehenden Prüfungsbestimmungen und technischen Normwerken werden allerdings nachwachsende Rohstoffe zu wenig berücksichtigt. In einem weiteren Projekt der GrAT wurden die im Speziellen für die Strohballen-Bauweise erforderlichen technischen Prüfungen durchgeführt, mit dem Ziel, die Überleitung von einer experimentellen Phase in eine professionelle Phase zu unterstützen. Dafür wurde Forschung und Entwicklungsarbeit in den folgenden drei Bereichen geleistet:

- Technische Tests und Prüzfertifikate hinsichtlich Feuerbeständigkeit und Wärmeleitfähigkeit in Übereinstimmung mit österreichischen und europäischen Baustandards;
- Erarbeitung konstruktiver Lösungen für Wandaufbau und Anschlussdetails;
- Entwicklung eines mobilen Prüflabors zur Qualitätssicherung vom Strohballen am Feld bis zum fertigen Haus.

Die untersuchten Stroh-Wandaufbauten wurden von der Magistratsabteilung 39 – VFA, Versuchs- und Forschungsanstalt der Stadt Wien, Akkreditierte Prüf- und Überwachungsstelle – durchgeführt und führten zu außerordentlich guten Ergebnissen, sowohl hinsichtlich der Wärmedämmeigenschaften als auch im Hinblick auf die Brandbeständigkeit. Die Strohballen aus unbehandeltem Weizenstroh der Rohdichten 120 kg/m³ und 90 kg/m³ erreichten die erforderliche Baustoffklasse B2 – normal brennbar. Für den getesteten Wandaufbau (mit Strohballen gedämmte Holzständerkonstruktion, beidseitig verputzt) wurde die Brandwiderstandsklasse F90 erreicht. Diese ausgezeichneten Ergebnisse beweisen, dass Konstruktionen mit hoher Feuerbeständigkeit auch ohne chemische Brandschutzmittel realisiert werden können. Für die Überprüfung der Qualität der Strohballen und als Grundlage für den Aufbau eines Qualitätssicherungssystems wurde ein mobiles Prüflabor entwickelt, konstruiert und bereits in der Praxis getestet. Beachtet werden muss beim Strohballenbau, dass es während der Bau- bzw. Nutzungsphase zu keinem Schädlings- oder Nagetierbefall des Bauobjekts kommt. Bereits durchgeführte Untersuchungen widerlegen gängige Vorurteile und kommen zu dem Ergebnis, dass in der Nutzungsphase Strohballenbauten bei fachgerechter Verarbeitung weder unter Nagetierbefall, noch unter Schimmel- oder Bakterienbefall leiden.



Abb. 2: Einbau der Strohdämmung in den vorgefertigten Holzrahmen. Foto: natur&lehm



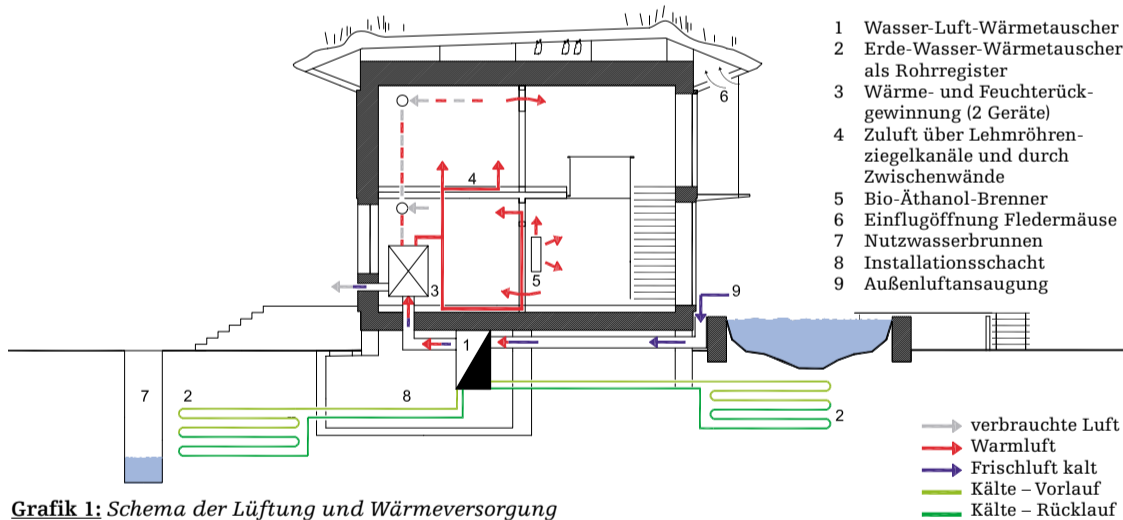
Abb. 3: Lieferung und Montage der Wand und Deckenmodule. Fotos (2), Grafiken: Georg W. Reinberg



