

## S-House

Innovative Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen  
am Beispiel eines Büro- und Ausstellungsgebäudes

R. Wimmer, H. Hohensinner, M. Drack

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**12/2006**

## **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 bei:

Projektfabrik Waldhör  
Währingerstraße 121/3  
1180 Wien

# S-House

Innovative Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen  
am Beispiel eines Büro- und Ausstellungsbäudes

R. Wimmer, H. Hohensinner, M. Drack

Grat - Gruppe angepasste Technologie

Wien, 2006

**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 in der Schriftenreihe 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

<b>1</b>	<b>KURZFASSUNG/SUMMARY</b> .....	<b>3</b>
1.1	KURZFASSUNG .....	3
1.1.1	<i>Motivation</i> .....	3
1.1.2	<i>Beabsichtigte Ziele</i> .....	3
1.1.3	<i>Inhalt und Ergebnisse</i> .....	4
1.1.4	<i>Schlussfolgerungen</i> .....	6
1.2	SUMMARY.....	7
1.2.1	<i>Motivation</i> .....	7
1.2.2	<i>Project goals</i> .....	7
1.2.3	<i>Content and results</i> .....	8
1.2.4	<i>Conclusions</i> .....	10
<b>2</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>VERWENDETE METHODEN UND DATEN</b> .....	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>GRUNDLAGEN</b> .....	<b>16</b>
4.1	EINBINDUNG DER ERGEBNISSE AUS DEN GRUNDLAGENSTUDIEN - BAUÖKOLOGISCHER EINSATZ DER KOMPONENTEN AUS NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN.....	16
4.2	STROHBAU-EXPERTISE AUS DEN USA.....	20
4.2.1	<i>Aktuellste architektonische Entwicklungen des Strohballenbaus in den USA</i>	20
4.3	INTERNATIONALE ANALYSE VON DEMONSTRATIONSGEBÄUDEN.....	25
4.3.1	<i>Schlussfolgerungen</i> .....	26
4.4	TECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN DER SCHALLDÄMM-EIGENSCHAFTEN VON STROHBALLENWANDAUFBAUTEN .....	27
4.4.1	<i>Ergebnisse der Schallschutzprüfung</i> .....	28
<b>5</b>	<b>DETAILPLANUNG</b> .....	<b>32</b>
5.1	TREEPLAST KONSTRUKTIONSELEMENT.....	32
5.1.1	<i>Anforderungen</i> .....	32
5.1.2	<i>Ausführung des Prototypen</i> .....	32
5.1.3	<i>Herstellung</i> .....	33
5.2	MEMBRANDACH .....	34
5.2.1	<i>Methode: Nutzwertanalyse</i> .....	34
5.2.2	<i>Ergebnisse</i> .....	36
5.3	PASSIVHAUSTAUGLICHE STROHBALLEN-HOLZ GEBÄUDEHÜLLE .....	38
5.3.1	<i>Konstruktionsvarianten</i> .....	38
5.4	HAUSTECHNIK .....	42
5.4.1	<i>Zielsetzung</i> .....	42
5.4.2	<i>Elektrotechnisches Konzept</i> .....	42
5.4.3	<i>Luft- und Wärmeverteilungskonzept</i> .....	45
5.4.4	<i>Biomasse-Speicherofen</i> .....	49
5.5	PASSIVHAUSBERECHNUNG .....	52
5.6	BERECHNUNG DER SOMMERTAUGLICHKEIT.....	53
<b>6</b>	<b>S-HOUSE: DOKUMENTATION DER ERRICHTUNGSPHASE UND TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER PROTOTYPEN.</b> .....	<b>57</b>
6.1	DETAILBESCHREIBUNG DER PROTOTYPEN .....	57

6.1.1	<i>Vorbereitung der Punktfundamente, Lehmputzgewinnung, installieren der Erdwärmetauscher</i> .....	58
6.1.2	<i>Umweltfreundliche Herstellung ressourcen-effizienter Punktfundamente für unterlüftete Gebäudeplatte</i> .....	60
6.1.3	<i>Spritzgussform und Befestigungselemente aus Holzspritzguss</i> .....	61
6.1.4	<i>Holzschalung mit neuartiger Befestigung mittels Holzspritzgusselementen direkt auf Stroh.</i> .....	63
6.1.5	<i>Lehmdirektverputz auf Strohbällen</i> .....	66
6.1.6	<i>Wärmebrückenfreie Strohwandaufbauten und Test-Wandsegmente</i> .....	69
6.1.7	<i>Wärmebrückenfreie strohballengedämmte Boden- und Deckenelemente</i> ....	74
6.1.8	<i>Luftdichte passivhaustaugliche Anschlussdetails und innovative Sonderkonstruktionen</i> .....	77
6.1.9	<i>Innovative, materialoptimierte statische Elemente</i> .....	81
6.1.10	<i>Passivhaustaugliche Fenster aus nachwachsenden Rohstoffen ohne Kunststoffanteil</i> .....	83
6.1.11	<i>Spezielle S-HOUSE Solarfassade</i> .....	86
6.1.12	<i>Membran-Dachkonstruktion mit Membran aus nachwachsenden Rohstoffen und UV Schutz aus lebenden Pflanzen</i> .....	87
6.1.13	<i>Produktneuentwicklung für Nassraumauskleidungen aus nachwachsenden Rohstoffen.</i> .....	88
6.1.14	<i>Regionale Natursteinplatten mit optimierten Speichervermögen und Steinverklebung mit natürlichen Klebstoffen</i> .....	90
6.1.15	<i>Spezielle ökologische Versiegelung/Oberflächenbehandlung für Innen und Außen.</i>	91
6.1.16	<i>Neu entwickelte Zwischenwandsysteme und Türen aus nachwachsenden Rohstoffen.</i> .....	94
6.1.17	<i>Innovatives Luft- und Wärmeverteilungskonzept</i> .....	95
6.1.18	<i>Prototyp eines stückholzbeheizten, passivhaustauglichen Biomasse-Speicherofens.</i> .....	97
6.2	<b>DETAILBESCHREIBUNG DER AUSRÜSTUNG</b> .....	99
6.2.1	<i>Inneneinrichtungselemente aus nachwachsenden Rohstoffen für den Ausstellungs- und Bürobereich.</i> .....	99
6.2.2	<i>Elektrotechnik</i> .....	104
6.2.3	<i>Ressourceneffiziente Beleuchtungssysteme</i> .....	106
6.3	<b>FERTIGGESTELLTES S-HOUSE</b> .....	107
<b>7</b>	<b>NUTZUNGSKONZEPT</b> .....	<b>112</b>
7.1	<b>AUSSTELLUNG</b> .....	113
7.1.1	<i>Vitrinen</i> .....	115
7.1.2	<i>Multimediaausstellung</i> .....	117
7.1.3	<i>Multimediaausstellung: Zone 1 – Begrüßung, Erstinformationen</i> .....	117
7.1.4	<i>Multimediaausstellung: Zone 2 - Hintergrundinformationen</i> .....	121
7.1.5	<i>Multimediaausstellung: Zone 3 - Detailinformationen zu den S-HOUSE Innovationen</i> .....	126
7.2	<b>VERANSTALTUNGSKONZEPT (DISSEMINATION DER ERGEBNISSE)</b> .....	132
7.2.1	<i>Akteursgruppen und Kooperationspartner:</i> .....	132
7.3	<b>MESSKONZEPT: INHALTE UND ZIELE</b> .....	135
7.3.1	<i>Messtechnik</i> .....	136
7.3.2	<i>Analyse der Messdaten</i> .....	143

7.3.3	Visualisierung der Messdaten .....	144
7.3.4	Mikrobiologische Begleitanalysen .....	146
<b>8</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK .....</b>	<b>155</b>
<b>9</b>	<b>ANHANG, PHPP BERECHNUNG.....</b>	<b>156</b>
9.1	OBJEKTDATEN .....	157
9.2	FLÄCHENZUSAMMENSTELLUNG.....	157
9.3	KLIMADATEN.....	158
9.4	HEIZWÄRME.....	159
9.5	HEIZLASTBERECHNUNG.....	160
9.6	EN EV JAHRESHEIZWÄRMEBEDARF .....	163
9.7	EN EV ANLAGENBEWERTUNG .....	164
9.8	EB AUSWEIS .....	165
9.9	REDUKTIONSFAKTOREN GEGEN ERDREICH .....	166
9.10	FENSTER.....	167
9.11	VERSCHATTUNG .....	168
9.12	SOMMERKLIMA.....	169
9.13	VERSCHATTUNGSFAKTOREN SOMMER.....	170
9.14	LÜFTUNG.....	171
9.15	WÄRMEVERTEILUNG UND WARMWASSERSYSTEM.....	172
9.16	SOLARE WARMWASSERBEREITUNG .....	173
9.17	HILFSSTROMVERBRAUCH .....	174
9.18	INTERNE WÄRMEGEWINNE .....	175
9.19	MONATSVERFAHREN.....	176
<b>10</b>	<b>VERZEICHNISSE .....</b>	<b>177</b>
10.1	LITERATUR .....	177
10.2	ABBILDUNGEN.....	179
10.3	DOKUMENTE.....	180
10.4	GRAFIKEN .....	180
10.5	TABELLEN.....	180

# 1 KURZFASSUNG/SUMMARY

## 1.1 KURZFASSUNG

### 1.1.1 Motivation

Der Baubereich ist jener Wirtschaftssektor mit den größten Massenflüssen und einem überaus hohen Energieverbrauch für Herstellung und Transport von Bauprodukten und Konstruktionen. Außerdem besteht eine quantitative und qualitative Baurestmassenproblematik, die sowohl für Umweltbelastung als auch steigende Entsorgungskosten verantwortlich ist. Die Ergebnisse von Vorstudien, u.a. der *Haus der Zukunft* Studie „Erfolgsfaktoren für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen“ (GrAT, 2001) haben ergeben, dass neben besserer Wärmedämmung vor allem der verstärkte Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen (NAWAROs) einen vielversprechenden Lösungsansatz für diese Probleme darstellt.

Die Herausforderung für dieses Projekt bestand in der Aufgabe, beides – den hohen Energiestandard der Passivhaustechnologie mit dem Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen – zu verbinden und damit sowohl die Vorteile der Passivhaustechnologie als auch jene der Baustoffe aus NAWAROs zu nutzen.

### 1.1.2 Beabsichtigte Ziele

Mit dem S-HOUSE wird nachhaltiges Bauen demonstriert. Dabei werden folgende zentrale Ziele verfolgt:

- Hohe Funktionalität und Qualität
- Minimierung des Energie- und Ressourcenverbrauchs
- Verwendung regionaler Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen
- Planung nach dem Vorsorgeprinzip (z.B. durch Einsatz ungefährlicher und ungiftiger Baumaterialien)
- Baubiologisch einwandfreie Ausführung für ein gesundes Raumklima
- Leichte Trennbarkeit der Baustoffe in der Rückbauphase und die Weiter- bzw. Wiederverwendung der Baustoffe
- Wirtschaftlichkeit nachhaltigen Bauens: Bereits in der Planung wird der ganze Lebenszyklus des Gebäudes (Errichtung, Nutzung und Rückbau) berücksichtigt, und die negativen Auswirkungen auf die Mitwelt minimiert
- Verbreitung nachhaltiger Bautechnologien auf Basis nachwachsender Rohstoffe

### Ressourceneffizienz: Das Faktor 10 – Haus

Mit dem S-HOUSE wird das „Faktor 10“-Konzept im Baubereich umgesetzt und den Kriterien nachhaltigen Bauens entsprochen. Die Reduktion des Energieverbrauchs auf ein Zehntel im Vergleich zum heutigen Stand der Technik wird durch den Einsatz der Passivhaustechnologie erreicht. Durch die Verwendung nachwachsender Rohstoffe und die Minimierung fossiler und mineralischer Materialien verringert sich der Ressourcenverbrauch ebenfalls beträchtlich. Der Vergleich einer Strohwandkonstruktion mit einem konventionellen Wandaufbau hat gezeigt, dass die Strohwand in allen Berechnungskriterien um den Faktor 10 besser abschneidet. Durch die Verwendung von Stroh als Baustoff können somit die negativen Auswirkungen auf die Umwelt wesentlich verringert werden. Diese Erkenntnisse gelten in ähnlichem Umfang auch für viele andere Produkte aus regional verfügbaren nachwachsenden Rohstoffen. Während die Herstellung der Strohwand einen ökologischen

Fußabdruck von nur 2364 (m<sup>2</sup>a/m<sup>2</sup> Wand) verursacht, verbraucht der vergleichbare konventionelle Wandaufbau mit 24915 (m<sup>2</sup>a/m<sup>2</sup> Wand) mehr als 10 Mal soviel natürliche Flächen<sup>1</sup>.

### **Definition nachhaltig Bauen**

Das Gebäude und seine Baukomponenten entsprechen optimal den gegenwärtigen Bedürfnissen der Nutzer, ohne künftigen Generationen Probleme zu hinterlassen. Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen sind hierbei eine wesentliche Grundlage für nachhaltiges Bauen.

### **Verbreitung der NAWAROs im Bauwesen**

Nachwachsende Rohstoffe spielen bei der notwendigen Umstellung unseres Wirtschaftssystems im Rahmen nachhaltiger Entwicklung eine zentrale Rolle. Gerade im Bauwesen gibt es zum einen eine Vielzahl an funktionalen Lösungen auf Basis nachwachsender Rohstoffe und zum anderen ein hohes Verbreitungspotenzial aufgrund der enormen Massenflüsse.

Die Verbreitung durch die Bereitstellung umfassender Informationen zur vielseitigen Produktpalette von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen und deren richtigen Anwendung ist ein zentrales Ziel dieses Projektes.

### **„End of Life Konzept“ für die Rückbauphase**

Im Sinne einer vorsorgenden Wirtschaftsweise werden in der Planungsphase des Gebäudes die Kriterien für einen einfachen Rückbau und eine optimale Wieder- und Weiterverwendbarkeit miteinbezogen. Diese Vorgangsweise soll als Vorbild für zukünftige Planungen dienen.

## **1.1.3 Inhalt und Ergebnisse**

### **Planung des Demonstrationsgebäudes**

Modernes Design und der Einsatz nachwachsender Rohstoffe können optimal kombiniert werden und erfüllen so die Anforderungen an eine zeitgemäße und zukunftsfähige Architektur. Das S-HOUSE verbindet moderne Architektur mit den Grundsätzen des Solaren Bauens, sowie dem Einsatz von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen. Der Planungsprozess wurde unter Miteinbeziehung aller beteiligten Partnerfirmen durchgeführt. Gemeinsam wurden die Lösungsmöglichkeiten erarbeitet, nach ökologischen und funktionalen Kriterien bewertet (teilweise unter Miteinbeziehung externer Experten) und die jeweils beste Variante zur Realisierung ausgewählt.

### **Internationale Analyse von Demonstrationsvorhaben**

Um den Stand der Technik zu erheben, wurde eine Analyse hinsichtlich der wichtigsten Kriterien nachhaltiger Bauweisen (mit Augenmerk auf energetische und materialtechnische Daten) an einer Reihe von internationalen ökologischen Demonstrationsgebäuden durchgeführt.

Auffallend bei den untersuchten Gebäuden ist die Tatsache, dass der energetische Aspekt immer im Vordergrund steht und die Frage der Materialwahl bei vielen Beispielen relativ wenig Beachtung findet. Obwohl die Palette von Demonstrationsobjekten sehr vielfältig ist,

---

<sup>1</sup> Berechnet nach der Methode SPI, Sustainable Process Index

wurde eine konsequente Umsetzung der Passivhaustechnologie ausschließlich mit Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen (wie im S-HOUSE geplant) bislang nicht realisiert.

## **Entwicklung innovativer Komponenten und Konstruktionen**

### **Verbindung von Passivhaustechnologie und innovativen Konstruktionen – Strohballebau**

Im Rahmen der „Haus der Zukunft“ Studie „Wandsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen“ konnten die guten bauphysikalischen Eigenschaften des Baustoffs Stroh nachgewiesen werden. Die hohe Wärmedämmwirkung ermöglicht die Realisierung der Passivhaustechnologie. So werden mit dem S-HOUSE die Zielsetzungen modernen und ökologischen Bauens bei gleichzeitiger Minimierung des Ressourcenverbrauches erfüllt. Wärmebrückenfreiheit und Luftdichtheit der Gebäudehülle sind wesentliche Voraussetzungen für die Erreichung des Passivhausstandards. Mit den erarbeiteten konstruktiven Lösungen, die diese Anforderungen erfüllen, wurde großer Wert auf den weitgehenden Einsatz nachwachsender Rohstoffe, leichte Weiterverwendbarkeit und Rezyklierbarkeit, sowie auf die Vermeidung von metallischen Komponenten und fossilen Kunststoffen gelegt. Die Konstruktionen sind nach bauphysikalischen Kriterien optimiert, bieten Sicherheit und hohen Benutzerkomfort.

### **Befestigungselement aus Biokunststoff**

Mit dieser speziell für das S-HOUSE entwickelten Strohschraube wird eine direkte Befestigungsmöglichkeit im Strohballe geschaffen. Damit können sowohl Außenfassaden wärmebrückenfrei montiert, als auch im Innenbereich nachträgliche Befestigungsmöglichkeiten in der Strohballewand realisiert werden. Durch das nach bionischen Kriterien entwickelte Schraubendesign wird mit minimiertem Materialverbrauch eine maximale mechanische Festigkeit erzielt. Die Verwendung von Biokunststoff erlaubt einen problemlosen Rückbau und die Rückführung in den biologischen Kreislauf.

### **Durchführung von Schallschutztests**

Die Ergebnisse des für den S-HOUSE Wandaufbau durchgeführten Schallschutztests zeigen, dass die Wandaufbauten mit 53 dB bzw. 55 dB die von der Norm vorgeschriebenen Werte übertreffen und einen ausgezeichneten Schallschutz bieten.

### **Haustechnik**

Die Haustechnik wurde nach den Kriterien: Minimierung der Leitungslängen, Verwendung nachwachsender Rohstoffe, maximale Rezyklierbarkeit, einfache technische Lösungen bei ansprechendem Design sowie hohen Nutzerkomfort entwickelt und besteht aus den Komponenten: Wärme- und Luftverteilungssystem, Beleuchtung und Elektrik. Als Wärmetransportmedium für die kontrollierte Be- und Entlüftung dient Luft, die über Kanäle aus Holz transportiert wird. Für die Abdeckung der Heizlastspitzen wird ein Biomasse-Speicherofen in das Wärme- und Luftverteilungssystem integriert. Mit einer einfachen Steuer- und Regelungstechnik können die komplexen Zusammenhänge zwischen Außentemperatur, Sonneneinstrahlung, interne Lasten (Nutzerfrequenz) und Abbrandverhalten des Ofens geregelt werden.

Die Warmwasserbereitung erfolgt über Solarkollektoren. Durch eine Backbone-Versorgungsleitung werden sehr kurze Leitungswege im Zwischendeckenbereich für die

elektrische Stromversorgung und die Beleuchtung erzielt. Für den effizienten Betrieb des Beleuchtungssystems sorgt eine Tageslicht- gesteuerte Regelung.

### **Informationszentrum mit Dauerausstellung für nachwachsende Rohstoffe**

Das S-HOUSE wird als Zentrum für nachwachsende Rohstoffe und nachhaltige Technologien fungieren. Am Gebäude selbst wird die Funktionalität von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen demonstriert. Neben den Strohballenwänden werden auch Wandaufbauten mit anderen Dämmstoffen (z.B. Hanf, Flachs, Schafwolle, Zellulose) eingebaut. Es werden unterschiedliche ökologische Oberflächenmaterialien gezeigt und verschiedene natürliche Oberflächenbehandlungsmittel (Lacke, Wachse, Lasuren) angewandt. In Form einer Dauerausstellung werden die für das S-HOUSE entwickelten Komponenten und Konstruktionen präsentiert. Außerdem wird der Weg vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt anschaulich dargestellt und die Vielfältigkeit der Anwendungsmöglichkeiten von biogenen Baustoffen vermittelt. So können traditionelles Wissen und neueste Entwicklungen auf diesem Gebiet einer breiten Öffentlichkeit vermittelt werden.

### **Messkonzept zur Überprüfung der Langzeitfunktionalität von innovativen Konstruktionen**

Die Palette an Baumaterialien und -produkten aus nachwachsenden Rohstoffen ist groß. Bereits mehr als 300 der wichtigsten Produkte befinden sich in der Internetplattform [www.nawaro.com](http://www.nawaro.com), die im Rahmen eines Haus der Zukunft Projekts erstellt wurde. Die Produkte sind nach verschiedenen Baustoffgruppen (Dämmstoffe, Oberflächenvergütung, Wand/Decke/ Dach, Raumtextilien, Montagehilfsmittel, Fenster/Türen,...) geordnet und werden hinsichtlich ihrer technischen und ökologischen Eigenschaften charakterisiert. Im S-HOUSE werden ausgewählte Bauprodukte nicht nur präsentiert, sondern deren technische Funktion auch laufend überwacht. Das dafür vorgesehene Messkonzept umfasst die Messung und Dokumentation der wichtigsten bauphysikalischen und raumklimatischen Parameter. Damit werden die im Labor ermittelten und errechneten Werte der Gebäudekonstruktion in der Praxis verifiziert. Die Messergebnisse werden ausgewertet und sind in der Ausstellung beziehungsweise über das Internet abrufbar.

#### **1.1.4 Schlussfolgerungen**

Mit der Realisierung des S-HOUSE Demonstrationsgebäudes wird ein Vorbild für moderne Büro- aber auch Wohngebäude geschaffen. Das Informationszentrum zeigt die Vereinbarkeit von traditionellen Baustoffen mit moderner Architektur und innovativen Konstruktionen.

Ein umfangreiches Messkonzept liefert realistische und genaue Daten über die verwendeten Konstruktionen, die eine wichtige Grundlage für die weitere Optimierung und Verbreitung von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen darstellen. Mit der Ausstellung wird allen Akteursgruppen sowie interessierten Privatpersonen ein Zugang zu den erarbeiteten Lösungen ermöglicht.

## 1.2 SUMMARY

### 1.2.1 Motivation

The construction domain is the economical sector with the largest material flow and an extremely high energy consumption for production and transport of constructions and components. Furthermore one has to deal with quantitative and qualitative waste problems which are responsible both for ecological damage and rising costs for disposal.

Results of preliminary studies, e.g. the “*Haus der Zukunft*” study “Success factors for the use of renewable resources” (GrAT, 2001) have shown that beneath an improved thermal insulation mainly the amplified use of renewable resources (NAWAROs) presents a promising solution to these problems.

The challenge of this project consisted in combining the high energy standard of passive house technology with the use of renewable resources and herewith to benefit both from the advantages of passive house technology and from the construction materials made of NAWAROs.

### 1.2.2 Project goals

The S-HOUSE demonstrates sustainable building. Hereby the following goals are crucial.

- High functionality and quality
- Minimised consumption of energy and resources
- Use of regional building materials made of renewable resources
- Sustainable planning (e.g. by use of innocuous and nontoxic building materials)
- Environmentally sound solutions for a healthy room climate
- Easy separation of building materials during deconstruction and plans for recycling and reuse
- Economic efficiency of sustainable construction: during planning already the whole life cycle of the building (construction, use, removal deconstruction) is taken into account and the negative impact on the environment is minimised.
- Dissemination of sustainable building technologies based on renewable resources

#### **Resource Efficiency: The factor 10 – House**

The construction of the S-HOUSE realises the “Factor 10” concept in the building sector and respects the criteria of sustainable construction. An energy consumption reduced to a tenth part compared to the state-of-the-art is achieved by using passive house technology.

Additionally the use of renewable resources and minimisation of fossil and mineral materials reduces the consumption of resources considerably. The comparison of a straw-wall construction with a conventional wall construction has shown that the straw-wall has improved values up to factor 10. Therefore the use of straw for construction can minimise considerably the negative environmental consequences. This awareness is valid to the same extent for many other products made of locally available renewable resources. While the construction of a straw-wall causes an ecological footprint of only 2364 (m<sup>2</sup>a/m<sup>2</sup> wall), a comparable conventional wall construction consumes an area 10 times larger with 24915 (m<sup>2</sup>a/m<sup>2</sup> wall).

### **Defining sustainable construction**

The building and its construction components correspond ideally to the present needs of the occupants without causing problems for future generations. Building materials made of renewable resources are a substantial basis for sustainable construction.

### **Dissemination of renewable materials in the building sector**

Renewable resources play an important role in the shift of our economic system towards sustainable development. Particularly in the building sector there is a multitude of functional solutions based on renewable resources on one hand and a high dissemination potential due to the enormous material flow on the other hand.

Central aim is the dissemination by offering extensive information about the manifold product range of building material based on renewable resources and their correct implementation.

### **End of life concept**

According to a preventive economy the criteria for simple deconstruction and an optimal reuse are drawn into account during planning. This procedure is an example for future planning processes.

## **1.2.3 Content and results**

### **Planning of the demonstration building**

Modern design and implementation of renewable resources can be combined optimally and fulfil the requirements of modern and sustainable architecture. The building combines modern architecture and the principles of solar construction with the implementation of building materials made of renewable resources. All involved companies have been included in the planning process. Together they developed possible solutions, evaluated them according to ecological and functional criteria (involving external experts).

### **International analysis of demonstration projects**

The most important criteria of sustainable construction (considering energetic and material data) of various international ecological demonstration buildings have been analysed in order to explore the state-of-the-art.

It is remarkable that the energetic aspect is always the main issue while the question of material choice has been considered less so far. Although the range of demonstration objects is manifold a consequent realisation of passive house technology with renewable building materials only (like this was realised in the S-HOUSE) cannot be found until today.

### **Development of innovative components and constructions**

#### **Connection of passive house technology and innovative constructions**

##### **– straw bale construction**

Within the scope of the study „Wall-systems made of renewable resources“ the excellent physical properties of the building material straw could be proved. The high thermal insulation effect enables realisation of passive house technology. In this way the S-HOUSE fulfils the aims of modern ecological construction and simultaneously minimises consumption of resources.

Protection from thermal bridges and airtightness of the building shell are essential conditions for achieving passive house standard. By realising the achieved constructive solutions which

fulfil these requirements, extensive implementation of renewable resources, easy reuse and recyclability of components, as well as minimising of metallic components and fossil synthetics have been emphasised. The constructions have been optimized according to construction-physical criteria, they offer safety and a high comfort for the occupants.

### **Mounting parts made of biopolymers**

With a special straw-screw which has been designed for the S-HOUSE, a direct mounting device for straw bale has been developed. Herewith exterior facades can be mounted without heat bridges and additional fixing possibilities in the straw-bale-wall can be realised. The screw has been designed according to bionic criteria and achieves maximum mechanical strain values. The use of biopolymers enables a trouble-free removal and recycling in the biological cycle.

### **Sound insulation tests**

Sound insulation tests have been carried out in order to prove the high functionality and quality of the planned and realised straw bale wall constructions. The results show that the designated wall systems exceed the legally prescribed values with 53dB resp. 55 dB and offer an excellent noise protection.

### **House technology**

The house technology has been developed according to the criteria: minimisation of cable and pipe length, use of renewable resources, maximum recyclability, simple technical solutions with appealing design and a high comfort for the user. It consists of the following components: heat- and air distribution system, lighting and electric system.

Air is used as heat transport medium for the controlled ventilation and it is distributed through wooden channels. A biomass storage stove is integrated in this air distribution system in order to cover peaks of heating load. The complex connections between outside temperature, solar radiation, internal charges (user frequency) and firing properties of the stove can be controlled by a simple control technique.

Hot water is prepared by solar collectors. A high comfort for the user and short cable length for electricity and lighting are achieved by means of a backbone-system in the intermediate ceiling. The resource-efficient illumination control is based on daylight.

