

Lehm- Passiv Bürohaus Tattendorf

Autor: R. Meingast

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

29/2005

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
oder unter:

Projektfabrik Waldhör
Nedergasse 23, 1190 Wien
Email: versand@projektfabrik.at

Lehm- Passiv Bürohaus Tattendorf

Autor: R. Meingast

Baden, Februar 2005

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der dritten Ausschreibung der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit dem Forschungsförderungsfonds der gewerblichen Wirtschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie auch in der Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret" publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderzukunft.at/> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis:	Seite
Kurzfassung.....	3
Einleitung.....	5
Projektbericht	
Abschnitt 1	
Ablauf des Bauvorhabens.....	9
Baumodul-Produktion in Dobersberg.....	9
Biofaserlehm-Produktion im n&l Werk Winzing.....	11
Transport der Module von Dobersberg nach Tattendorf	17
Bau- und Montageablaufplan – Darstellung.....	18
Montage auf dem Bauplatz.....	19
Abschnitt 2	
Projektbeschreibung.....	35
Lageplan.....	35
Sonnenstand Sommer/Winter.....	35
Die Optimierung des Raumklimas im Gebäude.....	35
Luft- und Wärmeversorgung.....	42
Baudetails mit Plandarstellungen.....	46
1 Fundamente.....	46
2 Plattformmodule.....	48
3 Wandmodule.....	48
4 Deckenelemente.....	53
5 Dachmodule.....	54
6 Innenausbau.....	54
7 Grasdach als Trockenbiotop.....	55
8 Feuchtbiotop.....	56
Abwasser.....	57
Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	57
Ausblick.....	59
Empfehlungen.....	60
Anmerkungen.....	63
Literaturverzeichnis.....	66
Anhang.....	70

Kurzfassung

Die Motivation zur Entwicklung des Projekts „Lehm Passiv Bürohaus Tattendorf“ war die Unzufriedenheit mit der Situation eines stark unterschiedlichen Standes der Technik in drei projektrelevanten Bereichen: 1) nachhaltige Energieerzeugung, 2) nachhaltige Energieeinsparungstechniken und 3) Einsatz nachhaltiger Baumaterialien. Aus historischen Gründen hinkt die Entwicklung energiesparender Bauweisen hinter der enormen Entwicklung auf dem Sektor der Erzeugung erneuerbarer Energien her. Passivhaus-Bauweisen, die ja erst durch gezielte Auswahl der Baumaterialien konsequent nachhaltig werden, gibt es überhaupt erst in Ansätzen. Der Sektor Bauwirtschaft nimmt aber beim notwendigen Strukturwandel unserer industriellen Zivilisation zur Nachhaltigkeit wegen seines hohen Energie- und Rohstoffeinsatzes eine Schlüsselstellung ein. Daher erschien ein Bauprojekt sinnvoll, das versucht die Bereiche 2 und 3 so zu optimieren, dass bereits mit dem heutigen Stand der Technik der Erzeugung erneuerbarer Energie komfortabel das Auslangen gefunden werden kann und darüber hinaus das „Naturkapital“ (Anm.1) bewahrt wird.

Inhalt:

Der Inhalt des Projektberichts ist in seinem ersten Abschnitt nach dem Ablauf der Herstellung des Gebäudes gegliedert. Der zweite Abschnitt erläutert, vom Fundament ausgehend bis zum Grasdach die angewandten Planungskonzepte für die Ausführung der Bauteile und ihre Funktion im Gesamtkonzept eines nachhaltigen Passivhauses.

Ziele des Projekts:

- +Die Entwicklung eines kommerziell umsetzbaren, wirklich nachhaltigen Passivhaus-Baukonzepts. Dazu notwendige, neuen Lehmbaumstoffe, -produkte und -techniken sollten von unserer Firma marktreif entwickelt und angeboten werden.
- +Unsere Lehm-Fachverarbeitungsbetriebe lernen die neuesten Verarbeitungstechniken im Zusammenhang mit dem PH-Bau kennen.
- +Optimierung des Raumklimas. Planer und Konsumenten sollen den unvergleichlichen raumklimatischen Komfort in diesem auch als Schau-Objekt konzipierten Bürogebäude unmittelbar erleben können.
- +Zeigen, dass dieser Komfort am besten mit echten, chemisch nicht stabilisierten Lehmbaumstoffen möglich ist.
- +Zeigen, dass nachhaltige, moderne Architektur Holz, Lehm und Glas bedeutet, statt Beton, Stahl und Glas und dass die funktionelle Verwendung von Holz und Lehm nicht ein Griff in die architektonische Mottenkiste sondern ein Neubeginn ist.

Methode der Bearbeitung:

Für das anspruchsvolle Konzept eines nachhaltigen Passivhauses war es erforderlich die Ergebnisse der Zusammenarbeit mit Fachleuten aus den verschiedenen Projekt-relevanten Fachgebieten aufwändig in die Planung zu integrieren. Dabei wurde natürlich versucht jeweils den neuesten Stand der Technik zu erreichen.

Daten:

Besonders Gebäudesimulationsverfahren (s. Anhang „Südfassade“) für die Optimierung von Entwurfs-Varianten wurde vom Team aus Architekt, Software-Entwickler, Haustechniker und Projektkoordinator große Aufmerksamkeit geschenkt. Die Anwendung eines Simulationsprogramms für Feuchte in Bauteilen erschien in diesem Projekt nicht zielführend, da zu wenig gesicherte technische Messdaten für Stroh und Lehm existieren. Die gesamte Gebäudehülle wurde mit Sonden zur Feuchtemessung bestückt um das Langzeit-Feuchteverhalten der Bauteile in der Praxis beobachten zu können. Daten zum Raumklima werden auch von der AAE im Rahmen eines HdZ – Projekts gesammelt und ausgewertet.

Ergebnisse:

Es ist gelungen ein kommerziell genutztes Gebäude als „begehbare Studie“ zu schaffen, das die Aspekte der Nachhaltigkeit, der Baubiologie und des Energiesparens anschaulich integriert. Das Grundkonzept der Vorfertigung von großflächigen Modulen hat sich für die Lehm/Holz/Stroh – Passivhaus-Bauweise als optimal erwiesen. Für die künftige Fertigung ergaben sich wertvolle Erkenntnisse über die Detailausführungen zur Erhöhung des Vorfertigungsgrades und zur Kostensenkung. Alle Abläufe der Transportlogistik mit Straße und Bahn, sowie die Montage der Module funktionierten planmäßig, schnell und ließen auch flexibel auf Schlechtwetter reagieren. Die Gebäude-Außenhülle aus n&l Biofaserlehm konnte bereits ihre erwartete Haltbarkeit bei einem 122 km/h Regenschauer beweisen. Ein versuchsweise eingebautes Fassadenfeld, mit einem transluziden Schilfplatten-Wärmedämmelement erwies sich in jeder Hinsicht als günstig und wird ebenfalls in seinem Langzeitverhalten studiert. Es gelang, viele weitere wesentliche neuartige Bau-Details wie z.B. die Lehm-Vliestechnik zufrieden stellend in die Praxis einer wirklich nachhaltigen Holz-Lehm Passivhausbauweise umzusetzen. Bereits im Rohbaustadium wurde von Besuchern das Klima im Gebäude als sehr angenehm empfunden, was unter anderem auf die systematische Vermeidung aller wesentlichen Quellen für synthetische VOCs, wie z.B. synthetische organische Kleber zurückzuführen sein dürfte.

Bei einer quantitativen ökologischen Bewertung der Herstellung durch das IBO Wien erhielt das Gebäude mit null von 100 OI3 Punkten die beste mögliche Bewertung.

Schlussfolgerungen:

Kostenäquivalenz mit konventionellen Bautechniken wurde mit diesem Projekt noch nicht erreicht. Aber mit den in diesem Projekt gewonnenen Erkenntnissen kann die Holz/Stroh/Lehm PH Bauweise nun so weiterentwickelt werden, dass sie außerhalb der engeren Ballungsräume zur kostengünstigsten Bautechnik wird. Ein solcher Durchbruch würde eine vielfältige positive Dynamik in Gang setzen.

Einleitung:

Das Bürohaus der Firma natur&lehm Lehmbaumstoffe GmbH wurde als Lehm-Passivhaus[®] aus vorgefertigten Modulen in Tattendorf, nahe Baden bei Wien errichtet (Bild 17, S 34). Zugleich dient es als Prototyp einer industriellen Fertigung von Lehm-Passivhaus – Bauteilen („Baumodulen“).

Ziel des Projekts Lehm-Passivhaus war es, die energieeffiziente Passivhaus-Bautechnik mit konsequenter Nachhaltigkeit zu einem neuen (Lehm)Bau –Standard zu verbinden. Der Begriff „Passivhaus“ wird bekanntlich nach Energieverbrauchswerten definiert. Für die Beheizung dürfen nicht mehr als 15 kWh pro m² Nutzfläche und Jahr erforderlich sein, d.h. es ist keine konventionelle Heizung mehr nötig. Technisch wurde das durch die Entwicklung der Biofaserlehm-Technologien zur Anwendungs- und Patentreife (s. Anhang, „Patent“) in Verbindung mit dem modernen Holzbau möglich; Wirtschaftlich ist bei Folgeprojekten auf Grund der vielfältigen Erfahrungen beim Bau des Prototyps eine Kostensenkung auf konventionelles Vergleichsniveau geplant.

Problemlagen

Aus Gründen der Bauökologie und wegen des Brandrisikos halte ich die heute im Passivhausbau verbreitete Verwendung von Polystyrol-Dämmungen in Stärken von bis zu 30 cm für problematisch. Die Kombination von Lehm und Naturdämmstoffen sollte diese Anforderungen weit umweltfreundlicher erfüllen können.

Die einseitige Konzentration der üblichen Passivhauskonzepte auf Energieverbrauchsminimierung ist zwar ein Fortschritt gegenüber der heute immer noch üblichen Baupraxis, verdient aber allein deswegen die Bezeichnung „ökologisch“ oder „nachhaltig“ nicht. Fast alle Anbieter am Markt versuchen aber ein Produktimage in dieser Hinsicht aufzubauen. Das Demonstrationsbauvorhaben soll daher auch eine Entscheidungshilfe für unsere potentielle Kunden sein.

Ungleichzeitige Entwicklungen

Wesentliche Motivation zur Entwicklung des Projekts „Lehm Passiv Bürohaus Tattendorf“ war die vom Standpunkt der Forderung nach Nachhaltigkeit her gesehen, problematische Situation eines stark unterschiedlichen Entwicklungsstandes der Technik in drei projektrelevanten Bereichen:

- 1) nachhaltige Energieerzeugung,
- 2) nachhaltige Energieeinsparungstechniken
- 3) Einsatz nachhaltiger Baumaterialien.

Aus historischen Gründen hinkt die Entwicklung energiesparender Bauweisen weit hinter der enormen Entwicklung auf dem Sektor der Erzeugung erneuerbarer Energien her. Die breite öffentliche Umweltdiskussion ab 1977 war der Anstoß zur Entwicklung neuer Energietechniken zur Erzeugung „alternativer Energien“ gewesen. Die nachhaltige Energieerzeugung basiert daher auf einem Entwicklungszeitraum von bald 30 Jahren.

Nachhaltige Energieeinsparungstechniken beschränkten sich lange Zeit nur auf additive Maßnahmen, also einfach auf Verwendung von mehr Dämmstoff in konventionellen Baukonzepten.

Erst 20 Jahre später, zu Anfang der 90er Jahre des 20. Jhdts. entstand mit dem Passivhauskonzept eine qualitativ der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien vergleichbare, neue technische Entwicklung, die erst die Bezeichnung „rationelle Energieanwendung“ und „nachhaltige Energieeinsparung“ verdient.

Noch später, Mitte der 90er Jahre begann die Rationalisierung und Mechanisierung im modernen Lehmbau, der bis dahin nur ein exotisches Nischenprodukt für „Freaks“ war und ähnlich wie die erneuerbaren Dämmstoffe ein ökonomisches Schattendasein führte.

„Nachhaltige“ Verbesserung des Passivhauskonzepts

Nachhaltige Passivhaus-Bauweisen, die erst durch gezielte Auswahl der Baumaterialien dazu werden, gibt es daher überhaupt erst in wenigen aktuellen Ansätzen. Beispiele dafür sind das S-House in Böhleimkirchen/NÖ als EU-Projekt und dieses realisierte HdZ Projekt Lehm-Passivhaus Tattendorf.

Das nachhaltige Passivhaus als Modell für nachhaltigen Strukturwandel

Beim notwendigen Strukturwandel unserer industriellen Zivilisation zur Nachhaltigkeit nimmt der Sektor Bauwirtschaft wegen seines hohen Energie- und Rohstoffeinsatzes und seiner Spitzenstellung als Müllverursacher eine Schlüsselstellung ein. Daher erschien ein Bauprojekt sinnvoll, das versucht die oben angeführten Bereiche der Energieeffizienz und der Verwendung nachhaltiger Baustoffe so zu optimieren, dass mit dem heutigen Stand der Technik der Erzeugung erneuerbarer Energien komfortabel und auch wirtschaftlich das Auslangen gefunden werden kann. Aber auch ein PH-Konzept das diese drei Bereiche allein technisch und wirtschaftlich ausgewogen berücksichtigt hätte wäre noch nicht vorbehaltlos als nachhaltig zu bezeichnen gewesen.

Konsequenzen für das PH-Baukonzept aus der Diskussion des Nachhaltigkeitsbegriffs

Seitdem der Brundtland-Report Ende der 80er Jahre den Begriff „Nachhaltigkeit“ in die öffentliche Diskussion brachte, dreht sich diese um ganze Kategorien von essentiellen Fragen, die für die Definition des Begriffsumfangs wesentlich sind. Z.B.: Soll Nachhaltigkeit nur zukünftig lebende Menschen einschließen oder Natur um ihrer selbst willen? Welche Qualität soll Nachhaltigkeit haben - „überleben“ oder „gutes Leben“? Mit welchen Mitteln der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Organisation kann sie erreicht werden?

Manche Antworten drängen sich förmlich auf. So zeigte sich bei einem ähnlichen Bürohausprojekt in Thüringen (vgl. Vitality-House auf neuer Homepage www.lehm.at), das mit n&l Lehmbaustoffen ausgeführt wurde, dass nach der Übersiedlung die Arbeitszufriedenheit der Büroangestellten stark gestiegen war. Der Bauherr berichtete unserem regionalen Fachverarbeitungspartner sogar erfreut von einem merkbaren Anstieg der Arbeitsproduktivität im Betrieb. Die Entscheidung für eine Investition in Nachhaltigkeit bewirkte hier eine für alle Seiten gewinnbringende Situation.

Starke Nachhaltigkeit

Meine Entscheidung war, vom Prinzip der starken Nachhaltigkeit (strong sustainability) auszugehen. „Starke Nachhaltigkeit verlangt, dass die naturgegebenen Rohstoffe schonend behandelt und rechtzeitig substituiert werden, das kritische Naturkapital aber intakt erhalten wird“ (Anm.1). Neben dem Rohstoffeinsatz taucht

hier ein zusätzliches Kriterium für Nachhaltigkeit auf: „das kritische Naturkapital“ oder „ecosystem services“ (Dyllick u. Hockerts 2002, 133 zit. nach Scherhorn, Anm.1). Dieser Begriff umfasst die Stabilisierung des Klimas, die Reinhaltung des Wassers, die Erneuerung des Bodens und die Reproduktion der Pflanzen und Tiere.

Im PH-Konzept Tattendorf wurden dazu nicht irgendwo irgendwelche theoretisch begründbaren Ausgleichsmaßnahmen finanziert, sondern Konstruktionen ausgeführt, die wegen ihrer technischen Zusatzfunktionen, wie z.B. das Grasdach als Trockenrasen-Biotop gegenüber konventionellen Lösungen in der Ausführung nur mäßig kostensteigernd bis kostenneutral waren. (Vgl. Grasdach, S. 53, Fledermäuse, S 53 und Feuchtbiotop S. 54). Der hier beträchtliche zusätzliche Planungsaufwand führte zu reproduzierbaren Standard-Lösungen für künftige Bauten. Durch die unerwartete Entdeckung einer Altlast unter dem Baugelände in Tattendorf wurde allein durch die notwendigen Entsorgungs- und Rekultivierungsmaßnahmen im Sinne des oben zitierten theoretischen Ansatzes der „starken Nachhaltigkeit“ sogar „kritisches Kapital“ neu gebildet.