Abb. 4: Fassadenkollektor



Abb. 5: Fertige Fassade des Lehm-Passiv-Bürohauses Tattendorf. Foto: Peter Kytlica



Grafik 1: Schema der Lüftung und Wärmeversorgung



Grafik 2: Wandaufbau, Isometrie

PROJEKTE IM ÜBERBLICK

Entwicklung einer Lehmbauplatte mit malfertiger Oberfläche

Entwicklung einer Holzträgerplatte mit BioFaserLehm-Beschichtung für die aussteifende Beplankung von Holzkonstruktionen und ebenso für statisch nicht beanspruchte Innenwand-Oberflächen. Projektleitung: Ing. Erich Longin, Holzbau Willibald Longin GmbH | www.lehm.at

Bauteilentwicklung für Lehm-Passivhäuser

Entwicklung von großflächigen, geschoßhohen Baumodulen aus nachwachsenden Rohstoffen (Holz, Stroh, Hanf u. a.) und Lehmstoffen als Zulieferteile für den Bau von Passivhäusern. Projektleitung: Roland Meingast, natur&lehm Lehmstoffe GmbH | www.lehm.at

Lehm-Passiv-Bürohaus Tattendorf

Errichtung eines Lehm-Passiv-Bürohauses in Tattendorf/NÖ. Projektleitung: Roland Meingast, natur&lehm Lehmstoffe GmbH | Publikation: Berichte aus Energie- & Umweltforschung 29/2005 | www.lehm.at

Erfolgsfaktoren für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen

Fördernde und hemmende Faktoren auf technischer, rechtlich/politischer und organisatorischer Ebene. Zielrichtung: Markteinsatz innovativer Bauprodukte. Schwerpunktbereiche: Strohballenbau, Oberflächenvergrüung, Wärme- und Schalldämmung. Projektleitung: Dr. Robert Wimmer, GrAT – Gruppe Angepasste Technologie an der TU Wien | Publikation: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 24/2001 | www.grat.at, www.nawaro.com, www.s-house.at

Wandsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen

Technische Tests und Prüzfertifikate hinsichtlich Feuerbeständigkeit und Wärmeleitfähigkeit in Übereinstimmung mit österreichischen und europäischen Baustandards. Erarbeitung konstruktiver Lösungen für Wandaufbau und Anschlussdetails und Entwicklung eines mobilen Prüflabors zur Qualitätssicherung vom Strohballen am Feld bis zum fertigen Haus. Projektleitung: Dr. Robert

Wimmer, GrAT – Gruppe Angepasste Technologie an der TU Wien | Publikation: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 31/2001 | www.grat.at, www.nawaro.com, www.s-house.at

S-House

Innovative Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen am Beispiel eines Büro- und Ausstellungsgebäudes. Projektleitung: Dr. Robert Wimmer, GrAT – Gruppe Angepasste Technologie | Publikation: Berichte aus Energie- & Umweltforschung 2/2005 und 12/2006 | www.s-house.at

Biohof Achleitner – Gebäude aus Holz, Stroh & Lehm – Raumklimatisierung mithilfe von Pflanzen

Neubau einer Vermarktungs-, Lager- und Verarbeitungszentrale mit Biofrischmarkt und Biorestaurant in Passivhausbauweise, Einsatz regionaler Baustoffe, innovatives Gesamtenergiekonzept, Klimatisierung mit Pflanzen, Bio-Tankstelle mit Sonnenblumenöl. Projektleitung: Ing. Eduard Preisack/Achleitner Biohof GmbH | www.biohof.at