### **Information centre and permanent exhibition for renewable resources**

The S-HOUSE is going to be a centre for renewable resources and sustainable technologies. With the building itself the functionality of building material made of renewable resource is demonstrated. Beneath straw-bale walls also wall-constructions with other insulating materials (e.g. hemp, flax, wool, cellulose) were integrated. Different ecological surface materials and various natural surface treatment agents (lacquers, waxes, scumbles) are applied. A permanent exhibition shows the developed components and constructions for the S-HOUSE. Additionally the life cycle from the raw material to the finished product and the variety of applications of biogenous building materials are presented descriptively to the visitor. In this way traditional knowledge and current developments in this area are open to a broad public.

### **Measuring concept for examination of the long-term functionality of innovative constructions**

The range of building materials and –products made of renewable resources is wide. There are already listed more than 300 of the most important products on the internet platform

[www.nawaro.com](http://www.nawaro.com), which has been created within a “Haus der Zukunft” project. The products are classified in different building material groups (insulating materials, surface treatment, wall/ceiling/roof, room textiles, assembly devices, windows/doors,...) and are evaluated according to technical and ecological criteria. The S-HOUSE does not only present selected construction products, it also monitors their technical function. The foreseen measuring concept contains measuring and documentation of the most important physical and climatic parameters. This demonstrates the functionality of the building construction and the long-term comportment of the building materials. The analysis of the measured values is displayed both in the exhibition and on internet.

#### **1.2.4 Conclusions**

The S-HOUSE demonstration building is a show case for modern best practise office and domestic buildings. The information centre for renewable resources which opens access to sustainable technologies for a broad public and displays long-term measuring in a realistic user scenario. Modern architecture presents the variety of possible applications of building materials based on NAWAROs (renewable resources) and herewith promotes their dissemination.

An extensive monitoring concept provides realistic and exact data about the used constructions which constitute a basis for further optimisation and dissemination of building material made of renewable resources. The exhibition grants access to the developed solutions to all participant groups and interested private persons.

## 2 EINLEITUNG

Der Baubereich ist der Wirtschaftssektor mit den höchsten Massenflüssen und Stoffumsätzen, dies gilt sowohl für den Neubau als auch für die Sanierung und den Ausbau bestehender Bausubstanz. (Wimmer et al. 2001a)

Derzeit kommen vorwiegend mineralische und fossile Baustoffe zum Einsatz. Nachwachsende Rohstoffe spielen mengenmäßig kaum eine Rolle, lediglich die Verwendung von Bauholz hält einen relevanten Stellenwert innerhalb der Baubranche.

Die Palette an Einsatzbereichen für nachwachsende Rohstoffe im Bauwesen ist jedoch wesentlich breiter. In beinahe allen Aufgabengebieten des Bauwesens gibt es technische Lösungen, die auf nachwachsenden Rohstoffen aufbauen. Die technischen Möglichkeiten reichen dabei von handwerklichen oder traditionellen Methoden bis hin zu modernen Wandaufbauten und der Verwendung moderner High-tech Materialien.

Obwohl die Verwendung nachwachsender Rohstoffe baubiologische, ökologische und gesamtwirtschaftliche Vorteile aufweist, ist eine entsprechende Marktdurchdringung bisher nicht gelungen. Durch das S-HOUSE Projekt soll den nachwachsenden Rohstoffen im Baubereich zum Durchbruch verholfen und ein wichtiger Schritt Richtung Nachhaltigkeit in der Bauwirtschaft gegangen werden. (Siehe auch die Haus der Zukunft Studie: Fördernde und hemmende Faktoren für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen, 2001)

Das Projekt verfolgt zentrale Zielsetzungen der Ausschreibung „Haus der Zukunft“ und des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften:

Insbesondere wird in dem geplanten Projekt das **„Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen“** angesprochen, und die **erhöhte Energieeffizienz hinsichtlich des gesamten Lebenszyklus**, da die Baumaterialien als landwirtschaftliche Nebenprodukte äußerst günstige Lebenszyklusdaten aufweisen. Auch die Forderung **„Passivgebäude zu vergleichbaren Kosten mit herkömmlichen Bauweisen“** ist mit der Strohballenbauweise mittelfristig zu erreichen.

Weitere Vorteile aus dem Gesichtspunkt nachhaltigen Wirtschaftens liegen in der Verwendung regionaler Rohstoffe, die neben den ökologischen Vorteilen auch Kooperationen zwischen Landwirtschaft und Wirtschaft begünstigen und zu einer regionalen Wertschöpfung beitragen.

Das Projekt für die Detailplanung zur Realisierung eines Büro- und Ausstellungsgebäudes aus nachwachsenden Rohstoffen baut auf den Ergebnissen zweier Forschungsprojekte aus der ersten Ausschreibung zum „Haus der Zukunft“ auf:

- Ergebnisse der Grundlagenstudie „Fördernde und hemmende Faktoren für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen“. (24/2001)
- Ergebnisse des Projekts: „Wandsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen - Überprüfung der technischen und bauphysikalischen Eigenschaften eines Holzständer-Wandsystems mit Strohdämmung zur Herstellung bauökologischer Niedrigenergiehäuser“ (31/2001), welches im Rahmen der wirtschaftsbezogenen Grundlagenforschung durchgeführt wird.

Das vorliegende Projekt hatte zum Ziel einerseits die Ergebnisse der Grundlagenstudien, andererseits die Resultate der technologischen Weiterentwicklung von Komponenten auf Basis nachwachsender Rohstoffe in einem Demonstrationsprojekt zusammenzuführen. Der Innovationsschwerpunkt des Projekts liegt in der baubiologisch und ökologisch konsequenten Realisierung eines Passivhauses mit weitgehender Nutzung (unbehandelter) nachwachsender Rohstoffe und einem schlanken, der Nutzung angemessenen Technikkonzept. Die nutzungsorientierte Gestaltung des Gebäudes ermöglicht einen effizienten Umgang mit Ressourcen für Errichtung, Betrieb und Entsorgung. Die Dissemination nachhaltiger Bautechnologien stellt einen weiteren wichtigen Punkt in diesem Projekt dar. Die Nutzung des S-HOUSE Demonstrationsgebäudes als Informationszentrum für nachwachsende Rohstoffe soll die Verbreitung ressourcen- und energiesparenden Bauens unterstützen.

### 3 VERWENDETE METHODEN UND DATEN

FORSCHUNGS- INHALT	METHODE	DATEN
<p><b>- Detailliertes Nutzungskonzept</b>  <b>- Detailplanung Öffentlichkeitsarbeit</b></p>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzept für die Nutzung des Gebäudes, Ausstellungskonzept</li> <li>• Veranstaltungskonzept</li> <li>• Messkonzept zum Nachweis der Langzeitfunktionalität, Erfassung relevanter baubiologischer Parameter</li> <li>• Konzept für zielgruppengerichtete Disseminations- Maßnahmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• „Erfolgsfaktoren für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe“, bmvit, 24/2001</li> <li>• Grundlagen der Vermittlungs-Pädagogik an unterschiedliche Akteursgruppen und Kooperationspartner</li> </ul>
<p><b>Internationale Analyse von Demonstrationsgebäuden</b></p>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internationale Recherche mit Schwerpunkt auf europäischen Beispielen und umweltgerechtem Bauen sowie der Nutzung nachwachsender Rohstoffe</li> <li>• Auswertung existierender Demonstrationsgebäuden</li> <li>• Bericht über die recherchierten internationalen Erfahrungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internetseiten, Datenbanken <ul style="list-style-type: none"> <li>- <a href="http://www.nextroom.at">www.nextroom.at</a></li> <li>- <a href="http://www.iswb.at">www.iswb.at</a></li> <li>- <a href="http://www.energytech.at">www.energytech.at</a></li> <li>- <a href="http://www.proholz-kaernten.at">www.proholz-kaernten.at</a></li> <li>- <a href="http://www.hausderzukunft.at">www.hausderzukunft.at</a></li> <li>- <a href="http://www.proholz-kaernten.archin.at">www.proholz-kaernten.archin.at</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>- u.a. (Siehe Literaturliste)</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Fachliteraturiteratur <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grow Your Own House, Simón Vélez, Vitra Design Museum</li> <li>- Sustainable Building: Frameworks for the Future Voorbeeldprojecten <ul style="list-style-type: none"> <li>- u.a. (Siehe Literaturliste)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Strohbauexpertise aus den USA</b></p>		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recherche vor Ort</li> <li>• Analyse der Feldforschung</li> <li>• Ergebnispräsentation im Rahmen eines Workshops (siehe Tagungsband, Strohbausymposium Illmitz 2001“ im Anhang)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten aus Feldforschung</li> </ul>
<p><b>- Einbindung der Ergebnisse in die Grundlagenstudien</b>  <b>- Ausarbeitung des Vorentwurfs</b>  <b>- Detailplanung Gebäude</b>  <b>- Bauökologischer Einsatz der Komponenten aus nachwachsenden Rohstoffen</b></p>		
Gebäudehülle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung einer Liste jener Komponenten, die für die technischen Lösungen im Projekt eingesetzt werden sollen</li> <li>• Adaptionen und Weiterentwicklungen</li> <li>• Musterwände</li> <li>• Bewertung in Expertenrunde</li> <li>• Vorentwurf</li> <li>• Berechnungen</li> <li>• Einreich- und Ausführpläne</li> <li>• Input für Komponenteneinsatz</li> <li>• Plan für den Einsatz der ausgewählten Komponenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• „Wandsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen“, bmvit, 31/2001</li> <li>• „Erfolgsfaktoren für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe“, bmvit, 24/2001</li> <li>• Berechnungsdaten Statiker bezüglich Holzplatten</li> <li>• Strohdruktests (von Architekt Schmidt Werner; Analyse aus USA)</li> </ul>
TREEPLAST-Schraube	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erforderliche Adaptionen und Weiterentwicklungen Vorentwurf</li> <li>• Berechnungen</li> <li>• Ausführungspläne</li> <li>• Materialauswahl</li> <li>• Prototypen aus Aluminium</li> <li>• Kunststoffabgüsse zur praktischen Erprobung in Zusammenarbeit mit Zimmereibetrieb</li> <li>• Überprüfung von Auszugwiderstand</li> <li>• Veränderte Gewindegeometrie (Steigung Flankenwinkel)</li> <li>• bionische Optimierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TREEPLAST-Projekt mit Einbezug von „Konstruktionsrichtlinien für mechanisch hochbelastbare Verbindungstechniken von Dämmprodukten“, bmvit, Bericht 35/2001</li> <li>• Detaillierte Ergebnisse und Daten zur Entwicklung der TREEPLAST-Schraube (befinden sich im Anhang)</li> </ul>

Membrandach	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recherche möglicher Membranwerkstoffe</li> <li>• Nutzwertanalyse von verschiedenen technischen Lösungsmöglichkeiten mit unterschiedlichen Konstruktionen und Materialien</li> <li>• Berechnungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spezifisches Gewicht</li> <li>• Lebensdauer</li> <li>• Abspannkkräfte</li> <li>• Preis/m<sup>2</sup></li> <li>• Herstellungsenergie</li> <li>• Zusatzstoffe</li> <li>• Materialzusammensetzung</li> <li>• Recyclierbarkeit</li> </ul>
Sommer-tauglichkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudesimulation hinsichtlich thermischem Verhalten</li> <li>• Prüfzeugnis</li> <li>• Berechnungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Daten aus dem Gebäudesimulationsprogramm GEBA V3.0.</li> </ul>
<b>Technische Untersuchungen der Schalldämmeigenschaften von Strohballen-Wandaufbauten</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhebung der technischen Daten aus den Schallschutzuntersuchungen</li> <li>• Prüfzeugnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beurteilung des geplanten Wandaufbaus gemäß ÖNORM B 8115-2:2002 durch die Versuchs- und Forschungsanstalt MA 39</li> </ul>
<b>Detailplanung Haustechnik</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Passivhausberechnung</li> <li>• Planung und Entwicklung von Haustechnikkonzept und –plänen nach ökologischen und funktionalen Kriterien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PHPP Projektierungsprogramm für Passivhäuser (Standardprogramm, Passivhaus Institut Darmstadt)</li> </ul>

Tabelle 1: Forschungsinhalte, verwendete Methoden und Daten

## 4 GRUNDLAGEN

### 4.1 EINBINDUNG DER ERGEBNISSE AUS DEN GRUNDLAGENSTUDIEN - BAUÖKOLOGISCHER EINSATZ DER KOMPONENTEN AUS NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN

Im Sinne der Vernetzung der Haus der Zukunft Programmlinie wurde bei der Planung des S-HOUSE und der (Weiter)entwicklung der eingesetzten Komponenten auf die Vorstudien aufgebaut und der Erfahrungsaustausch mit anderen Projektträgern gepflegt, um Synergien nutzen zu können, bzw. Überschneidungen zwischen den einzelnen Projekten zu vermeiden.

Zur Erstellung der Liste an Komponenten, die für technische Lösungen im S-HOUSE Einsatz finden sollen, wurden die Haus der Zukunft Grundlagenstudien herangezogen.

In der Grundlagenstudie „Erfolgsfaktoren für nachwachsende Rohstoffe im Bauwesen“ wurde eine große Anzahl an technischen Lösungen gemeinsam mit dem IBO erhoben und detailliert beschrieben und bewertet. Diese Zusammenstellung stellt die Basis der Liste für die einsetzbaren Komponenten im S-HOUSE dar. Zusätzlich werden die durchgeführten Projekte im Rahmen der Haus der Zukunft Programmlinie miteinbezogen. Die Grundlagen für den Einsatz und die Weiterentwicklung der Strohballenbautechnologie wurden im Forschungsprojekt „Wandsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen“ erarbeitet. Ersichtlich sind diese zum Beispiel in „Tabelle 2: Technische Kennwerte von Strohballen“. Diese Ergebnisse waren von essentieller Bedeutung und dienten als Grundlage für das Projekt.

Kenngroße	Wert	Einheit	Quelle
Wärmeleitfähigkeit	0.045	W/mK	Gutachten MA39
Diffusionswiderstandszahl	2.5	-	TGL 35424/2
Brennbarkeitsklasse	B2		Gutachten MA39
Dichte	100.8	kg/m <sup>3</sup>	Gutachten MA39
Spez. Wärmekapazität c	2.0	kJ/kgK	TGL 35424/2
Elastizitätsmodul E			Keine Angaben

Tabelle 2: Technische Kennwerte von Strohballen

In der Planungsphase wurde bereits mit verschiedenen Herstellern Kontakt aufgenommen und die technischen Lösungen entsprechend adaptiert, weiterentwickelt, bzw. neuentwickelt, dazu zählen unter anderem folgende Arbeiten:

- Mit AURO Naturfarben wurden spezielle Oberflächenbehandlungslösungen erarbeitet und der Einsatz von Klebstoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe überprüft.
- Mit den Projektpartnern Architekten Scheicher, Zimmerei Hager, KLH sowie externen Experten wurde die Strohballenkonstruktion für den Passivhausbau optimiert.
- Die Lehmbeanwendungen wurden unter Einbeziehung von Roland Meingast entwickelt.
- Die Haustechniklösungen beruhen auf umfangreichen internationalen Recherchearbeiten unter Einbeziehung innovativer Haustechnikfirmen (Sänze, Graspoiner) und –planer (Steurer, Stampfer) .

Zusätzlich wurde im Sinne der Vernetzung der Haus der Zukunft Programmlinie Expertisen von anderen Haus der Zukunft Projektträgern eingeholt:

- Prof. Winter: Holzkonstruktionen für Membrandachgestaltung
- Roland Meingast: Lehmprüfung und Lehmaufbereitung des auf der Baustelle ausgehobenen Materials, Lehmputzaufbringung im Außenbereich direkt auf Strohbällen
- Sigg Passivhausfenster: Vollholzfenster, Solarfassade
- Freisinger: Vollholzfenster, Solarfassade

Im Folgenden sind die berücksichtigten technischen Innovationen für den Einsatz im S-HOUSE sowie die ausgewählten Komponenten tabellarisch dargestellt. Informationen zur Einsetzbarkeit im Gebäude, Weiterentwicklungsbedarf und Zuordnung zu den entsprechenden Haus der Zukunft Studien sind ebenfalls angeführt.

<b>Techn. Lösung</b>	<b>Einsetzbarkeit</b>	<b>Entwicklungsbedarf</b>	<b>Haus der Zukunft Projekt</b>	<b>Anmerkung</b>
Strohballendämmung	Wand-, Boden- und Deckenkonstruktion	Wärmebrückenfreie Konstruktion, Qualitätsmanagement und Logistik für Baustoff Strohballen	Wandsystem aus nachwachsenden Rohstoffen, Informationsknoten für nachwachsende Rohstoffe	Hoher Organisations- und Kontrollaufwand bei der Baustoffbeschaffung
Schafwolle Dämmösungen	Testsamples, Dämmung von Anschlüssen, Bodenaufbau, Trittschalldämmung	optimierte Konstruktion für Strohballenbau	Erfolgsfaktoren für nachwachsende Rohstoffe Informationsknoten für nachwachsende Rohstoffe	Verschiedene österreichische Herstellerfirmen
Flachs Dämmösungen	Testsamples, Dämmung von Anschlüssen, Bodenaufbau, Trittschalldämmung	optimierte Konstruktion für Strohballenbau	Erfolgsfaktoren für nachwachsende Rohstoffe Informationsknoten für nachwachsende Rohstoffe	Verschiedene österreichische Herstellerfirmen
Hanfdämmstoffe	Testsample	Substitution der Stützfaser aus fossilen Rohstoffen	Erfolgsfaktoren für nachwachsende Rohstoffe Informationsknoten für nachwachsende Rohstoffe	Verschiedene österreichische Herstellerfirmen
Zellulose Dämmösungen	Testsamples	Substitution der Stützfaser aus fossilen Rohstoffen	Erfolgsfaktoren für nachwachsende Rohstoffe Informationsknoten für nachwachsende Rohstoffe	Verschiedene österreichische Herstellerfirmen
Oberflächenbehandlungsmittel	Innen- und Außenbereich	Reduktion bzw. Substitution leicht flüchtiger Lösungsmittel	Erfolgsfaktoren für nachwachsende Rohstoffe Informationsknoten für nachwachsende Rohstoffe	AURO, verschiedene österreichische und deutsche Hersteller
Kleber auf Basis nachwachsender Rohstoffe	Innenbereich, Bodenplatten, Luftdichtheit der Konstruktion	Erhöhung der Feuchteresistenz, Verbesserung der Verarbeitbarkeit	Erfolgsfaktoren für nachwachsende Rohstoffe Informationsknoten für nachwachsende Rohstoffe	AURO, verschiedene österreichische und deutsche Hersteller

<b>Techn. Lösung</b>	<b>Einsetzbarkeit</b>	<b>Entwicklungsbedarf</b>	<b>Haus der Zukunft Projekt</b>	<b>Anmerkung</b>
Lehmbaustoffe	Putze außen und innen	Rissfreie Ausführung großer Fläche	Erfolgsfaktoren für nachwachsende Rohstoffe Informationsknoten für nachwachsende Rohstoffe Bauteilentwicklung für Lehm-Passivhäuser, Lehmbauplatte mit malfertiger Oberfläche	N&L, verschiedenen österreichische und deutsche Hersteller
Fenster und Türen	Fenster und Türen, Solarfassade	Entwicklung optimaler Anschlussdetails für Passivhaus in Strohballebauweise	Erfolgsfaktoren für nachwachsende Rohstoffe Informationsknoten für nachwachsende Rohstoffe Entwicklung Passivhaus-Außentüre, kostengünstiges wärmetechnisch optimiertes Fenster, Passivhaus Vollholzfenster	Verschiedene österreichische Hersteller, Freisinger, Dana Türen, Sigg
Statische Tragsysteme	Wand-, Boden-, Decke- und Dachaufbauten	Luftdichte Ausführung, statische Performance, verbundstofffrei	Erfolgsfaktoren für nachwachsende Rohstoffe Informationsknoten für nachwachsende Rohstoffe	KLH, Sohm (Fabrik der Zukunft Preisträger) Verschiedene österreichische Hersteller
Solarenergie-nutzung	Sonnenkollektoren	Effiziente Gesamtlösungen	CPC-Leichtbaukollektor, Fassadenintegrierte Sonnenkollektoren, Fassadenintegrierte Kollektoren	Solarfocus, AEE Intech
Biomasse-speicherofen	Haustechnik-konzept	Steuerbarkeit und Integration in die Haustechnik	Akzeptanzstudien von Passivhausnutzern	Bedürfnis nach warmem Kern (Temperaturzone n) im Passivhaus besteht

Neben den für das S-HOUSE eingesetzten technischen Lösungen sollen die Ergebnisse der Haus der Zukunft Studien zusätzlich in die Dauerausstellung einfließen. Eine Zusammenstellung der realisierten innovativen Baukonzepte (z.B. in Form einer Beispielgalerie der HdZ Demogebäude in Kooperation mit Ministerium und Schirmmanagement) könnte einen Überblick über die Entwicklungen im Sinne einer nachhaltigen Bauwirtschaft in Österreich dokumentieren.

## 4.2 STROHBAU-EXPERTISE AUS DEN USA

Die Strohbaupertise wurde am Beginn des Projektes erstellt und im Rahmen des im Juni 2001 durchgeführten Strohbausymposiums von Mag. Georg Scheicher, (Architekten Scheicher) vorgestellt.

### 4.2.1 Aktuellste architektonische Entwicklungen des Strohballenbaus in den USA

Zusammenfassung des Vortrags auf dem im Rahmen des Projekts durchgeführten Strohbausymposiums in Illmitz

*„Warum bauen Amerikaner – ein Volk mit einem durchschnittlichen ökologischen Fußabdruck von ca. 30 ha pro Kopf (nachhaltig wären 2 ha) – Häuser aus Stroh? Natürlich, um sich zu verbessern. Dies war unsere optimistische Einstellung, als wir uns auf den Weg machten, die in den USA umtriebige Entwicklung im Strohballenbau näher kennen zu lernen. Doch wir wurden eines Besseren belehrt. Es sind andere Motive, aus denen die Menschen dort ihre Behausungen aus Stroh bauen. Sie gelten dort als qualitativ wesentlich besser und solider als die üblichen „Holzleichtbaukonstruktionen“, was sie auch sicher sind. Die Stroh Häuser kommen dem idealtypischen, historischen, europäischen Haus mit den dicken Wänden und den leicht organischen runden Kanten viel näher. Sie visualisieren Stabilität und Geborgenheit, was zu Zeiten des Cocooning -Trends sehr gefragt ist. Das einfachere Recycling nach der Nutzung, der niedrige Primärenergieaufwand zur Errichtung dieser Häuser, beziehungsweise die Energieeinsparung durch die gute Isolierung eines Strohhäuses werden von den Erbauern und Konstrukteuren nicht konsequent genutzt. Dies war einerseits an den zahlreichen Metall- und Verbundwerkstoffen, die in die Konstruktion integriert wurden, zu erkennen, andererseits an der im Vergleich zu den Wänden geringeren Dachisolierung. Dennoch entwickelt sich eine neue kombinierte Zimmermanns- und Strohballenbaukultur. Die Konstruktionen sind bauphysikalisch ausgeklügelt, die Arbeitsweise steht auf einem für amerikanische Verhältnisse bemerkenswert hohen handwerklichen Niveau. Die angewandten Konstruktionen werden laufend verbessert, doch mit anderen Entwicklungszielen als die Niedrigst- und Passivhäuser in Europa (siehe dazu folgende Abbildungen von Gordon Smets Haus in Kalifornien, geplant von DSA architects).*

*Jack Martin baute in einer wunderschön gelegenen Landschaft östlich von Santa Fe für seinen Ruhestand ein Strohhaus. Streng ökologisch motiviert, wie er berichtete. Die Realisierung dieser Zielsetzung gelang nicht ganz. Trotz Windgenerator, Photovoltaik mit großen Batteriespeichern, Regenwassersammelanlage und Biotoilette vertraute er der alternativen Bauweise nicht hundertprozentig. Die Konstruktion des Hauses ist ein mit Strohballen ausgefachtes Stahlbetonskelett, für Energie und Wasser gibt es ein solides Backupsystem zum relativ weit entlegenen Netz.*



Abbildung 1: Gordon Smets Haus in Kalifornien, geplant von DSA architects



Abbildung 2: Gordon Smets Haus in Kalifornien, geplant von DSA architects

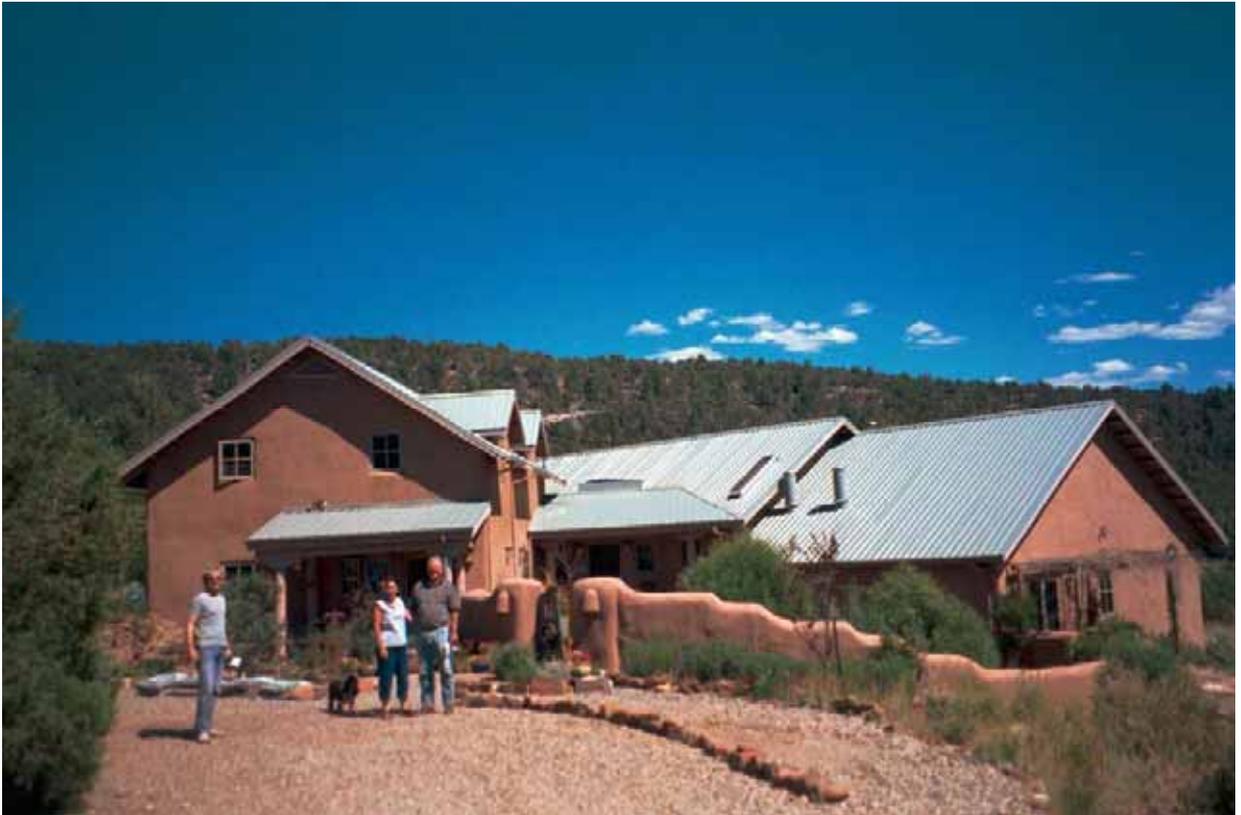


Abbildung 3: Strohhaus von Jack Martin, östlich von Santa Fe

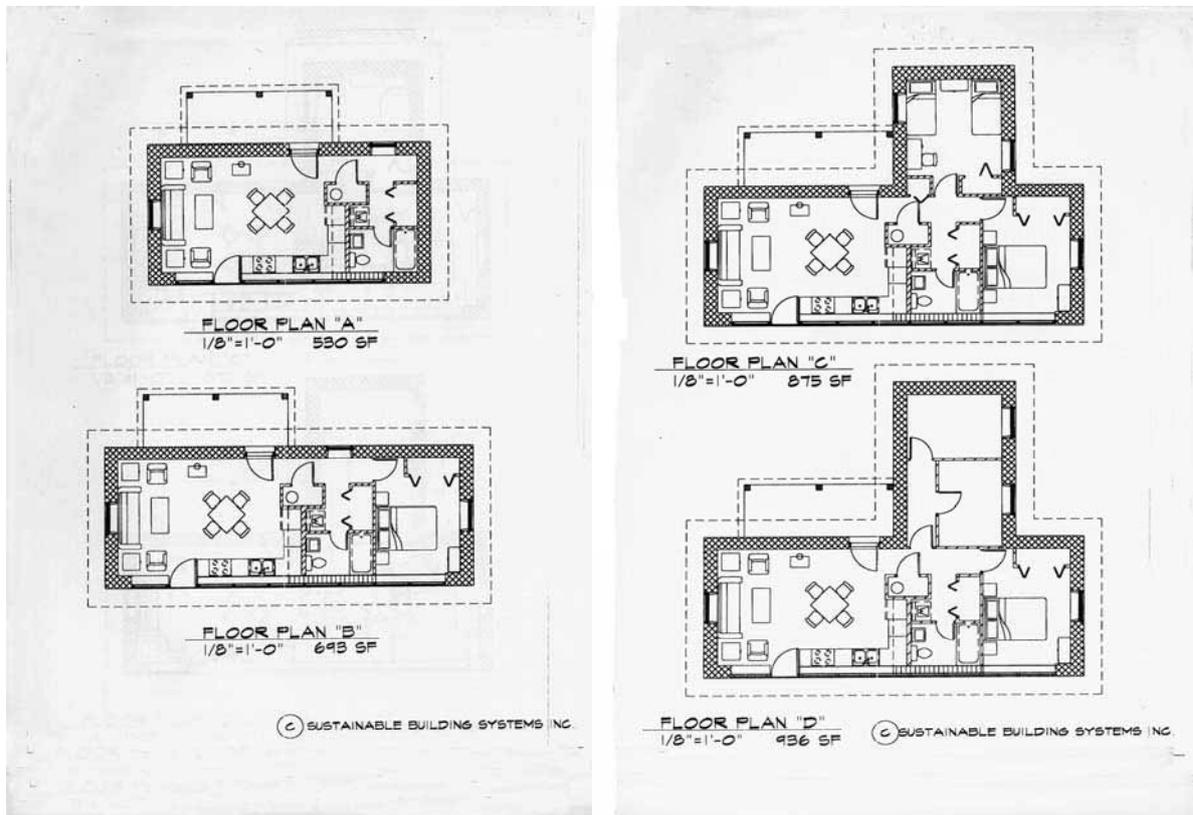


Abbildung 4: Strohhaus von Jack Martin

Abbildung 5: Innenraum, Strohhaus von Jack Martin



Völlig andere Zielsetzungen verfolgt Alfred von Bachmaier (siehe Abbildungen unten). Er baut Strohhäuser für sozial Bedürftige und entwickelte eine Maschine, mit der er vor Ort Lehmziegel für thomboische Wände produziert. Bachmaier versammelt begüterte Bürger und errichtet mit ihnen gemeinsam im Eigenbau Hütten und Häuser für Obdachlose, auch Jack Martin half mit und errichtete in 10 Tagen mit 15 Gleichgesinnten ein derartiges Gebäude.