Aufbau der Arbeit:

Der Inhalt des Projektberichts ist in seinem ersten Abschnitt nach dem konkreten Ablauf der Herstellung des Gebäudes gegliedert. Der zweite Abschnitt erläutert, vom Fundament ausgehend bis zum Grasdach die angewandten Planungskonzepte für die Ausführung der Bauteile und ihre Funktion im Gesamtkonzept eines nachhaltigen Passivhauses.

Projektbericht:

Abschnitt 1

Ablauf des Bauvorhabens

Baumodul-Produktion in Dobersberg;



Bild A:

Holzrahmen eines Wandmoduls in der Fertigungshalle der Fa. Longin Holzbau in Dobersberg, Bez. Waidhofen/Thaya, Waldviertel.

Ausführung als Doppelriegelkonstruktion für 40 cm Stroh- und Flachsdämmung.

Dem Bau des Lehm-Passivhauses Tattendorf ging, ebenfalls als „Haus der Zukunft Forschungsprojekt“ das Projekt „Entwicklung von Bauelementen für Lehm-Passivhäuser“ voraus.



Bild B:
Stroh-Einbau mit Großballen-Teilen. Der Naturdämmstoff Stroh ist in großen Mengen verfügbar und kostengünstig, jedoch relativ leicht biologisch abbaubar. Daher ist das Risiko von Bauschäden durch Fehler in der Konstruktion, in der Logistik oder in der Ausführung gegenüber der Verwendung anderer Dämmstoffe relativ höher.

Biofaserlehm-Produktion im n&l Werk Winzing



Bild C:
Der Sand- und Lehmbabbau nahe dem natur&lehm Werk Winzing, zwischen Krems und St. Pölten gelegen. Hier werden die hochwertigen Quarzsande und Lehme für die Produktion von modernen Lehmbaumaterialien gewonnen. Das Bausystem „Lehm-Passivhaus“ ist eine vollständige Neuentwicklung, vom Abbau der mineralischen Rohstoffe über die Naturfasertechnologie, die mikrobielle Behandlung, bis zum letzten Pinselstrich mit Kaseinfarbe im Innenraum folgt alles einem kohärenten Konzept einer „starken Nachhaltigkeit“.



Bild D:
Beschickung der Mischanlage des n&l Werks Winzing. Biofaserlehm-Herstellung mit Faserdosierung.



Bild E:

Transport des Biofaserlehms nach Dobersberg zur Fertigung der Module



Bild F:
Entladung der 1t Big Bags mit Biofaserlehm – Fertigmischung in Dobersberg



Bild G:
Zweilagige Beschichtung der Wandmodule mit Biofaserlehm BFN03 und 02 A. Mikrobielle statt chemischer Stabilisierung ermöglicht den Einsatz von Lehmbaustoff auch an bewitterten Außenwänden. Im Hintergrund ein bereits fertig beschichtetes Außenwand-Modul.



Bild H:
Zwischenlagerung und Trocknung der Deckschicht der zuletzt gefertigten Module im Freien vor der Halle, da der Platz unter Dach in der Halle nicht für alle Module ausreichte. Hier das Erdgeschoß-Giebelwandmodul, geschoßhoch, Länge 9 m.

1.2 Transport der Module von Dobersberg nach Tattendorf



Bild 1: Beginn der Verladung im Bahnhof Dobersberg

Ein möglichst nachhaltiges Logistikkonzept war Teil der Projektplanung. Daher war von Anfang an bei der Dimensionierung der Module eine Kompatibilität mit dem Bahntransport eingeplant. Der Bahntransport ließ z.B. Kostenvorteile bei unerwarteten Standzeiten durch Witterungsbedingungen erkennen. Die ÖBB war sehr kooperativ. Der Transport auf der offiziell bis zur geplanten Wiederinstandsetzung eingestellten Strecke Dobersberg – Waidhofen/Thaya war möglich. Eine kurzfristige Terminverschiebung wegen Schlechtwetters führte beim Bahntransport im Gegensatz zum Straßentransport zu keinen Mehrkosten.

1.3 Montage der Module in Tattendorf

1.3 .1 Ablauf der Montage auf dem Bauplatz (pdf Datei)

comic_7122004.pdf

Bei den Aushubarbeiten stießen wir auf eine bis in 3,5 m Tiefe reichende Altlast aus lockeren Gießereischlacken (s. Anhang: „Laborbericht“) (Vgl. auch Projektbericht Fundament, S. 45). Daher musste statt des geplanten Streifenfundaments eine Reihe von Betonsäulen (Fig.2) bis auf den tragenden Untergrund ausgeführt werden. Auf diesen konnte ein statisch entsprechend verstärktes, bewehrtes Streifenfundament ausgebildet werden (Fig.3).

Der Aushub wurde im Labor analysiert und die gesamten 200 m³ mussten als Baurestmassen-Sondermüll ordnungsgemäß entsorgt werden.

Die Ausführung der Montage erfolgte durch Zimmerer der Fa. Longin in Zusammenarbeit mit Technikern von natur&lehm.

1. Tag:

Montage der Plattform-Module (Fig.4).

2. Tag:

Montage der Erdgeschoß-Außenwände und der tragenden bzw. aussteifenden Mittelwände (Fig.5) sowie der Lonyb - Holz-Fertigteildecken über dem Erdgeschoß (Fig.6).

3. Tag:

Montage der Außenwand-Module des Obergeschoßes samt den tragenden bzw. aussteifenden Mittelwänden (Fig.7) montiert und Versetzen der Dach-Module (Fig.8).

4. Tag:

Montage des flachen Pfettendachstuhls mit Rauschalung und Geotextil - Lage (Fig.9)

5. Tag:

Fertigstellung mit Verlegung der Grasdachfolie und Aufbau des Grasdachs (Fig.10) (Das südseitig vorgelagerte Feuchtbiotop ist derzeit noch nicht ausgeführt).

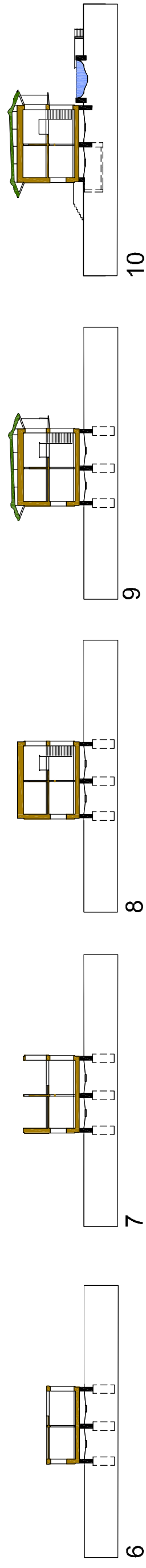
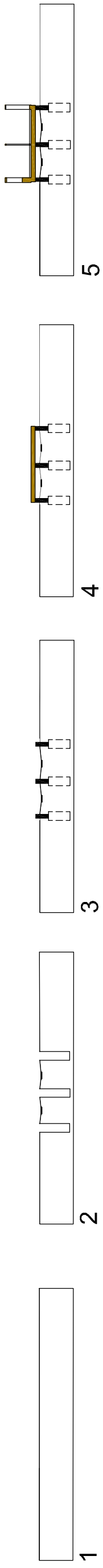




Bild 2:

1. Tag: Montage der Bodenmodule (9,00 x 2,61 x 0,53 m) auf dem Streifenfundament. Hinterlüftetes Streifenfundament mit einem Minimum an Beton und Stahl.



Bild 3:
2.Tag: Pünktlicher Antransport der Wandmodule



Bild 4: Montage mit 80 t Kran (Maximalgewicht 7 t pro Modul)



Bild 5:

„ In der Aula“ - Montage der Londyb-Fertigteildecke (Breite 1,2 m bis 9,00 m Länge)
Fertigung automatisch gedübelt, ohne Leim und Nagel



Bild 6:
3.Tag: Versetzen und Verkleben der Wandelemente mit Lehm-Vliestechnik im OG



Bild 7:
Arch. Martha Enriquez-Reinberg dokumentiert die Montage auf der Baustelle und betrachtet die Lehm-Vlies Oberfläche der Modulstöße.



Bild 8:
Präzises Versetzen und Verkleben der Module mit Lehm-Vliestechnik. Zusätzlich wurden beim ersten Einsatz hier konventionelle Quellbändern eingesetzt.



Bild 9:
Südfassade mit versetzendem Kran



Bild 10

Hier wird die Transportsicherung eines Obergeschoß-Moduls abgeschraubt



Bild 11
Das 2. Dach-Modul wird versetzt,



Bild 12

4. Tag: Das Gebäude ist fertig montiert, der Aufbau des flachen Dachstuhls samt Rauschalung beginnt.



Bild 13

Blick in das Obergeschoß des Rohbaus Richtung Südwest mit den noch nicht ausgefachten Mittelwand-Modulen.



Bild 14

5.Tag: Beschüttung der 350 m² Dachfläche mit n&l Lehm/Blähton

Grasdachsubstratmischung in Big Bags nach dem Verlegen der Grasdachfolie durch die Grasdachbau Firma.



Bild 15

Blick auf die Südfassade vor der Montage der Einbauteile wie Fixverglasung und Fassadenkollektor.



Bild 16
Montage des thermischen Fassadenkollektors



Bild 17
Fertig verglaste Solarfassade mit Terrassentür und Fassadenkollektor

Abschnitt 2

Projektbeschreibung

Lageplan des Gebäudes

lageplan_7122004.pdf

Optimale Ausrichtung des Gebäudes in Bezug auf den Sonnenstand im Sommer und Winter

sonnenstand_7122004.pdf

Die Optimierung des Raumklimas im Gebäude

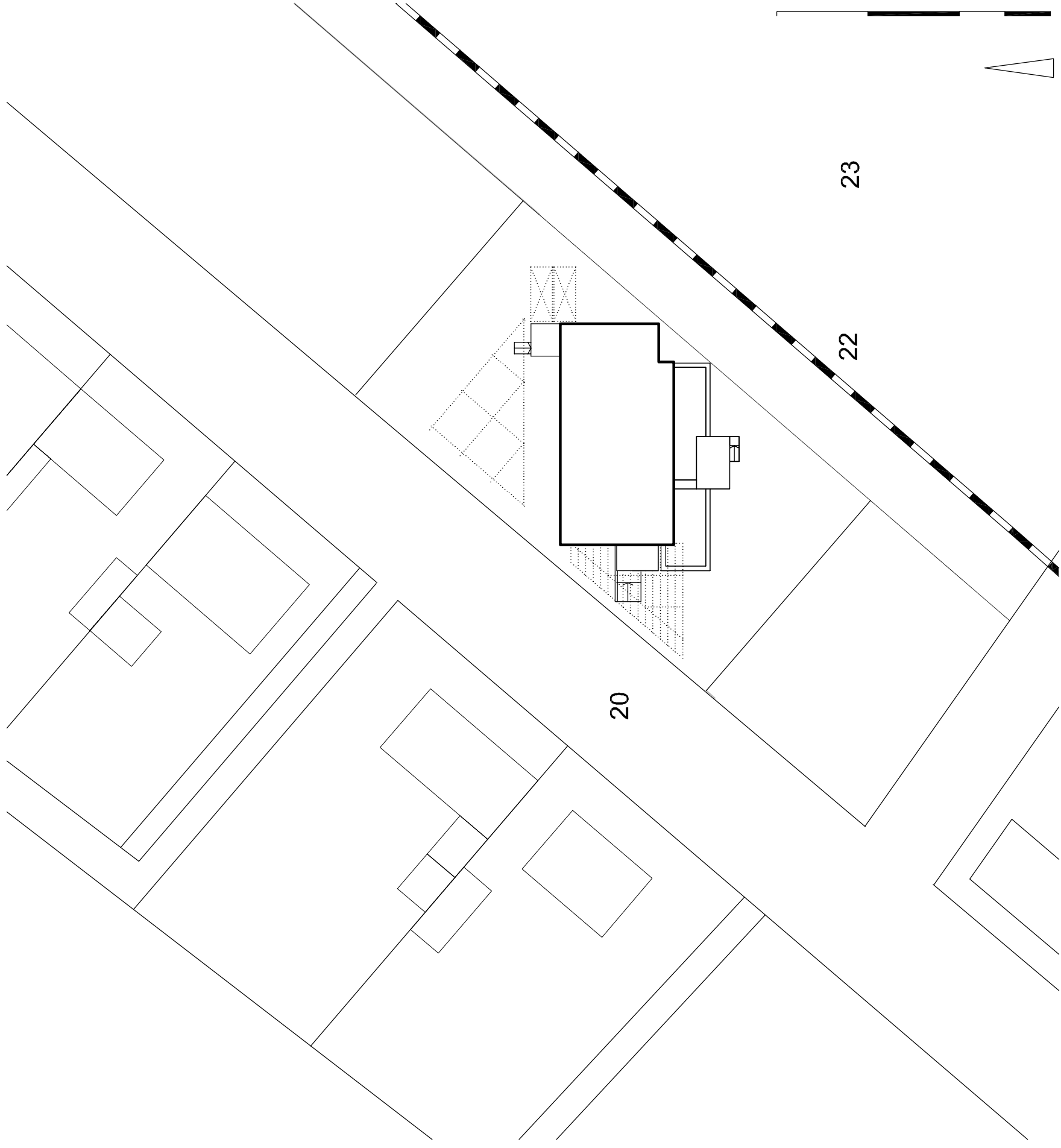
Einsatz von Lehmbaustoffen im Zusammenhang mit der Optimierung des Raumklimas

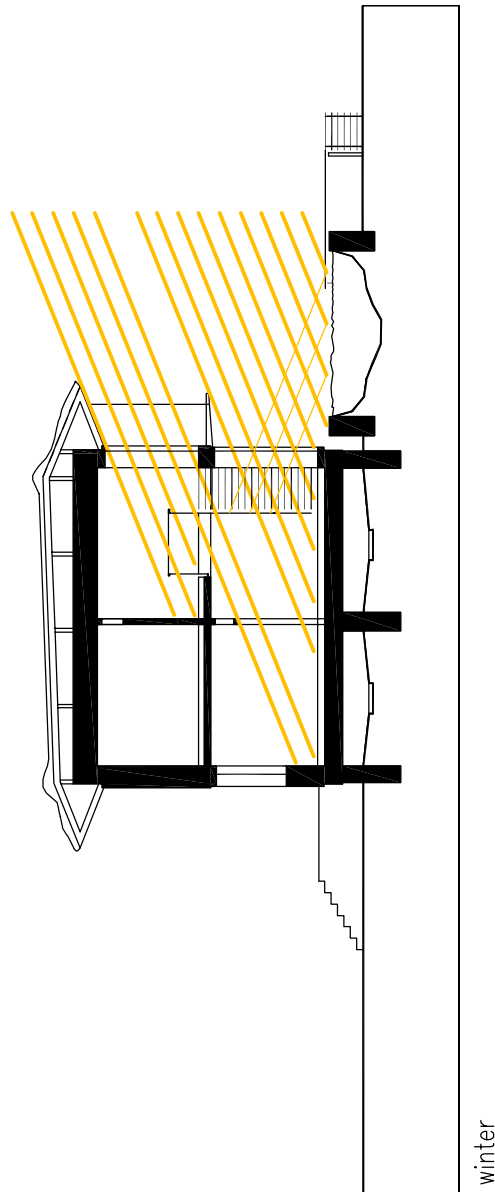
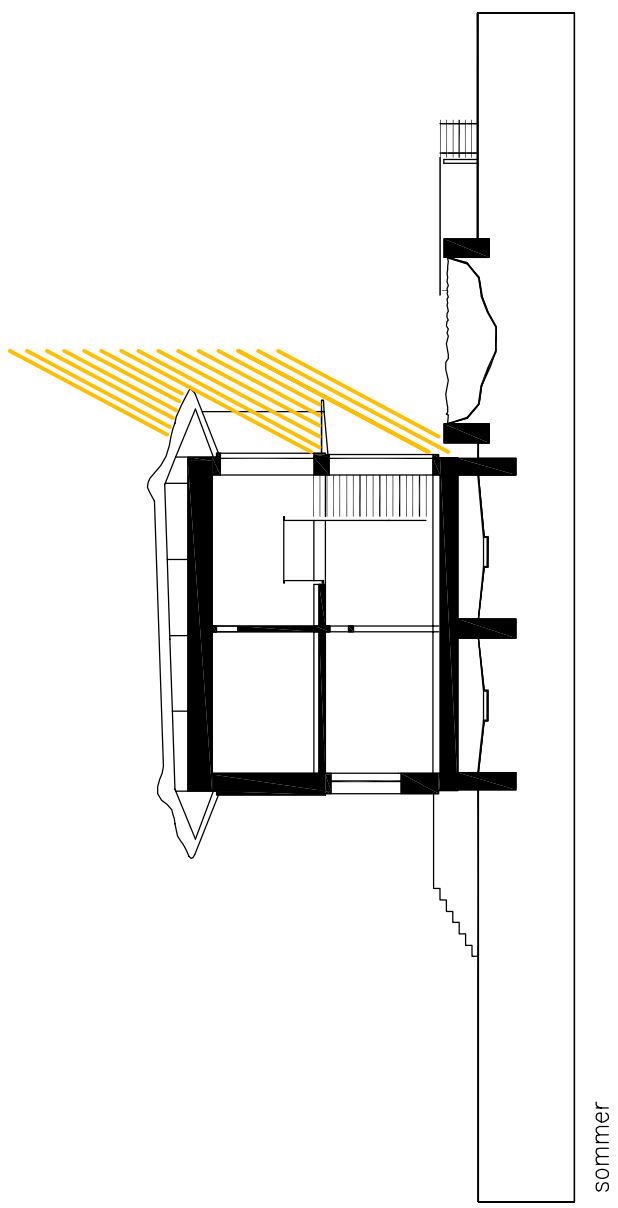
Ein weiteres wesentliches Ziel der integrierten Planung war, dass sich die Benutzer und Besucher dieses Bürohauses möglichst wohl fühlen sollen. Untersuchungen (Anm. 3) ergaben, dass sich die Qualität des Raumklimas in Bürogebäuden signifikant auf die Arbeitsleistung auswirkt und dadurch auch ein nicht unerheblicher Kostenfaktor für das Unternehmen wird. Ein bekanntes negatives Phänomen ist das „Sick Building Syndrom“. Wir strebten hier das Gegenteil an, ein positives Syndrom. Daher wurde bei der Planung versucht alle bekannten Faktoren des Raumklimas im Gebäude systematisch durch gezielte Maßnahmen und den Einsatz des Baustoffs Lehm zu optimieren.