Verputzte Zellulose-Schallabsorber

Untersuchungen zur grundsätzlichen Eignung aufgespritzter und verputzter, hygrothermisch aktiver Zellulose-Schallabsorber. Projektleitung: Ao. Univ.-Prof. DDr. Peter Kautsch/Dipl.-Ing. Herwig Hengsberger, Institut für Architekturtechnologie TU Graz, Arbeitsgruppe Zellulosedämmung | Publikation: Berichte aus Energie- & Umweltforschung 52/2006 | www.tugraz.at

Weitere Projekte und Projektberichte zum Thema: www.HAUSderZukunft.at

Eine vollständige Liste der Schriftenreihe „Berichte aus Energie- und Umweltforschung“ des bmvit mit Bestellmöglichkeit finden Sie auf der Homepage:

<http://NachhaltigWirtschaften.at/publikationen/schriftenreihe.html>

Versand: PROJEKTFABRIK, Währinger Straße 121/3, 1180 Wien



Abb. 6: Massivholz-Plattenkonstruktion als Innenhülle



Abb. 7: Die Strohballen werden auf die Holzstangen der darunter liegenden Ebene gesteckt und gegen Verrutschen fixiert.



Abb. 8: Nach dem Aufbringen wird das Lehmmaterial glatt verstrichen.



Abb. 9: Treeplast-Befestigungsschraube aus 100 Prozent nachwachsenden Rohstoffen und mit bionisch optimierter Form



Abb. 10: Fertiggestelltes S-HOUSE. Fotos: GrAT

Mit der Realisierung des S-HOUSE, einem innovativen Büro und Demonstrationsgebäude für die innovative Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Böhmekirchen, Niederösterreich, wurde ein weiterer wichtiger Schritt für den verstärkten Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen getätigt. Das S-HOUSE baut auf den Ergebnissen der zuvor beschriebenen Studien auf. Es wurde als strohgedämmte Holzkonstruktion in Passivhausbauweise errichtet und zeigt neben dem Strohballenbau auch andere Bauprodukte und ökologisch sinnvolle und funktionell konstruktive Lösungen aus nachwachsenden Rohstoffen im Einsatz. Mit einer speziell für das S-HOUSE entwickelten Strohschraube wurde eine besondere Innovation geschaffen. Damit können sowohl Außenfassaden wärmebrückenfrei montiert, als auch im Innenbereich nachträgliche Befestigungsmöglichkeiten in der Strohballenwand realisiert werden. Die Verwendung von Biokunststoff erlaubt einen problemlosen Rückbau und die Rückführung in den biologischen Kreislauf.

Das S-HOUSE wurde im September 2005 offiziell eröffnet und fungiert als Projekt- und Ausstellungszentrum für nachwachsende Rohstoffe und nachhaltige Entwicklung. In regelmäßigen Abständen finden Informationsveranstaltungen statt (Abbildungen 6 bis 10).

GEBÄUDE AUS HOLZ, STROH & LEHM – RAUMKLIMATISIERUNG MIT HILFE VON PFLANZEN – BIOHOF ACHLEITNER

Ein Vorzeigeprojekt für eine ganzheitlich an nachhaltigen Kriterien ausgerichtete Gebäudekonzeption ist der in Eferding errichtete Biohof Achleitner. Die Grundsätze des Biohofs – schonender Umgang mit der Natur, abwechslungsreiche Arbeitsplätze in lebenswertem Umfeld und die Versorgung der Kunden mit gesunden Lebensmitteln und wertvollen Bioprodukten – bedingte auch für das Bauvorhaben die Umsetzung von einem Höchstmaß an nachhaltigen Ansätzen. Das Gebäude wurde als Holzkonstruktion mit Strohdämmung für Dach und Wände in Passivhausqualität errichtet. Auf den Einsatz regionaler Baustoffe wurde insgesamt größtes Augenmerk gelegt. Das erforderliche Stroh wurde direkt auf Feldern des Biohofs oder von Betrieben aus der

Region geerntet. Die Raumklimatisierung in gewissen Gebäudebereichen mithilfe von Pflanzen bringt neben dem Energie-Einsparungseffekt auch eine besondere Aufwertung der Lebensqualität am Arbeitsplatz. Eine besondere Herausforderung lag insgesamt darin, den Energiebedarf auf nachhaltige Weise zu befriedigen. Zur Anwendung kam eine Wärmepumpe, die an eine Fotovoltaikanlage gekoppelt ist. Ergänzt wird dieses gesamtheitliche Konzept noch durch eine im Zuge des Neubaus errichtete Biotankstelle. Diese versorgt inzwischen einen Teil der Fahrzeugflotte des Biohofs mit Biotreibstoff aus Sonnenblumen (Abbildungen 11, 12).