Grafik 1: Grundrisse von Strohhäusern für sozial Bedürftige, Planung: Alfred von Bachmaier

Die Gebäude sind als lasttragende Strohballenbauten konzipiert, die lehmverputzt sind, mit einer thomboischen Wand beheizt werden und eine Dachstuhlkonstruktion aus recyceltem Holz aus Staplerpaletten (da Holz in dieser Region sehr teuer ist) haben. Ein generell sehr interessanter Ansatz, der eine rasche und qualitativ hochwertige Erstellung von Unterkünften in diversen Krisengebieten ermöglichen kann .

Die recherchierten technischen Details und Erfahrungen in der Anwendung von Strohballenbauten wurden in der konkreten Umsetzung des S-HOUSE Projekts berücksichtigt.

## 4.3 INTERNATIONALE ANALYSE VON DEMONSTRATIONSGEBÄUDEN

Um den Stand der Technik zu erheben, wurde eine Analyse von internationalen ökologischen Demonstrationsgebäuden durchgeführt. Diese Analyse umfasste die wichtigsten Kriterien nachhaltigen Bauens, sowohl energetische als auch materialtechnische Daten wurden berücksichtigt. Zusätzlich werden die Planer, Architekten, der Standort des Gebäudes und die Besonderheiten (Auszeichnungen etc.) sowie Erfahrungen mit den Demonstrationsgebäuden angeführt. Im Folgenden ist exemplarisch eines der analysierten Beispiele dargestellt (die vollständige Analyse befindet sich im Anhang).

**„Gewerbehaus Josias Gasser Baumaterialien AG“**  
CH-7000 Chur



Foto: [www.gasser.ch](http://www.gasser.ch)

Gebäudetyp	Betriebsgebäude
Planung	
Architekt	Th. Und Th. Domenig, Dipl. Arch. ETH/SIA/HTL, Chur Andrea Gustav Rüedi, Arch. HTL, Baubiologe SIB, Chur
Bauherr	Josias Gasser Baumaterialien AG, Chur
Bauzeit	
Bauweise	Holzkonstruktion
Haustechnik	Kompaktsolaranlage für Brauchwasseraufbereitung, Photovoltaikanlage (45kWp), Kontrollierte Lüftung (90% Wärmerückgewinnungsgrad)
Baumaterialien	Holz, Beton, Zelluloseflocken, Holzfaserplatten, Schaumglas, Mineralwolle, Folienisoliertgläser
Energiestandard	Passivhaus
Kenndaten	Heizenergiebedarf: 14kWh/m²a
Besonderheiten	Regenwassernutzung für WC Spülung, Bewässerung und Reinigungszwecke Auszeichnung mit dem SIA Preis 1999

Tabelle 3: Daten - Gewerbehaus Josias Gasser Baumaterialien AG

### Beschreibung

Der Niedrigenergie-Gewerbebau mit Büroräumen und Lagerhalle im Norden der Stadt Chur ist Ersatz für eine 1959/60 erstellte Geschäftsliegenschaft der Firma Josias Gasser. Der gut gelungene, funktionell und architektonisch sauber gestaltete Neubau ist Beispiel für eine konsequente und gesamtheitlich betrachtete Umsetzung der Nachhaltigkeitspostulate, die im

Leitbild der Unternehmung verankert sind. Er hat als Gewerbebau hohen Vorbildcharakter vor allem auch durch die gründlichen Abklärungen in den Phasen "Vorstudien" und "Projektierung".

Die Frage des Sanierens und Erhaltens gegenüber einem Neubau mit besserer Nutzungsqualität wurde sorgfältig abgewogen und zugunsten eines Neubaus entschieden. Das Objekt stellt darin auch einen Beitrag zu diesem wichtigen und interessanten Aspekt der Nachhaltigkeitsdiskussion dar. Der sachgerechte Rückbau des Altbaues mit weitgehender Verwertung der Materialien, die sorgfältige Materialwahl für den Neubau, der Einsatz von Regenwassernutzung und eine gut durchdachte Nutzung des Tageslichtes sind ökologisch vorbildlich. Weitgehend passiv beheizt, mit kontrollierter Lüftung und mit Solarenergieanlagen ausgerüstet, stellt der Bau energetisch eine sehr gute Lösung dar; der Heizenergiebedarf beträgt 52 MJ/m<sup>2</sup>a. Konstruktiv ist vor allem das Tragwerk in Holz-Beton-Verbund zu erwähnen.

Die ausgezeichnete Erschließung durch öffentliche Verkehrsmittel für Personen- und Materialtransporte, die von den baulichen Bedingungen her sehr guten Arbeitsplätze in einer Randregion sind beispielhaft. Bereits während der Bauphase, aber auch im Betrieb, werden den Mitarbeitenden und der Branche Weiterbildungsmöglichkeiten geboten. Es ist beabsichtigt, die Seminarinfrastruktur als Kommunikationszentrum auch einer weiteren Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Insgesamt ist der Gewerbeneubau ein wegweisendes Beispiel im Sinne der Anwendung von Nachhaltigkeitswissen und kann insbesondere als Objekt in der eher konservativen Unternehmensbranche des Baumaterialhandels eine breite Ausstrahlung bekommen.

**Die gesamte Auflistung und Beschreibung der analysierten Demonstrationsgebäuden befindet sich im Anhang.**

### **4.3.1 Schlussfolgerungen**

Die Analyse ergab, dass für eine erfolgreiche Verbreitung von innovativen Technologien im Baubereich Demonstrationsgebäuden eine wesentliche Funktion zukommt. Wie die Erfahrung mit Demobauten zeigt, ist die Verbreitungswirkung umso höher, je leichter diese einer breiten Öffentlichkeit zugänglich sind und je besser die Information über die neuen demonstrierten Bautechnologien aufbereitet und verfügbar ist.

Auffallend bei den untersuchten Gebäuden ist die Tatsache, dass der energetische Aspekt immer im Vordergrund steht und die Frage der Materialwahl bislang deutlich weniger Beachtung findet. Mit der geringen Beachtung der Materialwahl ist auch die oft fehlende Integration der Entsorgung des Gebäudes oder von Gebäudekomponenten verbunden. Der einzige nachwachsende Rohstoff, der in relevanten Mengen verwendet wird, ist Holz. Die Palette von Demobauten ist sehr vielfältig und reicht vom Einfamilienhaus bis zum Bürogebäude. Eine konsequente Verbindung von Passivhaustechnologie mit Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen, wie im S-HOUSE, ist aber bislang noch nicht in vollem Umfang realisiert worden.

Resümierend kann gesagt werden, dass die im S-HOUSE verfolgten zentralen Zielsetzungen der Demonstration und Verbreitung von nachhaltigen Bautechnologien auf Basis nachwachsender Rohstoffe in keinem der angeführten Demobauten so konsequent und umfassend verfolgt werden.

#### **4.4 TECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN DER SCHALLDÄMM- EIGENSCHAFTEN VON STROHBALLENWANDAUFBAUTEN**

Zur Ermittlung der Schallschutzleistung der Strohballenwand wurden Schallschutztests durchgeführt. Mit dem erzielten Ergebnis konnten die baurechtlichen Anforderungen erfüllt werden. Die einzelnen Schichten des Wandaufbaus wurden nacheinander überprüft, somit kann eine Aussage über die Schallschutzeigenschaften sowohl für jede einzelne Schicht als auch für den gesamten Wandaufbau getroffen werden. Es wurden zwei Varianten getestet. Beide bestehen aus einer innen liegenden Kreuzlagenholzplatte und einer davor angebrachten Strohballenebene. Die außen mit einer hinterlüfteten Holzfassade ausgeführte Variante erreichte eine Verminderung des Schalldämmmaßes von 53dB. Die mit einer Lehmputzfassade versehene Variante kam auf 55dB. Die schichtweise durchgeführte Messung der Konstruktion gibt auch Aufschluss darüber, welches Schalldämmmaß die Strohballenebene erreicht. Mit einer Verbesserung des Schalldämmmaßes um 15dB (von 33dB auf 48dB) durch die Anbringung der Strohballenebene an die KLH-Platte konnte gezeigt werden, dass die Schalldämmfähigkeit von Strohballen über der von herkömmlichen Dämmstoffen auf mineralischer bzw. fossiler Basis liegt. Aufgrund des noch bestehenden Optimierungspotenzials der Strohballen durch eine höhere Dichte sowie eine optimierte Quaderform, kann davon ausgegangen werden, dass auch im Bezug auf das Schalldämmmaß noch Verbesserungen möglich sind.

In der ÖNORM B 8115 (Teil 1 und 2) sind genaue Bestimmungen zu finden, wie Luftschallschutz und Trittschallschutz der einzelnen Gebäudeteile festzulegen sind. Die jeweils geforderte Minimalanforderung an die Schalldämmung der Bauteile kann aus den folgenden Tabellen entnommen werden. Es wird ersichtlich, dass diese Anforderungen durch den geprüften Wandaufbau erfüllt bzw. übertroffen werden.

Gebäudeart	Bauteile von zu schützenden Räumen (Aufenthaltsräumen)	Erforderlicher Mindestschallschutz $R'_{res.w}$ bzw. $R'_w$ (in dB) bei einem maßgeblichen <sup>1)</sup> Außenlärmpegel $L_{A,eq}$ in dB von						Zeile
		≤ 50	51 bis 55	56 bis 60	61 bis 65	66 bis 70	> 70	
Krankenhäuser, Kurgebäude u. dgl.	Außenbauteile einschl. Fenster und Außentüren <sup>2)</sup> $R'_{res.w}$ <sup>3)</sup>	33	38	43	47	52	—	1
	Feuermauern (je Wand) <sup>4)</sup> $R'_w$	52			52	52	—	2
	Decken und Wände gegen Dachböden $R'_w$	47			52	52	—	3
Wohngebäude, Hotels, Schulen u. dgl.	Außenbauteile einschl. Fenster und Außentüren <sup>2)</sup> $R'_{res.w}$ <sup>3)</sup>	33	38	38	43	48	—	4
	Feuermauern (je Wand) <sup>4)</sup> $R'_w$	52			52	52	52	5
	Decken und Wände gegen Dachböden $R'_w$	42			47	47	47	6
Bürogebäude	Außenbauteile einschl. Fenster und Außentüren <sup>2)</sup> $R'_{res.w}$ <sup>3)</sup>	33				38	43	7
	Feuermauern (je Wand) <sup>4)</sup> $R'_w$	52				52	52	8
	Decken und Wände gegen Dachböden $R'_w$	42				47	47	9

1) Der maßgebliche Außenlärmpegel ist für jede Außenwand gemäß 3.1 und 4.1.1 zu ermitteln. Die angegebenen Werte beziehen sich auf den Außenlärmpegel bei Tag; bei Nacht sind sie um 10 dB geringer.  
2) Ohne Berücksichtigung der Fenster und Außentüren müssen Außenwände und Dachschrägen eine Mindestschalldämmung  $R'_w$  nach den Erfordernissen für die Schallängsleitung, mindestens jedoch eine solche von 47 dB aufweisen (ausgenommen Einfamilienhäuser).  
3)  $R'_{res.w}$  ... bewertetes resultierendes Bau-Schalldämmmaß am Bau, das sich aus den Teildämmungen der Außenbauteile und der Fenster bzw. Außentüren ergibt.  
4) Das sind Außenwände, die an vorhandene Gebäude angebaut werden oder an welche andere Gebäude angebaut werden können (unabhängig von Grundgrenzen oder anderen rechtlichen Belangen).

Tabelle 4: Erforderlicher Mindestschallschutz, Quelle: Skriptum Technischer Ausbau A, 1997

#### 4.4.1 Ergebnisse der Schallschutzprüfung

Die Beurteilung beider vollständigen Wandaufbauten Variante 3, sowie Variante 4 ergaben, dass die Anforderung an den Schallschutz für Außenwände gemäß der Anforderungsnorm ÖNORM B 8115-Teil 2 Ausgabe 2002 in beiden Fällen erfüllt wird. (Variante 1 und 2 waren jeweils Teilaufbauten, s.a. Anhang)

##### Variante 3:

Grundkonstruktion: 9 cm dreischichtige Kreuzlagerplatte aus Fichtenholz  
flächenbezogene Masse  $m' = 46 \text{ kg/m}^2$

Dämmschicht: 50 cm Strohballen  
flächenbezogene Masse  $m' = 61 \text{ kg/m}^2$

Fassadenverkleidung: 5 cm vertikale Lattung (Holzstaffeln 5 x 5 cm, e = 62,5 cm),  
befestigt mit Schnellbauschrauben 3 x 90 mm auf Strohschraubdübeln (35 cm lang, ca. 6 Stück/m<sup>2</sup>)

2,2 cm Dreischichtplatte aus Fichtenholz  
flächenbezogene Masse  $m' = 11 \text{ kg/m}^2$

Flächenbezogene Masse des Wandaufbaus:  $m' = 121 \text{ kg/m}^2$

**Variante 4:**

Grundkonstruktion: 9 cm dreischichtige Kreuzlagerplatte aus Fichtenholz  
flächenbezogene Masse  $m' = 46 \text{ kg/m}^2$

Dämmschicht: 50 cm Strohballen  
flächenbezogene Masse  $m' = 61 \text{ kg/m}^2$

Putz: 3-4 cm Lehmputz mit Jutenetz  
flächenbezogene Masse  $m' = 54 \text{ kg/m}^2$

Flächenbezogene Masse des Wandaufbaus:  $m' = 161 \text{ kg/m}^2$

**Im Anhang befindet sich der vollständige Prüfbericht.**



#### 2.4 Variante 4:

**2.4.1 Grundkonstruktion:** 9 cm dreischichtige Kreuzlagenplatte aus Fichtenholz  
flächenbezogene Masse  $m' = 46 \text{ kg/m}^2$

**2.4.2 Dämmschicht:** 50 cm Strohballen  
flächenbezogene Masse  $m' = 61 \text{ kg/m}^2$

**2.4.3 Putz:** 3-4 cm Lehmputz mit Jutenetz  
flächenbezogene Masse  $m' = 54 \text{ kg/m}^2$  (im Mittel)

**2.4.4 flächenbezogene Masse der gesamten Wand:**  $m' = 161 \text{ kg/m}^2$

#### 2.5: Anschluss zum Prüfstandsmauerwerk:

mit Mineralwolle und Dichtungsmasse (Silikon)

### 3 Messdurchführung

Die Messungen (Messzeitraum 3. bis 26. März 2003) wurden mit einem geeichten Schallmesssystem der Firma Norsonic (Type RTA 840 Serien Nr. 18666), das mittels eines geeichten akustischen Kalibrators der Firma Norsonic (Type 1251, Serien Nr. 22781) kalibriert wurde, durchgeführt. Die Messung der Luftschalldämmung erfolgt in einer Richtung (bei Trennwänden wahlweise; bei Außenwänden von außen nach innen). Bei jeder der einzelnen Messreihen wurde auf einer Seite des Prüfkörpers (Sendeseite) ein Rauschen im Frequenzbereich von 100 bis 5000 Hz (in Terzbandbreite) erzeugt und die Schalldruckpegel sowohl sende- als auch empfangsseitig mit bewegten Mikrofonen aufgenommen und gespeichert. Danach wurde die Nachhallzeit des Empfangsraumes bestimmt.

### 4 Definitionen

Als Einzahlangabe zur Beurteilung der Luftschalldämmung von Bauteilen dienen das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  sowie die Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_f$ . Zu diesen Kenngrößen finden sich in der ÖNORM EN ISO 717-1:1997 nachfolgende Berechnungsvorschriften und Definitionen (sinngemäß):

#### 4.1 Bewertetes Schalldämm-Maß $R_w$

Um die Ergebnisse von Messungen, durchgeführt nach ISO 140-3 in Terzbändern, gegeben auf 0,1 dB, zu bewerten, wird die Bezugskurve in Schritten von 1 dB gegen die Messkurve verschoben bis die Summe der ungünstigen Abweichungen so groß wie möglich wird, jedoch nicht mehr als 32,0 dB beträgt. Eine ungünstige Abweichung bei einer bestimmten Frequenz ist gegeben, wenn das Messergebnis niedriger ist als der Bezugswert. Nur ungünstige Abweichungen werden berücksichtigt.

Der Wert der verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz ist das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$ . Das bewertete Schalldämm-Maß wird in Dezibel (dB) angegeben.



#### 4.2 Spektrum-Anpassungswerte $C$ , $C_{tr}$

Der Spektrum-Anpassungswert ist jener Wert, in Dezibel, der zum bewerteten Schalldämm-Maß zu addieren ist, um ein bestimmtes Schallspektrum zu berücksichtigen. Die mathematischen Definitionen der verschiedenen Spektren sowie die Berechnungsvorschriften für die Spektrum-Anpassungswerte sind in der ÖNORM EN ISO 717-1:1997 angegeben. Der Spektrum-Anpassungswert wird auf 0,1 dB berechnet und gemäß ISO 31-0 auf eine ganze Zahl gerundet.

Nachfolgend wird eine Zuordnung von verschiedenen Geräuschquellen zu den jeweiligen Spektrum-Anpassungswerten angegeben. Diese Zuordnung kann als Richtlinie für die Anwendung der Spektrum-Anpassungswerte für die Einstufung der Schalldämmung in Bezug auf diese Geräuschquellen herangezogen werden.

Der Spektrum-Anpassungswert  $C$  berücksichtigt primär mittel- und hochfrequente Geräuschquellen. Dazu gehören unter anderem Wohnaktivitäten (Reden, Musik, Radio, TV), Kinderspielen, Schienenverkehr mit mittlerer und hoher Geschwindigkeit, Autobahnverkehr über 80 km/h, Düsenflugzeuge in kleinem Abstand sowie Betriebe, die überwiegend mittel- und hochfrequenten Lärm abstrahlen.

Der Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  berücksichtigt primär tief- und mittelfrequente Geräuschquellen. Dazu gehören unter anderem städtischer Straßenverkehr, Schienenverkehr mit geringer Geschwindigkeit, Propellerflugzeuge, Düsenflugzeuge in großem Abstand, Discomusik sowie Betriebe, die überwiegend tief- und mittel-frequenten Lärm abstrahlen.

#### 5 Ergebnisse

Wandaufbau	Bew. Schalldämm-Maß $R_w(C;C_{tr})$
Variante 1 (Pkt. 2.1): Grundkonstruktion 9 cm dreischichtige Kreuzlagenplatte aus Fichtenholz	33(-1;-4) dB
Variante 2 (Pkt 2.2): Grundkonstruktion inkl. Strohballenebene 9 cm dreischichtige Kreuzlagenplatte aus Fichtenholz 50 cm Strohballen	48(-2;-9) dB
Variante 3 (Pkt 2.3): Gesamt-Wandaufbau 9 cm dreischichtige Kreuzlagenplatte aus Fichtenholz 50 cm Strohballen 5 cm vertikale Lattung 2,2 cm Dreischichtplatte aus Fichtenholz	53(-4;-12) dB
Variante 4 (Pkt 2.4): Gesamt-Wandaufbau 9 cm dreischichtige Kreuzlagenplatte aus Fichtenholz 50 cm Strohballen 3-4 cm Lehmputz mit Jutenetz	55(-3;-10) dB

In der Beilage (Seite 1 bis 4) sind die jeweils gemessenen Kurven (dicke Messkurve) des Schalldämm-Maßes des jeweiligen Wandaufbaues in Abhängigkeit von der Frequenz sowie die Bezugskurven (dünne Messkurve) nach ÖNORM EN ISO 717-1:1997 dargestellt.

## 5 DETAILPLANUNG

Dieses Kapitel umfasst die Darstellung der Planung und die Vorbereitungen für die Errichtung des gesamten Gebäudes und die Haustechnik. Im folgenden Abschnitt werden die Planungsergebnisse beschrieben. Umfangreiche Berechnungen und Pläne befinden sich im Anhang.

### 5.1 TREEPLAST KONSTRUKTIONSELEMENT

Im Rahmen der *Haus der Zukunft* Studie „Wandsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen“ wurde das Verbesserungspotenzial der „State of the Art“ Strohballen-Konstruktionen im Hinblick auf den Einsatz im Passivhaus erhoben. Die Entwicklung eines Konstruktionselementes, das die Herstellung wärmebrückenfreier Wandaufbauten ermöglicht, stellt dabei einen wichtigen Schritt dar. Zu diesem Zweck wurde die TREEPLAST- Schraube entwickelt, die im S-HOUSE Wandaufbau zum Einsatz kommt.

Während der Planungsphase wurden die Anforderungen an dieses Befestigungselement erarbeitet und anhand der eruierten Kriterien verschiedene Varianten entworfen, die Prototypen getestet und weiterentwickelt. Im nächsten Schritt wurde eine Spritzgussform gefertigt und die Teile bemustert. Die Form wurde so gestaltet, dass verschiedene Spritzgussmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen zum Einsatz kommen können.

#### 5.1.1 Anforderungen

Die Schraube dient zur Befestigung von Elementen an den S-HOUSE-Wänden und ist den Anforderungen, die der Baustoff Strohballen stellt, entsprechend konstruiert. Dazu zählen folgende technische Kriterien:

- Gute Aufnahme der Zugkräfte in axialer Richtung
- Rasche und einfache Montierbarkeit
- Gute Aufnahme von vertikalen Kräften
- Geringe Verformung durch Biegemoment
- Einfache Befestigung von Holzlatten
- mm-genaue Befestigungsmöglichkeit an der Schraube
- Biokompatibilität

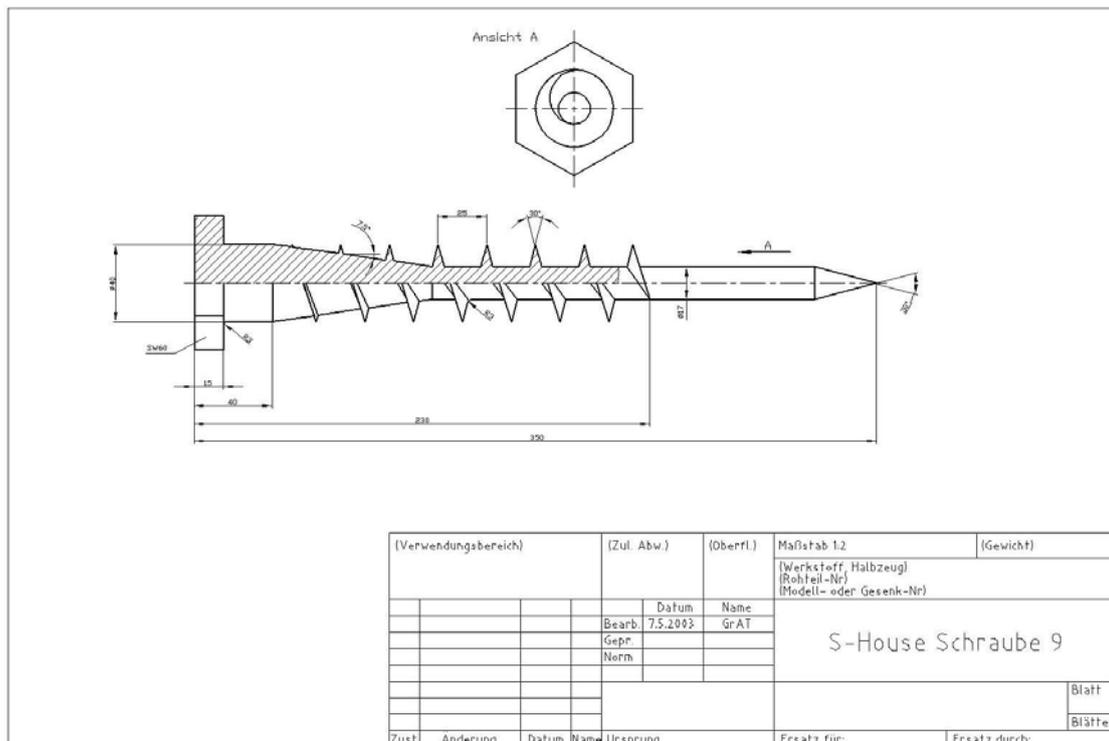
#### 5.1.2 Ausführung des Prototypen

Um Zugkräfte in Axialrichtung der Schraube aufnehmen zu können wurde ein großer Gewindedurchmesser gewählt, der zusammen mit einer entsprechend großen Steigung des Schraubengewindes für optimale Krafteinleitung und rasche Montierbarkeit sorgt. Die größere Anforderung bezüglich der Befestigung liegt aber in der Aufnahmen von Kräften senkrecht zur Schraubenachse. Da der Strohballen am Rand relativ lose gepresst ist, muss die Schraube tief versenkt werden. Dazu dient der weit über das Gewinde hinausragende Schaft im Strohballen-Inneren, der als Spitze ausläuft. Der Kerndurchmesser des am Strohballen-Rand liegende Schrauben-Endes wurde zum Schraubenkopf hin verdickt, sodass die angezogene Schraube das um sie befindliche Stroh komprimiert und für einen besseren Halt sorgt. Durch die Länge der Schraube können Biegemomente gut auf den Strohballen übertragen werden, ohne die Verformung zu groß werden zu lassen. Der verdickte Schaft am Schraubenkopf hat noch eine zweite Funktion: Mit der Schraube können einerseits Holzlatten direkt am Stroh, aber auch andere Elemente an ihr mittels einer zusätzlichen Holzschraube befestigt werden. Dazu wird die Schraube direkt in den

Strohballen eingedreht, dann in den Schraubenkopf ein Loch gebohrt, um darin eine Holzschraube einsetzen zu können. Da es schwierig ist, eine Schraube millimetergenau im Ballen zu platzieren, dient der verdickte Schaft auch als vergrößerte Querschnittsfläche, in der die Holzschraube aufgenommen werden kann. Die Holzschraube muss daher nicht genau zentrisch eingeschraubt werden. Auch der verlängerte gewindelose Schaft hat eine zweite Funktion: Mit seiner Hilfe kann die Schraube leicht angesetzt und von Hand bis zum Gewindeanfang in den Ballen eingetrieben werden. Damit ist die Schraube einfach platzierbar. Die ersten Umdrehungen können ebenfalls von Hand erfolgen, danach muss die Schraube mit einem Schraubenschlüssel angezogen werden.