Vom Standpunkt der Baubiologie gesehen hat hier naturbelassener und daher kapillar voll wirksamer Lehm als Baustoff sein wahrscheinlich größtes Wirkungspotential.

Gebäudesimulationsberechnungen:

Zum Einsatz kam ein Gebäudesimulationsprogramm von Dr. Krec (siehe Anhang: „Südfassade“ und „Heizlastberechnung“). Eine Überprüfung mit dem PHPP Darmstadt, die zu ganz ähnlichen Ergebnissen führte, wurde ebenfalls durchgeführt. Die Frage des Fensteranteils in der Südfassade entfachte eine intensive Diskussion im Planungsteam. Die Entscheidung wurde aufgrund der Berechnung von Dr. Krec mit WAEBED zwischen drei Varianten des Verglasungsflächenanteils in der Südfassade getroffen. Als Optimum erwies sich die von Arch. Reinberg favorisierte





Variante mit raumhohen Fenstern mit maximalem Verglasungsanteil in der Südfassade. Ein Teil der Fassade wird vom Fassadenkollektor vor dem Lagerraum und dem Seminarraum eingenommen, so dass das Verhältnis von 40% Verglasungsanteil in der Fassade zu relativieren ist.

Das begleitende Langzeit – Messprogramm der AEE (ebenfalls ein „Haus der Zukunft -Projekt) mit den im ganzen Haus installierten Temperatur- und Feuchtemesspunkten wird in der Praxis zeigen ob es einzelne kritische Tage gibt, an denen der hohe Verglasungsanteil auch relevante negative Folgen haben könnte.

Mit der großflächigen Verwendung dünner, schwerer Lehmbaustoffschichten als schnell reagierende Speichermassen sollten unkomfortable Temperaturspitzen erwartungsgemäß deutlich wirksamer als bei Verwendung der üblichen Wandbekleidungsmaterialien im Passivhausbau verhindert werden können.

Das empfundene Raumklima

Das empfundene Raumklima ist ein komplexes Phänomen, das sich aus zahlreichen Einzelfaktoren ergibt. Durch gezielte Maßnahmen wurde versucht in möglichst allen heute bekannten Bereichen das Optimum an Wohlbefinden im Haus zu erreichen. Dazu wurde neben anderen Maßnahmen insbesondere auch Lehm überall dort eingesetzt wo er raumklimatische Vorteile gegenüber anderen Baumaterialien hat oder vermutlich haben soll.

Eingesetzte Maßnahmen zur Optimierung des Raumklimas

Nicht die physikalisch am Thermometer gemessene Lufttemperatur, sondern die gefühlte Raumtemperatur ist maßgebend für das Wohlbefinden der Bewohner. Diese gefühlte Raumtemperatur des Menschen wird durch folgende Faktoren bewirkt:

+ Physikalisch messbare Lufttemperatur

Maßnahmen:

Planung mit Gebäudesimulation; div. Maßnahmen z.B. optimierte Speichermassen aus Schwerlehm; Regelung/Steuerung des Luftwechsels und der Nacherwärmung

+ Oberflächentemperaturen der einzelnen Umschließungsflächen

Maßnahmen:

Passivhaus-Standard der Wärmedämmung bei Außenwänden und Fenstern; Decken und Fußböden aus Massivholz; (Biofaser)-Lehmoberflächen; Individuell regelbare Lehm-Heizpaneele für die Nachheizung an den Büroarbeitsplätzen. Minimierung des Anteils an stark wärmeleitenden Flächen (z.B. Glas, Stahl, Fliesen) im Haus.

Sondermaßnahme Bauteilaktivierung:

Obwohl laut Gebäudesimulation unter heutigen Klimabedingungen am Standort keine sommerliche Überhitzung im Haus zu erwarten ist, wurden in Kooperation mit dem Wandheizungshersteller Fa. Harreiter in die Mittelwand Register eingebaut die wechselweise auch mit Kaltwasser aus dem Brunnen durchströmt werden können. Als weitere Möglichkeit ist im Sommer ein Testprogramm mit gekühltem Wasser

vorgesehen, mit dem das günstigere Verhalten von echten Lehmputzoberflächen gegenüber Kondensatausfall bei Flächenkühlungen ermittelt werden soll.

+ Wärmerückstrahlung der Umschließungsflächen:

als Materialeigenschaften der Umschließungsflächen und Einrichtungsgegenstände:
keine besonderen Maßnahmen

+ verwendete Farben und Farbtöne im Raum:

Maßnahmen:

warme Farben von Lehm-Naturoberflächen, von Erdpigmenten und Holz dominieren;
Abgestimmte Lichtführung durch Beleuchtungsplanung

+ Luftfeuchte

Eine zu niedrige Luftfeuchte in der Heizperiode ist ein weit verbreitetes, gravierendes Problem, auch in Passivhäusern mit kontrollierter Lüftung (Anm. 2 CEPHEUS-Projekt).

Grundsätzliches Ziel für das Projekt war daher die strikte Einhaltung des baubiologischen Optimalbereichs für Luftfeuchte, der zwischen 40 und 60% rel. Luftfeuchte liegt.

Damit werden zugleich weitere positive Rückkopplungseffekte ausgelöst:

- a) auf den Nachheizenergieverbrauch, da die beträchtlichen Wärmeverluste des Körpers zur ständigen Befeuchtung der eingeatmeten Luft auf 100% umso geringer werden je höher die relative Luftfeuchte im Raum ist.
- b) Die dadurch mögliche niedrigere Raumtemperatur bei gleichem Komfortempfinden ist auch für die Gesundheit der Atemwege vorteilhaft.

Passive Maßnahmen:

- a) Die Innenoberflächen wurden zum größten Teil als kapillar hocheffektive Lehmputzflächen ausgebildet und können daher Luftfeuchte-Spitzenwerte rasch und zuverlässig über Wochen abpuffern (Anm.3, Schnögass)
- b) ausreichende und geeignete Zimmerpflanzen, insbesondere Zyperngras

Aktive Maßnahmen:

- a) Das Lüftungsgerät für den Grundlastbetrieb ist mit Wärme- und Feuchterückgewinnung aus der Abluft ausgestattet (Hoval Home Vent 250);
- b) Eine Bio-Äthanol-Nachheizung erzeugt bei Nachheizbedarf neben Wärme zugleich Wasserdampf aus der Verbrennung (siehe auch Anhang „Bio-Äthanol – Nachheizung“).

Planerische Maßnahmen zu weiteren Faktoren die Einfluss auf Empfindung des Raumklima haben :

+ Luftstaubbelastung:

Maßnahmen zur Minimierung der Menge und der Gesundheitsschädlichkeit der Stäube und Feinstäube des Hausstaubes:

+Rauchverbot im Haus, verbunden mit dem Angebot eines witterungsgeschützten Rauchpausenbereichs im Windfang außerhalb des Passivhauses.

+Passivhaus –Standard Filterausrüstung

+Außenluftansaugung über der Wasseroberfläche des Feuchtbiotops.

(+Geplant: Versuche mit Lehmgranulat- Vorfilter in der kontrollierten Lüftung)

+Zentralstaubsauganlage mit Aggregat außerhalb der Gebäudehülle.

+Innenoberflächen weitgehend als Lehmoberflächen ausgeführt, die keinerlei Allergene abgeben.

+Gezielte Abluftabsaugung beim Kopiergerät (Ozon und Feinstaub).

+sorgfältige Abkapselung der Mineralfaserdämmung im Bereich der flexiblen Luftschläuche, da keine Alternative zu den Mineralfasern gefunden wurde.

+Keine Nachheizung der Zuluft zur Vermeidung der bekannten, negativen Folgen.

+Quelllüftung mit Überströmöffnungen in den Oberlichten im Deckenbereich;

+Heizpaneele für Strahlungswärme die Konvektion minimieren und damit Feinstaubaufwirbelung.

+Minimierung synthetisch-organischer Abriebflächen, z.B. Lacke und Vermeidung von Fliesenoberflächen.

Diese Maßnahme sollte auch dazu beitragen, dass Kehricht in diesem Haus den Anforderungen für die Entsorgung als Biomüll entspricht und kompostiert werden kann, anstatt dass er wie in Gebäuden mit heute üblicher Ausstattung wegen der Schadstoffbelastung als Restmüll klassifiziert und entsorgt werden muss.

(Nachweis durch Hausstaubuntersuchung angestrebt)

+ Belastung mit Stör- und Stinkstoffen, die zugleich oft auch flüchtige organische Schadstoffe (VOCs) sind.

Maßnahmen:

- + Abluftabsaugung in den WC-Muscheln und beim Kopiergerät.
- + Verwendung echter, nicht chemisch stabilisierte Lehmbaustoffe für die meisten Innenoberflächen, versuchsweise auch für Fußböden in einzelnen Räumen.
- + Nachhaltige Werkstoffe, jedoch auch hier möglichst Verringerung des Anteils von Holzarten die relativ viel natürliche VOC abgeben zugunsten solcher mit weniger Emissionen.
- + Kein Einsatz von Klebstoffen die VOCs abgeben,
- + Ersatz aller Lacke durch geeignete Öle oder Wachse, soweit dies eine nachweisbare Verbesserung bewirkt.
- + Vermeidung von Kunststoffoberflächen soweit als möglich (ungelöst bei Bürogeräten).

+ Gezielte Putzmittelauswahl.

Ziele:

- a) Minimierung der VOC Konzentration in der Raumluft (Nachweis der VOC-Konzentration angestrebt)
- b) möglichst niedrige OLF Zahl, auch um bei Leerstand z.B. nachts oder über das Wochenende die Lüftung weitest möglich zurückfahren zu können.

+ günstiges Mengenverhältnis der negativen Kleinionen zu positiven Großionen in der Raumluft, möglichst nahe den Werten der Außenluft

(Anm.: Zur Relevanz der Kleinionenkonzentration in der Raumluft siehe auch Anhang: „Ionen“ Holbach, Messung):

Maßnahmen zur positiven Beeinflussung des Faktors „Ionen“:

- + Maximierung der Innenraumoberflächen aus echten Lehmputzen, die neutral bis leicht negativ geladen sind.
- + Minimierung statisch aufladbarer Oberflächen im Innenraum und in den Zuluftkanälen.
- + Rauchverbot innerhalb des Hauses;
- + Ansaugung der Außenluft über der Wasseroberfläche des geplanten Feuchtbiotops;

+Zuluftführung für die meisten Räume in Lehm-Röhrenziegelkanälen und/oder innerhalb von Lehm-Zwischenwänden.

(Ionen-Messungen im Normalbetrieb geplant)

+ Luftbewegungsgeschwindigkeit minimieren:

Maßnahmen:

+Vermeidung von Zugluft – Erscheinungen durch PH-Planungsstandard; z.B. durch vertikal versetzte Anordnung der Fenster in der zweigeschossigen Eingangshalle;
(+)Die minimale Beheizung der raumhohen Fensterlaibungen im EG wurde nicht rechtzeitig eingeplant und konnte daher nicht mehr ausgeführt werden;

+Wärmedämmqualität der PH-Fenster;

+Lehmkanäle für die Zuluft wirken als Wärmetauscher für die Zuluft, daher Minimierung von Konvektion;

+geeignete Lüftungsanlagenplanung mit Quelllüftung. (Konzept: Dr. Kunesch siehe auch Anhang: „Lüftungskonzept“)

+ CO2 Gehalt

keine speziellen Maßnahmen erforderlich unter der Voraussetzung geeigneter Lüftungsanlagenplanung und Bedienungseinschulung der Benutzer

+Individuelle Komfortansprüche:

Die aufgezählten Einflussgrößen sind allgemein für alle Menschen wirksam, aber darüber hinaus gibt es variierende individuelle Behaglichkeitsbedürfnisse. Wenn die raumklimatische Grundsituation gut ist können diese individuellen Komfortansprüche im Wesentlichen mit Einzelraumtemperaturanhebung befriedigt werden.

Maßnahme:

+Einzelraumtemperaturanhebung

Optimal zum Arbeitsplatz platzierte, flexible Lehm-Heizpaneele (Warmwasser) und alternativ als zweites, getrenntes System eine Bauteilheizung geringer Leistung die in einer messtechnischen Bewertung im Normalbetrieb unterzogen werden sollen.

+Nutzung der scheinbaren Wärmerückstrahlung von echten Lehmstoffen

Maßnahme:

+Sinnvolle Maximierung der Lehmoberflächen im Haus (siehe unten)

Die scheinbare Wärmerückstrahlung von echten Lehmbaustoffen – ein ungelöstes Rätsel:

Zu den erfreulichen, oft zitierten Eigenschaften von Lehmoberflächen wird die Wärmerückstrahlung gezählt. Die Strahlungszahl W/m^2hK^4 von Lehm betrage 1,85 – konventionelle Putzoberflächen hätten nur eine solche von 4,6. (Anm. Schneider Schwiemann Bruckner S 119). Im Zuge unseres Forschungsprojekts Lehm PH ließen wir bei einem Institut für Optoelektronik in Salzburg eine wissenschaftliche Vergleichsmessung auf Grund dieser Literaturangabe machen, da es eben ein wesentliches Ziel dieses Projekts ist die Behaglichkeit und Komfort in Innenräumen zu maximieren (s. Anhang „Wärmestrahlung“).

Das Ergebnis war überraschend und zugleich enttäuschend: Die Existenz einer besonderen Strahlungszahl von Lehm als Maß der Wärmerückstrahlungseigenschaft von Lehm konnte im Versuch nicht bestätigt werden.

3 Vergleichsflächen, nämlich 1x echter Lehmputz, 1x Lehmputz-Imitation, 1x Kalkzementputz wiesen nahezu die gleiche Infrarot – Rückstrahlung auf (s. Anhang: „Wärmerückstrahlung“ - Messergebnisse des Inst. f. Optoelektronik).