ALTPAPIER-ZELLULOSEFASERN

Die zunehmende Sensibilisierung gegenüber wachsenden Umweltbelastungen im Allgemeinen und Lärm im Besonderen – manche Wissenschaftler sprechen bereits von „Lärm als dem Schadstoff des Jahrzehnts“ – hat ihren Niederschlag unter anderem in der gestiegenen Bedeutung einer zweckentsprechenden akustischen Qualität von „Alltagsräumen“ gefunden. Bislang bekannt und inzwischen auch weitläufig verwendet werden Altpapierzellulosefasern als Einblasdämmstoff. Über die Weiterentwicklung zu einem tragfähigen, mittels Spezialputz verputzbaren Dämmkörper, der zur Innendämmung von Außenwänden ohne Dampfsperre einsetzbar ist, wurde bereits im vorletzten Beitrag dieser Serie (siehe FORUM 11/2006) berichtet. Ein weiteres Projekt an der TU Graz, gemeinsam mit der Firma CPH Hartberg, der Wietersdorfer und Peggauer Zementwerke GmbH, dem Fraunhofer Institut für Bauphysik – Bereich Akustik, Stuttgart, und der TU Dresden durchgeführt, ist die Entwicklung eines völlig neuartigen, aufgespritzten und verputzten Schallabsorbers auf Basis von Altpapierzellulose. Bei dem neuartigen Absorbersystem wurde das Prinzip des so genannten Schlitzabsorbers weiterentwickelt, indem ein zweischichtiges Putzsystem auf eine fünf bis sechs Zentimeter dicke, vor Ort aufgespritzte, strömungstechnisch optimierte Zelluloseschicht aufgebracht wird. Als absolute Innovation bei Schlitzabsorbern entsteht damit eine fugenlose Oberfläche und trägt so dem Bedarf vieler Planer nach „Unsichtbarkeit“ der akustischen Maßnahmen Rechnung. Das kostengünstige und ökologische Absorbersystem bedämpft vorzugsweise den üblicherweise nur recht aufwändig in den Griff zu bekommenden tieffrequenten Bereich und kann unter bestimmten Umständen zudem als Innendämmung ohne Dampfsperre an der Innenseite der Außenwand sowie auf unebenem oder gekrümmtem Untergrund eingesetzt werden. Obwohl weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der Beurteilung des Langzeitverhaltens, der Entwicklung entsprechender Bauteilanschlüsse sowie der Katalogisierung nachweisfreier Konstruktionen für die Anwendung an der Innenseite von Außenwänden besteht, konnte mit den vorliegenden Untersuchungen die grundsätzliche Eignung aufgespritzter und verputzter Zelluloseschichten als vorwiegend tieffrequent wirksamer Schallabsorber gezeigt werden. Die weltweit erstmalige Vor-Ort-Anwendung zur Optimierung der akustischen Behaglichkeit in einem Klassenraum eines Bundesrealgymnasiums in Graz hat einerseits den dringenden Handlungsbedarf und andererseits die Vielfalt der Möglichkeiten verschiedener Zelluloseschallabsorber und die hohe Nutzerzufriedenheit nach der Sanierung bestätigt (Abbildungen 13, 14).

Weiterführende Informationen und Forschungsergebnisse können auf der Homepage oder in der Schriftenreihe „Berichte aus Energie- und Umweltforschung“, nachgelesen werden: www.HAUSderZukunft.at | www.NachhaltigWirtschaften.at

FAQ

Im letzten Seminar der Reihe „Nachhaltiges Bauen und Sanieren“ standen Fragen rund um das Thema Sanierung zur Diskussion. Hier zusammengefasst einige wichtige Fragen und Antworten:

Bezugsquellen und Hersteller von nachgebauten historischen Kastenfenstern mit Wärmeschutzverglasung:

Einige Fensterhersteller haben sich darauf spezialisiert, historische Kastenfenster herzustellen, die mit hochwertiger Wärmeschutzverglasung, schlanken Rahmenkonstruktionen, glas-teilenden Sprossen und Acrylfugen hohe energetische Standards erreichen und gleichermaßen die hohen Anforderungen des Denkmalschutzes erfüllen. Produziert werden sie zum Beispiel in Tirol von der Tischlerei Mur (www.tmur.at), Tischlerei Zangerl (www.tischlerei-zangerl-keg.at) und der Firma Spechtenhauser GmbH (www.spechtenhauser.com).