### 5.1.3 Herstellung

Die Schraube wird im Spritzgußverfahren aus nachwachsenden Rohstoffen (Biopolymer) hergestellt. Sie ist somit unproblematisch bei der Entsorgung.



Grafik 2: TREEPLAST Schraube als Befestigungselement im S-HOUSE

## 5.2 MEMBRANDACH

Mit der konstruktiven Lösung des Daches vom S-HOUSE Demonstrationsgebäude werden folgende zentrale Innovationsziele verfolgt:

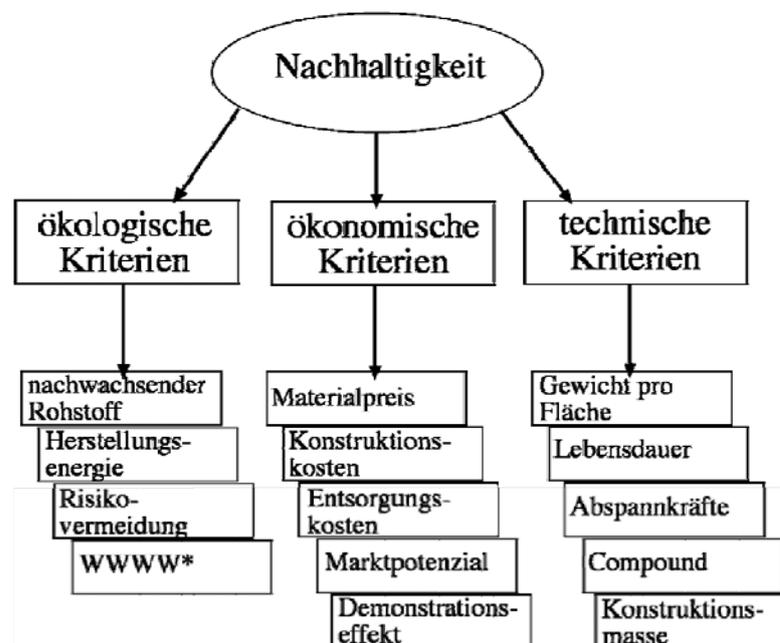
- Demontierbarkeit und Rezyklierbarkeit
- Ressourcensparende Dachkonstruktion
- Entkoppelung von Witterungsschutz und Wärmedämmung
- Wärmebrückenfreier Aufbau der Gebäudehülle

Diese Funktionen werden durch das freistehende Membrandach realisiert.

Im Rahmen der Planungsphase wurden Berechnungen und Dimensionierungen verschiedener Dachvarianten und eine Recherche bezüglich möglicher (ökologisch verträglicher) Membran-Werkstoffe durchgeführt, Holztragwerksspezialisten zur statischen Optimierung des Daches konsultiert und in Kooperation mit dem BIT (Büro für internationalen Technologietransfer) eine europaweite Technologieanfrage gestellt. Die Ergebnisse der Rechercharbeit brachten eine Vielzahl von technischen Lösungsmöglichkeiten mit unterschiedlichen Konstruktionen und Materialien. Zur Auswahl der optimalen Lösung in ökologischer, ökonomischer und technischer Hinsicht wurde daher eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Die Methode dieser Bewertung ist im folgenden dargestellt.

### 5.2.1 Methode: Nutzwertanalyse

## NUTZWERTANALYSE MEMBRANDACH



\*Wiederverwendung, Wiederverwertung, Weiterverwendung, Weiterverwertung

Grafik 3: Methode Nutzwertanalyse Membrandach

Das Ziel der Nutzwertanalyse ist der optimale Beitrag als Demonstrationsprojekt nachhaltigen Bauens, die Unterziele sind die dafür notwendigen ökologischen, ökonomischen und technischen Kriterien, denen jeweils mehrere Bewertungskriterien zugeordnet sind. Die überprüften Lösungen werden von 1 bis 4 (Erfüllungsfaktor) bewertet

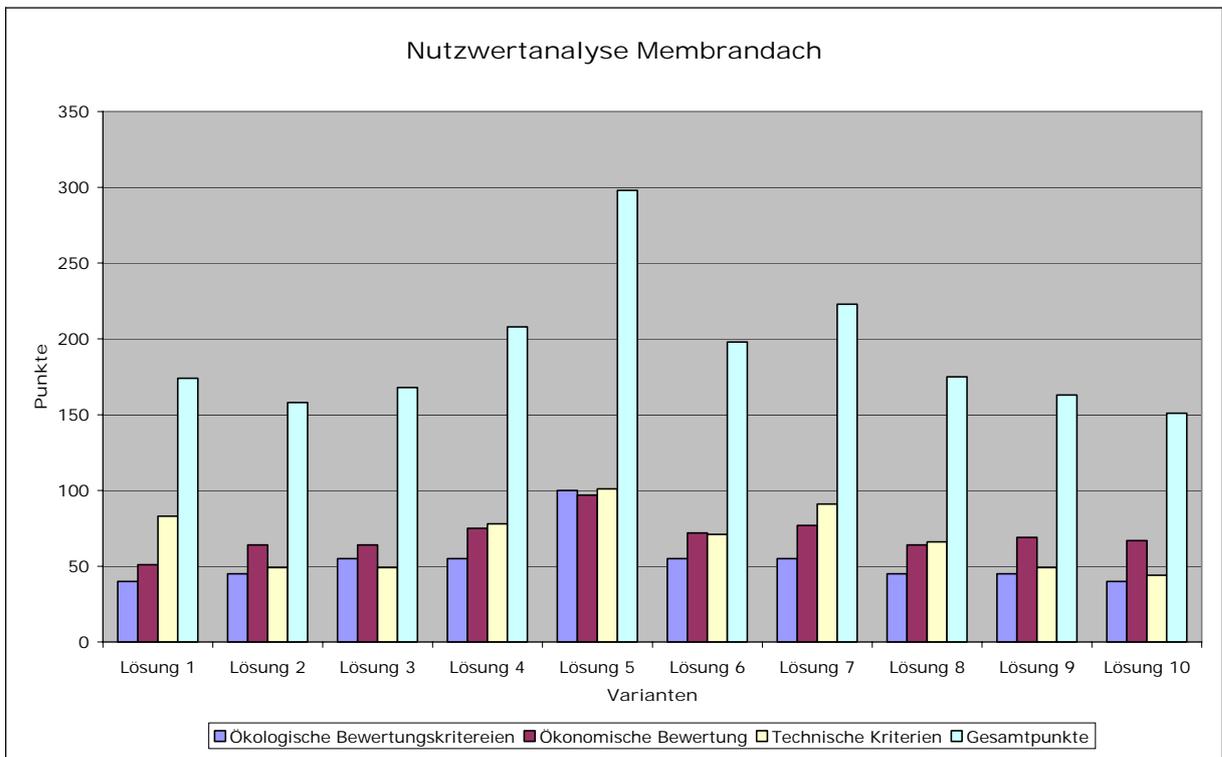
und anschließend mit einem Gewichtungsfaktor, der für jedes Bewertungskriterium unterschiedlich sein kann, multipliziert. Daraus ergeben sich die Nutzwerte der einzelnen Lösungen für die Unterziele. Die Addition der Ergebnisse der Unterziele ergibt eine Gesamtpunkteanzahl, mit der die optimale Lösung für das Projekt einfach eruiert werden kann.

## 5.2.2 Ergebnisse

In den folgenden Tabellen und Diagrammen sind die Ergebnisse der Nutzwertanalyse detailliert dargestellt und illustriert.

Membrandach Bewertung					
Material		Ökologische Bewertungs-kriterien	Ökonomische Bewertung	Technische Kriterien	Gesamtpunkte
Aufblasbares Kunststoffmembran (Eden Projekt Cornwall, ethylenetrafluoroethylene-copolymer von Foiltec, <a href="http://www.foiltec.de">www.foiltec.de</a> )	Lösung 1	40	51	83	<b>174</b>
Fluorpolymerlaminat Folie, TENERA PTFE-Gewebe (Gore Fibers)	Lösung 2	45	64	49	<b>158</b>
Glas/Silikon Membrane von (Koch Textilbau)	Lösung 3	55	64	49	<b>168</b>
Glasplatten (verschiedene Anbieter)	Lösung 4	55	75	78	<b>208</b>
Kautschuk (verschiedene Anbieter)	Lösung 5	100	97	101	<b>298</b>
Polycarbonatplatten, clear PEP UV (Blizzard)	Lösung 6	55	72	71	<b>198</b>
Polycarbonat (rodalux longlife Polystegplatten von Interlux Hirsch)	Lösung 7	55	77	91	<b>223</b>
Fluorpolymer film, Teflon (Koch Textilbau)	Lösung 8	45	64	66	<b>175</b>
PTFE(Polytetrafluorethylen)/GLASS (Koch Textilbau)	Lösung 9	45	69	49	<b>163</b>
PVC/Polyester (Koch Textilbau)	Lösung 10	40	67	44	<b>151</b>

Tabelle 5: Ergebnisse der Nutzwertanalyse verschiedener Membrandachvarianten



Grafik 4: Ergebnisse der Nutzwertanalyse verschiedener Membrandachvarianten

Nach sorgfältiger Prüfung aller Varianten im Projektteam wurde die Entscheidung zugunsten der Lösung „Kautschukmembran auf Holzkonstruktion“ (Lösung 5) als die umweltfreundlichste und kostengünstigste Lösung gefällt. Der erforderliche UV-Schutz für die Kautschukfolie wird durch eine extensive Begrünung übernommen. Kontakte mit entsprechenden spezialisierten Unternehmen wurden geknüpft und Lösungsmöglichkeiten erarbeitet. Die detaillierte Berechnung des Nutzwertes ist im Anhang ersichtlich.

## 5.3 PASSIVHAUSTAUGLICHE STROHBALLEN-HOLZ GEBÄUDEHÜLLE

Aus den verschiedenen Varianten des Wandaufbaus, die statisch berechnet und konstruktiv ausgearbeitet wurden, werden zwei Varianten im Detail weiterentwickelt und baubiologisch, statisch und kostenmäßig optimiert: die Holztafelbauweise mit vorgesetzter Strohballedämmebene und Holzfassade bzw. lehmverputzter Fassade sowie die Skelettbauweise mit Holz- bzw. Lehmputzfassade. Diese Konstruktionen ermöglichen einen wärmebrückenfreien und luftdichten Wandaufbau. Ziel war unter anderem die Erreichung der Passivhaustauglichkeit ohne den Einsatz einer zusätzlichen Luftdichtungsfolie.

Für folgende Komponenten wurde die Detailplanung durchgeführt:

- Südseitige Glasfassade zur optimalen passiven Nutzung der Sonnenenergie unter Einbindung externer Experten und Firmen
- Messung der solaren Einstrahlung am Standort und Berechnung der Sommertauglichkeit
- Sonnenkollektoren zur aktiven Solarenergienutzung
- Holztafel-Strohbalkenkonstruktion
- Boden- und Deckenkonstruktion aus Holztafel- Strohbalkenkonstruktion
- Anschlussdetails für Fenster und Türen

### 5.3.1 Konstruktionsvarianten

In einigen Iterationsschritten wurden sieben verschiedene Konstruktionsvarianten für die Gebäudehülle erarbeitet. Die Auswahl des am besten geeigneten Aufbaus wurde in der Expertenrunde (Architekt, Statiker, Bauphysiker, Zimmerer, Ecodesignern) durchgeführt. Dabei wurden folgende Bewertungskriterien berücksichtigt:

- Akzeptanz/Verbreitungspotenzial
- Innovation
- Kosten
- Montage/Demontage
- Bauphysik
- Nachhaltigkeit
- Statische Beurteilung

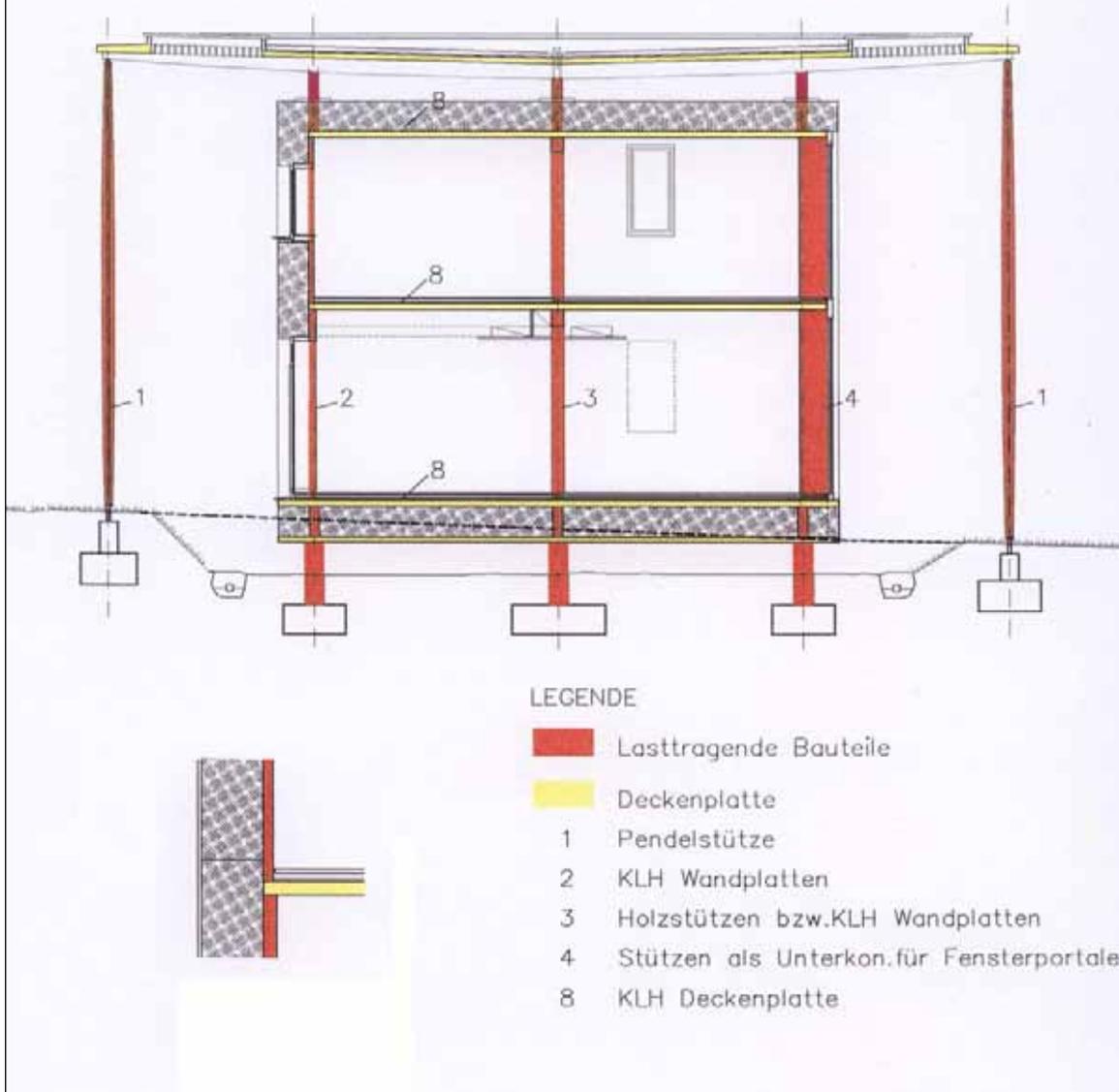
Je Kriterium wurden ein bis zehn Punkte für die verschiedenen Varianten vergeben. Dabei bedeutet ein Punkt eine wenig befriedigende Erfüllung der Kriterien und zehn Punkte eine sehr gute Erfüllung. In der folgenden Tabelle ist das Ergebnis dargestellt:

Bewertung Konstruktionsvarianten S-HOUSE durch Expertenbeurteilung							
Variante	1	2	3	4	5	6	7
Bezeichnung	Tragende Wandscheiben (KLH)	Tragende Strohballen	Ständerbauweise	Skelettbau mit Strohballenaußenwand	Tragende Wandscheiben (KLH) außen	Traditionelle Strohballenbauweise Fachwerk	TGI-Träger
Bewertungskriterium	1 (wenig befriedigend) bis 10 (sehr gut) Punkte pro Kriterium						
Akzeptanz/Verbreitungspotenzial	8	3	9	9	6	9	9
Innovation	8	10	3	7	7	3	3
Kosten	6	10	6	5	5	7	5
Montage/ Demontage	8	8	4	8	6	5	5
Bauphysik	8	5	7	7	1	8	7
Nachhaltigkeit	7	8	7	8	6	7	6
statische Beurteilung	10	1	5	9	9	5	5
<b>Gesamtpunkte</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>41</b>	<b>53</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>40</b>
	Platz 1			Platz 2			

Tabelle 6: Bewertung Konstruktionsvarianten S-HOUSE durch Expertenbeurteilung

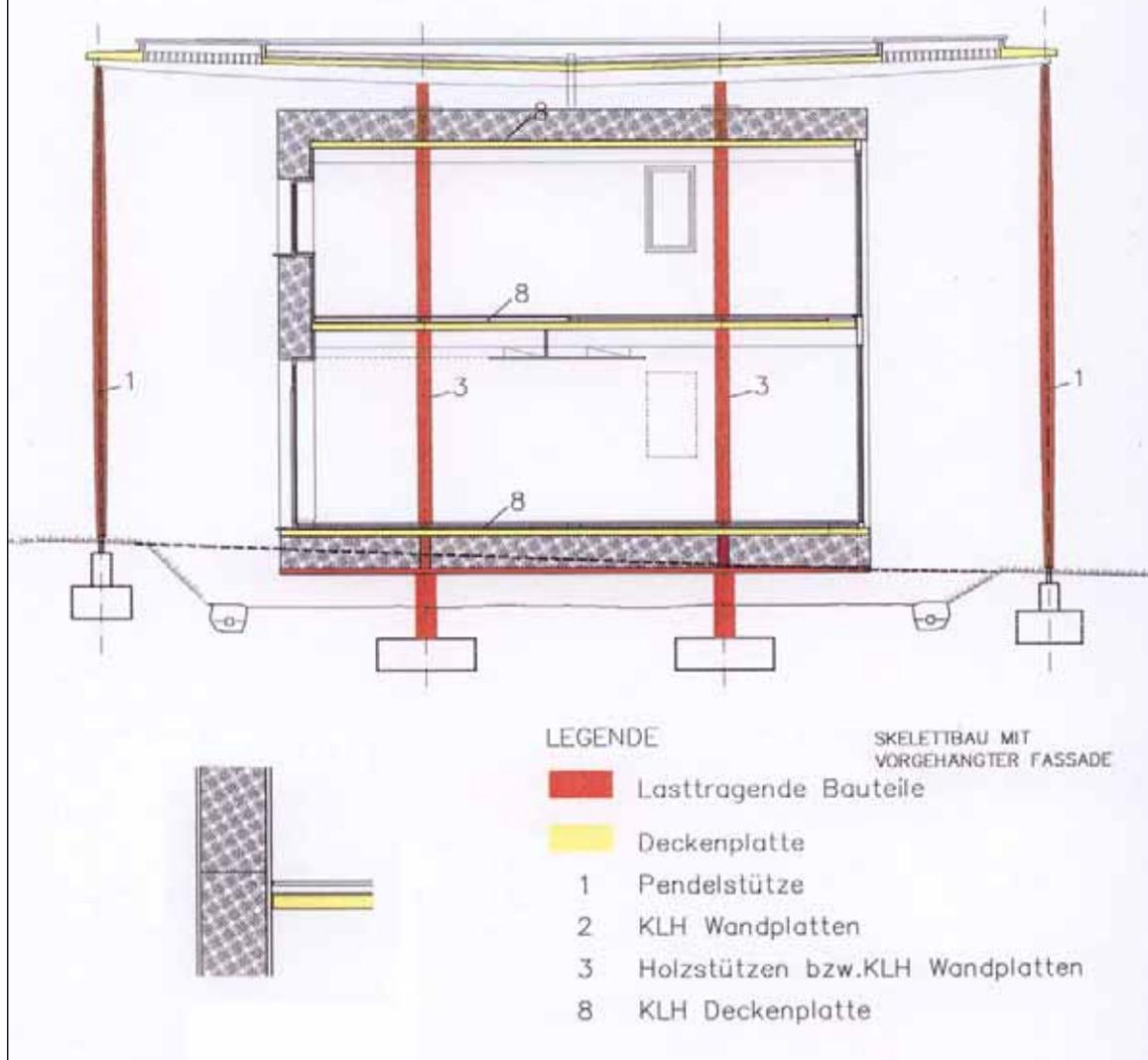
Von den sieben technisch möglichen Varianten zeichneten sich zwei Varianten als Favoriten ab. Von diesen beiden Varianten „Tragende Wandscheibe“ und „Skelettbau“ wurde erstere aufgrund fertigungstechnischer und ökologischer Vorteile (z.B. keine Folien) zur Realisierung gebracht. Im Anschluss sind die beiden oben angeführten Varianten dargestellt. Die restlichen untersuchten und bewerteten Wandaufbauten befinden sich im Anhang.

# 1 TRAGENDE WANDSCHEIBEN (KLH) RAUMSEITIG



Grafik 5: Tragende Wandscheiben (KLH) raumseitig

#### 4 SKELETTBAU MIT STROHBALLENAUSSENWAND



Grafik 6: Skelettbau mit Strohballenaussenwand

## 5.4 HAUSTECHNIK

Die Haustechnik im S-HOUSE wurde nach ökologischen und funktionalen Kriterien entwickelt und geplant, um eine möglichst hohe Funktionalität bei einfacher Ausführung zu garantieren. Anwenderfreundlichkeit bei Wartung und Reparatur, einfache Gestaltung sowie gute Trennbarkeit und Recyclbarkeit der Bauteile und Komponenten stellten dabei zentrale Planungskriterien dar.

### 5.4.1 Zielsetzung

Ein richtig konzipiertes Haustechnikkonzept kann viel zur Erhöhung der Ressourceneffizienz beitragen. Dies kann erreicht werden durch Einsparung von Installationsmaterial (z.B. Kabelmaterial) sowie dem Einsatz von leicht recycelbaren Stoffen. Weiters kann durch eine intelligente Haustechnik der Energiebedarf auf ein Minimum gesenkt werden. Dies gilt sowohl für die Wärmeenergie als auch für elektrische Energie.

Das Haustechniksystem für das S-HOUSE wurde mit folgenden Zielen entwickelt:

- Haustechniksystem einfach montier- und vor allem demontierbar
- einzelne Komponenten gut wieder verwendbar bzw. recycelbar
- weitgehender Verzicht auf üblicherweise eingesetzte metallische Tragsysteme
- Leitungsführungen so kurz als möglich
- nur PVC-freie Materialien
- die Einfachheit des Systems steht im Vordergrund (möglichst nur ein Speichermedium, keine doppelten Systeme)

Das Haustechnikkonzept umfasst folgende Punkte

### 5.4.2 Elektrotechnisches Konzept

Das Elektrotechnische Konzept umfasst die Elektroinstallation, die Erdungsanlage, die Beleuchtung, die Regelungstechnik und die erforderlichen EDV-Anwendungen. Überschneidungen gibt es mit dem Messtechnikkonzept (siehe Kapitel 7.3). Die Steuerung der Lüftungsanlage und der Wärmeverteilung ist im nächsten Kapitel dargestellt.

Im folgenden ist eine Zusammenfassung der wichtigsten Planungsprämissen für die Innovationen der Elektrotechnik im S-HOUSE dargestellt:

- Minimierung der Leitungslängen
- Steuerung der kompletten Haus- u. Elektrotechnik mit einem einzigen System (europäischer Installationsbus)
- Tageslichtabhängige Lichtregelung in den Büros
- Bewegungs- und helligkeitsabhängiges Lichtschalten in Nebenräumen
- Übertagung und Steuerung von Mess- und Statuswerten (Raumtemperatur, Außentemperatur, etc.) oder Störmeldungen via Internet und SMS
- Anlagenzustand fernwartbar
- Geringer Stromverbrauch
- Größtmöglicher Verzicht auf PVC in Leitungen und Installationsgeräten
- Verzicht auf herkömmliches Leitungstragsystem wie Kabeltassen etc.
- Verzicht auf Verkabelung für die EDV-Infrastruktur (Funk-LAN)

## Regelung und Steuerung im S-HOUSE

Die gesamte Regelanlage basiert auf einem einheitlichen Steuerungssystem (Europäischer Installationsbus EIB) in das auch die Steuerung der Beleuchtung und die Erfassung der Messdaten eingebunden ist. Daraus ergeben sich weniger Schnittstellen (ein und derselbe Außenfühler steuert z.B die Beschattung und die Heizung) und ein geringerer Wartungsaufwand bei Servicearbeiten. Der Europäische Installationsbus (EIB) ist ein dezentral aufgebautes Bussystem für den Anwendungsbereich Gebäude- und Homeautomation. Jeder Teilnehmer (Sensor, Aktor) verfügt über einen eigenen Mikrocontroller mit entsprechenden Speicherbausteinen. Ein zentrales Steuergerät ist nicht erforderlich. Die EIB Teilnehmer sind über eine gemeinsame Busleitung miteinander verbunden, über die die Teilnehmer miteinander kommunizieren und Daten austauschen. Die Spannungsversorgung wird ebenfalls über die gemeinsame Leitung übertragen. Es wird insgesamt also nur ein Aderpaar für die Versorgung und den Datentransport benötigt. Über den Steckdosen befindet sich die Steuerung für die Beleuchtung, welche manuell aber auch durch eine Automatik (Bewegungs- und Helligkeitssensor) gesteuert werden kann. Eingebaute Präsenzmelder, die bei Anwesenheit von Personen und Dunkelheit die Beleuchtung aktivieren. Die Kabeltrassen aus Holz befinden sich neben dem Licht- und Stromversorgungsmodul die gleichzeitig als Aufhängung für die Regale dienen. In den Gängen sind die Trassen gleich neben den Lüftungsrohren bzw. unter den Leuchtkörpern fixiert.