Auch Prof. Minke bestätigte auf der Diskussion in Berlin beim Kongress Lehm 2003, dass auch er keine relevanten Unterschiede bei Wärmerückstrahlungs-Messungen erzielt habe.

Zum Unterschied von Minke und anderen, habe ich trotzdem vorgeschlagen, diese Lehm-Eigenschaft vorläufig „scheinbare Wärmerückstrahlung“ zu nennen, denn es gibt häufige Hinweise, dass Menschen eine solche „scheinbare Wärmestrahlung von Lehm“ subjektiv deutlich verspüren.

Gesichert ist derzeit nur, dass dieser mögliche Wirkungszusammenhang von Lehm auf den Menschen nicht im Infrarotspektrum zu finden ist.

Mittlerweile ist eine interessante Arbeitshypothese zu diesem

Wirkungszusammenhang in Diskussion. Medizinische Tests von Schaffar ergaben eine signifikante Stressreaktion von Versuchspersonen auf Erdstrahlungsplätzen (Signifikant unterschiedlich waren bei den Testpersonen Stirntemperatur, Brustatmung und Variabilität der Herzfrequenz). In Analogie dazu kann nun vermutet werden, dass bestimmte Lehmbaustoffe ähnlich auf den menschlichen Organismus wirken. Aber im Fall von Lehm wäre die Wirkung positiv, also Stress mindernd und dadurch könnte sich die vom Körper empfundene Raumtemperatur erhöhen.

Ein wissenschaftlicher Blindtest analog zu Schaffars Nachweis zur Bewertung dieser Hinweise wäre aufschlussreich, aber derzeit nicht finanzierbar.

Sonstige gesundheitsrelevante Einflüsse auf die Innenraumsituation:

Vermeidung oder Verminderung von raumklimatisch zwar nicht wirksamen, jedoch gesundheitlich negativ wirkender Einflussfaktoren:

Maßnahmen:

+ Vermeidung von Schadstoffimmissionen in das Haus aus der Altlast und aus dem Austritt von natürlichem Radon durch die Hinterlüftung der Bodenplattform.

Resumee:

Wenn die angeführten Einzelfaktoren optimal abgestimmt eingesetzt werden, sollte es nachweisbar möglich sein, dass in einem Passivhaus ein unübertroffenes Raumklima hergestellt werden kann.

Luft und Wärmeversorgung:

luft_wärme_voll_7122004.pdf

Lüftungssystem:

Die Außenluft wird an der von der Straße abgewandten Südseite des Gebäudes nach Fertigstellung des Feuchtbiotops über der Wasseroberfläche angesaugt. Das Ziel ist die Ansaugung in dem Bereich, der die geringstmögliche Staubbelastung und die maximale Konzentration negativer Kleinionen in der angesaugten Luft erwarten lässt. Die Luftansaugleitungen sind auf 2 Rohre mit je 250 mm Durchmesser aufgeteilt und damit großzügig dimensioniert um den Luftwiderstand und damit die Ventilatorantriebsenergie gering zu halten.

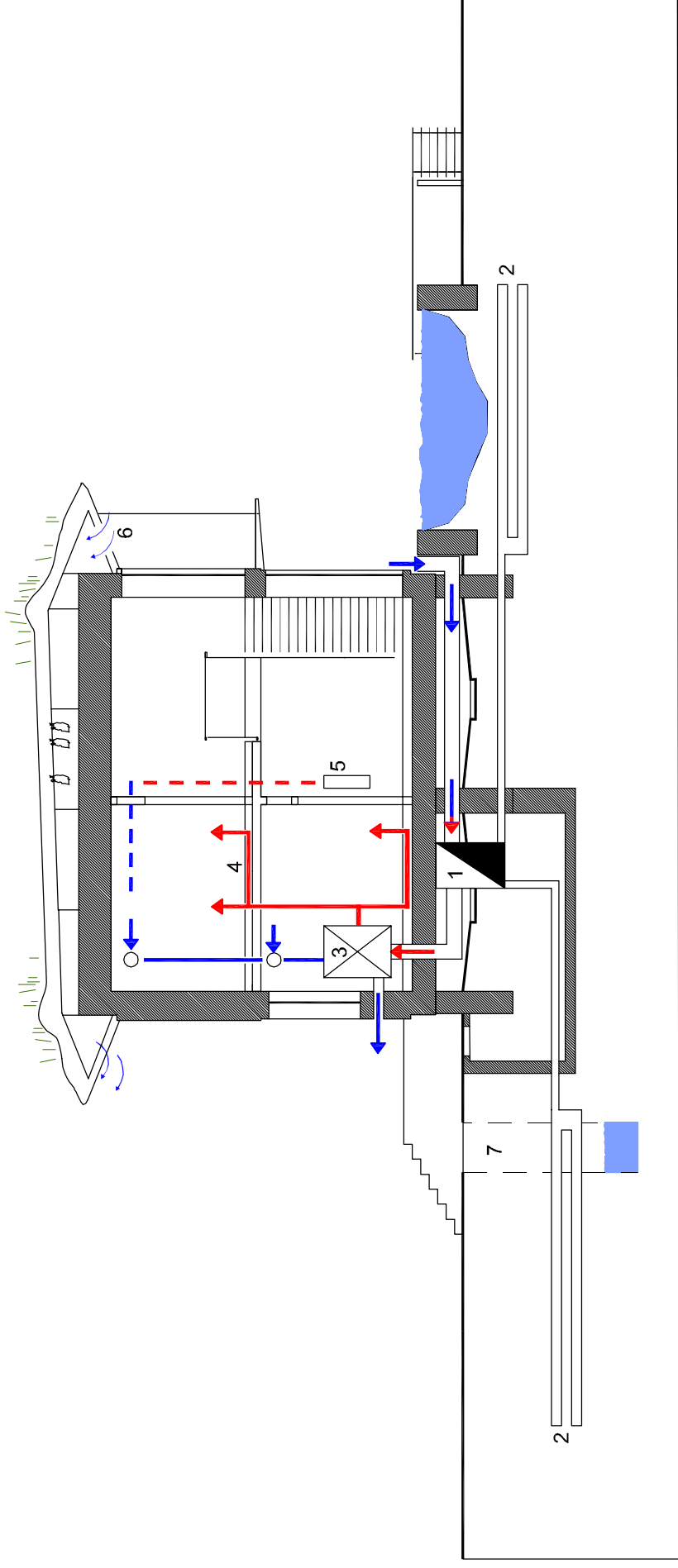
Passive Erwärmung/Kühlung der Frischluft:

Die angesaugte Außenluft wird in einem Wasser/Luft Wärmetauscher (1) vorgewärmt bzw. abgekühlt, der von Wasser aus zwei Erdreich-Rohrregistern (2) durchströmt wird. Das nordseitige Register wurde in der Kanal - Künette rund um das Abwasserrohr verlegt. Damit wurden Erdarbeiten gespart und zugleich sollte eine bescheidene kostenlose Abwärmerückgewinnung aus dem Abwasser möglich sein. Das zweite Rohrregister wird auf der Südseite unter dem neuangelegten Feuchtbiotop verlegt.

Erwartete Vorteile des gewählten Systems gegenüber üblichen

Erdreichwärmetauschern:

Nach Angabe des Haustechnikers, Ing. Waxmann wird erwartet, dass solche Erdreich/Wasser/Luft Wärmetauschprozesse energieeffizienter sind als die derzeitige Praxis, verlängerte Ansaugrohrleitungen für Außenluft im Erdreich um das Haus zu verlegen. Als einen weiteren und wesentlichen Vorteil erwarten wir Kosteneinsparung



- 1 wärmetauscher
- 2 erdreichregister
- 3 wärmerückgewinnung
- 4 zuluft über Lehmziegelkanäle
- 5 bio-äthanol-nachheizung
- 6 einflugöffnung federbrunnen
- 7 nutzwasserbrunnen

in der Serienanwendung und ein geringeres Restrisiko im Bereich Luft-Hygiene infolge von Kondensatausfall im Sommer und bei mangelhafter Wartung.

Kontrollierte Lüftung mit Abwärme- und Feuchterückgewinnung aus der Abluft:

Die so temperierte Außenluft wird im Technikraum des Erdgeschosses in zwei Lüftungsgeräten über Wärmetauscher in der Heizperiode vorgewärmt indem der ausströmenden Abluft des Hauses Wärme entzogen wird. Die Zuluft wird im Lehm-PH Konzept nicht über Register nacherwärmt. Diese Standardlösung zur Nacherwärmung wäre zwar kostengünstig, hat aber raumklimatische Nachteile, die bei unserem ambitionierten Versuch, das Optimum an raumklimatischem Komfort zu erreichen nicht akzeptabel wären (Anm. 6 Greiml) Die Nacherwärmung erfolgt über individuell regelbare flexible Lehm – Paneele mit Warmwasser aus dem Solarspeicher (nicht dargestellt) oder als Testanwendung über eine Bioäthanol-Nachheizung (5) (siehe unten und Anhang „Bio-Äthanol Nachheizung“).

Für die Lüftungs-Grundlast der Büros kommt ein Homevent 250 S Gerät (3) der Fa. Hoval zum Einsatz, das neben der Abwärme mit über 90% auch die Feuchte aus der Abluft mit (definitionsgemäß wegen des Kondensationseffekts) mit definitionsgemäß bis über 100% Wirkungsgrad rückgewinnt und an die Zuluft abgibt.

Für den zeitweiligen Spitzenlastbetrieb (z.B. Seminar) wird ein zweites Gerät (3) mit geringerer Wärmerückgewinnungsrate eingesetzt, das vorrangig den darüberliegenden Seminarraum im ersten Stock versorgt.

Verteilung/Absaugung

Das Grundlastgerät im Technikraum transportiert die Zuluft über einen kurzes flexibles Steigrohr in den darüber liegenden Bereich der luftdurchströmten Decke zwischen Erdgeschoss und Obergeschoss. Die Zuluft durchströmt ab dort flächig eine waagrechte, versetzt verlegte Lehmrohrenziegel – Lage (4), die als Überdruckzone mit n&l Lehm-Vliestechnik (Vgl. Kapitel „Lehm-Vlies Technik“) dicht gehalten wird. Aus der Deckenebene nach oben und unten zweigen Zuluftzonen in den Hohlräumen der Zwischenwände aus Lehmziegeln oder Lehmplatten.

Bei einer konventionellen Verrohrung der nicht nacherwärmten Zuluft könnte die Wirkung auf das Raumklima an den wenigen Nachheiztagen in Form von leichten Zug-Erscheinungen ungünstig sein. Das war das Hauptmotiv für diese unkonventionelle Gestaltung der Zuluftführung. Durch die Führung der Zuluft in den waagrecht Lehmrohrenziegelkanälen (4) und in den senkrechten, hohlen Wänden aus n&l Schilf-Lehmplatten würde dieser Effekt wegfallen, da angenommen wird,

dass es zu einem ausreichenden Wärmetauschereffekt in den großen durchströmten Flächen kommt, um die Zulufttemperatur beim Ausströmen nahe an die Raumtemperatur anzugleichen. In den Büros des Obergeschoßes wird deshalb versuchsweise ein gut wärmeleitender Lehmestrich in Biofaserlehmtechnik auf die Lehmröhrenziegellage aufgebracht. Der erwartete passive Wärmetauscher-Effekt kann einfach nachgemessen werden, ebenso ob ein nennenswerter Feuchte – Tauscheffekt zwischen Raumluft und Zuluft mit dieser Konstruktion erzielt werden kann. Damit ist die angestrebte Wirksamkeit des gewählten Systems nachprüfbar. Die Zuluft wird raumweise mit Schiebern einreguliert und strömt im Bodenbereich als Quelllüftung aus.

Abluffführung:

Die Abluft wird aus den Überdruck-Räumen durch schalldämpfende Überströmöffnungen in der Mittelwand, jeweils knapp unter der Decke in den Bereich der zweigeschossigen Aula verdrängt.

Von dort wird Luft aus dem Sanitärraum im Erdgeschoss abgesaugt, aus dem WC im Obergeschoß, sowie aus Küche, Technikraum und Lager. Alle Klomuscheln im Haus erhalten einen direkten Anschluss an das Abluftsystem über die Spülkästen. Weitere kleine Absaugöffnungen sind beim Kopiergerät in der Aula und in der Decke oberhalb der Bioäthanol-Nachheizung installiert, um gezielt die dort lokal anfallenden geringen Mengen an Ozon, Feinstaub bzw. an eventuellem CO aus einer nicht vollständigen Verbrennung zu erfassen. Zur Vermeidung von Rest-Ozon im Bürobereich wurde das Kopiergerät in die Aula hinausverlegt.

Der große Seminarraum ist lüftungstechnisch als selbständige Einheit konzipiert. Die Zuluftführung geht vom zweiten Lüftungsgerät im Technikraum aus durch die Decke in den Hohlraum einer als Sockel ausgebildeten Vorsatzschale aus waagrecht vermauerten Lehm-Hochlochziegel - Scheiben. An der schräg gegenüber liegenden Südseite des Seminarraumes wird die Abluft im Deckenbereich abgesaugt.

Installationen für den Testbetrieb zur Gebäudekühlung/Bauteilaktivierung:

Diese Variante sollte entsprechend dem Ergebnis der Gebäudesimulation für dieses Passiv-Bürohaus auch in Hitzeperioden mit über 30 Grad Außentemperatur bei heutigen lokalen Klimaverhältnissen sogar an diesem Standort im sommerwarmen Weinbauklima grundsätzlich nicht erforderlich sein.

Für die Durchführung von Messungen zur Leistungsfähigkeit von Lehmoberflächen in der Gebäudekühlung werden jedoch Register in der Mittelwand installiert.

Untersuchungsziel ist, nachzuweisen dass Kondensatausfall beim sommerlichen Kühlbetrieb an Lehmputzoberflächen mit hoher Sorptions- und Desorptionsleistung grundsätzlich erst bei niedrigeren Vorlauftemperaturen als bei konventionellen Putze auftritt.

Dies ist in der Praxis in einem Gebäude anscheinend bisher nicht überprüft worden. Mit diesem Nachweis würde sich ein neuer wirtschaftlicher Vorteil für die Anwendung unserer besonders leistungsfähigen Lehmputze ergeben, da für eine Wandkühlung dadurch mit kleineren Registerflächen das Auslangen gefunden werden könnte. In Kooperation mit einer Herstellerfirma werden Wandkühlungsregister in verschiedenen Positionen in die Mittelwand eingebaut (keine Plandarstellung). Als Kühlmedium dient Wasser aus dem Nutzwasserbrunnen (7). Für einen Testlauf soll im Installationsschacht vorübergehend auch ein Kühlaggregat installiert werden, um zu ermitteln bei welcher maximalen Kühlleistung pro Fläche temperatur- und feuchteabhängig in Hitzeperioden die Tauwasser-Gefahr beginnt. Mögliche künftige wirtschaftliche Einsatzbereiche sind der Neubau konventioneller Büro-Hochhäuser, die Sanierung von Altbauten mit Überhitzungsproblemen im Sommer, sowie Neubauten in Südeuropa.

Wärmeversorgung/Warmwasser:

Für die Warmwasser- und Wärmeversorgung dient vorrangig ein 24 m² thermischer Fassadenkollektor mit Sunstrip-Kupferrohrregistern und Holzrahmen. (15), (siehe Grundrissplan EG und OG), der einen 1500 Liter Solarspeicher lädt.

Die Dimensionierung der thermischen Solaranlage ist mit einer Reserve für ein künftiges Nebengebäude ausgelegt.

Die Heizenergie für die Nachheizung an voraussichtlich 14 bis 20 Tagen im Jahr wird mit Biomasse in Form von Industrie-Restholz in einem einfachen Stückholzkessel geringer Leistung aufgebracht. Der Kessel soll frostsicher im Bereich des Windfangs untergebracht werden, über eine Heizleitung mit dem Installationsschacht verbunden werden und später auch den Schulungsbereich in einem geplanten Nebengebäude kurzzeitig mit Heizwärme versorgen können.

Dies ist eine Abänderung gegenüber dem ursprünglichen Konzept, eine derartige Anlage in das Haus zu integrieren, was mit wesentlich höherem technischen Aufwand für Luftdichtheit und Brandbeständigkeit der Rohrdurchführungen und der Problematik der Stillstandsverluste von Kaminanlagen in Passivhäusern und den daraus resultierenden Kosten verbunden gewesen wäre. Die etwas höheren Energieverluste dieser Variante der Nachheizung gehen zu Lasten des erneuerbaren Energieträgers Abfallbiomasse und sind deshalb akzeptabel.