Welche Materialien eignen sich wo und unter welchen Voraussetzungen als Innendämmung?

Ein wichtiger Entscheidungsfaktor bei der Wahl des richtigen Dämmsystems ist die Beschaffenheit der Wandoberfläche. Dichte und dampfdurchlässige (starre) Dämmplatten benötigen vollflächigen Kontakt mit dem Untergrund. Die Herstellung einer ebenen Oberfläche durch einen Glattnstrich ist meist zu aufwändig. Daher sind bei unebenen Wänden Systeme mit weichen bzw. aufspritzbaren Dämmmaterialien vorzuziehen.

Amortisation von Sanierungsmaßnahmen auf Passivhausstandard, bei Einfamilienhäusern aus der Nachkriegszeit: Wann rechnen sich die Mehrkosten?

Die erstmalige Sanierung eines Einfamilienhauses aus dieser Baugeneration auf Passivhausstandard hat gezeigt, dass Mehrkosten von rund 15 Prozent gegenüber der heute üblichen thermischen Verbesserung zu erwarten sind. Dank der Energieeinsparung von 95 Prozent und der gleichzeitig höchsten Förderstufe haben sich diese Mehrkosten für die Bauherren aber sofort gerechnet. Die jährliche Gesamtbelastung aus Wohnbauförderungs- und Darlehensrückzahlung sowie Heizkosten ist somit für die konsequenteste Sanierung am wirtschaftlichsten – von Beginn an!

Wieweit sind energetisch optimierte Sanierungen auch ökologisch sinnvoll?

Grundsätzlich ist der zur Produktion und Errichtung erforderliche Energiebedarf trotz der großen Dicken binnen weniger Monate durch die Heizenergieeinsparung, unabhängig vom verwendeten Material, wieder eingespart. Natürlich sind nachwachsende- bzw. Recyclingmaterialien solchen aus fossilen Rohstoffen ökologisch vorzuziehen.

Welche Pflanzen eignen sich besonders zur Raumklimatisierung und warum? Wo sind diese Pflanzen erhältlich?

Sinnvollerweise sind Pflanzen zu verwenden, die jahreszeitenunabhängig Feuchte produzieren und in ihrer Leistung durch Licht steuerbar sind. Die Pflanze *Cyperus alternifolius* Prima Klima® zum Beispiel ist eine speziell für diesen Zweck geeignete Züchtung.

Welche Möglichkeit gibt es, die Belichtung von Räumen bei tiefen Fensternischen infolge großer Dämmstärken zu verbessern?

Wichtig sind alle Maßnahmen zur Vergrößerung der Glaslichte wie schlanke Fensterprofile, große Stockaußenmaße oder Fixverglasungen. Die Leibungen innen und außen weiß zu streichen, bringt deutliche Zugewinne, demgegenüber schneidet ein Abschrägen der Leibungen eher schlechter ab. Ist schon vor der Sanierung zu wenig Licht vorhanden, kann das Parapet ausgebaut werden.



Abb. 13: Prototyp des aufgespritzten und verputzten Zellulose-Schlitzabsorbers



Abb. 14: Anordnung der Absorberflächen bei der akustischen Sanierung eines Klassenzimmers: Verputzte und unverputzte Zellulose-Schlitzabsorber sowie aufgespritzter, reinweißer Zellulose-Deckenabsorber und „Schallspiegel“ in Deckenmitte. Fotos: TU Graz



Abb. 11: Eingang zum Bio-Frischmarkt und Bio-Kulinarium. Fotos: Biohof Achleitner



Abb. 12: Eine Pflanzenklimaanlage, konzipiert von Jürgen Frantz, Leiter des botanischen Gartens Tübingen, sorgt für wohlige Raumklima.