Abbildung 6: Bewegungs- und Helligkeitssensor

## Fernwartung und Überwachung der S-HOUSE Elektrotechnik

Der Home Server übernimmt die Funktion als Gateway zur Visualisierung und Steuerung der gesamten Instabus-Installation (EIB) mittels Geräten wie z.B. WAP-Handy, mobile Internet-Terminals (PDA), PC oder anderen Geräten mit einem Internet- Browser. Dadurch sind die Instabus-Funktionen jederzeit und überall, extern wie intern, kontrollier- und steuerbar. Die Steuerung erfolgt mit Hilfe einer grafischen Bedienungs Oberfläche. Dadurch können im S-HOUSE die Statuswerte sämtlicher Geräte die an den Instabus angeschlossen sind (wie zum Beispiel, Beleuchtung, Luftzufuhr ins Gebäude, Raumtemperatur, Sonnenstand, Windgeschwindigkeit,..) abgefragt und je nach Funktion auch gesteuert werden. Weiters können Störmeldungen via SMS und über das Internet übertragen werden. Dadurch kann rasch auf Probleme reagiert werden.

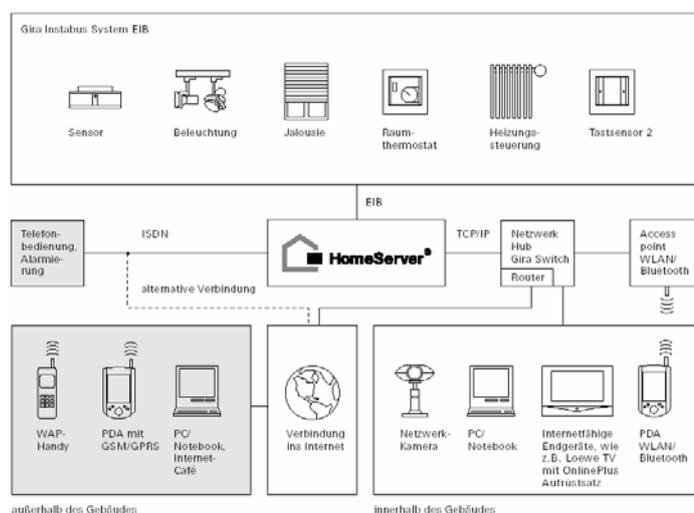


Abbildung 7: Anbindung Home Server, GIRA

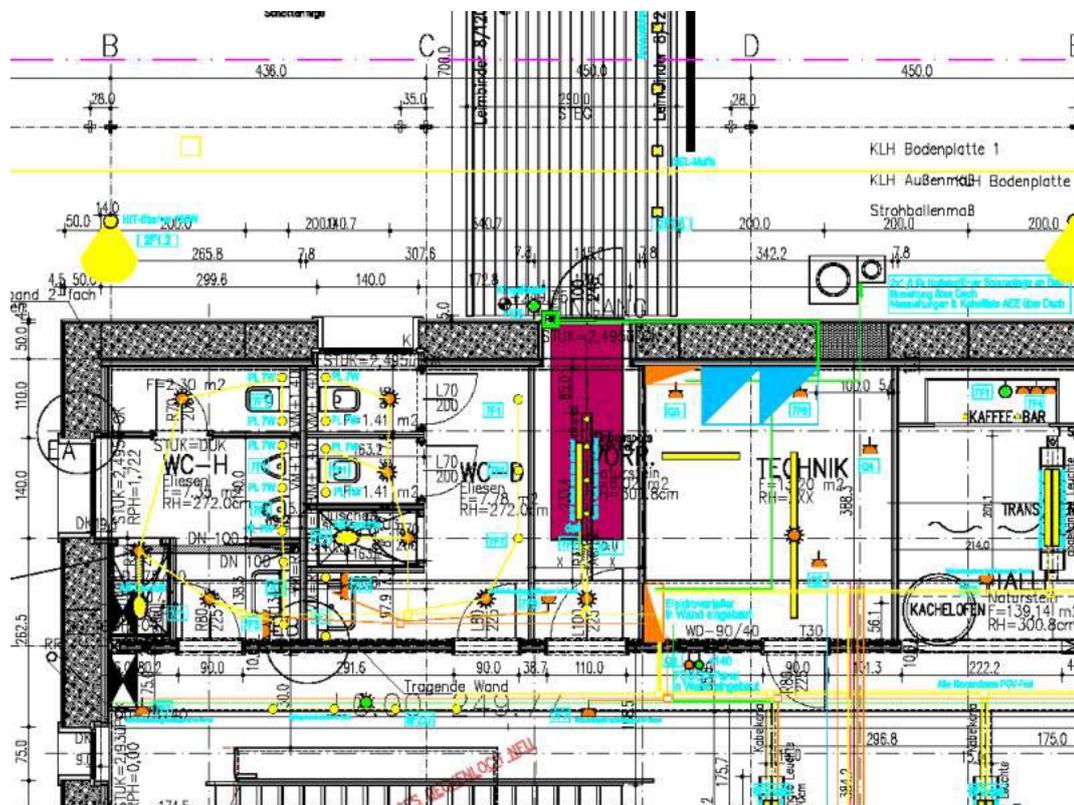
## Ressourcenschonung

Es wurde ein größtmöglicher Verzicht auf PVC in Leitungen und Installationsgeräten umgesetzt. Eine Minimierung der Leitungslängen wurden durch Anordnung der Versorgungsstränge als „Backbone“ in der Längsachse des Gebäudes erreicht. Von dieser Mittelachse sind alle Verbraucher auf kürzestem Weg erreichbar. Die Leitungsführung ist modular aufgebaut und frei zugänglich. Reparatur und Wartungsarbeiten können damit einfach und ohne Beschädigung des Gebäudes durchgeführt werden. Auf ein herkömmliches Leitungstragsystem wie Kabeltrassen wurde verzichtet und stattdessen Holzkonstruktionen, die auch für die Lüftungsanlage verwendet wurden eingesetzt. Details der Ausführungen sind im Kapitel „6.2.2 Elektrotechnik“ dargestellt. Bei der EDV-Infrastruktur wurde das Netzwerk über Funk-LAN realisiert und dadurch Verkabelung eingespart.

Beim Beleuchtungssystem wurde einerseits darauf geachtet effiziente Leuchtmittel einzusetzen andererseits möglichst viel Energie durch durchdachte Regelungstechnik einzusparen. Die tageslichtabhängige Lichtregelung in den Büros erfolgt durch einfache Präsenz- und Helligkeitsregler direkt an der Leuchte. Dadurch kann mit einfachen Mitteln Energie eingespart werden und zusätzlich erhöht es den Komfort durch automatisches Einschalten der Beleuchtung bei unzureichendem Sonnenlicht. Das Lichtschalten in Nebenräumen wie WC und Vorraum erfolgt ebenfalls bewegungs- und helligkeitsabhängig. Die Außenbeleuchtung wird teilweise mittels Leuchtdioden bewerkstelligt die eine durchschnittliche Lebensdauer von 100.000 Stunden haben und 80% weniger Energie verbrauchen als konventionelle Glühbirnen. Für die Beleuchtung in den Gängen wurden

Leuchten vorgesehen, die aus wenig unterschiedlichen Materialien bestehen. Die Regelung des Sonnenschutzes (Beschattung) erfolgt in Abhängigkeit von Sonneneinstrahlung, Windverhältnissen und der Betriebszeiten.

Abbildung 8: Ausschnitt Elektrotechnik Plan



### 5.4.3 Luft- und Wärmeverteilungskonzept

Der Energiebedarf des Gebäudes ist durch die gute Qualität der Isolierung und die hohen passiven Gewinne äußerst gering. Dieser niedrige Heizenergiebedarf wird mit einem eigens dafür entwickelten Prototypen eines mit Stückholz befeuerten Speicherofens, der seine Energie an den Abluftstrang des Lüftungssystems abgibt, abgedeckt. Die Wärme wird über ein groß dimensioniertes Wärmerückgewinnungsregister an die Zuluft übertragen und im Gebäude verteilt. Das Lüftungssystem verfügt außerdem über einen Erdreichwärmetauscher, durch den – je nach Jahreszeit - die Außenluft angesaugt werden kann. Der Stückholz befeuerte Biomasse-Speicherofen, sowie dessen lufthydraulische Einbindung ins Lüftungssystem, wurde speziell für den Einsatz im Passivhaus entwickelt und stellt eine eigenständige Innovation dar, die im Anschluss (Kapitel 5.4.4 Biomasse-Speicherofen) behandelt wird. Eine 10 m<sup>2</sup> große Kollektorfläche liefert Energie für die Brauchwarmwasserbereitung die in einen 1500 Liter-Pufferspeicher gespeichert wird. Ein Hydraulikschema für das S-HOUSE ist weiter unten in diesem Kapitel dargestellt.

Folgende Aufgaben wurden realisiert:

- Spezielle lufthydraulische Einbindung des Biomasse-Speicherofens in das Lüftungssystem; Die Beheizung des Gebäudes (während Lastspitzen) erfolgt ausschließlich über das Lüftungssystem; Auf ein konventionelles statisches Heizsystem (z.B. Radiatoren, Fußbodenheizung, usw.) samt Hydraulik wird komplett verzichtet

- Warmwasserbereitung mittels Solar-Kollektoren
- Biomasse-Speicherofen
- Optimiertes Regelkonzept:
  - Lüftungsanlage
  - Luftheizung, Biomasse-Speicherofen
  - Thermische Solaranlage
  - Zentrale Regelung, einfache Bedienung
- Erfassung und Archivierung relevanten Messdaten:
  - Außentemperatur
  - Raumtemperaturen
  - Vor- und Rücklauftemperaturen
  - Ertrag des Stückholz-Speicherofens
  - Kollektortemperatur
  - Puffertemperaturen (Schichtung)
  - Option: CO<sub>2</sub>-Fühler in den Räumen
  - Option: VOC-Fühler (Luftqualität) in den Räumen
  - Option: relative Luftfeuchte in den Räumen
  - Feuchtefühler in den Wandaufbauten
  - Luftgeschwindigkeit
  - Windmessungen

### **Die Anforderungen an die Lüftungsanlage sind:**

- Bereitstellung der erforderlichen hygienisch einwandfreien Luftmengen
- Anpassungsmöglichkeit der Luftmengen an die tatsächlich anwesenden Personenzahlen zur Minimierung der Energieverluste und zur Minimierung des Austrocknungseffektes
- Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage zur Minimierung der Energieverluste
- Nutzung des Lüftungssystems als Wärmeverteilsystem zur Beheizung des Gebäudes (während der Lastspitzen)

### **Funktionsbeschreibung / Regelkonzept**

#### Funktionsprinzip Lüftung / Heizung

Der Einsatz einer "Kontrollierten Lüftung" wurde gemäß dem Passivhausstandard entwickelt. Da der erforderliche Heizwärmebedarf mit ca. 2.400 kWh/a (gem. PHPP) äußerst gering ist, wird auf ein eigenes Heizsystem (z.B. Radiatoren, Fußbodenheizung) zur Gänze verzichtet und die Zusatzheizung über das ohnehin erforderliche Lüftungssystem durchgeführt.

#### Ermittlung der Luftmenge:

Anzahl der Personen :	40
AUL-Anteil pro Person :	25 m <sup>3</sup> /h (Nichtraucher)
Gesamtluftmenge :	1.000 m <sup>3</sup> /h
mittl. Luftwechselzahl :	ca. 1,0-fach

Aufgrund der ermittelten Luftmenge und der Energiedaten des Gebäudes wird die Zulufttemperatur im Heizfall max. 10 K über der Raumtemperatur liegen. Die Zuluft einbringung erfolgt induktiv über Weitwurfdüsen. Die Zusatzheizung erfolgt über einen Biomasse-Speicherofen. Die Einbindung der Zusatzheizung in das Lüftungssystem erfolgt über eine speziell entwickelte lufthydraulische Schaltung:

Da die Zulufttemperatur aus dem Speicherofen entsprechend hoch sein kann (ca. 70-80°C), wird die "heiße" Ofenzuluft in die zentrale Abluft (kurz vor dem Lüftungsgerät) "beigemischt". Über den Wärmetauscher im Lüftungsgerät wird die Außenluft auf die notwendige Zulufttemperatur erwärmt. Als Wärmetauscher wird ein hocheffizienter Kreuzstromtauscher verwendet. Zusätzlich wird die angesaugte Außenluft über einen Erdwärmetauscher geführt. Somit kann auch bei niedrigsten Außentemperaturen im Winterbetrieb eine Ansaugtemperatur vor dem Wärmetauscher von mindestens + 4°C erreicht werden. Ein Vereisen des Wärmetauschers (auf der Fortluftseite) kann somit zuverlässig verhindert werden.

#### Funktionsprinzip Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung erfolgt völlig autark über eine thermische Solaranlage. Durch die entsprechende Neigung der Kollektoren wird auch im Winterbetrieb ein maximaler Solarertrag erreicht. Die Warmwasserbereitung erfolgt über ein "Speicher-im-Speicher-System". Bei diesem System können große Energiemengen bei gleichzeitig geringem Warmwasservolumen gespeichert werden. Um eine optimale Schichtung im Pufferspeicher zu erhalten, erfolgt die Einbringung der Solarenergie "zweistufig" über innen liegende Glatrohrwärmetauscher. Durch dieses System und durch eine Drehzahl geregelte Solarpumpe kann in jedem Betriebsfall auf die gewünschte Nutzttemperatur geregelt werden.

#### Regelbeschreibung Lüftung/Heizung (s.a. Prinzipschema)

##### a) Nur Lüftungsbetrieb (kein Heizbetrieb)

Die Lüftungsanlage läuft über das interne Regelprogramm. Drehzahlregelung des Zu- und Abluftventilators über CO<sub>2</sub>-Fühler bzw. Luftqualitätsfühler (VOC) im Referenzraum. **K1, K2** geöffnet; Ventilatoren laufen drehzahl geregelt; **K3, K4, K5** geschlossen.

##### b) Heizbetrieb

Voraussetzung: Inbetriebnahme des Biomasse-Speicherofens durch händisches An- und Nachheizen. **K4** und **K5** geöffnet; Ventilatoren laufen mit hoher Drehzahl; **K1, K2** geöffnet. Sinkt die Raumtemperatur im Referenzraum **2 K** unter den eingestellten Sollwert von **22°C**, öffnet die Klappe **K3** stetig und heiße Ofenluft wird der Abluft beigemischt. Die Zulufttemperatur **F10** wird dadurch solange stetig erhöht, bis der Raumtemperatur-Sollwert wieder erreicht ist; Zulufttemperatur Maximalbegrenzung: **+30°C**. Wird nicht mehr händisch nachgeheizt, und sinkt die Abgastemperatur **F15 30 min** lang unter **43°C** (d.h., es findet keine Verbrennung mehr im Speicherofen statt), schließt die Abgasklappe **K5**, die Verbrennungsluftklappe **K4** und die Raumlufklappe **K3**.

#### Regelbeschreibung Solaranlage

##### c.) Differenztemperatursteuerung

Ist die Kollektortemperatur **F1** um **8 K** größer als Puffertemperatur (unten) **F7**  
→ Solarpumpe **P1** ein.

Ist die Kollektortemperatur **F1** um **3 K** größer als die Puffertemperatur (unten) **F7**  
→ Solarpumpe **P1** aus.

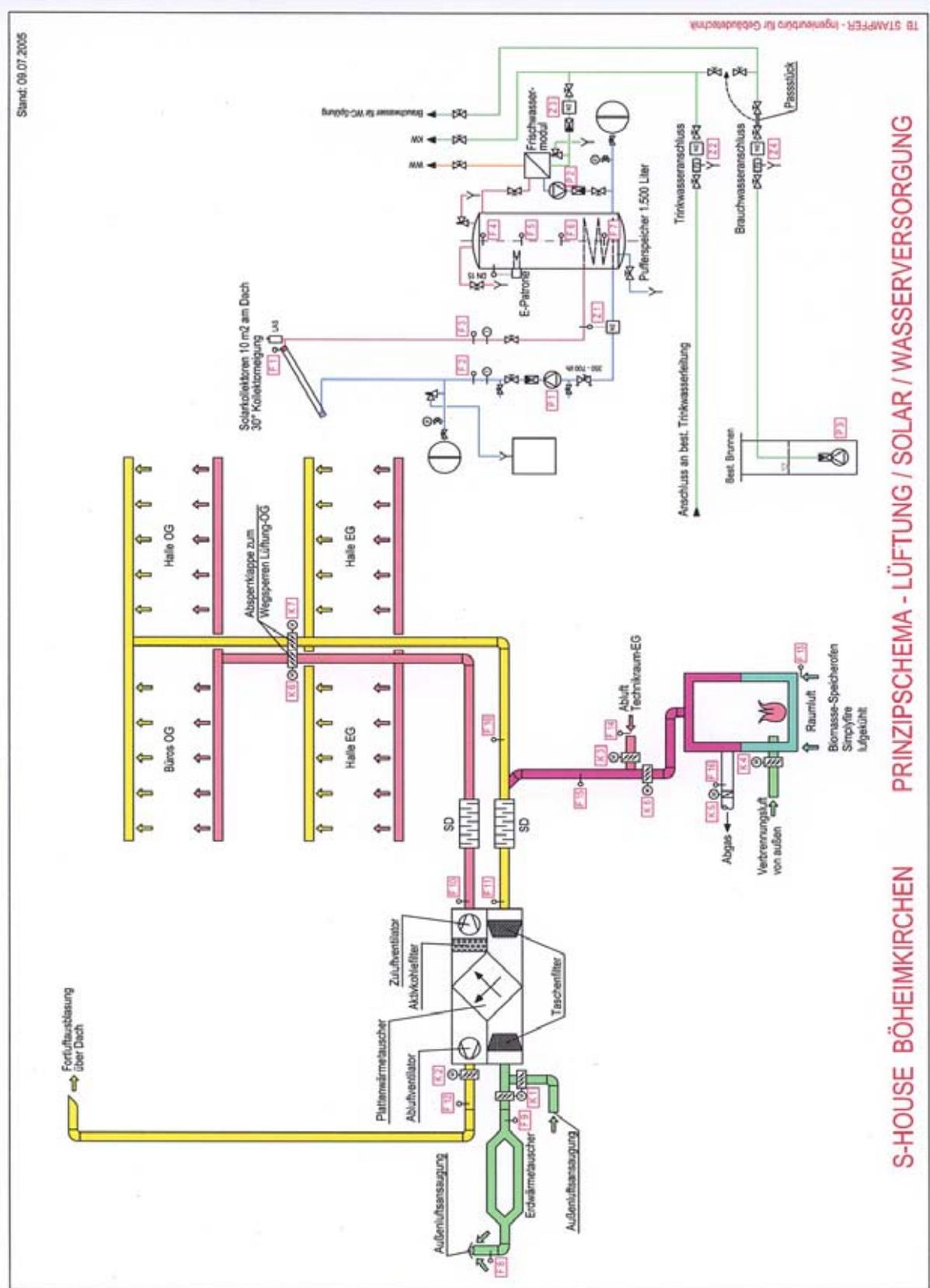
Bei Erreichen der max. Speichertemperatur (oben) **F4** von **85°C** schaltet Solarpumpe **P1** aus. Bei ausgeschalteter Solarpumpe **P1** und bei Erreichen einer Kollektortemperatur **F1** von **100°C** schaltet Solarpumpe **P1** wieder ein. Bei Erreichen einer Kollektortemperatur **F1** von **90°C** schaltet Solarpumpe **P1** wieder aus.

### c.II) Drehzahlregelung Solarpumpe

Mit dieser Drehzahlregelung wird erreicht, dass so schnell als möglich eine Nutzttemperatur von **60°C** erreicht wird. Die Solarpumpe **P1** startet mit einer Drehzahl von **30 %**. Mit der Drehzahlregelung wird auf eine Solar-Vorlauftemperatur **F3** von **60°C** geregelt, das heißt, sobald die Solar-Vorlauftemperatur **F3** die Temperatur von **60°C** überschreitet, wird die Pumpendrehzahl kontinuierlich erhöht.

### c.III) Pufferumschaltung:

Der Solareintrag in den Pufferspeicher erfolgt über einen internen zweistufigen Glattrohrwärmetauscher. Ist die Solar-Vorlauftemperatur **F3** kleiner als die Puffertemperatur **F5**, wird nur der untere Wärmetauscher durchflossen → Umschaltventil **V1** auf Stellung "auf" (Ventilstellung A-B). Steigt die Solar-Vorlauftemperatur **F3** um **3 K** über die Puffertemperatur **F5**, werden der obere und der untere Wärmetauscher durchflossen (in Serie) → Umschaltventil **V1** auf Stellung "zu" (Ventilstellung A-C).



Grafik 7: Detailplan Prinzipschema – Lüftung/Solar

### 5.4.4 Biomasse-Speicherofen

Die Ausführung des Biomasse-Speicherofens wurde geplant und durchgerechnet. Die Detailplanung für die lufthydraulische Einbindung in das Lüftungssystem,

Wärmeabführungsmöglichkeiten (Luftheizung) und die Integration in das Haustechnikkonzept wurde im obigen Kapitel beschrieben.

### **Ausgangssituation**

Die Grundidee beim Passivhaus ist die erforderliche Heizenergie und Warmwasser-Bereitstellung durch passive Energienutzung zu realisieren. Grundsätzlich kommen Passivhäuser daher ohne konventionelle Heizung aus, da sie nur circa ein Zehntel der Heizenergie von herkömmlichen Häusern benötigen. Ein Heizsystem ist jedoch notwendig, damit auch an sehr kalten Tagen die Heizspitzen abgedeckt werden können, falls die solaren Gewinne witterungsbedingt nicht ausreichen.

Die meisten Passivhaus-Bauherrn verwenden dafür eine thermische Solaranlage in Kombination mit Wärmepumpen, elektrischen Zusatzheizungen oder Gasthermen, vor allem in Verbindung mit der Brennwerttechnik. Eine andere weit verbreitete Lösung, vor allem in Österreich, ist der Einsatz von Pelletfeuerungen, meist als Kaminöfen mit Wassertasche, in Kombination mit einer thermischen Solaranlage. Dabei speisen Kollektoren und Ofen einen Pufferspeicher. Übliche Leistungen für solche Feuerungen liegen zwischen 2 und 10 kW. Defizit bei all diesen Anlagen, wie bei Benutzerumfragen eruiert wurde, ist das fehlende oder ungenügende Sichtfeuer und der „warme Kern“ im Wohnraum.

### **Anforderungen**

Im S-HOUSE wurde daher ein Ofen integriert, der bei hoher Funktionalität diesen zusätzlichen Benutzerkomfort bietet. Folgende Kriterien mussten dabei berücksichtigt werden:

- Passivhaustauglichkeit
- Biomasse-Befuerung
- Schaffung eines angenehmen Raumklimas durch Strahlungswärme
- Geringer Beschickungsaufwand durch gute Wärmespeicherung
- Leichte Montier- und Demontierbarkeit
- Modernes Design
- Einfache Steuerbarkeit innerhalb der Haustechnik
- hoher Wirkungsgrad



Abbildung 9: Biomasse -  
speicherofen

## **Innovation**

Der Speicherofen, der mit Scheitholz, Holzbriketts oder -pellets befeuert wird, bietet neben anderen Vorteilen die Möglichkeit einen „warmen Kern“ mit Sichtfeuer im Passivhaus zu integrieren. Die Leistung des Ofens beträgt 2,5 bis 5 kW. Abhängig von dieser Leistung wird er mit rund 5 kg Holz befüllt, der Wirkungsgrad liegt bei über 85%. Das System, nach dem dieser Ofen arbeitet, ist ähnlich dem eines Kachelofens. Die während der Verbrennung erzeugte Wärme wird nicht nur direkt als Strahlungswärme abgegeben, sondern auch durch die mineralische Speichermasse aufgenommen und dann langsam in einem Zeitraum von ca. 8-12 Stunden abgegeben. Die Verbrennungsluftzufuhr erfolgt über eine Verbindung zur Außenluft, sodass keine Raumluft verbraucht wird. Der Ofen ist in Modulbauweise gestaltet. In einzelnen Modulen wird der Ofen von unten nach oben an seinem Bestimmungsort aufgebaut. Dann erst wird die mineralische Speichermasse eingefüllt.

Diese Bauweise erleichtert die Installation (durch Bauteile mit geringem Gewicht), der Abbau des Ofens gestaltet sich ebenso unproblematisch, nach Entfernen der Speichermasse wird die Feuerung wieder in ihre Module zerlegt.

Der Speicherofen kann durch seine Konstruktion Raumluft unabhängig betrieben werden und eignet sich somit für den Einsatz in Passivhäusern. Während der Planung wurden zwei Möglichkeiten für die Einbindung des Ofens in die Haustechnik untersucht. Hierbei wurde sowohl die Variante der Luftbeheizung als auch die der Wärmeübertragung mittels Wassertaschen betrachtet. Die Variante der Luftbeheizung ist die einfachere und wurde daher realisiert.

### **Die Vorteile des modularen Biomasse Speicherofens sind:**

- Im Vergleich zu einem Kachelofen billiger und flexibler
- Der Ofen ist transportabel und kann auch in Wohnungen leicht und ohne große Umbauten eingebaut werden (Kaminanschluss vorausgesetzt)
- Der Ofen ist rasch und problemlos auf- und abbaubar
- Er speichert die Wärme, und gibt sie langsam wieder an den Raum ab, sodass ein angenehmes Raumklima entsteht
- Kein häufiges Einheizen durch die über einen längeren Zeitraum erfolgte Wärmeabgabe
- Verschiedene Gestaltungsvarianten sind möglich
- Optimales Flammenbild durch Verwendung von Stückholz als Brennstoff
- 

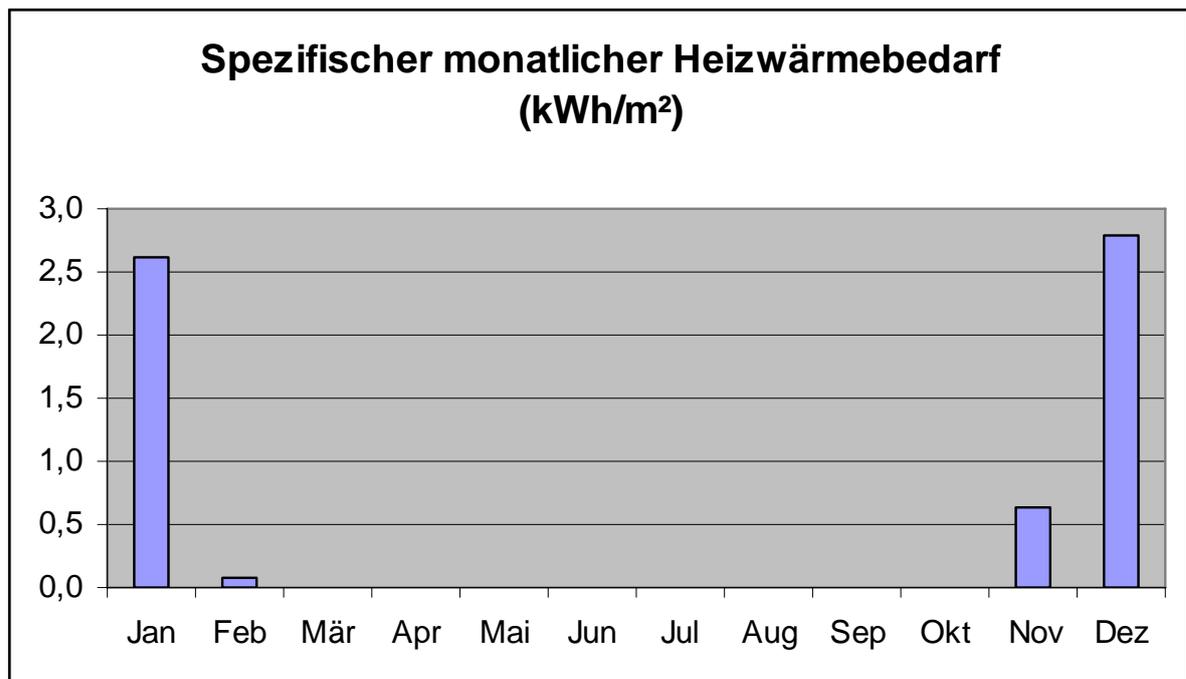
Der Einbau des Ofens im S-HOUSE ist im Kapitel 6.1.18 beschrieben.