Stromversorgung:

Die Stromversorgung erfolgt durch Vertrag mit einem Ökostromlieferanten mit „Ökostrom“ aus erneuerbarer Energie aus dem Netz. Eine geplante, netzgekoppelte PV- Kollektoranlage, wie im Plan des Erdgeschoßes unter (16) eingezeichnet, wird aus finanziellen Gründen erst in einem späteren Schritt realisiert. Es werden jedoch die Leerverrohrungen zum Installationsschacht verlegt.

Baudetails mit Plandarstellungen

1 Fundamente, Konstruktionsänderung:

Die Fundamente wurden als Streifenfundamente mit einer Bewehrung aus Stahl ausgeführt. Durch die Entdeckung einer Altlast (Gießereischlacken) im Zuge der Aushubarbeiten musste das Konzept für das Fundament kurzfristig abgeändert werden und die Fundamentstatik neu berechnet werden. In statischer Hinsicht wurde deshalb das Problem des losen, instabilen Materials durch die Anordnung von Beton-Säulen aus Beton-Ringen die ausbetoniert wurden und in Abständen von 3 – 4 Metern bis auf den tragfähigen Untergrund reichen gelöst. Darüber wurde das Streifenfundament unterseitig bündig mit dem Niveau betoniert. Die Kosten für die Bewertung und die Analysen zur Bestimmung der Sondermüll-Kategorie und den Abtransport und die ordnungsgemäße Entsorgung des Aushubs als Sondermülls übernahm die Gemeinde als Grundeigentümer des Pachtgrundes. Im Zuge der Untersuchungen des von uns eingeschalteten Österreichischen Ökologie Institutes und des Untersuchungslabors stellte sich zum Glück heraus, dass von der Altlast unter dem Gebäude keine Emissionen mehr ausgehen und sie bebaut werden kann.

Nachhaltigkeitsaspekte der Konstruktion:

Im Umkreis konnte kein Lieferbetonhersteller gefunden werden, der Recycling-Beton geliefert hätte. Der einzige Anbieter wurde in der Steiermark gefunden, musste aber aus Transportkostengründen und indirekt damit auch aus Effizienzgründen ausgeschieden werden.

Der theoretisch mögliche Ersatz der Stahl-Armierung durch Bambus war nach wie vor leider nicht realisierbar, da das Problem der Einleitung der Zugkräfte in den Stab nicht befriedigend gelöst ist. Durch die wegen der nicht tragfähigen Altlast erforderliche Konstruktionsänderung wurde gegenüber der ursprünglich geplanten Ausführung einerseits sogar wesentlich Beton eingespart, andererseits aber etwas mehr Bewehrungsstahl verbraucht, sodass sich die Kostensteigerung in Grenzen hielt und sich auch die Ökobilanz dieses Bauteils vermutlich nicht wesentlich veränderte.

Termitensicherheit:

Die fertige Konstruktion wurde vom Projektberater Gerald Wittmann aus Australien nach Fertigstellung anlässlich eines Privatbesuchs in Österreich am 11. Dezember 04 besichtigt und als dem Australischen Standard für Termitensicherheit entsprechend bewertet (Unterlagen im Anhang „Termitensicherheit“).

Da zu befürchten ist, dass durch die Klimaerwärmung im Laufe der Nutzungsdauer des Gebäudes holzerstörende Termiten auch in Mitteleuropa einwandern werden, sind diese Maßnahmen zur passiven bauphysikalischen Abwehr der Schädlinge ein Beitrag zur Nachhaltigkeit des Bauwerks der aber hoffentlich nie notwendig werden wird.

Erfahrungen mit der Konstruktion des Bauteils:

Der Einbau eines großzügigen Installationsschachtes in das Streifenfundament hat sich als rationelle, passivhausgerechte Lösung für den Anschluss an Ver- und Entsorgungsleitungen erwiesen, die hohe Flexibilität für spätere Änderungen oder Testanordnungen mit neuen Technologien bietet.

Die heute noch utopisch anmutende zukünftige Termitensicherheit ist bei diesem Konzept fast ohne Mehrkosten realisierbar wenn sie beim Bau eingeplant wird.

Eignung für Sonderanwendungen:

Aus der Diskussion der Untersuchungsergebnisse mit den Experten des Öko-Instituts und des Untersuchungslabors konnten folgende Schlüsse gezogen werden:

Eignung bei Altlastproblemen:

Die im Projekt gewählte Fundamentausführung mit Hinterlüftung in Kombination mit einem Leichtbau hat sich ungeplant auch als geeignete Lösung erwiesen mit der ähnliche, nicht tragfähige Altlasten, die gasförmige Rest-Emissionen abgeben, unter Umständen bebaut werden könnte. Solche problematische Flächen sind in ehemaligen Industriegebieten nicht selten und könnten damit einer sinnvollen Verwertung zugeführt werden.

Eignung bei hoher Radon – Belastung:

Weiters wäre eine derartige Ausführung in Kombination mit der kontrollierten Be- und Entlüftung in Gebieten mit hoher natürlicher Radon-Ausgasung optimal.

2 Plattformmodule

Die Konstruktion in Modulen erwies sich als sehr rationell bei Transport und Montage. Die Ausführung der vorgefertigten luftdichten Durchführungen kann aufgrund der Erfahrung mit der ersten Montage insofern im Detail verbessert werden als sie zukünftig steckfertig ausgeführt werden wird. Der Vorfertigungsgrad kann in Zukunft vorteilhaft durch das Vorverputzen auch der Oberseite der Module gesteigert werden.

Nachhaltigkeitsaspekte der Konstruktion:

Diese Plattform-Lösung erspart eine Stahl - armierte Beton-Fundamentplatte und ermöglicht es nachwachsende Dämmstoffe wie Stroh und Baustoffe wie Holz in einem Bereich einzusetzen, der bei üblichen, erdberührten Konstruktionen nicht für die Verwendung solcher nachhaltiger Baustoffe geeignet ist.

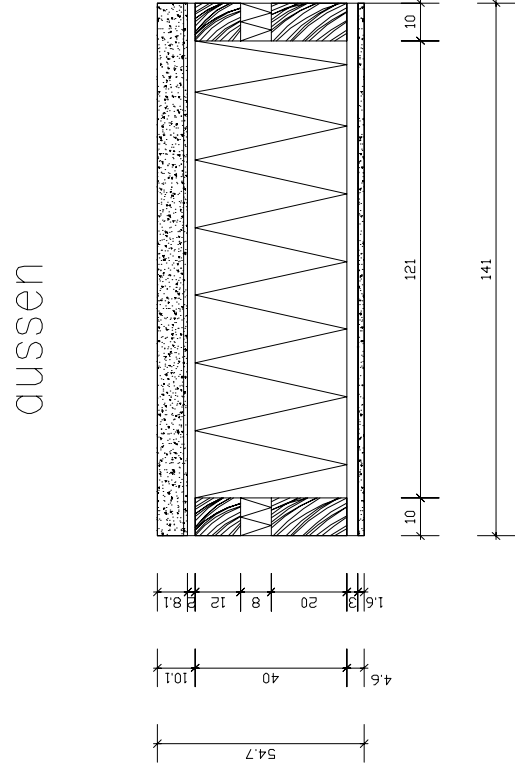
3 Wandmodule

wanddetail_7122004.pdf

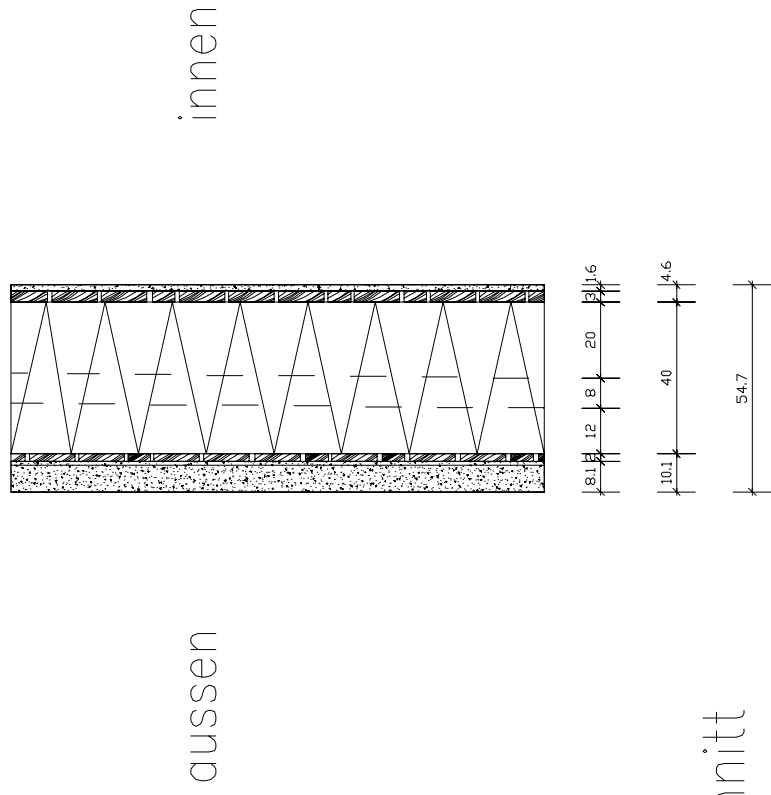
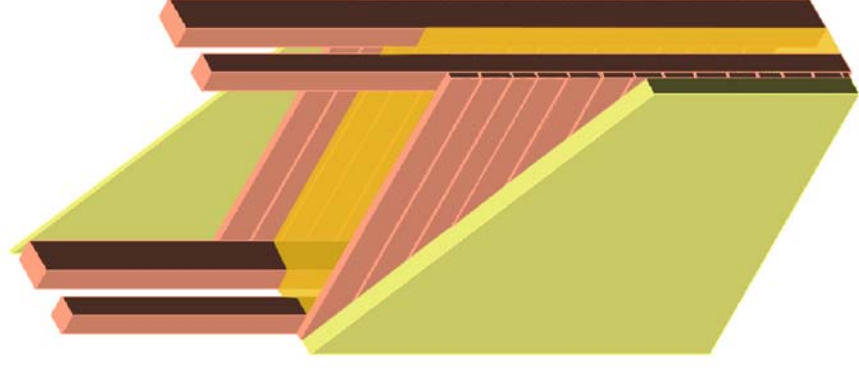
Die Konstruktion der Wandmodule fußt auf den Erfahrungen unseres HdZ-Projekts „Entwicklung von Bauelementen für Passivhäuser“.

Das Grundkonzept besteht in einem Einschluss der 40 cm dicken Strohdämmung als Kern zwischen zwei Lehmbaustoffschichten auf Rauschalungen zur ständigen kapillaren Entfeuchtung des feuchteempfindlichen Dämmstoffs. Auf die Anwendung eines Feuchtesimulationsprogramms wurde verzichtet. Die Problematik der verfügbaren Feuchtesimulationsprogramme (z.B. WUFI) ist, dass bisher zu wenig gesicherte empirische Daten vorhanden sind. Eine Dateibasis bestehend aus einer Mischung von Annahmen und empirischen Daten erschien aber als zu fehleranfällig. Mit Arch. Oberrauch wurde jedoch ein einfaches Messprogramm mit 24 Feuchtefühlern in der Gebäudehülle festgelegt. Damit wird das Langzeitverhalten des Wandaufbaus und der anderen Modultypen dokumentiert.

Die äußere Lehmbaustoffschicht besteht aus unserem Biofaserlehm BFN02 A und BFN03 A für Außenanwendung. Diese von uns neu entwickelten Produkte werden nach dem Ersteinatz im Projekt freigegeben und ins Vertriebsprogramm aufgenommen.



Horizontalschnitt



Vertikalschnitt

Wandaufbau

- i
 - 1,5cm
 - 0,1cm
 - 3cm
 - 40cm
 - 2cm
 - 0,1cm
 - 7cm
 - 1cm
 - a
- BFN 02 Lehmfeinputz, Jute-armiert
 Lehm-Vlies geschlämmt
 Rauhschalung horizontal
 Strohdämmung
 Rauhschalung horizontal
 Lehm-Vlies geschlämmt
 Biofaser-Lehm BFN 03 A
 Biofaserlehm BFN 02 A

Diesem Biofaserlehm wurde 2004 das EU-Patent erteilt (s. Anhang „Patent“). Die Lehm-Fassade der Westwand bestand im November einen ersten Härtetest bei einem Schneeregensturm mit 122 km/h erfolgreich ohne feststellbare Schäden. Diese Beständigkeit des Biofaserlehms gegen Schlagregen wird ohne jede chemische Stabilisierung erzielt. Das neuartige Wirkungsprinzip besteht in einer mechanischen Stabilisierung durch Hanf- und andere biogene Feinfasern, der Induzierung und Nutzung mikrobieller Prozesse im Lehm und in der Feuchtepufferkapazität der 8 cm BF-Lehmschicht, die verhindert, dass die Oberflächenschicht bei Regen die Plastizitätsgrenze überschreitet. Ein Ziel war, auf den Außenwänden die Erosionswerte historischer Stampflehmtechniken von maximal einem Zentimeter pro Jahrhundert zu erreichen. Dieses Ziel erscheint auf diesem Weg erreichbar, ohne dass die unbegrenzte Wiederverwendbarkeit verloren geht oder technischer Qualitätsverlust eintritt.

Eine Brandsicherheitsprüfung F90, ausgeführt mit n&l Lehmputz bei der MA 39 für diesen Wandaufbau liegt vor und war Basis für die Baugenehmigung.

Lehm-Vliestechnik

Die neu entwickelte Lehm-Vliestechnik kann die üblichen technischen Dampfbremsbahnen ersetzen. Durch diese n&l Lehm-Vliestechnik wurde ein völlig neuartiger, dampfbremsender, luftdichter, aber trotzdem weitgehend diffusionsoffener lehmbautechnischer Aufbau der PH-Gebäudehülle möglich. Im Gegensatz zur üblichen Dampfbremspapierlage behindert eine Lehm-Vlieslage nicht den, der Dampfdiffusion gegenläufigen Prozess der kapillaren Entfeuchtung einer Wand in Richtung zur wärmeren Innenraumseite.

Der Wandaufbau aus Rauschalung, darauf eine 1 mm Lehm-Vlieslage und 10 mm n&l Biofaser-Lehmputz erreichte beim Versuch mit einer Testzelle im Forschungszentrum Arsenal bei 50 Pa Differenzdruck eine Luftdichtigkeit von 0,17 m³/(m²*h).



Bild 18:

*Eine Testzelle aus verschiedenen Holzwandaufbauten wird mit Lehm-Vlies beklebt.
(siehe auch Anhang Prüfbericht „Luftdurchlässigkeit“)*

Die Ergebnisse der Luftdurchlässigkeitsprüfungen (x) für diesen Aufbau ließen einen n_{50} Wert der Wandflächen von $n_{50} = 0,06/h$ für ein fiktives zweigeschoßiges Einfamilienhaus erwarten. Das heißt, diese Lehmputz-Wandflächen tragen nur 1/10 zur maximal tolerierbaren Leckrate ($n_{50} = 0,6/h$) im Passivhaus bei und sind damit luftdichter als z.B. mit Kalkverputz verputzte Massivbauwände.

Der erste Drucktest im Lehm-Passivbürohaus Tattendorf (Messung Ing. Waxmann) bestätigte diese Erwartung präzise. Die gemessene n_{50} Leckrate im Haus lag bei $0,41/h$, wobei 90% der Undichtheiten eindeutig an einzelnen typischen Stellen lokalisierbar waren (z.B. mangelhaft ausgeführte Rohrdurchführung) die leicht nachzubessern sind, sodass bei der Endkontrolle ein Wert von $n_{50} = 0,3/h$ zu erwarten ist.

Die n&l Lehm-Vlies Technik erbringt also die erforderliche Luftdichtheit und Dampfbremswirkung, ermöglicht aber gleichzeitig, unbehindert von den üblichen Folien, die volle Nutzung der kapillaren Transportleistung der Materialkombination Lehm/Holz/Stroh aus dem Wandinneren zu den Wandoberflächen. Wegen der großen Qualitätsunterschiede zwischen den am Markt befindlichen Lehmbaustoffen besonders bei der Sorptions- und Desorptionsfähigkeit ist dieses Ergebnis aber nicht verallgemeinerbar.