## 5.5 PASSIVHAUSBERECHNUNG

Die Ergebnisse der Berechnung mit dem PHPP Projektierungsprogramm für Passivhäuser (Standardprogramm, Passivhaus Institut Darmstadt) zeigen, dass der Passivhausstandard mit den derzeit üblichen Strohballenkonstruktionen erreicht werden kann. Mit der im S-HOUSE entwickelten und optimierten Wandkonstruktion wird der geforderte Wert deutlich unterschritten und die Energieeinsparungen während der Nutzungsphase nochmals halbiert. Das bedeutet eine Verringerung des spezifischen Heizwärmebedarfs um den Faktor 20 gegenüber dem heute üblichen Energiestandard. Nachfolgend sind die wichtigsten Ergebnisse der Berechnung dargestellt, die detaillierte Berechnung befindet sich im Anhang:

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
Heizgr.Std. Außen	14,6	12,6	11,6	8,4	5,3	2,7	1,8	2,2	4,4	7,9	11,0	13,7	96	kKh
Heizgr.Std. Grund	7,5	7,5	8,8	8,5	8,3	7,2	6,5	5,7	5,0	5,2	5,5	6,5	82	kKh
Verluste Außen	2913	2510	2318	1668	1055	532	357	446	877	1575	2200	2734	19185	kWh
Verluste Grund	131	131	153	148	145	126	114	99	88	91	96	114	1436	kWh
Solare Gewinne Ost	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solare Gewinne Süd	918	1868	2090	2628	2692	2407	2533	2723	2533	1995	1013	665	24065	kWh
Solare Gewinne West	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solare Gewinne Nord	40	60	103	147	199	219	219	175	119	72	40	28	1420	kWh
Solare Gewinne Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
<b>Innere Wärmequellen</b>	<b>1042</b>	<b>941</b>	<b>1042</b>	<b>1008</b>	<b>1042</b>	<b>1008</b>	<b>1042</b>	<b>1042</b>	<b>1008</b>	<b>1042</b>	<b>1008</b>	<b>1042</b>	<b>12264</b>	kWh
Solarer Ausnutzungsgrad	100%	91%	76%	48%	31%	18%	12%	14%	26%	54%	99%	100%	48%	
Heizwärmebedarf	1043	31	1	0	0	0	0	0	0	0	251	1114	2441	kWh
<b>spez. Heizwärmebedarf</b>	<b>2,6</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,6</b>	<b>2,8</b>	<b>6,1</b>	kWh/m <sup>2</sup>							

Tabelle 7: Die wichtigsten Ergebnisse der Passivhausberechnung



Grafik 8: Spezifischer monatlicher Heizwärmebedarf

## 5.6 BERECHNUNG DER SOMMERTAUGLICHKEIT

Für den Nachweis, dass sich das Gebäude im Sommer entsprechend den festgesetzten Kriterien nicht über 27°C erwärmt, wurde Dr. Karin Stieldorf vom Institut für Hochbau für Architekten und Entwerfen an der TU Wien beauftragt, die Sommertauglichkeit für das S-HOUSE zu berechnen. Die verwendeten Daten und die Ergebnisse der Berechnung sind im Folgenden dargestellt und kommentiert. Als Berechnungstool wurde das am Institut entwickelte und erprobte Gebäudesimulationsprogramm GEBA V3.0. verwendet.

### **Projekt: Strohballenhaus, Böheimkirchen** (Gruppe angepasste Technologie)

#### **Untersuchung der Sommertauglichkeit**

Es wird untersucht, ob das in leichter Strohballenbauweise geplante Seminarzentrum in Böheimkirchen auch an heißen Sommertagen ausreichend kühl bleibt.

Die Beantwortung dieser Fragestellung erfolgt mittels Simulation des thermischen Verhaltens des gesamten Gebäudes während einer hochsommerlichen Hitzeperiode. Bezüglich des verwendeten Rechenverfahrens und der klimatischen Randbedingungen werden die Vorgaben der ÖNorm B8110-3 eingehalten. Die Simulationen erfolgen unter Zugriff auf das Gebäudesimulationsprogramm GEBA V3.0.

Berechnet wird das thermische Verhalten von EG und OG im periodisch eingeschwungenen Fall (Periodenlänge: 1 Tag). Die Berechnungsergebnisse spiegeln somit die während einer hochsommerlichen Hitzeperiode zu erwartenden innenklimatischen Verhältnisse wieder.

Im Rahmen einer Parameterstudie wird die Auswirkung von planerischen Maßnahmen auf das Sommerverhalten des Gebäudes untersucht. Folgende Parameter der Berechnung werden konstant gehalten:

Klimatische Randbedingungen:	Strahlungstag; Datum 15. Juli Außenlufttemperatur: 23 °C ± 7,0 K
Nutzungsbedingte Randbedingungen:	Personenbelegung EG: 5 von 9 bis 18 Uhr OG: 5 von 9 bis 18 Uhr
Bauliche Annahmen:	Cottobelag auf der Holz-Zwischendecke und dem Erdgeschoss-Fußboden; Abschattung durch die über das Gebäude als Wetterschutz gespannte Folie

#### **Beschreibung der Varianten**

1. **Grundvariante.** keine Jalousiebenützung  
Permanente Lüftung LZW=3,0 h<sup>-1</sup>  
**Ergebnis:** Maximale Temperatur im EG 33,8°C, im OG 35,1°C.
2. **Ganztägig durchgehende (7:00 – 20:00) Benutzung einer Außenjalousie** für die gesamte Südverglasung.  
**Ergebnis:** Maximale Temperatur im EG 28,4°C, im OG 29,2°C.

3. **Einsatz einer kontrollierten Lüftung** (mit Vorkühlung im Erdkolektor) während des Tages (7:00 – 20:00); freie Nachtlüftung ( $LWZ = 3,0 \text{ h}^{-1}$ ). angenommene Einblastemperatur:  $18^\circ\text{C}$   
Luftwechselzahl:  $0,7 \text{ h}^{-1}$

**Ergebnis:** Maximale Temperatur im EG  $26,5^\circ\text{C}$ , im OG  $27,0^\circ\text{C}$ .

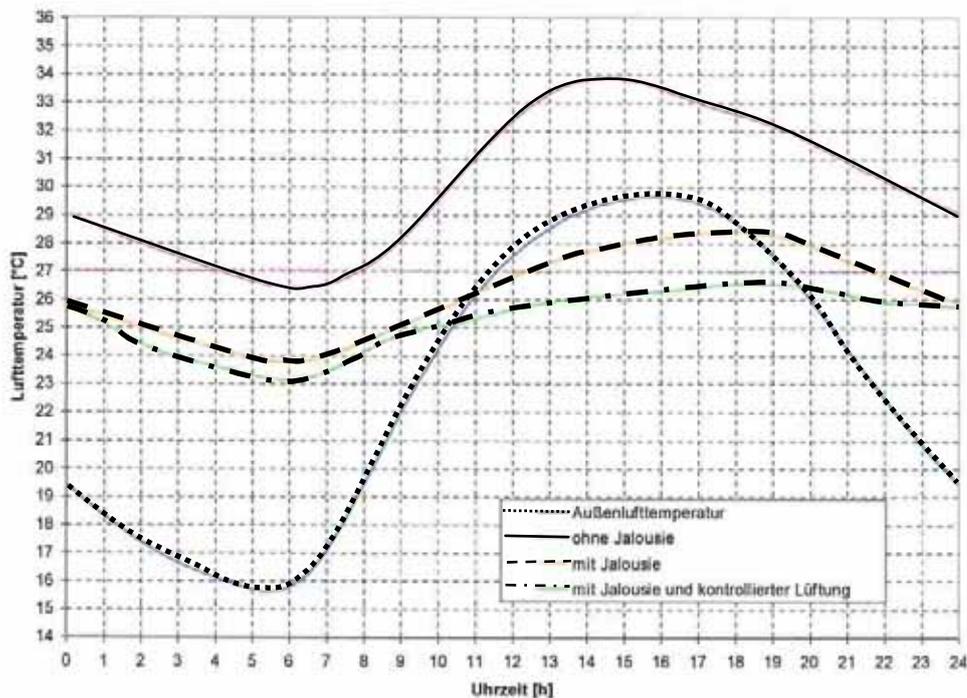
Unter den geschilderten Bedingungen erreicht die empfundene Temperatur im OG um 18 Uhr ihren Maximalwert von  $27^\circ\text{C}$ . Die für die empfundene Temperatur in der ÖNorm B8110-3 gesetzte Obergrenze von  $27^\circ\text{C}$  wird damit nicht überschritten.

4. Wie Variante 3, jedoch **Aufbringen von Lehmputz** ( $d=4\text{cm}$ ) an den Innenseiten der Außenwände und an beiden Seiten der Innenwände

**Ergebnis:** Weiteres Absinken der Temperatur um nur  $0,2^\circ\text{C}$  in EG und OG.

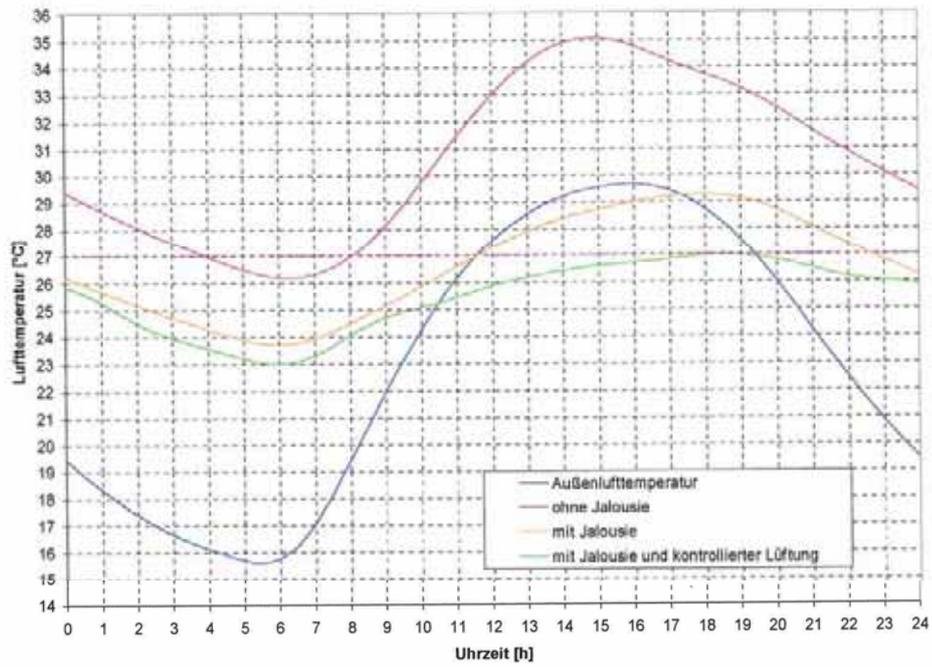
## Graphische Ergebnisdarstellungen

Gegenüberstellung der Varianten 1-3:



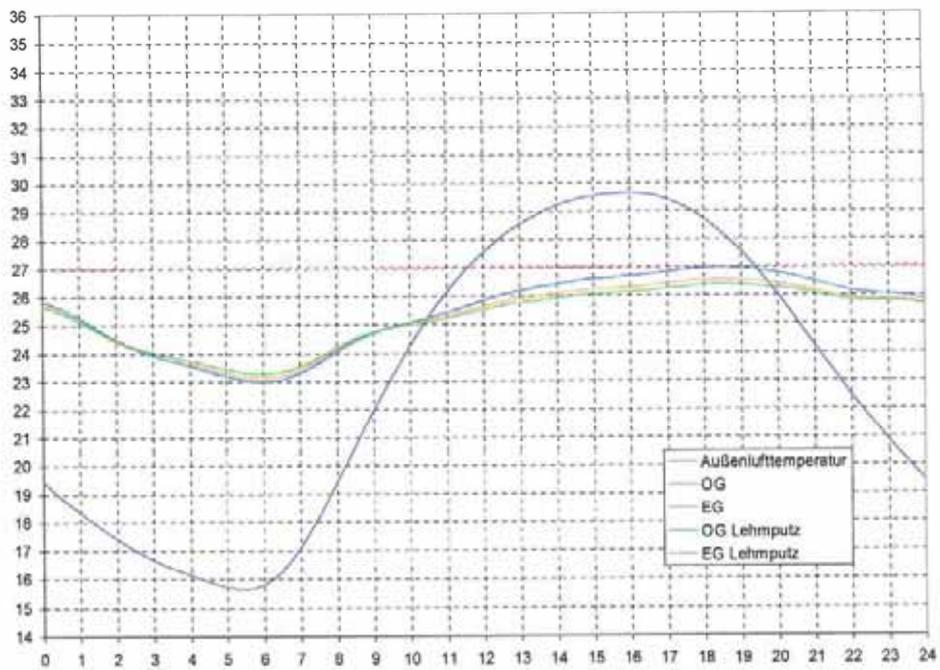
## Berechnete Tagesgänge der Innenlufttemperatur im EG

**Gegenüberstellung der Varianten 1-3:**



**Berechnete Tagesgänge der Innenlufttemperatur im OG**

**Gegenüberstellung der Varianten 3 und 4 (ohne / mit Lehmputz):**



**Berechnete Tagesgänge der Innenlufttemperatur in EG und OG**

## Wärmetechnische Beurteilung

Die durchgeführten rechnerischen Untersuchungen führen auf folgende Ergebnisse und Planungsempfehlungen:

- Die Sommertauglichkeit ist bei ganztägig durchgehender Benutzung von Außenjalousien vor allen südorientierten Gläsern und einer dem Gebäude angepassten Lüftungsstrategie zu erreichen.
- Außenjalousien sind für sämtliche verglasten Flächen der Südfassade vorzusehen.
- Das Gebäude sollte am frühen Morgen (0:00 – 7:00) frei gelüftet werden, wobei für eine effektive Querlüftung ( $LWZ = 3,0 \text{ h}^{-1}$ ) zu sorgen ist. Unter tags und am Abend (7:00 - 24:00) ist in das Gebäude auf  $18 \text{ °C}$  vorgekühlte Luft aus dem Erdkollektor einzublasen. Hierbei ist für das gesamte Gebäude ein maximaler Luftvolumenstrom von  $420 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$  vorzusehen.
- Die Erhöhung der Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes durch innenseitige Aufbringung von Lehmputz hat nur wenig Auswirkung auf die thermische Situation im Gebäude und kann daher unterbleiben.

Bei der Interpretation der Ergebnisse insbesondere in Hinblick auf den zu erwartenden Energieverbrauch durch die Belüftungsanlage ist zu beachten, daß die simulierten hochsommerlichen Verhältnisse nur selten auftreten. Die Überschreitungshäufigkeit des den Simulationrechnungen zugrunde gelegten Tagesmittelwertes der Außenlufttemperatur beträgt im langjährigen Schnitt für den Gebäudestandort 9 Tage im Jahr.

## 6 S-HOUSE: DOKUMENTATION DER ERRICHTUNGSPHASE UND TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER PROTOTYPEN.

### Einleitung

Die Errichtungsphase wurde mittels Fotos und Beschreibungstext dokumentiert, um eine möglichst anschauliche Darstellung zu erreichen. Zu den verschiedenen Komponenten und Konstruktionen sind jeweils zuerst die Innovationen kurz beschrieben und im Anschluss der Einbau im Detail mit Fotos und Bildtexten dokumentiert.

Die Dokumentation der Bauphase als wichtiger Bestandteil des Disseminationskonzeptes ist detailliert auf der S-HOUSE Internetseite [www.S-HOUSE.at](http://www.S-HOUSE.at) dargestellt.

### 6.1 DETAILBESCHREIBUNG DER PROTOTYPEN

Der Fortschritt der Bauarbeiten verlief planmäßig und wurde im Mai 2005 abgeschlossen. Die Reihung der Dokumentation nach der Nummerierung der Prototypen durchgeführt und weicht daher in einigen Punkten von der chronologischen Reihenfolge ab.



Abbildung 10: S-HOUSE Errichtung und Prototypen

## 6.1.1 Vorbereitung der Punktfundamente, Lehmputzgewinnung, installieren der Erdwärmetauscher

Bei der Vorbereitung des Bauplatzes fallen keine Baurestmassen an, da zum einen durch die spezielle Konstruktion der Aushub für ein Untergeschoss entfällt und zum anderen anfallendes Material, direkt an der Baustelle für Vorbereitungen des Kaltluftabflusses verwendet wird. Mit dieser baulichen Maßnahme kann die Wärmedämmleistung der Bodenplatte optimiert werden. Besonders innovativ ist dabei die Lehmputzgewinnung für die Außenanwendung. Diese Vorgangsweise stellt eine zentrale Aufgabe für die Demonstration von Alternativen zum konventionellen Bauen dar, da der Bodenaushub fast die Hälfte des gesamten Abfallaufkommens bzw. mehr als das Dreifache aller anderen Baurestmassen ausmacht. Solche umweltfreundlichen Dienstleistungen werden von Unternehmen weder vermarktet, noch sind Lösungen wie "direktes Materialrecycling" und das "Schließen von Stoffkreisläufen" durch Nutzung von Ressourcen vor Ort bei der Errichtung eines Gebäudes derzeit serienmäßig am Markt erhältlich.



Lebendiges S-HOUSE Logo, frisch in das neben dem Bauplatz liegende Weizenfeld geschnitten. Der Schriftzug besteht aus dem gleichen Rohstoff, aus dem auch das S-HOUSE gebaut wird. Schrift und Untergrund werden im Laufe der S-HOUSE Errichtung ihre Farben ändern.



Auf dem Bauplatz treffen die ersten Fahrzeuge und Geräte ein.



Der Bauplatz wird vom Bagger geräumt. Das organische Material wird entsprechend entsorgt.



Vorsichtig bewegen sich die Maschinen zwischen den alten Bäumen, um diese nicht zu beschädigen.



Rasch ist der Bauplatz gesäubert und das gesammelte Material wird mit wenigen Transportfahrten weggeführt.



Die sorgfältige Lagerung des lehmigen Aushubmaterials ist wichtig, da der Lehm später als Putz auf die Strohballen verwendet wird. Daher auch die gewissenhafte Trennung von der Humusschicht





Das S-HOUSE Logo fängt langsam an seine Farbgestaltung zu verändern. Der ursprünglich gelbe, geschnittene Schriftzug ist grün, das umliegende grüne Getreide wird gelb.



Nach der Baustellensäuberung beginnen die Aushubarbeiten mit dem Bagger. Bei dieser Aufnahme ist bereits die zukünftige Lage des S-HOUSE Demonstrationsgebäudes gut ersichtlich.



Aushub der Punktfundamente und des Installationsschachts. Das anfallende Erdmaterial, gut von der Humusschicht getrennt und damit frei von organischen Einschlüssen, wird später noch benötigt. Nach Aushub des zentral unter dem S-HOUSE situierten Installationsschachts wird dessen Schalung errichtet

### 6.1.2 Umweltfreundliche Herstellung ressourcen-effizienter Punktfundamente für unterlüftete Gebäudeplatte

Mit den für das S-HOUSE entwickelten Punktfundamenten wird eine innovative Lösung gezeigt, die den Verbrauch an Beton und anderen mineralischen Ressourcen gegenüber herkömmlichen Fundamenten um ein Vielfaches reduziert und eine speziell an die Oberkonstruktion angepasste konstruktive Lösung darstellt. Wie oben beschrieben, ist für die geplante Konstruktion der Abfluss der Kaltluft unter dem Gebäude wesentlich, damit sich keine kalte und feuchte Luft im Bereich der Bodenplatte ansammeln kann und damit den Dämmwert verringert.

Die Vorteile der Punktfundamente gegenüber einer konventionellen Lösung (z.B.: Betonplatte) im einzelnen sind:

- Geringerer Ressourcenverbrauch
- Weniger versiegelte Fläche
- Geringeres Aufkommen an Bodenaushub
- Bessere Kombinierbarkeit mit Konstruktionen auf Basis nachwachsender Rohstoffe
- Leichtere Demontage und bessere Rückbaubarkeit



Die Hohlräume für die Punktfundamente wurden nach dem Ausheben mit Folien ausgekleidet, um ein späteres Entfernen der Fundamente zu erleichtern



Jedes einzelne Punktfundament ist zur Erleichterung der späteren Entfernung und Entsorgung mit einer dünnen Folie eingepackt. Die Stahlbewehrung dient zur späteren Aufnahme der Gebäudelasten.



Ein Blick über den Bauplatz zeigt die Anordnung der Punktfundamente und die zukünftigen Gebäudegrenzen des S-HOUSE



Die fertigen Punktfundamente wurden mit einem Minimum an Betonverbrauch errichtet und sind nun bereit für das S-HOUSE eine tragende Rolle zu übernehmen

### 6.1.3 Spritzgussform und Befestigungselemente aus Holzspritzguss

Mit dem Prototyp einer Spritzgussform wurden speziell für den im S-HOUSE entwickelten Wandaufbau die TREEPLAST Konstruktionselemente hergestellt. Damit wurde ein wärmebrückenfreier Wandaufbau und eine Fassadenkonstruktion frei von metallischen

Verbindungselementen realisiert. Somit entspricht der gesamte Wandaufbau höchsten technischen und ökologischen Anforderungen. Die Verwendung eines biologisch abbaubaren Biokunststoffes garantiert auch im Rückbau eine umweltfreundliche Entsorgung. Die Spritzgussform wurde speziell für die Durchführung des Projektes nach den Kriterien der Bionik entwickelt und die damit hergestellten Befestigungselemente haben eine entscheidende Demonstrationsfunktion im Rahmen des Projektes.



Das Granulat für die Befestigungsschrauben besteht zu 100% aus nachwachsenden Rohstoffen.



Mit der in einer Spritzgussmaschine eingebauten zweifachen Spritzgussform kann pro Minute eine Schraube produziert werden.



Fertige Muster der spritzgegossenen Schrauben zum Auskühlen aufgelegt. Nach dem Aushärten erfüllt der spritzgegossene Biokunststoff die gestellten technischen Anforderungen ohne, dass die ökologische Performance beeinträchtigt wird.



**Bionisch optimierte Form**  
Die Radien sind nach bionischen Kriterien optimiert und weisen dadurch wesentlich bessere mechanische Eigenschaften auf.



Schraube im Einsatz  
Die Anwendung der Schraube bei der  
Montage der Längslattung für die  
hinterlüftete Holzfassade.

#### **6.1.4 Holzschalung mit neuartiger Befestigung mittels Holzspritzgusselementen direkt auf Stroh.**

Die direkt auf die Dämmebene (Strohballen) montierte Holzschalung ist eine Neuentwicklung, die einerseits Materialersparnis und andererseits metallfreie Konstruktionsalternativen demonstriert. Hier steht ebenfalls der Demonstrationszweck im Mittelpunkt.



Die Anwendung der Schraube bei der  
Montage der Längslattung der hinter-  
lüfteten Holzfassade.



Ansicht Nord Fassade.



Detailansicht einer verschraubten Längslatte als Unterkonstruktion für die Fassade verwendet wird. Es besteht kein Kontakt zum Innern des Gebäudes damit sind Wärmebrücken ausgeschlossen.



Die Fassade aus sägerauen Fichtenbrettern werden an der Längslattung mittels Leim und Holzdübeln fixiert. Damit kommt der gesamte Wandaufbau ohne metallische Verbindungselemente aus.



Ansicht nach der Anbringung der Fassadenbretter. Die rote Färbung stammt von der umweltfreundlichen Imprägnierung auf Leinölbasis und verleiht dem S-HOUSE sein charakteristisches Aussehen.



Fertiggestellte Fassade

## 6.1.5 Lehm direktverputz auf Strohballen

Mit dem Lehmverputz direkt auf Stroh wird eine Alternative zu den sonst üblichen Folien (meist Verbundstoffe aus fossilen Kunststoffen) demonstriert. Diese Art des Verputzens wird am Markt nicht angeboten. Es handelt sich um eine Neuentwicklung speziell für das S-HOUSE, insbesondere da der Rohstoff vor Ort gewonnen, aufbereitet und verarbeitet wurde.



Die Strohdämmebene des S-HOUSE ist fertiggestellt, das gesamte Gebäude ist in Strohballen gepackt.



Die Strohballen bieten eine strukturierte, ebene Oberfläche, die sich optimal als Putzuntergrund eignet für die Aufbringung einer Lehmschicht als Alternative zu den sonst üblichen Winddichtigkeits Folien.



Der Lehmputz wird direkt vor Ort gewonnen, indem das Aushubmaterial der Punktfundamente und des Installationsschachts aufbereitet wird.



Mittels Sieb werden grobe Steineinschlüsse vom Aushubmaterial getrennt.



Das gesiebte Aushubmaterial wird vor Ort mit Sand abgemagert und mit Wasser aufbereitet.



Die fertige Materialmischung kann nun in eine Putzmaschine eingefüllt werden.



Die Putzmaschine mischt das Lehmmaterial zu einem homogenen Grobputz.



Der Lehmputz wird maschinell direkt auf die Strohballe gespritzt, die raue Strohballeoberfläche bietet dafür einen geeigneten Untergrund.



Mit der maschinellen Aufbringung schreitet das Verputzen rasch voran.



Nach dem Aufbringen wird das Lehmmaterial glatt verstrichen.



Das Aufbringen und Verstreichen des Lehmputzes wird von zwei Arbeitern parallel durchgeführt.



Der Lehmputz übernimmt die Funktion einer Schutzhaut für die Strohballen.

### 6.1.6 Wärmebrückenfreie Strohwandaufbauten und Test-Wandsegmente

Neu entwickelte Wandkonstruktionen, basierend auf den Ergebnissen bereits von der GrAT durchgeführter Entwicklungsarbeit, spielen eine essentielle Rolle für die Demonstrationsaktivitäten im Projekt. Mit diesen Innovationen werden gänzlich neue Lösungen für passivhaustaugliche Wandkonstruktionen gezeigt, deren Funktionalität durch spezielle Messungen erfasst und demonstriert wird. Neuentwicklungen müssen geltenden Rechtsnormen entsprechen, daher sind Material- und Bauteiltests notwendig, deren Ergebnis nicht nur die Einsetzbarkeit ermöglichen, sondern auch wichtiger Bestandteil der Dissemination sind und die erfolgreiche Verbreitung innerhalb der Zielgruppen unterstützen sollen.

Test-Wandteilsegmente werden in die Strohballen-Dämmebene integriert um Vergleichswerte verschiedener nachwachsender Dämmmaterialien und konventioneller Dämmstoffe zu erfassen. Die Ergebnisse werden dokumentiert, visualisiert und veröffentlicht.



Die Nordfenster im Obergeschoss mit dem Ausblick auf den Ort Böheimkirchen.



Innovative, materialoptimierte statische Elemente sind ein wesentlicher Bestandteil für die tragende Struktur des Gebäudes.



Das S-HOUSE fügt sich in die umliegende Vegetation ein.



Während der Fertigstellung der Dachkonstruktion, wird eine temporäre Witterungs-Schutzhülle verwendet.



Auch die Deckenelemente werden umweltfreundlich und nachhaltig mit Stroh gedämmt.



Die wärmebrückenfreie Strohdämmung muss dicht und ohne Hohlräume verlegt werden.



Die Deckendämmung auf Basis nachwachsender Rohstoffe ist rasch fertiggestellt.



Besonders jetzt ist das gesamte Gebäude mit einer temporären Abdeckung zu schützen.



Der Dachaufbau mit wärmegeämmter Decke und abgesetztem Dach ist gut ersichtlich.



Die Belüftungsebene zwischen der wärmegeämmten Decke und dem Dach hat zum einen wärmedämmtechnische Gründe und zum anderen erlaubt diese Konstruktion große Dachüberstände. Dies ist sowohl für die sommerliche Beschattung als auch für den konstruktiven Holzschutz wesentlich.



Die Strohballen werden mit Holzdübel in der auskragenden Bodenplatte fixiert



Holzdübel werden mit lösungsmittel- und formaldehydfreiem Klebstoff in den KLH-Massivholzplatten fixiert, welche wiederum Hanfschnüre verankern.



Die Strohballen werden mit den vorher angebrachten Hanfschnüren an die KLH-Massivholzplatten gespannt.



In Strohballen gesteckte Holzstangen verbinden zwei Strohballenlagen miteinander und verhindern so ein seitliches Verrutschen.



Jede neue Strohballebene wird auf die Holzstangen in den Strohbällen darunter gesteckt und so gegen seitliches Verrutschen fixiert.

### Test - Wandsegmente



In der Strohdämmebene sind Testboxen für alternative Dämmstoffe integriert. Verwendet wurden Kork (Corktherm Dämmkork von Qualitätsbaustoffe Bucher), Flachs (Herflax von Heraklith) Hanf (Thermo Hanf von Hock) und Cellulose.



In den Boxen zeichnen Wärmestromplatten, Feuchte- und Temperaturfühler die Messwerte der Dämmstoffe auf.



Die Anordnung der Test Wandsegmente in der Nordwand des Gebäudes.



Einbau des Corktherm Dämmstoffes von Qualitätsbaustoffe Bucher

### 6.1.7 Wärmebrückenfreie strohballedämmte Boden- und Deckenelemente

Zur Realisierung einer passivhaustauglichen Gebäudehülle wurden neben den Wandelementen auch die entsprechenden Boden- und Deckenelemente speziell für die Kriterien im S-HOUSE entwickelt und an die vom Strohbau gestellten Anforderungen angepasst. Insbesondere gilt es dabei zu demonstrieren, dass Boden- und Deckenelemente mit Strohdämmung bzw. mit geeigneten anderen nachwachsenden Rohstoffen wesentlich umweltfreundlicher und nachhaltiger sind als die sonst üblichen Lösungen auf Basis von mineralischen Rohstoffen. Außerdem sind die Anforderungen an die Anschlussdetails durch das abgesetzte Dach und das kellerfreie Fundament nur durch neu entwickelte Sonderkonstruktionen zu erfüllen.



Eine leicht entfernbare Rollierung ersetzt die ansonsten übliche Versiegelung der Fläche



Für die passivhaustaugliche Gebäudehülle wurden vorgefertigte KLH-Patten angeliefert.



Die unterlüftete Bodenkonstruktion unterstützt den Abfluss der Kaltluft.



Auf kellerfreiem Fundament sind die Bodenelemente an die Oberkonstruktion angepasst.



Der Boden wird, wie die gesamte S-HOUSE Gebäudehülle, mit Strohballen gedämmt.



Die Strohballen müssen vor ihrem Einbau auf Feuchtigkeit überprüft werden. Beim Einbau dürfen zwischen den Ballen keine Hohlräume entstehen. Durch genaues aneinander setzen der Ballen und nachträgliches, sorgfältiges Ausstopfen mit losem Stroh, kann dies vermieden werden.



Versetzen der oberen Bodenplatte als Abschluss des Sandwich- Bodenaufbaus.



Mittels Kranwagen werden die großdimensionalen Bodenplatten auf die Unterkonstruktion aufgesetzt.



Das obere Bodenelement wird wärmebrückenfrei direkt auf die Strohdämmung gelegt.



Über passivhaustaugliche Anschlussdetails werden die Bodenplatten zusammengefügt. Der Bodenaufbau ist nun fertiggestellt.



Die erste Deckenplatte ist bereits montiert und schließt einen Teil des Obergeschosses ab.



Mit Montage der letzten Deckenplatte ist die passivhaustaugliche KLH-Hülle fertiggestellt.

### **6.1.8 Luftdichte passivhaustaugliche Anschlussdetails und innovative Sonderkonstruktionen**

Luftdichtheit ist eine zentrale Anforderung an Passivhäuser, die meist mit Folien und Schäumen, die aus fossilen Rohstoffen hergestellt sind, erfüllt wird. Die Anschlussdetails stellen zwar die größte Herausforderung für die Planer und ausführenden Betriebe dar, umweltfreundliche Lösungen gibt es aber kaum. Umso größer ist die Rolle, welche die neuen, speziell für das S-HOUSE entwickelten Lösungen auf Basis nachwachsender Rohstoffe für die Demonstrationsaktivitäten spielen.



Luftdichte Anschlüsse zwischen Boden und Wandelementen sind ein essentieller Bestandteil.



Vorgefertigte Holzelemente ermöglichen weitestgehend metallfreie Anschlüsse



Im S-HOUSE werden neue Lösungen für passivhaustaugliche Wandkonstruktionen umgesetzt



Die Südfassade ist für eine passive Solarnutzung konzipiert.



Spezielle Sonderkonstruktionen wurden für passivhaustaugliche Wandöffnungen vorgefertigt.



Im Installationsschacht werden die Versorgungsleitungen gebündelt.



Der Anschluss zum Installationsschacht ist wärmebrückenfrei mit Stroh ausgestopft.



Die gesamte Massivholz-Plattenkonstruktion ist in metallfreier Ausführung realisiert.



Nach Fertigstellung des Erdgeschosses wird die massive Deckenplatte einjustiert.



Die Deckenelemente werden zu einer luftdichten Konstruktion zusammengesetzt.



Die Gebäudehülle wird während der Errichtungsphase vor Witterungseinflüssen geschützt.



Die Wandelemente des Obergeschosses werden mit der Zwischendecke verbunden.



Das Obergeschoss wird luftdicht aufgesetzt, ohne Folien/Schäume aus fossilen Rohstoffen zu verwenden.

### **6.1.9 Innovative, materialoptimierte statische Elemente**

Die Ausführung erfolgte in Massivholz-Plattenkonstruktion mit weitestgehend metallfreier Ausführung der Anschlüsse. Diese Anforderungen erfordern zusätzlichen Planungs- und Entwicklungsaufwand und konnten nur durch speziell angefertigte Sonderkonstruktionen erfüllt werden. Die ausschließlich für das S-HOUSE hergestellten statischen Elemente sind wesentliche Bestandteile des Demonstrationsvorhabens, gilt es doch den Besuchern des S-HOUSE eine funktionale Alternative zu den herkömmlichen Stahlbetonkonstruktionen zu zeigen.



Holz-Holzverbindungen mit Dübeln aus Buchenholz ermöglichen eine metallfreie Wandkonstruktion.



Schichtverleimte Holzplatten übernehmen die statischen Aufgaben im Gebäude.



Die Stützsäulen an der südseitigen Glasfassade sind ebenfalls in Holzkonstruktion ohne metallische Verbindungselemente ausgeführt.



Die tragende Zwischenwand im OG ermöglicht die Realisierung eines großen Ausstellungsraumes ohne Stützen im EG



Geneigte Pendelstützen für die Dachkonstruktion sorgen für die Aufnahme seitlicher Windkräfte bei geringem Materialverbrauch.

### 6.1.10 Passivhaustaugliche Fenster aus nachwachsenden Rohstoffen ohne Kunststoffanteil

Speziell für die Strohballen-Holzkonstruktion angefertigte Passivhausfenster. Die verwendeten Komponenten bestehen aus nachwachsenden Rohstoffen und demonstrieren einen modernen, optisch ansprechenden und hochfunktionalen, passivhaustauglichen Rahmen. Während bei herkömmlichen Lösungen der Einsatz von nicht-recyclebaren Verbundstoffen und energie- und ressourcenintensiven Metallkomponenten als nicht vermeidbar gesehen wird, zeigen der im S-HOUSE verwendete Fensterprototyp sowie die Anschlüsse und Verbindungen Lösungsmöglichkeiten auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen. Die eingesetzten Komponenten sind essentiell für die Demonstrationsaktivitäten des Projektes. Es sollen damit ökologische und nachhaltige Alternativen zu den bestehenden Produkten (mit Kunststoff- und Aluminium) gezeigt werden.



Anlieferung der Passivhausfenster der Firma Bittermann für die Ost-, West- und Nordseite des Gebäudes



Einbau der Fenster im Obergeschoß der Nordseite. Der Rahmen besteht aus Lärchenholz.



Die Anschlüsse Fensterrahmen und Wandkonstruktion werden luftdicht ausgeführt.



Die Fenster werden, auf dem mit Holzdübeln an der KLH-Wand befestigten Rahmen, luftdicht montiert. Die Fugen werden mit Flachs abgedichtet.



Innenansicht der Fenster an der Nordseite im Obergeschoß.



Fenster nordseitig im EG



West- und ostseitig sind raumhohe Fenster eingebaut. Diese dienen der Nachtlüftung im Sommer. Die Oberflächenbehandlung erfolgte mit einem Produkt auf Pflanzenölbasis der Firma AURO Naturfarben.

### 6.1.11 Spezielle S-HOUSE Solarfassade

Die speziell für das Demonstrationsgebäude hergestellte Glasfassade ist luftdicht und hochwärmedämmend ausgeführt und an die Erfordernisse der Strohballenwand angepasst. Diese Sonderkonstruktion stellt einen unverzichtbaren Teil der Demonstrationsaktivitäten des Projektes dar, soll sie doch eine umweltfreundliche Alternative zu den am Markt befindlichen Produkten bestehend aus Verbundstoffen sowie nicht recycelbaren und umweltschädigenden Materialien zeigen.



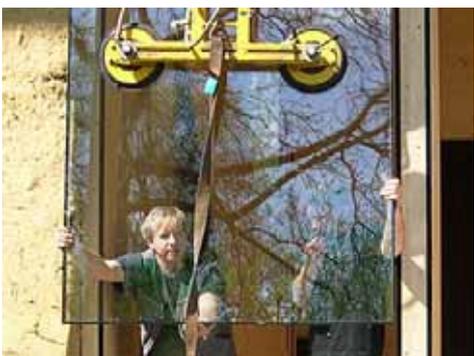
#### Dreifach Verglasung

Die in der Südfassade eingebaute Fixverglasung weist einen u - Wert von 0,5 W/m<sup>2</sup>K auf. Dieser hohe Wärmedämmwert wird durch eine dreifach Verglasung mit Edelgasfüllung erreicht.



#### Einbau

Von der Nordseite wurden die Gläser über das Gebäude auf die Südseite gehoben. Der Transport erfolgt mittels Hebekran und einer Saugnapfhalterung. Eine Glasscheibe wiegt ca. 300 kg. Der Einbau konnte nur bei trockener Witterung und wenig Wind erfolgen.



#### Einjustieren der Scheiben

Das montieren der Scheiben ist eine mm-Arbeit. Die Arbeiter kommunizieren per Funk.



Südfassade mit Lärchenholzeinfassung  
Die Glasscheiben wurden mit einem Lärchenholzrahmen fixiert.  
Die Terrassentür ist die einzige Öffnung an der Südseite.  
Die unterschiedlich großen und versetzten Felder ergeben ein aufgelockertes architektonisches Bild.

### 6.1.12 Membran-Dachkonstruktion mit Membran aus nachwachsenden Rohstoffen und UV Schutz aus lebenden Pflanzen

Für das Membrandach wurden verschiedene Materialien und Konstruktionsvarianten erarbeitet und verglichen. Mit Hilfe der Nutzwertanalyse wurden die unterschiedlichen konstruktiven Lösungen des Daches bewertet und die optimale Konstruktion herausgefiltert. Die Bewertung und Entscheidung im Zuge der Entwicklungsarbeiten ist detailliert im Anhang dargestellt.

Die als beste bewertete Variante wurde als Prototyp ausgeführt und zeigt wie die technischen Vorteile der Membran Leichtbauweise, mit den ökologischen Vorteilen nachwachsender Rohstoffe zu kombinieren sind. Dabei kommt diesem Prototyp hinsichtlich Verbreitungswirkung und Akzeptanz eine besondere Bedeutung zu. Demonstrationsziel ist insbesondere die Realisierbarkeit einer zeitgemäßen Formensprache mit nachwachsenden Rohstoffen. Damit soll ein neues, internationales Zielpublikum angesprochen werden.



Das Membrandach besteht aus einer Kautschukplane mit einer Stärke von 1,3 mm, die auf einer Holzkonstruktion aufliegt. Diese bietet genügend Schutz gegen Nässe und Durchwurzelung. Auf dem Dach befinden sich auch die Wetterstation für die Steuerung und Vermessung des Gebäudes und der Haustechnik sowie die thermischen Solarkollektoren. (Die Kautschukplane weist einen Herstellungsaufwand von 120 MJ/m<sup>2</sup> auf und wird von der Koordinationsstelle für ökologisches Bauen (Schweiz) und Greenpeace empfohlen. Quelle: [www.contec.ch/oekologie.html](http://www.contec.ch/oekologie.html))



Die Dachoberfläche ist begrünt ausgeführt und schützt die Kautschukfolie vor UV-Strahlung. Regenwasserretention und positive Auswirkung auf das Mikroklima, sowie die Wiederherstellung einer Grünfläche im gleichen Ausmaß der verbauten Fläche, sind wichtige Aspekte dieser Lösung.



Die erste Vegetation breitet sich aus. Das Dach ist zur Mitte von beiden Seiten leicht geneigt, dadurch kann überflüssiges Wasser ablaufen. Zum Teil wird das Wasser gespeichert und zum Teil einem Sickerschacht zugeführt.



Die Ableitung des Wassers erfolgt mittels Feuerwehrschräuchen. Ein „Abfall-produkt“ wird hier sinnvoll weiterverwendet und ein Austrag von Schwermetallen in das Grundwasser vermieden, wie es bei verzinkten Regenwasserrinnen der Fall ist.



Das Membrandach bietet neben der technischen Innovation auch ansprechende optische Aspekte und verbindet damit Ästhetik und Funktionalität.

### 6.1.13 Produktneuentwicklung für Nassraumauskleidungen aus nachwachsenden Rohstoffen.

Im Nassraumbereich sind derzeit keinerlei Alternativen zu keramischen Baustoffen am Markt. Im S-HOUSE wurde eine auf nachwachsenden Rohstoffen basierende Nassraumauskleidung eingebaut die ein Substitutionsprodukt für Baustoffe auf mineralischer und fossiler Rohstoffbasis darstellt.



Die Duschräume wurden zunächst mit einer Kautschuk Folie abgedichtet und danach mit einer Abdeckung versehen. Beide Materialien sind wasserbeständig.



Fertiggestellter Dushraum. Die Verkleidung besteht aus wasserbeständigem Thermoholz.



Toilette



Einbindung der Wasseranschlüsse

#### **6.1.14 Regionale Natursteinplatten mit optimierten Speichervermögen und Steinverklebung mit natürlichen Klebstoffen.**

Mineralische Materialien für den Bodenbelag dienen zur Wärmespeicherung und sind ein wichtiger Bestandteil für den thermischen Komfort in Passivhäusern. Auch hier wurde im S-HOUSE Projekt ein neuer Weg gegangen und eine umweltfreundliche Lösung entwickelt. Es kommen nur regionale Rohstoffe zum Einsatz und der Einbau erfolgt mit einer neuen Technik. Mittels Klebern aus nachwachsenden Rohstoffen werden die Bodenplatten verklebt. Bei gleicher Funktionalität wie mit herkömmlichen Klebern kann der Bodenbelag wesentlich leichter rückgebaut und recycelt werden, dadurch fallen bei der Entsorgung keinerlei Problemstoffe an. Dieser Bodenbelag spielt eine entscheidende Rolle für den thermischen Ausgleich im gesamten Gebäude und für die Demonstrationsaktivität im S-HOUSE.



#### Unterbau

Die Steinplatten liegen auf einem Bodenunterbau aus Steinsplitt, der nicht wie üblich mit Zement, sondern mit einem Kalkcasein - Fliesenkleber (Fa. AURO) gebunden ist. Somit ist ein leichter Rückbau möglich. Karatsteinplatten für den Boden im EG wurden, aufgrund des hohen Wärmespeicher-Vermögens des Steins, gewählt.

Bei der Auswahl des Steins wurde auf die regionale Verfügbarkeit Wert gelegt. Der Karat Naturstein wird in Österreich abgebaut und verarbeitet. Aufgrund des neuen Kalkcasein - Klebers können die Platten nach ihrer Nutzung im S-HOUSE problemlos in einem anderen Gebäude eingebaut werden und stellen somit kein Entsorgungsproblem dar.

Fertig verlegter Steinboden.

### 6.1.15 Spezielle ökologische Versiegelung/Oberflächenbehandlung für Innen und Außen.

Bei der Entwicklung der neuen lösemittelfreien AURO Holzlasuren stand, wie bei allen anderen AURO-Produkten, die konsequent ökologische Rohstoffauswahl im Vordergrund.

Die Zusammensetzung:

lösemittelfreie, wasserverdünnbare Lasur aus pflanzlichen Bindemitteln, Mineralpigmenten und Füllstoffen.

Dies erbrachte jedoch ebenso einen technischen und toxikologischen Spitzenstandard:

- geprüft gemäß DIN EN 71 Teil 3, Sicherheit von Spielzeug
- geprüft gemäß DIN 53160, speichel- und schweißecht
- farbig geprüft nach DIN EN 927 für beschränkt maßhaltiges Holz
- keine Gefahrkennzeichnung und Gefahrenhinweise für Mensch und Umwelt
- keine toxische und gesundheitsgefährdende Wirkung bekannt
- die pflanzlichen Inhaltsstoffe sind nachweislich leicht und vollständig abbaubar.

Der Verwendungszweck ist für den im Prototyp verwendeten Anwendungsbereich, d.h. zur transparenten Gestaltung und zum diffusionsfähigen Schutz für Holz und Holzwerkstoffe (Türen, Zwischenwände, Terrasse, Fassade), gegeben.



Die Außenfassade des S-HOUSE wurde mit einer eigens entwickelten Lasur behandelt. Sie basiert auf nachwachsenden Rohstoffen kombiniert mit mineralischen Pigmenten.



Terrasse



Boden im Obergeschoß



Die Wände wurden mit einer weißen Lasur behandelt. Die Stühle wurden entweder mit roter Farbe oder mit Seifenlauge behandelt. Tische und Regale wurden rot als auch weiß ausgeführt.



Kojen  
Die Kojen dienen zur Informationsvermittlung im Rahmen der Ausstellung

Die Büro-Trennwände wurden ebenfalls mit umweltverträglichen Farben behandelt und sind im nächsten Kapitel ersichtlich.

### 6.1.16 Neu entwickelte Zwischenwandsysteme und Türen aus nachwachsenden Rohstoffen.

Die Kombination von Passivhaustauglichkeit und Nachwachsenden Rohstoffen ist auch bei den Außentüren eine neue Aufgabe, die mit speziell entwickelten Konstruktionen gelöst wird. Zusätzlich muss diese Komponente auch die Anforderungen des Strohbaus erfüllen. Im Gegensatz zu konventionellen Zwischenwandsystemen (Konstruktionen oder Verbundstoffe aus metallischen und mineralischen oder fossilen Materialien), die nicht-recyclierbar sind, wurde für den Einsatz im S-HOUSE eine hochfunktionelle und wiederverwertbare Zwischenwand entwickelt. Diese Zwischenwand besteht ebenfalls aus annähernd 100% Nachwachsenden Rohstoffen und kann problemlos wiederverwendet werden. Außerdem werden bei der Entsorgung keinerlei Problemstoffe erzeugt.



Trennwand im OG

Die Wand trennt den offenen Kommunikationsbereich von den Büros. Im hinteren Teil ist die tragende Wand zu erkennen.

Der Unterbau des Holzbodens ist zu sehen. Die flexiblen Zwischenwände werden nach Fertigstellung des Holzbodens eingebaut.



Die Zwischenwände sind mit einem einfachen Klippmechanismus fixiert und können bei Bedarf versetzt und so geänderten Nutzungsanforderungen angepasst werden.



#### Innentür OG

Diese Tür ist aus Strohplatten gefertigt mit Beschlägen aus Edelstahl. Die spezielle Oberflächenbehandlung (auf Pflanzenöl basierend) bewirkt einen Perlmutt Effekt.

### **6.1.17 Innovatives Luft- und Wärmeverteilungskonzept**

Ein völlig neues Regelungskonzept zur optimalen Einbindung des Biomasse-Speicherofens (siehe unten) und der weiteren Haustechnik-Komponenten wurde für das S-HOUSE entwickelt. Der besondere Innovationsgehalt liegt im Zusammenspiel der einzelnen Komponenten und der minimierten und auf hohe Recycelfähigkeit bedachten Leitungsführung.

Das eingebaute System entspricht den hohen energetischen Anforderungen des Passivhauses. Sie geht jedoch über den Stand der Technik hinaus und berücksichtigt auch die Materialkomponente und die einfache Montier- und Demontierbarkeit.

Die jeweiligen Systemlösungen werden durch den Einsatz von Neu- (Lüftungskanäle aus Holz) oder Weiterentwicklungen bzw. von neuen Kombinationen von innovativen Produkten (Heizung und Kühlung mit einem Medium) zu optimierten und einfachen neuen Lösungen zusammengestellt, die in dieser Form bisher nicht am Markt erhältlich sind. Dies gilt im speziellen auch für den Biomasse-Speicherofen, der die Restwärme erzeugt.



### Erdwärmekollektor

Zwei PE Rohre mit 35m Länge nutzen die relativ konstante Erdtemperatur, um die durchgeleitete Luft im Winter aufzuwärmen und im Sommer abzukühlen und damit den Energiebedarf des Gebäudes zu verringern. Die Rohre werden in einem Sandbett verlegt und haben mindestens 1% Gefälle..



### Lüftungskanäle aus Holz

Durch diese Kanäle wird die Frischluft innerhalb des Gebäudes verteilt und die Abluft wieder gesammelt und über den Wärmetauscher nach außen abgegeben. Holz als heimischer, nachwachsender Rohstoff erfüllt ohne weiteres die Anforderungen, die an Lüftungskanäle gestellt werden. Zusätzlich wurde in den Frischluft führenden Kanälen Zirbenholz verwendet. Diese Holzart gibt ätherische Substanzen ab, die zum einen bakterizid wirken und zum anderen das Wohlbefinden der Nutzer erhöhen.



Die Kanäle liegen auf den Kabeltrassen, die ebenfalls in Holz ausgeführt sind.



#### Wärmetauscher

Mit einem Wirkungsgrad von bis zu 97% wird die Frischluft mittels der warmen Abluft beim Eintritt in das Haus erwärmt.

### 6.1.18 Prototyp eines stückholzbefeuerten, passivhaustauglichen Biomasse-Speicherofens.

Diese Komponente der Haustechnik ist eine neue Entwicklung, die genau auf die Anforderungen im Passivhaus (Luftdichtheit, gute Steuerbarkeit der Wärmezufuhr und -abfuhr, sowie der Wärmespeicherung) abgestimmt werden muss und von der Haustechnik neue und angepasste steuer- und regelungstechnische Lösungen verlangt. Wesentlich für die Demonstrationsaktivitäten im S-HOUSE ist diese Funktionseinheit aus mehreren Gründen. Zum Ersten demonstriert sie eine neue technische Lösung für die Restwärmebereitstellung im S-HOUSE. Zum Zweiten ist sie ein modernes und ansprechendes Anschauungsbeispiel, welches zeigt, dass es eine umweltfreundliche und hoch effiziente Lösung für den Wunsch nach Sichtfeuer im Passivhaus gibt und zum Dritten stellt der Biomasse-Speicherofen die Verbindung zwischen energetischer und stofflicher Nutzung nachwachsender Rohstoffe in der Ausstellung dar. Der Prototyp wurde speziell für das S-HOUSE entwickelt.



Herstellung des Biomasse Speicherofens  
Das Entwicklungsziel des Prototypen war, einen für das Passivhaus tauglichen Ofen mit Sichtfeuer zu realisieren, um neben der Deckung des Energiebedarfes von Heizspitzen auch den Wunsch von PassivhausbewohnerInnen nach einem warmen Kern mit Sichtfeuer erfüllen zu können.



### Sichtfeuer

Das Glasfenster in der Ofentüre ermöglicht einen guten Blick auf das Holzfeuer im Inneren des Ofens. Die Ofentür schließt luftdicht ab. Verbrennungsluft und Abluft des Ofens sind vollkommen von der Raumluft getrennt und beeinflussen das Lüftungssystem nicht.



### Modularer Aufbau

Die modulare Bauweise des Ofens ermöglicht zum einen die optimale Dimensionierung an die gegebenen Rahmenbedingungen (Raumgröße, Kamin, Nutzerwünsche) und zum anderen einen Auf- und Abbau innerhalb weniger Stunden.



### Luft als Wärmeträgermedium

Die Integration des Ofens in die Haustechnik stellte eine Herausforderung für die Steuerungstechnik dar. Die Wärmeenergie des Ofens bzw. des verbrennenden Holzes im Ofen muss abgeleitet werden können. Die einfachste Lösung ist die Luft zu erwärmen und über die Luftkanäle im gesamten Haus zu verteilen.

## 6.2 DETAILBESCHREIBUNG DER AUSRÜSTUNG

### 6.2.1 Inneneinrichtungselemente aus nachwachsenden Rohstoffen für den Ausstellungs- und Bürobereich.

Dazu zählt der innenarchitektonische Bereich, der die Komponenten für den Betrieb der Ausstellung und des Büros beinhaltet. Zielsetzungen auch hier:

- Einsatz nachwachsender Rohstoffe
- Einfache Montier- und Demontierbarkeit
- Gute Wiederverwertbarkeit und Recyclierbarkeit



Stapelsessel ohne Metall  
Die Sessel sind nur mit Holz-  
Holzverbindungen ausgeführt, stapelbar  
und mit Oberflächenmittel auf  
Pflanzenölbasis behandelt.



Die niederösterreichische Firma  
Grassmann stellte die von Architekten  
Scheicher für das S-HOUSE designten  
Sessel her.



### Tische, Bänke und Vitrinen

Die Tische und Bänke sowie Sessel mit Armlehne und die in der Ausstellung verwendeten Vitrinen sind Prototypen, die mit CNC Maschinen aus Strohplatten gefräst wurden und ohne metallfreie Verbindungen verbunden sind.

Die Oberflächenbehandlung erfolgte mit AURO Produkten auf Pflanzenölbasis.



### Detaildarstellung der Eckverbindungen



### Unterkonstruktion der Vitrinen



### Sitzmöglichkeit, die Möbel sind aus Strohplatten gefertigt



### Ausstellungsbereich

Hinten erkennbar sind die Kojen mit integrierten Flatscreens, auf dem Tisch findet man weitere, auf denen man die Multimedia –Ausstellung begutachten kann.