Zur Optimierung wurden verschiedene Konstruktionsvarianten im Forschungsprojekt „Lehm-Passivhaus – Bauelemente“ ausgeführt, auch Holzschalungen als Fassaden sind möglich.

Als Lehmstoffhersteller entschieden wir uns aber konsequent bei diesem Demonstrationsobjekt für Lehm – Außenoberflächen, denn sie sind wartungsfrei, unbegrenzt farbecht und werden durch Alterung schöner.

Erfahrungen mit der Konstruktion des Bauteils:

Der erhebliche Mehraufwand in der Vorfertigung und für Transportlogistik für die schwere Lehm-Außenhülle des Gebäudes kann für die Serienfertigung durch Konstruktionsänderung der äußeren Lehmschicht wesentlich verringert werden.

Variante 1:

In Zusammenhang mit dem F&E Projekt „Lehm konkret“, des Ökobau-Clusters, in dem natur&lehm mit der Wienerberger AG Entwicklungsarbeit betreibt, wurden statt der vorgefertigten 7 cm Biofaserlehm-Grundsicht auf der Baustelle ungebrannte, hydrophobierte Lehmziegel an einzelnen Versuchsflächen auf die West-, Ost- und Südfassade montiert und diese anschließend mit der Biofaserlehm-Deckschicht verputzt und dokumentiert, da sie durch die gleiche BF-Deckschicht oberflächlich nicht unterscheidbar ist.

Variante 2:

Innerhalb der Fixverglasung der Südfassade wurde, dem ersten Architektenentwurf gemäß ein Feld mit Naturdämmstoff gezeigt. Dazu wurden Schilfdämmplatten mit einer Lehmputzbeschichtung auf der Rückseite vorgefertigt und trocken montiert. Nach Montage der Einscheiben-Fixverglasung über dem Testfeld zeigte sich ein ansprechendes Erscheinungsbild der Schilfhalmstruktur (siehe Bild 17, Südfassade/Erdgeschoß). Erwartungsgemäß zeigte sich auch, dass Tauwasserbildung durch die Pufferwirkung der vorgefertigten BF-Lehmbeschichtung auch langfristig kein Problem darstellen dürfte. Im Gegenteil zeigen die

Messergebnisse, dass die Feuchte in der dahinter liegenden Strohdämmung zum untersten Grenzwert der Gleichgewichtsfeuchte tendiert. Dass sich darüber hinaus der zu erwartende Effekt einer semitransparenten Wärmedämmung mit dieser Konstruktion einstellt, wird noch durch Messungen nachzuweisen sein. Semitransparente Wärmedämmungen bauen durch die eingestrahlte Sonnenenergie einen Wärmepolster vor der Wand auf, der tagsüber den Wärmeabfluss in der Heizperiode über die Wand aus dem Haus verhindert bis verlangsamt. Der durch diese Variante zu erwartende Nutzen ist eine weitere Reduktion des Wärmeverlustes durch das Bauteil, der nach Erfahrungen mit ähnlichen Konstruktionen einem effektiven u-Wert im Bereich von 0,05 W/m²K entspricht, statt dem Wert von 0,11 W/m²K der übrigen Außenwände des Gebäudes. Dieser Effekt ist nicht auf die Zeiten direkter Sonneneinstrahlung beschränkt, sondern tritt in verringertem Umfang auch durch die ungerichtete, diffuse Strahlung tagsüber auf, so dass auch eine derartige allseitige Außenhülle für ein künftiges Lehm-Passivhaus sinnvoll wäre. Ebenso können Gewicht und in einem künftigen Optimierungsprozess auch die Dämmstärke und damit die Wandstärke reduziert werden.

Variante 3

Holzverkleidung mit dahinter liegender Lehmputzschicht als Windbremse auf Lehm-Vlies. Diese Variante wurde in Tattendorf aus gestalterischen Gründen nicht ausgeführt um ein heterogenes Erscheinungsbild zu vermeiden.

Alle drei Varianten ermöglichen nun die kostengünstige Nutzung der vorhandenen üblichen Logistik des Holzbaus in der Fertigung, beim Transport und bei der Montage ohne das Grundkonzept zu beeinträchtigen.

Nachhaltigkeitsaspekte der Wandkonstruktion:

Problembereich Fenster:

Kritiker können zu Recht fragen warum in der Fixverglasung der Südfassade Aluminium und synthetische Purenit – Dämmung eingesetzt wurde. Soweit es im Rahmen des Projekts möglich war, wurde nach nachhaltigeren Konstruktionsmaterialien und Anbietern bauökologisch günstigerer Lösungen gesucht.

Korkdämmung musste aus statischen Gründen im Fixverglasungsaufbau leider ausgeschlossen werden. Bei den offenbaren PH-Fenstern der Fa. Silber jedoch

konnte die übliche Purenit – Dämmung durch Kork ersetzt werden, allerdings mit erheblichem Aufpreis wegen Rüstzeiten für diese Sonderausführung in Kork. Unter dem Sicherheitsaspekt der Lebensdauer und der Referenzen wurde die Entscheidung für ein System der Fa. RAICO mit blanker, unbehandelter Aluminium – Oberfläche getroffen. Aber die Nutzungsdauer ist auch ein wesentlicher Faktor der Nachhaltigkeit und natürlich auch der Unterhaltungskosten, daher war diese an sich nicht befriedigende Materialwahl zu vertreten. Wie auch in anderen Detailbereichen besteht hier noch Entwicklungsbedarf für nachhaltigere Lösungen.

Wandmodule:

Der Aufbau ist in der Nachhaltigkeit unübertroffen, denn es ist eine Massivholz-Bauweise es wird kein synthetischer Klebstoff eingesetzt, außer für einige einzelne Teile die in Konstruktionsleimholz ausgeführt wurden. Dieser Leimanteil ist jedoch um eine Größenordnung geringer als bei üblichen massiven Holztafelbauweisen mit mehrfachen, verleimten Holzlagen. Es gibt keine technischen Folien im Haus. Dank CAD – Fertigung ist die Verwendung von Stahlverbindungsteilen und Schrauben in der Konstruktion gering. In einer Serienfertigung ließe sich bei der Verbindungstechnik der Stahlanteil durch Holzprofile weiter senken. Die Innen- und Außenhülle besteht aus unbeschränkt wiederverwendbarem Lehmabbaustoff. Der gesamte Aufbau ist demontierbar, es fällt dabei kein Bauschutt an, lediglich etwas Biomüllfraktion (Flachsvlies), alles andere ist wieder verwendbar oder recyclebar.

4 Deckenelemente

Die Lonyb-Deckenelemente als modernisierte, rationelle Version der historischen Dübelbaumdecken haben sich in jeder Hinsicht sehr gut bewährt und weisen gegenüber Tramdecken konstruktive Vorteile auf. Günstig ist die Flexibilität bei der Planung der Durchbrüche z.B. für die Lüftung im Passivhaus und die niedrige Bauhöhe. Die Untersicht kann zugleich als fertige Deckenoberfläche verwendet werden. Die Holzoberflächen der Decken bilden einen ansprechenden Kontrast zu den Lehmoberflächen der Wände und unterstützen mit ihren relativ hohen Oberflächentemperaturen das Raumklima-Konzept.

Nachhaltigkeitsaspekte der Konstruktion:

In diesem Bauteil wird kein Leim und kein Nagel verwendet, sondern ausschließlich mit Buchenholzdübeln mechanisch gedübeltes Fichten-Massivholz.

5 Dachmodule

Die Dachmodule entsprechen grundsätzlich dem Aufbau der Wandmodule, jedoch ist die Dämmstärke mit 66 cm Stroh noch höher. Die Oberseite ist mit Lehmputz auf Spalierlattung 30 mm stark verputzt, was sich zusätzlich als kurzfristige Pufferschicht gegen Regen während der Montage bewährt hat. Die Untersicht wird dagegen in der künftigen Fertigung nicht mehr vorverputzt, da sich dies als nachteilig erwiesen hat. Die Ausführung als großflächige, relativ leichte Module hat sich bei der Montage sehr gut bewährt.

Der fertig montierte Rohbau war daher vollständig von einer Lehm-Vliesschicht ausgekleidet, auf die in Zukunft erst auf der Baustelle die innere, luftdichte und diffusionsoffene Biofaserlehm Schicht aufgebracht wird.

Nachhaltigkeitsaspekte der Konstruktion:

Unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit gilt dasselbe wie für die Wandmodule.

6 Innenausbau

Der Innenausbau erfolgt mit allen Lehmbaustoffen aus unserer Produktion im Werk Winzing nahe St. Pölten. Die Lehmputze werden entweder in der Naturoberfläche oder als helle Lehm-Edelputze ohne irgendwelche synthetisch –organischen Zusätze ausgeführt. Die restlichen Flächen bestehen aus Glas, z.T. auch die Türen und aus den emissionsmäßig unproblematischen heimischen Holzarten Fichte und Lärche. Dadurch sind die Raumbooberflächen im Haus zum größten Teil mineralisch und geben keinerlei VOC – Emissionen ab. Es werden außer an den Fensterrahmen keine Lacke und nirgends Fliesen verwendet, stattdessen im Sanitärbereich Tadelakt-Kalkglanzputztechniken. Kreidezeit-Kasein Wandfarbe wird in geringem Umfang verwendet, sie ist in Kombination mit n&l Lehmputz seit Jahren problemlos im Einsatz.

Die gezielte Abluftabsaugung in den WC-Muscheln erübrigt die emissionsseitig mehrfach problematischen „WC-Duftsteine“. Als einzige relevante VOC-Quelle bleiben die Bürogeräte und aus Kostengründen einzelne vorhandene konventionelle Büromöbel über.

7 Grasdach als Trockenbiotop

luft_wärme_leer_7122004.pdf

Im Hohlraum zwischen dem flachen Pfettendachstuhl und den Deckenmodulen, der wegen der Zugänglichkeit für Langzeituntersuchungen der Bauteile in diesem Objekt eingeplant wurde, befindet sich(6) eine Einflugmöglichkeit für Fledermäuse. Mit dem WWF – Experten A. Vorauer wurde diese Möglichkeit praktisch fast ohne Zusatzkosten eingeplant.

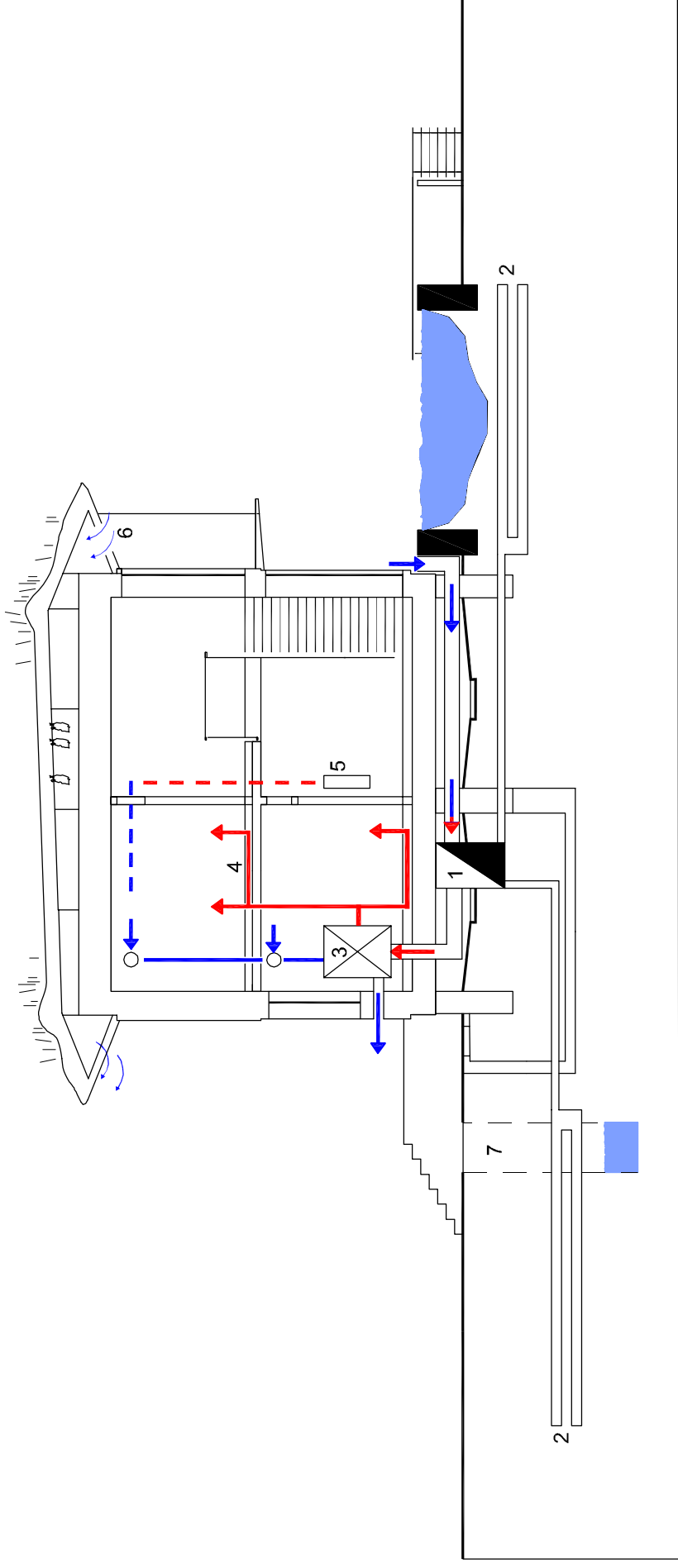
Darüber, auf einer Rauschalung mit Geotextilie und PVC-freier EPDM-Folie abgedichtet liegt das Grasdach (vgl. Bild 14). Das Lehm-Grasdach wurde als Versuchsfläche für die Anlage sekundärer Trockenrasenbiotope angelegt. Erste Trockenrasenbiotop-Grasdächer, von mir nach System Prof. Minke angelegt, sind bereits seit 20 Jahren als stabile Pflanzengesellschaften wartungsfrei und werden mit der Zeit immer schöner.

Der Aufbau des Grasdaches (7 cm Blähton-Leichtlehm als n&l Fertigmischung + 1 cm humusreiches, nährstoffarmes Substrat) ist ebenfalls eine Neuentwicklung in Zusammenarbeit mit der Grasdachfirma Gepp und mit dem Blähtonhersteller, Fa. Liapor. Es wird ab 2005 in unser Produktionsprogramm aufgenommen.

Außerdem konnte mit diesem wasserspeichernden und weitgehend erosionsresistenten Aufbau vollständig auf Dachrinnen und Dachwasserableitung verzichtet werden. Da verzinkte Dachrinnen und Fallrohre eine der größten Quelle für die Belastung des Klärschlammes mit dem Schwermetall Zink sind, ergibt sich aus dieser Vermeidung auch eine Umweltentlastung. Weiters ergaben sich durch vermiedene Kosten für Regenwasserableitung insgesamt keine Mehrkosten gegenüber konventionellen Dachausführungen mehr.

Nachhaltigkeitsaspekte der Konstruktion:

Die starke Nachhaltigkeit (Anm.5 Goodland) dieser Konstruktion liegt auf der Hand. Es ist hier gelungen durch gezielte Materialauswahl unter anderem eine erhöhte Wasserspeicherfähigkeit zu erreichen. Diese Maßnahme hält das Niederschlagswasser zurück, verbessert so das lokale Kleinklima und verringert die Belastungen der Abwasserinfrastruktur. Weiters entsteht durch diese Maßnahme auf dem auskragenden Dach mit diesem speziellen Aufbau für extensive Begrünung und durch seine unterschiedlichen Substratdicken Raum für differenziertes, sekundäres Trockenrasenbiotop mit seinen vielfältigen Arten. Es ist mit 350 m² Fläche deutlich größer als die verbaute Fläche und ist eine Alternative zur üblichen Versiegelung der



- 1 wärmetauscher
- 2 erdreichregister
- 3 wärmerückgewinnung
- 4 zuluft über Lehmrohrziegelkanäle
- 5 bio-äthanol-nachheizung
- 6 einflugöffnung federmause
- 7 nutzwasserbrunnen

Baufläche durch Verbauung. Diese Maßnahme hat darüber hinaus eine Reihe weiterer positiver Folgewirkungen für die lokale Umweltsituation.

Von den auf Trockenrasen nachgewiesenen, weit über 1000 Tier- und Pflanzenarten können an die 200 nur auf Trockenrasen überleben. Die Erhaltung natürlicher und die Neuanlage solcher künstlicher trockener Lebensräume, die von Trockenrasenarten quasi als Trittsteine genutzt werden, kann eine Vernetzung mit den wenigen verbliebenen, großen Trockenrasenflächen der Region bewirken und somit als Quelle weiterer Wiederbesiedlung und Stabilisierung dienen. „Aufgabe ist, es der Öffentlichkeit Wert und Ästhetik dieser Biotopinseln zu vermitteln, bevor die letzten trockenen Oasen unwiederbringlich verloren gehen“ (Anm.6, Prohammer). Durch die Funktion dieses Gebäudes als „Haus der Zukunft“ - Demonstrationsobjekt wird versucht, zusammen mit dem geplanten Feuchtbiotop einen modellhaften Beitrag zum Verständnis solcher wertvoller Naturräume zu liefern.

8 Feuchtbiotop:

Der Südfassade vorgelagert wird ein Feuchtbiotop angelegt. Dabei kommt nicht die übliche Konstruktion mit einer Teichfolie zur Anwendung, sondern es wird eine optimierte Lehm-Abdichtung zum Einsatz kommen. Aufgrund eingehender Tonmineraluntersuchungen kann dazu auch kostengünstiger Abraumlehm aus unserem Sand-Abbau beim Werk Winzing nahe St. Pölten mit verwendet werden. Die Lehme für diese Konstruktion sollen nach den Erfahrungen mit der Referenzanlage in Tattendorf künftig auch in einem transportkostenbedingt, regionalen Einzugsbereich um das Werk Winzing angeboten werden. Der Teich wird vom Brunnenwasser gespeist, das vorher zur im Wärmetauscher im Installationsschacht die Zuluft im Sommer gekühlt hat, bzw. in der Heizperiode vorgewärmt. Das eingespeiste Wasser kann in einer Sumpfzone am Teichrand wieder versickern.

Im Winter reflektiert die Wasserfläche oder das Eis die unter flachem Winkel einfallenden Sonnenstrahlen in das Innere des Hauses. Im Sommer, bei steilem Lichteinfallswinkel kommt es dagegen zur Reflexion an den Scheiben der Fixverglasung.

Die Luftansaugung für das Haus erfolgt knapp über der Wasseroberfläche, vor allem um möglichste Staubfreiheit zu erreichen.

Nachhaltigkeitsaspekte der Konstruktion:

Die ausgedehnten Feuchtgebiete des Wiener Beckens wurden bis auf geringe Reste vernichtet. Mit der Anlage eines nährstoffarmen, kalkhaltigen Feuchtbiotop - Typs soll versucht werden, den auf solche Standorte spezialisierten, seltenen und zum Teil hochgradig gefährdeten Arten des Tieflands am Westrand des Pannonikums eine Ansiedlungsmöglichkeit zu geben. Das Feuchtbiotop soll als ein „Trittstein“ für eine künftige Stabilisierung der Bestände mit Hilfe solcher Sekundärbiotope dienen und es soll ebenfalls, aber anschaulicher als das Grasdach, Erlebnis- und Verständnismöglichkeit für diese Art von „Wildnis“ bieten.

Abwasser:

Das Abwasser wird konventionell über Anschluss an das Kanalnetz entsorgt. Eine Entsorgung der Fäkalien ohne Anschluss an das Kanalnetz und die getrennte Behandlung der Abwässer in einem bepflanzten Klärteich wäre möglich gewesen. Diese Variante wurde wegen des höheren Wartungsbedarfes ausgeschieden. Ein weiterer Grund war, dass so ein zwar sauberes aber nun sehr nährstoffreiches Feuchtbiotop entstanden wäre, das nur von wenigen, starkwüchsigen Arten dominiert würde.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen:

Wichtigstes Ergebnis ist, dass der Beweis erbracht wurde, dass es möglich ist mit nachhaltigen, baubiologischen Materialien, mit „Biomasse“ und Lehm ein Passivhaus zu bauen. Die Energieeffizienz eines Passivhauses, Bauökologie, und Baubiologie lassen sich im Bereich üblicher Kosten in einem Baukonzept integrieren. Baubiologie und Passivhaus-Energieeffizienz ist kein Widerspruch.

Es konnte z.B. nachgewiesen werden, dass die erforderliche Luftdichtheit durch Lehm-Vlies-Technik anstatt durch übliche Dampfbremspapierbahnen oder sonstige technische Folien erreicht werden kann. Damit wurde eine der alten Grundforderungen der Baubiologie nach Diffusionsoffenheit aller Bauteile erfüllt. Von Baubiologen wie Palm (Anm. 9, Palm) und Vorläufern wurde diese Forderung einst offensichtlich intuitiv, ohne wissenschaftliche Begründung aufgestellt, was ihnen scheinbar berechnete negative Kritik eintrug.

Die Feuchtemessungen im Wandaufbau des Passivhauses seit der Fertigstellung zeigen das erwartete dynamische Gleichgewicht. Die Prozentwerte der Feuchte im Dämmstoff pendeln um einen unproblematischen Mittelwert. Die dafür verantwortlichen, materialspezifischen komplexen kapillaren Transportprozesse innerhalb des Wandaufbaus bis zur Oberfläche werden von den üblichen statischen

Taupunktberechnungen bisher ignoriert. Von einer statischen Modellvorstellung ausgehend, versucht man konsequent Feuchte vom Bauteil mit Dampfbremsen oder –sperrern abzuschotten, was zu geringer Fehlertoleranz bei der Ausführung und daher häufig zu Bauschäden, besonders im Dachausbau führt.

Im Gegensatz dazu ermöglichen es Wandaufbauten aus kapillar feuchteleitenden, biogenen Dämmstoffe, Holz und dem kapillar außerordentlich leistungsfähigen natürlichen Lehm diese dynamischen Prozesse zur dauerhaft sicheren Entfeuchtung moderner, mehrschichtiger Bauteile zu nutzen.

Ergebnis der quantitativen ökologischen Bewertung der Herstellung des Lehm-Passivhauses Tattendorf:

Die quantitative ökologische Bewertung des Gebäudes erfolgte mit der Software EcoSoft durch das Institut für Baubiologie und Ökologie Wien (IBO) (s. Anhang „Ökologische Gebäudebewertung“). Als Vorab-Information für diesen Endbericht erhielten wir das erfreuliche Ergebnis für den Bau in Tattendorf. Der Wertebereich des OI3 - Indikators für Gebäude umfasst 100 Punkte. Je höher die Punktezahl desto schlechter ist die ökologische Qualität eines Gebäudes. Das Projekt-Gebäude erhielt die bestmögliche Bewertung mit null OI3 Punkten.

Z.B. zeigt der Bau des Hauses eine positive CO₂ Bilanz, denn durch den Bau wird mehr CO₂ gebunden als bei der Herstellung frei wird.

Einsatz von Lehm

Das Forschungsprojekt lieferte wertvolle Erkenntnisse zum Verständnis von Kombinationen von biogenen Werkstoffen mit Lehm als „Motor“ kapillarer Transportprozesse. Z.B. konnte im Projekt ein neues, semitransparentes Fassadensystem (Glas/Schilf/Lehm) entwickelt und versuchsweise eingesetzt werden. Es ist Erfolg versprechend hinsichtlich weiterer Energieverbrauchssenkung, Erscheinungsbild und Kosten, so dass wir es dringend weiter entwickeln möchten. Die wertvollen, konkreten Erfahrungen aus dem Bau dieses Lehm-Passivhauses würden nun Möglichkeiten zur technischen Weiterentwicklung dieses Konzepts in einigen wesentlichen Punkten ermöglichen.

Als Außenoberfläche hat der Biofaserlehm auch unter extremen Wetterbedingungen mechanisch problemlos standgehalten. An der Westwand die in Tattendorf die ausgeprägte Wetterseite ist, zeigen sich kurzzeitig nach Schlagregen hohe Feuchte-Spitzenwerte, die aber rasch wieder zurückgehen. Die Langzeitbeobachtung wird zeigen ob das möglicherweise langfristig zu Schäden in der Dämmung führen würde. Eine Dämmmaterialentnahme aus der Wand ist daher nach einem Jahr vorgesehen,

um wenn es notwendig wäre, hier nachträglich das oben angeführte, semitransparente Fassadensystem einzusetzen.

Der Einsatz von Lehm kann aufgrund der Erfahrungen in Bezug auf die Masse noch wesentlich reduziert werden, was Transportkosteneinsparung bringt, ohne dass seine Funktion beeinträchtigt wird.

Die Montage und der Innenausbau zeigten klar, welche Bauteile künftig sinnvollerweise bei der Herstellung vorverputzt werden sollten und wo nur die Vliesschicht in der Fertigung aufgebracht werden soll.

Stroh als Dämmstoff:

Die Anwendung von Stroh als Dämmstoff ist noch verbesserungsfähig. Hier war kein klarer Trend zum Vorteil einer bestimmten Anwendungstechnik zu erkennen. Für einen echten, praxisrelevanten Kostenvergleich zwischen Wärmedämmung mit Ballenstroh-Techniken und einer Wärmedämmung mit Strohhacksel müsste erst eine rationellere Einbringungstechnik für Hacksel entwickelt werden, was angesichts des gewaltigen Rohstoffpotentials dieses nachwachsenden Dämmstoffs sinnvoll wäre.

Fenster:

Für das Fenster, als die größte verbleibende Schwachstelle im Passivhaus sind neue, energieeffizientere Lösungen vorstellbar, die mit einem Hersteller in einem F&E Projekt entwickelt werden könnten.

Konstruktion der Gebäudehülle - radikale Vereinfachung möglich?

Das Konzept der Plattform- und Deckenmodule des Lehm-Passivhauses hat sich sehr gut bewährt. Die erhoffte Kostengleichheit mit konventionellen Konstruktionen wird aber trotz Detail-Verbesserungen nicht erreicht werden können.

Ausblick:

Zur Bewertung der Ressourcen-Effizienz von Bau-Konzepten machte ich eine Grobabschätzung am Beispiel der Biomasse Holz als Bezugsgröße (Anm.7). Holz wäre einer der wichtigsten Rohstoffe einer nachhaltigen Wirtschaft, sowohl als Konstruktionsholz als auch als Energieträger.

Es ist keine Überraschung, dass die thermische Sanierung eines beliebigen Altbaus auf Niedrigenergiestandard nachhaltiger erscheint als der Neubau eines Niedrigenergie-Hauses. Nur als Passivhauskonstruktion wird ein Neubau überhaupt um 12 bis 22 % ressourceneffizienter als eine solche Altbausanierung. Der

Unterschied zwischen den nachhaltigen PH-Konstruktionen eines S-House Böhheimkirchen und des PH Tattendorf ist dabei nicht signifikant.

Erst eine mögliche Weiterentwicklung des Lehm-Passivhaus Konzepts auf Basis der Erkenntnisse die aus dem Bau des PH Tattendorf gewonnen wurden könnte in diesem Vergleich einen gegenüber dem derzeitigen Stand nochmals um 40 % reduzierten Holz-Biomasseverbrauch bringen und damit die Sanierungsvariante um minus 55 % signifikant übertreffen. Die mit Abstand ineffizienteste Variante war in diesem Vergleich die bloße Umstellung der Beheizung eines Altbaus auf Biomasse als „Alternativenergie“.

Daraus folgt, dass Investitionen (aus Gründen des Klimaschutzes und der Reduktion der Importabhängigkeit) in die passive Energieeinsparung volkswirtschaftlich effizienter sind als Investitionen in die Substitution der Erzeugung von Energie aus nichterneuerbaren Quellen. Natürlich ist beides als Teil einer optimierten Gesamtstrategie notwendig (Anm.8), es geht keinesfalls um eine „Entweder-Oder“ Entscheidung. Betrachtet man jedoch z.B. den Sektor „Biomasse“ so entsteht der Eindruck einer verkehrten Priorität – der Anlagenbau zum Verheizen von Biomassen wird substantiell aus öffentlichen Mitteln gefördert, das „Bauen mit Biomasse“ auf Passivhausstandard aber im Verhältnis dazu wenig (Anm.9). Diese Investition bleibt, oft nicht recht effizient eingesetzt, der vereinzelt Privatinitiative überlassen.

Empfehlungen:

F&E Bedarf besteht generell bei mehreren Komponenten für den Passivhausbau, auch wenn in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht wurden, sowie für die Weiterentwicklung des nachhaltigen Passivhauses in Richtung Kostensenkung und weiterer Energieverbrauchsminderung.

Fenster:

Auch die besten, derzeit am Markt verfügbaren PH-Fenster sind bekanntlich immer noch die größte Schwachstelle in der Gebäudehülle. Das Kastenfenster wurde bereits im 19.Jhdt als funktionell differenzierte, gute Lösung für Wärmebrückenprobleme im historischen Altbau entwickelt. Eine dem PH-Wandaufbau adäquate Weiterentwicklung dieses Konstruktionsprinzips müsste doch lohnend sein?

Im modernen Lehmbau führte z.B. die Entwicklung innerhalb von 10 Jahren von der monolithischen Holzleichteilewand ($u = 0,5 \text{ W/m}^2/\text{K}$) zur Lehm Passivhaus - Wand ($u = 0,11 \text{ W/m}^2/\text{K}$) mit einem funktionell differenzierten, mehrschichtigen und vor allem stärkeren Wandaufbau.

Restenergiebedarf:

Je mehr es gelingt in Zukunft den Nachheizbedarf für die Raumheizung mit wirtschaftlichen Maßnahmen unter den heutigen Stand der Technik von 15 kWh/m²/a zu bringen, desto interessanter wird vermutlich eine einfache Bioäthanol-Nachheizung werden, ähnlich wie sie im vorliegenden Forschungsprojekt entwickelt und eingeplant wurde, da dieses System parallel zu den beiden parallelen Bedarfsspitzen sowohl Wärme als auch Feuchte liefert. Das Problem des Defizits in der Feuchtebilanz wird durch den langfristigen Trend zur Verkleinerung der Haushaltsgößen tendenziell zunehmen.

Ähnlich wie bei Einführung der Kraft-Wärme Kopplung gibt es auch bei der Verwendung von Bioäthanol ein steuertechnisches Problem: Entweder ist der biogene Energieträger als Alkohol mit einer Steuer belegt oder als Spiritus vergällt. Das Vergällungsmittel würde jedoch bei der Verbrennung unnötig zumindest leichte Geruchsprobleme verursachen.

Vergleichende medizinische Untersuchungen zur Wirkung von nicht nachhaltigen und nachhaltigen, natürlichen Baustoffen wie Vollholz und Lehm auf den Menschen.

Viele Bewohner und Besucher von Häusern mit Lehm – Innenraumoberflächen behaupten glaubwürdig eine Art Wärmestrahlung zu empfinden, die vom Lehm ausgeht. Um dies im Vergleich zu konventionellen Materialien zu überprüfen stünden auch wissenschaftlich anerkannte medizinische Verfahren zur Verfügung. Diese können, unabhängig von der Art der Beeinflussung, über medizinische Messdaten von Versuchspersonen Wirkungen auf den Organismus als Summenphänomen quantifizieren und bewerten. Ein solches Forschungsprojekt das den wissenschaftlichen Nachweis eines positiven Effekts auf den Menschen erbringt wäre förderlich für das nachhaltige Bauen.

Weitere Bauteile:

In der Lüftungstechnik für Passivhäuser wäre eine vergleichende Bewertung von wasserführenden Erdreichregistern mit Luft/Erdreichwärmetauschern hinsichtlich Wartungsaufwand, Kosten und thermischer Leistungsfähigkeit aufschlussreich. Auch die Filtertechnik der Lüftungsanlagen wäre vermutlich noch zu verbessern. Weitere Gebiete wären die Beobachtung des Langzeitverhaltens von Bauteilen mit Schlüsselfunktion, wie z.B. Vakuum – Dämmelemente, sowie Raumklima- und Innenraumluftmessungen über mehrere Jahre.

Weiterentwicklung des nachhaltigen Passivhauses

Low Cost Lehm-Stroh Passivhäuser sollten als Forschungs- und Demonstrationsprojekt gebaut werden. Ein Ansatz dazu wäre das Konzept des lasttragenden Strohballenbaus. Die statischen Probleme dieses Konzepts wurden aber bisher nicht befriedigend gelöst und auch der Bauholzverbrauch nicht wesentlich gesenkt. Aber auch im nicht lasttragenden Bauen mit Strohballen treten Probleme bei der Ausführung von Baudetails auf, was nicht selten zu Schäden führte, die in der einschlägigen Literatur nur ansatzweise dargestellt werden. (Anm.10, Minke Strohballenbau).

Mit den aus den beiden Projekten „Bauteilentwicklung für Lehm-Passivhäuser“ und dem Lehm-Stroh Passivhaus Tattendorf gewonnenen Erfahrungen in der Nutzung von Materialeigenschaften und den Baudetail-Entwicklungen wäre es möglich eine nachhaltige und dauerhafte Low-Cost Lehm-Stroh Passivhauskonstruktion als Variante zu entwickeln.

Die radikale Vereinfachung der Wand- Boden- und Deckenkonstruktionen wäre in peripheren ländlichen Gebieten, wo kostengünstige Bauflächen, Biomassen und Infrastruktur zur Verfügung stehen eine Möglichkeit zur substanziellen Kostensenkung, die am effizientesten mit Versuchsbauten ausgelotet werden könnten. Weitere Kostenreduktionen könnten durch die vermehrte Substitution Bauholz durch Stroh und durch Verwendung von preisgünstigeren Holzsorten entstehen.

Das würde als Ansatz erstmals seit Beginn des Industriezeitalters einen gewissen Standortvorteil für den ländlichen Raum gegenüber dem Ballungsraum bringen. Es könnte zugleich der erste Fall sein in dem eine nachhaltige Herstellungsweise wirtschaftlicher als die konkurrierende konventionelle Herstellung wird. Auf allen anderen Sektoren der Wirtschaft (z.B. erneuerbare Energie, biologische Landwirtschaft, etc.) erscheint das bisher unter den heutigen ökonomischen Rahmenbedingungen kaum möglich.

Die Perspektive, eine nachhaltige Bauweise möglicherweise nicht allein über immaterielle Motivation und bescheidene gesetzliche Förderungsmaßnahmen sondern durch die alles dominierenden „Kräfte des Marktes“ voranzubringen ist eine der interessantesten Chancen, die sich aus dem vorliegenden Forschungsprojekt ergaben. Diesen Ansatz würden wir deshalb gerne weiter verfolgen.

Anmerkungen

Anm.1:
Scherhorn,G., Natur und Kapital, S. 69

Anm.2:
CEPHEUS Studie

Der vollständige Bericht mit Angaben zur Raumluftfeuchte stand unter: www.cepheus.at als Download zur Verfügung. Im nicht publizierten Bereich auf der Homepage gibt es eine Tabelle zur Raumluftfeuchte während der Heizperiode in den einzelnen Häusern des Projekts.

Anm.3:
Schnögass, C.:
Einflüsse auf das Raumklima unter besonderer Berücksichtigung der Wasserdampfsorption von Innenputzen

Anm.4:
Schneider Schwiemann Bruckner, Lehm- und Ziegelbau - Handbuch S 119

Anm.5: „starke Nachhaltigkeit“
Goodland,R. und Daly,H.:
Die Notwendigkeit und Dringlichkeit ökologischer Nachhaltigkeit

Anm.6:
Prohammer,A.:
Bericht von einer interdisziplinären Studie im Rahmen des BMBWK Programms „Kulturlandschaftsforschung“ die sich damit auseinandersetzt, wie die Vielfalt der typischen Trockenrasenarten in der heutigen Kulturlandschaft bewahrt werden könnte.
„Die trockenen Oasen“
Artikel in:
Der Standard
12/13.10.2002
Album Wissenschaft spezial S 6

Anm.7:

Versuch einer Grobabschätzung des Verbrauchs an Bauholz – Biomasse für die Errichtung oder Sanierung eines Haustyps und des jeweiligen Verbrauchs an Brennholz-Biomasse über 50 Jahre Betriebszeit;

Daten:

Massen-Schätzungen nach Bauart und Wärmedämmstandard.

Reihung und Wertung:

nach Holz-Biomassen Gesamtverbrauch eines fiktiven Gebäudes mit den gleichen Ausmaßen wie das Referenzmodells PH Tattendorf (315 m² beheizte Fläche):

Konstruktion und Dämmstandard:	Errichtung:	Beheizung 50a:	Summe:
Altbau, Energieverbrauch wie beim Durchschnitt des Österreichischen Gebäudebestandes mit 220 kWh/m ² a angenommen; Nur Umstellung auf Beheizung mit Biomasse:	0 t	865 t	865 t
Konventioneller Holz-Riegelbau, Wärmedämmung nach NÖ Bauordnung:	73 t	315 t	388 t
Niedrigenergiehaus als Holz-Riegelbau:	83 t	178 t	261 t
Thermische Sanierung eines Altbaus auf Niedrigenergie-Standard:	10 t	178 t	188 t
Passivhaus in Konstruktions-Leimholz Bauweise wie S-House Böheimkirchen:	116 t	48 t	164 t
Lehm-Passiv Bürohaus Tattendorf als Referenzmodell	99 t	48 t	147 t
Weiterentwickeltes Lehm-Stroh PH:	61t	24 t	85 t

Anm.8:

Aus diesem Grund gingen wir trotz der Mehrkosten für „Ökostrom“ mit einem Ökostromanbieter einen Liefervertrag zur Stromversorgung des Bürogebäudes ab Errichtung ein. Die Investition in die geplante Photovoltaikanlage im Bereich des Windfangs wurde dagegen verschoben.

Anm.9:

Typisches Negativbeispiel ist die Waldviertler Bezirkshauptstadt Horn: Dort fiel 1987 trotz sehr guter Voraussetzung für ein Biomasse-Nahwärmeversorgungsnetz durch eine räumliche Konzentration von Großabnehmern die Entscheidung zugunsten des Baus eines Erdgasversorgungsnetzes aus. Eine Projektstudie des planenden Ing. Büros Gradischnig kam damals unter Anderem zum erstaunlichen Schluss, dass im Gebäudebestand der Stadt keine wirtschaftlichen Dämmmaßnahmen möglich seien. Nur 18 Jahre später gibt es heute Pläne zusätzlich ein Biomasse-Nahwärmenetz zu errichten, aber die thermische Gebäudesanierung ist noch immer kein Thema in der öffentlichen Diskussion.

Anm.10:

Minke,G., Mahlke,F. , Der Strohballenbau

Gesunde Raumluf
Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung
Tagungsband
Hrsg. IBO Verlag Wien 2004

Goodland,R. und Daly,H.:
Die Notwendigkeit und Dringlichkeit ökologischer Nachhaltigkeit
In: Natur und Kultur Jg. 5, Heft 2 /2004
ISBN: 3-902127-07-4

Greiml,A.:
Praxiserfahrungen von Wohnraumlüftungsanlagen in Österreich
In:
IBO-Magazin 4/04, Wien 2004

Hankammer, Lorenz
Schimmelpilze und Bakterien in Gebäuden
Vlg. R. Müller 2003

Holbach,H.:
Messungen der Kleinionen in der Raumluf
In: Wohnung + Gesundheit
Nr. 77, Dez. 1995
Hrsg. Institut für Baubiologie IBN Neubeuern

Krapmeier,H. Drössler,E.:
CEPHEUS – Wohnkomfort ohne Heizung
Springer Vlg. Wien (2001)

Lehmbau Regeln

Begriffe, Baustoffe, Bauteile
Hrsg. Dachverband Lehm e.V.
2.Aufl. Braunschweig/Wiesbaden 2002

Maes, W. u.a.:
Elektrosmog – Wohngifte – Pilze
Heidelberg 1999

Meingast, R.:
Lehmbaupraxis im raschen technischen Wandel
In: Lehm 2000
Overall Verlag
Berlin 2000

Meingast, R.:
Das Projekt Lehm Passivhaus Bausystem
In:
Moderner Lehm bau 2003, S 48-54
Fraunhofer IRB Verlag
Berlin 2003

Minke, G.:
Dächer begrünen
1. Aufl. 2000
Staufen bei Freiburg

Minke, G., Mahlke, F.:
Der Strohballenbau
Ein Konstruktionshandbuch
1. Aufl. 2004
Staufen bei Freiburg

Palm, H.:
Das gesunde Haus
Konstanz 1979

8. Europäische Passivhaustagung

Krems, Österreich
Tagungsband
Hrsg. Zentrum f. Bauen und Umwelt
Krems 2004

Pauli, P. u. Moldan, D.:
Reduzierung hochfrequenter Strahlung im Bauwesen
Baustoffe und Abschirmmaterialien
Untersuchung d. Univ. d. Bundeswehr, HF- u. Mikrowellentechnik
Broschüre, Iphofen (5/2000)

Ressourcen Effizienz
von Lehm Fertigputz der Firma natur & lehm
Studie
Technisches Büro Leiler
Wien (2000)

Scherhorn, G.:
Natur und Kapital.
Über die Bedingungen nachhaltigen Wirtschaftens
In: Natur und Kultur Jg. 5, Heft 1 /2004 ISBN: 3-902127-07-4

Schneider, Schwiemann, Bruckner:
Lehmbau für Architekten und Planer
Düsseldorf 1996

Schnögass, C.:
Einflüsse auf das Raumklima unter besonderer Berücksichtigung der Wasserdampfsorption von
Innenputzen
Diplomarbeit am Inst. f. Baustofflehre, TU Wien (1997)

Symposium
Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen
FH Kiel
Fraunhofer IRB Vlg. Stuttgart (2000)

Waltjen, T.:
Wärmeansprüche des Menschen

IBO Verlag Wien 2003

Ziegert, C.:

Lehmwellerbau

Konstruktion, Schäden, Sanierung

TU Berlin Berichte aus dem konstruktiven Ingenieurbau

Fraunhofer IRB Verlag

Heft 37, Berlin 2003

Anhang:

Anhang:

„Altlast / A.C.E - Laborbericht“

(Laborbericht zur Untersuchung von Bodenproben im Bereich der Altlast auf pflanzenverfügbare Schwermetalle in Ausarbeitung)

Anhang:

„Altlast / ÖÖI Bericht“

Bericht des Österr. Ökologie-Instituts zum weiteren Vorgehen nach der Auffindung von Schlackenresten im Zuge der Bautätigkeiten auf dem Grundstück 634/2 der KG Tattendorf
(7 Seiten) Wien 2004

Anhang:

„Bio-Äthanol Nachheizung“

Entwurfs- und Konstruktionszeichnungen

Mag. Michael Öllinger / Grafenberg

Anhang

„Heizlastberechnung Büro Waxmann“

Berechnung der Heizlast mit Programm

EuroW A E B E D Version 1.0a K. Krec, E. Panzhauser

Ing. Büro Holz & Solar Waxmann Traiskirchen

Anhang:

„Ionen“

Holbach,H.:

Messungen der Kleinionen in der Raumluft

In: Wohnung + Gesundheit

Nr. 77, Dez. 1995

(Kopie)

Anhang

Lüftungskonzept

Dr. Rudolf Kunesch
 Technologiezentrum Salzkammergut
 4800 Attnang-Puchheim
 (Planskizze)

Anhang

„Luftdurchlässigkeit“

Messung der Luftdurchlässigkeit zweier Wandaufbauten in der Fläche sowie im Bereich des Eckanschlusses gemäß ÖNORM EN 12114 (Prüfung im Auftrag von natur&lehm)

Prüfbericht d. Forschungsinstituts Holzforschung Austria, Wien 2003

(13 Seiten)

Anhang

„Ökologische Gebäudebewertung PH Tattendorf“

(e-Mail Kopie der Bewertung für das Lehm PH Tattendorf aus einer vergleichenden Bewertung von Passivhäusern, ausgeführt von DI Bernhard Lipp, IBO Wien; zur Zeit der Verfassung des Endberichts noch unpubliziert)

Vergleich: Lehm-Passiv Bürohaus mit Standard Bürohaus

Lehm-Passiv Bürohaus (Ausführung)

Projektbezeichnung:	Lehm-Passiv Bürohaus Tattendorf
Eigentümer:	
Verwalter:	
Baujahr:	
Gemeinde:	Tattendorf
Nutzfläche des Gebäudes:	m ²
Beheizbare Bruttogeschossfläche:	416 m ²
Anzahl der Geschosse:	2
Bauweise:	Leichtbau
Außenwände:	Holzriegelkonstruktion mit 40cm Strohdämmung
Decken:	Dübelbaumdecke mit Lehmsteinen
Dach:	Gründach mit innen 66cm Strohdämmung
Fenster:	Holz
Heizwärmebedarf:	4992 kWh/a
Spez. Heizwärmebedarf:	12 kWh/(m ² a)
PEI _{ges} // PEI _{TGH} /KOF	516241,9 MJ // 299,7 MJ/m ²
GWP _{ges} // GWP _{TGH} /KOF	-173365,5 kg CO ₂ eq. // -172,8 kg CO ₂ eq./m ²
AP _{ges} // AP _{TGH} /KOF	248,9 kg SO ₂ eq. // 0,1516 kg SO ₂ eq./m ²
OI _{3TGH} // OI _{3TGH-1c}	0,00 //

Lehm-Passiv Bürohaus Referenz-Standardgebäude (Baustandard)

Projektbezeichnung:	Lehm-Passiv Bürohaus Tattendorf
Eigentümer:	
Verwalter:	
Baujahr:	
Gemeinde:	Tattendorf
Nutzfläche des Gebäudes:	m ²
Beheizbare Bruttogeschossfläche:	416 m ²
Anzahl der Geschosse:	2
Bauweise:	Massivbau
Außenwände:	Stahlbeton + 36cm EPS
Decken:	Zwischendecke: Stahlbeton; Unterste Geschoßdecke: Stahlbeton + 38 cm XPS (HFKW)
Dach:	Stahlbeton + 52cm EPS
Fenster:	PVC-Fenster
Heizwärmebedarf:	4992 kWh/a
Spez. Heizwärmebedarf:	12 kWh/(m ² a)
PEI _{ges} // PEI _{TGH} /KOF	1701155,1 MJ // 1501,1 MJ/m ²
GWP _{ges} // GWP _{TGH} /KOF	170388,2 kg CO ₂ eq. // 171,4 kg CO ₂ eq./m ²
AP _{ges} // AP _{TGH} /KOF	604,2 kg SO ₂ eq. // 0,4986 kg SO ₂ eq./m ²
OI₃TGH // OI₃TGH-1c	100,00 //

Anhang

„Patent Biofaserlehm“

Europäisches Patent Nr. 0903328 für Biofaserlehm (Kopie Deckblatt)

Anhang

„Statik“

Vorstatik

Büro Dr. K.H. Hollinsky & Partner

GZ 02 064

(87 Seiten)

Anhang

„Stroh“

OIB Kurzdokumentation zum Fabrik d. Zukunft Projekt „Stroh kompakt“

(2003)

Anhang

„Südfassade / Optimierung des Glasflächenanteils“

Rechnerische Untersuchung des thermischen Gebäudeverhaltens in Abhängigkeit von der Größe der Glasflächen in der Südfassade.

Berechnungsvarianten mit Gebäudesimulationsprogramm GEBA V3.0

Für je drei Verglasungsgrößen – Varianten wurden berechnet:

- a) Sommertauglichkeit,
- b) Abhängigkeit der Tagestemperaturverläufe im Gebäude von der Jahreszeit,
- c) Heizwärmebedarf

Büro für Bauphysik

Prof. DI. Dr. Krec /Schönberg a. Kp.

(16 Seiten)

Anhang:

„Termitensicherheit“

G.W. Wittmann & Associates

Civil & Structural Consulting Engineers

Beratungsunterlagen zu Termitenschutz nach Australischem Standard

Anhang

„Wärmerückstrahlung“

Thermographischer Bericht über die Untersuchung von 3 Putzproben

G.O.T. Gotschy Optotechnik

Dr. W. Gotschy

A-5421 Adnet (2003)