Die Kojen dienen den Besuchern zur ungestörten und entspannten Informationsaufnahme.

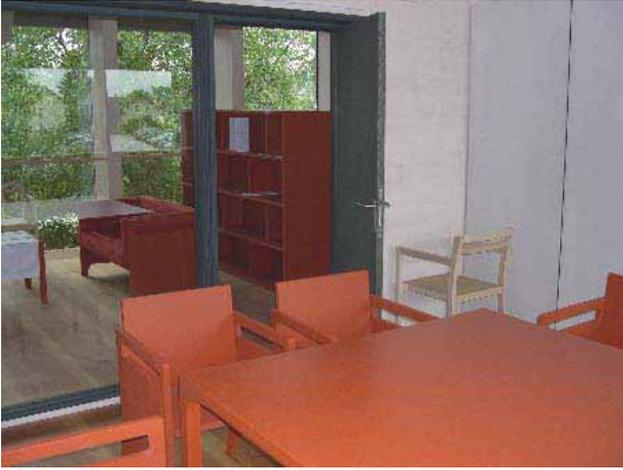


Die Multimedia Ausstellung im Einsatz.



### Büro

Die Tische, Zwischenwände und das Licht- und Stromversorgungsmodul sind aus Strohplatten gefertigt. Das Licht- und Stromversorgungsmodul ist auf den Kabeltrassen gelagert, kann aber beliebig entlang der Zwischenwand verschoben werden. Dadurch ist Flexibilität gegeben und gleichzeitig werden Ressourcen eingespart im Vergleich zu üblichen Lösungen.



Besprechungsraum



Obergeschoß

Erkennbar sind ein Besprechungstisch und dahinter eines von zwei Regalen im Obergeschoß.



Teeküche

Die Teeküche wurde ebenfalls zu einem Großteil aus Strohplatten gefertigt.



Detail: Regal weiß

## 6.2.2 Elektrotechnik

### Regelungstechnik:

Darin enthalten ist die gesamte Regelanlage, die auf Basis des selben Steuerungssystems (Europäischer Installationsbus EIB) wie für die Beleuchtungs- steuerung funktioniert. Daraus ergeben sich weniger Schnittstellen und ein geringerer Wartungsaufwand bei Servicearbeiten. Die Übertagung von Messwerten (Raumtemp., Aussentemp., usw.) oder Störmeldungen erfolgt SMS. Der Anlagenzustand ist über Internet abfragbar und auch steuerbar. Es wurde ein größtmöglicher Verzicht auf PVC in Leitungen und Installationsgeräten umgesetzt. Die Leitungslängen wurden minimiert, durch dezentrale Anordnung der Steuerungskomponenten. Auf ein herkömmliches Leitungstragsystem wie Kabeltrassen wurde verzichtet und stattdessen Holzkonstruktionen eingesetzt. EDV Verkabelung wurde durch Funk-LAN eingespart.



### EIB

Der Europäische Installationsbus (EIB) ist ein dezentral aufgebautes Bussystem für den Anwendungsbereich Gebäude- und Homeautomation. Jeder Teilnehmer (Sensor, Aktor) verfügt über einen eigenen Mikrocontroller mit entsprechenden Speicherbausteinen. Ein zentrales Steuergerät ist nicht erforderlich. Die EIB Teilnehmer sind über eine gemeinsame Busleitung miteinander verbunden, über die die Teilnehmer miteinander kommunizieren und Daten austauschen. Die Spannungsversorgung wird ebenfalls über die gemeinsame Leitung übertragen. Es wird insgesamt also nur ein Adernpaar für die Versorgung und den Datentransport benötigt.



Über den Steckdosen befindet sich die Steuerung für die Beleuchtung, welche manuell aber auch durch eine Automatik (Bewegungs- und Helligkeitssensor) gesteuert werden kann.



Eingebaute Präsenzmelder, die bei Anwesenheit von Personen und Dunkelheit die Beleuchtung aktivieren.



Die Kabeltrassen aus Holz befinden sich neben dem Licht- und Stromversorgungsmodul die gleichzeitig als Aufhängung für die Regale dienen. In den Gängen sind die Trassen gleich neben den Lüftungsrohren bzw. unter den Leuchtkörpern fixiert.

### 6.2.3 Ressourceneffiziente Beleuchtungssysteme

Beim Beleuchtungssystem wurde einerseits darauf geachtet effiziente Leuchtmittel einzusetzen als auch möglichst viel Energie durch durchdachte Regelungstechnik einzusparen. Die tageslichtabhängige Lichtregelung in den Büros erfolgt durch einfache Präsenz- und Helligkeitsregler direkt an der Leuchte. Das Lichtschalten erfolgt in Nebenräumen wie WC und Vorraum, bewegungs- und helligkeitsabhängig.



S-HOUSE Südansicht bei Nacht



Die Außenbeleuchtung wird teilweise mittels Leuchtdioden bewerkstelligt die eine durchschnittliche Lebensdauer von 100.000 Stunden haben und 80% weniger Energie verbrauchen als konventionelle Glühbirnen.



Energiesparlampen in den Nassräumen



Beleuchtung in den Gängen  
Es wurden Leuchten vorgesehen, die aus wenig unterschiedlichen Materialien bestehen. Es wurden ebenfalls hocheffiziente Leuchtmittel eingesetzt.



Beleuchtung Büro



Die Steuerung und Regelung der Beleuchtungsanlage erfolgt helligkeits- und anwesenheitsgesteuert. Der Sonnenschutz (Beschattung) erfolgt in Abhängigkeit der Sonneneinstrahlung, der Windverhältnisse und der Betriebszeiten.

### 6.3 FERTIGGESTELLTES S-HOUSE

Die Errichtung des Gebäudes wurde Ende Mai abgeschlossen. Am 9. September 2005 wurde das S-HOUSE eröffnet und wird danach als Informationszentrum für nachhaltiges Bauen und zukunftsorientierte Technologien betrieben werden.



#### Nordseitige Ansicht

An der Nordseite wurden bewusst weniger Fensterflächen realisiert, da diese eine wärmetechnische Schwachstelle darstellen und nordseitig auch keine solaren Energieeinträge möglich sind. Die leicht geneigten Pendelstützen erhöhen die Stabilität gegen seitliche Kräfte auf das Dach.



#### Südseitige Ansicht

Eine wichtige Voraussetzung war der sorgsame Umgang mit der bestehenden Vegetation. Das Gebäude grenzt direkt an einen alten Obstgarten mit erhaltenswerten Obstsorten. Die Ausrichtung des Gebäudes erfolgte nach den Kriterien einer solaren Bauweise. Die Glasfront ist nach Süden ausgerichtet.



#### Südwestseitige Ansicht

Durch die Glaseinsätze im Dach fällt Licht in das OG und EG ohne, dass direkte Sonnenstrahlen im Sommer zuviel Energie in das Haus einbringen können. Die zierlichen Punktfundamente unter der Terrasse und den Säulen sind erkennbar. Das gesamte Gebäude ruht auf solchen Fundamenten. Dadurch wurde der Verbrauch an Beton bei gleicher Funktionalität drastisch reduziert.



### Südostseitige Ansicht

Der Blick von der Terrasse Richtung Westen zeigt die Glasfront und die Säulen.



### Ostansicht



### Terrasse

Der Terrassenboden wurde aus Thermoholz gefertigt welches eine höhere Wasserbeständigkeit bietet als gewöhnliches Holz. Es wird auf bis zu 250°C erwärmt, wobei die Hemicellulose karamellisiert und dadurch die Holzfeuchte auf 50% im Vergleich zu unbehandeltem Holz fällt. Gleichzeitig steigt die Resistenz gegen Witterungseinflüsse.



#### Innenansicht EG

Auf der linken Seite befindet sich der Multimedia Bereich in dem man Informationen zu Nachhaltigkeit und nachhaltigen Bauen erfahren kann. Weiters können Konstruktionsdetails des S-HOUSE abgerufen werden. Weitere Details zur Multimedia Ausstellung und zu den Vitrinen, finden sie im Anhang.



#### Innenansicht EG



#### Innenansicht OG

Direkt an die Südfassade grenzt ein offener Bereich an, der als Kommunikationsraum genutzt wird.

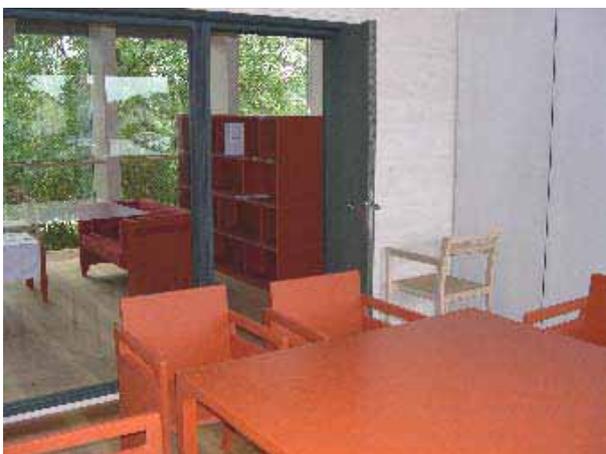


### Innenansicht OG

Die nördliche Hälfte im OG besteht aus unterschiedlich großen Büroräumen, die zum offenen Bereich mit Glasfronten und zu den anderen Büros mit flexiblen Zwischenwänden abgegrenzt sind. Beide, Glasfront und Zwischenwand wurden für die Anwendung im S-HOUSE entwickelt. Für die Zwischenwand wurde ein neuer Werkstoff aus Getreidestroh verwendet.



Die Büros verfügen über großzügige Glasflächen durch die natürliches Licht einfällt.



### Besprechungsraum

Dieser Raum ist für Besprechungen gedacht. Die Stühle und der Tisch sind aus Strohplatten gefertigt.

## 7 NUTZUNGSKONZEPT

Das S-HOUSE ist als Informationszentrum für nachwachsende Rohstoffe geplant, sowohl das Gebäude selbst als auch seine Nutzung dienen der Informationsbeschaffung, -aufbereitung, -vermittlung und Weiterentwicklung umweltfreundlicher und nachhaltiger Anwendungen, nachwachsender Rohstoffe und nachhaltiger Systemlösungen.

Das Nutzungskonzept ist in drei Kategorien aufgeteilt:

- **Ausstellung** zum Themenbereich nachhaltig Bauen mit besonderem Schwerpunkt auf Einsatzmöglichkeiten nachwachsender Rohstoffe im Baubereich.
- **Informations- und Weiterbildungsveranstaltungen** zu den oben erwähnten Themenbereichen.
- **Bereitstellung und Aufbereitung von Messdaten**, die im Rahmen des Messkonzeptes ermittelt werden und wichtige Informationen über die Langzeitfunktionalität der eingesetzten Materialien und Konstruktionen liefern.

Die Ausstellung wie auch die Veranstaltungen werden für unterschiedliche Zielgruppen konzipiert und gemeinsam mit Kooperationspartnern und Finanzierungspartnern (z.B. *Haus der Zukunft* Programm) realisiert. Basisinformationen sowie Messergebnisse sind auch über das Internet abrufbar. Darüber hinaus sollen in den angeführten Themenbereichen auch konkrete Weiterentwicklungs- und Umsetzungsprojekte initiiert und durchgeführt werden.

### Raumkonzept

Die Gestaltung der Räumlichkeiten im S-HOUSE zielt auf eine multifunktionale Nutzung ab, bei der sowohl der Funktionalität als auch dem Wohlbefinden ein hoher Stellenwert eingeräumt wird. Flexible Arbeitsstrukturen und die Anpassung an unterschiedliche Erfordernisse (Teilnehmerzahl – groß, klein; Veranstaltungsart - Seminar, Vortrag, Exkursion, Workshop) werden ermöglicht.

Das Raumkonzept sieht folgende Nutzungen vor:

- Ausstellung (Innenräume und Freigelände)
- Seminar- bzw. Kursnutzung: sowohl in den Ausstellungs- wie in den Büroräumen (multifunktionale Nutzung nach Bedarf)
- Büroflächen zur Betreuung und Organisation der Ausstellung, der Langzeitmessungen, der Planung und Durchführung der Veranstaltungen, sowie zur Weiterentwicklung, Betreuung und Informationsvermittlung relevanter Themen nachhaltiger Entwicklung.
- Nebenräume (Sanitärräume, Technikraum/Depot, Erschließungsflächen)

### Zielgruppen

Es werden Zielgruppen aus Wirtschaft, Technik, Verwaltung, Ausbildung und Privatpersonen angesprochen, insbesondere folgende:

- ArchitektInnen und PlanerInnen
- Bauwirtschaft (Baustoffproduzenten, Baustoffhandel, ausführende Betriebe)
- Medien (sowohl Fachmedien als auch Medien mit großer Verbreitung)
- Behörden
- Entscheidungsträger aus Politik und Wirtschaft

- Universitäten
- Schulen
- Öffentliche und private Bauherrn
- Internationale Organisationen/Interessenten aus den oben genannten Bereichen

## 7.1 AUSSTELLUNG

Nachhaltiges Bauen stellt neue Anforderungen an alle Bereiche im Bauwesen, Innovationen in einem Bereich ziehen Neu- und Weiterentwicklung in anderen Bereichen nach sich. Es ist daher nicht möglich, in einer einzigen Ausstellung auf der Fläche des S-HOUSE auf alle Aspekte und Innovationen im Bereich nachhaltigen Bauens zugleich einzugehen. Um aktuelle Entwicklungen und Diskussionen berücksichtigen zu können und unterschiedliche Schwerpunktsetzungen zu ermöglichen, ist eine flexible Ausstellungsplanung erforderlich. Im Folgenden wird das Konzept der Basisausstellung erläutert.

Die Ausstellung stellt das S-HOUSE und dessen zentrale Innovationen in den Mittelpunkt und macht diese zur Grundlage für weiterführende Aktivitäten. Anhand der im Rahmen des Projektes entwickelten Prototypen und Innovationen werden die Möglichkeiten nachhaltigen Bauens exemplarisch aufgezeigt, die jeweils vier Hauptkategorien zugeordnet sind:

- I. Konstruktionsprinzip und Gebäudehülle
- II. Materialeinsatz, Stoffströme, Oberflächenbehandlung
- III. Energiemanagement
- IV. Interieur, Ecodesign, Nutzungsorientierte Einrichtung

Die Themen sind stark miteinander vernetzt und thematische Überschneidungen bewusst eingeplant. Diese Überschneidungen sollen dargestellt werden, damit Zusammenhänge und Interaktionen verschiedener Systeme sichtbar werden und das Verständnis für Nachhaltigkeit verbessern.

### **Form der Präsentation**

Die Form der Vermittlung/Darstellung berücksichtigt zwei grundlegende Aspekte: die multisensorische und die zielgruppenspezifische Aufbereitung der präsentierten Themen. Zum einen sollen die BesucherInnen Informationen möglichst mit vielen Sinnen (Sehen, Hören, Fühlen, Riechen) erfassen können und zum anderen sollen die Inhalte für alle angesprochenen Zielgruppen aufbereitet werden. Das Spektrum der Exponate reicht dabei von realen Objekten (z.B. Konstruktionselement TREEPLAST Schraube) bis zu virtuellen Informationen (z.B. Videodokumentationen, Abrufen und Vergleichen von Messdaten). Im Wesentlichen soll sich jedes Exponat der Ausstellung durch die Art der Präsentation selbst erklären, unterschiedliche Vertiefungsebenen sollen für bestimmte Zielgruppen weiterführende Informationen anbieten. Die Vermittlungsebenen bieten auch für Jugendliche und Schulkinder geeignete Präsentationen. Interaktive Elemente ermöglichen dem Besucher zum Beispiel die ökologische Bewertung des eigenen Wohnstils oder die Nutzung des *Informationsknoten für nachwachsende Rohstoffe* auf [www.nawaro.com](http://www.nawaro.com).

Als wichtiges Querschnittsthema der Ausstellung wird die Attraktivität nachwachsender Rohstoffe und ihre objektiven Vorteile behandelt. Insbesondere durch die Verwendung von baubiologisch besonders qualitativen Materialien und mit sorgfältig ausgewähltem, ästhetisch ansprechendem Interieur sollen die BesucherInnen die Vorteile baubiologisch adäquaten Bauens erleben.

Die Ausstellung beinhaltet eine interaktive Multimediapräsentation, Vitrinen und das Gebäude selbst. Die Multimediaausstellung befindet sich im EG des Gebäudes und gliedert sich in 3 Zonen. Zone I stellt den Eingangsbereich dar (z.B. Begrüßung, Einführung in die Thematik). Zone II bietet umfassende Informationen zu nachhaltigem Bauen, beschreibt grundlegende gesellschaftliche Probleme im Zusammenhang mit Bauen und präsentiert Lösungsstrategien, gibt Antworten auf praktische Fragestellungen der Besucher. Zone III beschreibt das S-HOUSE und die entwickelten technischen Lösungen in Text und Bild bzw. animierten 3D Grafiken.

## 7.1.1 Vitrinen

Die Vitrinen dienen neben der Multimedia Ausstellung als Maßnahme, Informationen zu nachhaltigem Bauen, den Besuchern des S-HOUSE näher zu bringen. Sie dienen als Ergänzung zur virtuellen Umgebung der Multimedia Ausstellung, in Form von konventioneller, räumlicher Darstellung.

Die folgenden Fotos dokumentieren die aktuelle, themenbezogene Nutzung der Vitrinen.



Die Vitrinen sind direkt vor der Solarfassade angeordnet und somit beim betreten des Ausstellungs-raumes sofort sichtbar.



Inneneinrichtung aus Leinen. Der Weg vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt wurde hier dargestellt.



Ausstellung der Treeplast Schraube die zur Fixierung der Verschalung auf den Strohballen benutzt wurde, .



Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen (Zellulose, Holzwolle, Flachs, Schafwolle, Stroh, Kork, Hanf).



Rohstoffe zur Herstellung von Naturfaser Zwischenwänden.



Produkte aus PLA (Polylactid) welches aus fermentierten Zucker (als Zuckerquelle dient Mais) gewonnen wird als Alternative zu synthetischen Kunststoffen/Fasern (Abgebildet: Becher, Fasern, T-Shirt).

## 7.1.2 Multimediaausstellung

Die Multimediaausstellung gliedert sich in verschiedene Zonen. Der Bereich Eingang/Ausgang, dient zur Erhebung von Besucherdaten und zur Herstellung eines ersten persönlichen Bezugs zum S-HOUSE.

In Zone I soll der Besucher an einfachen Sachverhalten die Notwendigkeit von nachhaltigen/ökologischen Bauen erkennen. Der Bereich stellt den Einstieg in die Thematik mit hohem Attraktivitäts- und Unterhaltungswert dar. Der Besucher wird angeregt sich mit dem Thema auseinanderzusetzen.

Zone II dient zum tieferen Verständnis von nachhaltiger Entwicklung und ökologischem Bauen, unterhaltende Elemente unterstützen den Transport von Information.

In Zone III wird die direkte, praktische Umsetzung, der in Zone I und II vermittelten Inhalte, detailliert am Beispiel S-HOUSE vermittelt. Ein hoher Gehalt an sachlicher und eben so ausführlicher Information steht hier im Vordergrund. Anschauungs- Objekte in Vitrinen unterstützen das Begreifen.

### Gestaltungsprinzip

Ein strenges durchgängiges Gestaltungsmuster, das sich stark am „Look & Feel“ von Architektur-Plänen orientiert, soll den Zusammenhang zwischen den einzelnen Bereichen visualisieren und einen starken Bezug zum Gebäude selbst herstellen.

Die durchgehende Ästhetik verweist auf die technisch hohe Qualität des S-HOUSE Projekts. Es wirkt so dem überholten Bild von Strickpulli und Jutesackerl als Assoziationen für nachwachsende Rohstoffe entgegen.

Das Design wirkt im Ganzen sehr reduziert und setzt auf zeitlose Gestaltungselemente. Klare geometrische Grundformen und Verwendung des Goldenen Schnitts als klassisches gestalterisches Maß zur Seitenaufteilung und als Grundraster, schaffen für den Betrachter eine klar erkennbare Struktur und Ordnung.

Die Betonung der Horizontalen durch die fast ausschließliche Verwendung des Querformats, als klassisches Format der Malerei zur Darstellung von Landschaft und Architektur, unterstreicht den weltlichen Bezug. Kontrastierend dazu wirken vertikal verlaufende Linien der Menüführung.

Die großzügige Verwendung von Weißraum bietet dem Auge die Möglichkeit zu Ruhen, sowie Inhalte schneller zu ordnen und zu erfassen. Außerdem verweist er auf die Klarheit des Baus und die Seriosität des Projekts. Farbe wird im Gegensatz dazu sehr kleinflächig und vorsichtig eingesetzt, reines Schwarz wird ausgeschlossen. Vektorgraphiken, als weiterer Verweis auf Gestaltungsmuster der Architektur, unterstützen die reduzierte Ästhetik und stehen im Kontrast zu verwendeten Realbildern und Filmsequenzen.

Der Text wurde gut lesbar gesetzt und wirkt, durch einen niedrigen Grauwert, leicht und unaufdringlich. Für Überschriften und Schlagwörter wurde die Schriftart „Function“ plakativ und fett gedruckt verwendet, da sie wegen ihrer klaren geometrischen Form und Konstruktion geeignet ist. Für Fliesstexte wird Glythus Medium als Schrift eingesetzt, sie wirkt auf Grund ihrer Semi-Serifen klassisch und modern zugleich und kontrastiert mit den Überschriften ohne sich zu sehr abzusetzen.

## 7.1.3 Multimediaausstellung: Zone 1 – Begrüßung, Erstinformationen

Die Intention des Bereichs liegt darin, das Besucherinteresse durch kritische Betrachtung unserer Energie-, Umwelt-, und Baupolitik zu wecken, um daraus die Notwendigkeit für

ökologisches/nachhaltiges Bauen, wie am Beispiel S-HOUSE praktisch erfahrbar umgesetzt, zu erkennen. Dieser Bereich dient als Einführung in die Ausstellung. Der Besucher wird erstmals mit Begriffen wie zum Beispiel. Baurestmassen, Nachhaltigkeit, Faktor 10, usw., die Schlüsselpunkte und Argumentationsgrundlage der Ausstellung darstellen, sowie deren technischen und wissenschaftlichen Werten konfrontiert. Außerdem gibt es die Möglichkeit zum individuellen Feedback.

### **Elektronisches Gästebuch**

Hier bietet sich den interessierten Besuchern die Möglichkeit an einem Terminal Anschrift und E-Mail Adresse in ein elektronisches Gästebuch einzutragen, um später weitere Informationen zu S-HOUSE relevanten Themen zu erhalten.

Weiters soll hier die Möglichkeit zum Feedback in Form einer kurzen Befragung gegeben werden, die sowohl vor und nach dem Besuch des Hauses durchgeführt werden kann. Optional können allgemeine Informationen wie Veranstaltungshinweise, etc. angezeigt werden.

Als Neutralzustand wird die Eingabemaske des Gästebuches, mit dem Hinweis zur freiwilligen Befragung angezeigt. Über weitere Menüpunkte werden zusätzliche Informationen beispielsweise in Popups angezeigt.



Abbildung 11: Screen Begrüßung

## Videoinstallation

In einer dokumentarischen Videoarbeit in Form einer Collage werden dem Besucher optisch ansprechend und unterhaltend Fakten aus Energie-, Umwelt- und Baupolitik unter Berücksichtigung der demographischen Entwicklung nähergebracht, um ein allgemeines Verständnis für die Problematik zu erlangen.

Hierbei handelt es sich um eine Aufzählung von Tatsachen und statistischen Aussagen, die als Text dargestellt werden. Die Bildebene dient zur unterstützenden Illustration.

Die verwendeten Motive und Collagen wurden mit starken Konnotationen belegt und erfüllen assoziative Aufgaben. Die Aussage wird durch Klangwelten aus O-Ton, generierten Klängen und Musik unterstützt.

Allgemeine Gestaltungsprinzipien wie Weißraum, Format, Farbigkeit, Seitenaufteilung, Verwendung von Typographie und Vektoroptik gelten auch hier.

Attraktivität und Unterhaltungswert werden durch ein sehr dynamisches Schnittkonzept erreicht.



Abbildung 12: Screen Videoinstallation

## Visualisierung der Messdaten

Die erhobenen Messdaten werden in einer interaktiven Bildschirmanwendung visualisiert und aufbereitet. Neben der reinen Vermittlung von Einzeldaten/Messinformationen, steht die Darstellung von Zusammenhängen und Verhältnismäßigkeiten, die Vermittlung technischer Qualität und die wissenschaftliche Relevanz im Vordergrund.

Um einen hohen Aussagegehalt und Aufklärungsgrad zu erreichen, werden an Hand der definierten Messkomponenten, Vergleiche und Bezüge hergestellt und anschaulich aufbereitet.

Die detaillierte Beschreibung der erhobenen Daten und deren Auswertung findet sich in Kapitel 7.3.

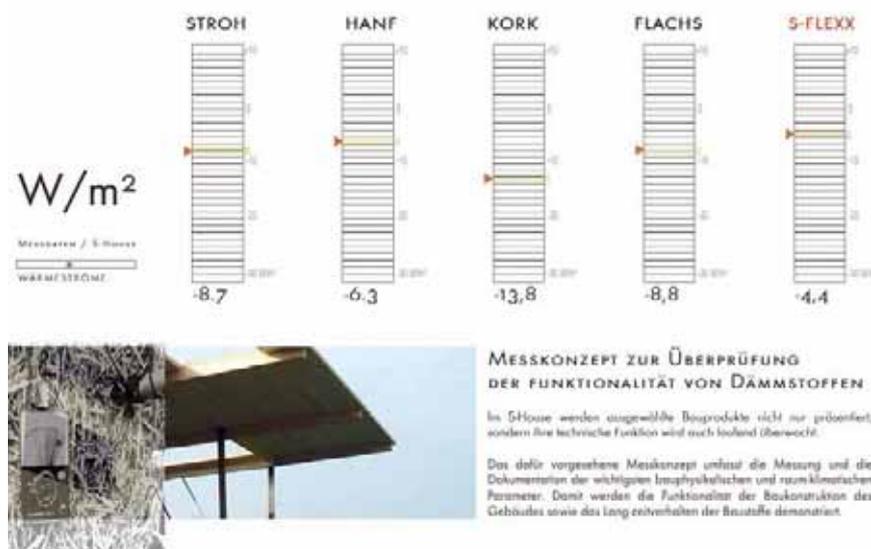


Abbildung 13: Screen Messdatenvisualisierung

## 7.1.4 Multimediaausstellung: Zone 2 - Hintergrundinformationen

Dieser Bereich soll den Besuchern die Möglichkeit bieten, fundierte Informationen zu nachhaltiger Entwicklung, nachwachsenden Rohstoffen im Allgemeinen abzufragen, um ein tieferes Verständnis für ökologisches/nachhaltiges Bauen an Hand von Hintergrundinformationen zu erwerben, sowie offene Fragen und Begriffe zu klären. Mögliche Perspektiven werden aufgezeigt.

Die zu vermittelnden Inhalte wurden in bis zu fünf Themengebieten zusammengefasst, zu denen jeweils eine zusammenhängende audiovisuelle Anwendung als dokumentarischer Zusammchnitt von Interviews, Foto-, Graphik- und Videomaterial bereitgestellt wird. Die einzelnen Themen wiederum wurden in Informationsblöcke unterteilt, die einzelnen abgerufen werden können.



Abbildung 14 Screen Zone2, Strategien zur Umsetzung

### **Berechnungsprogramm für den persönlichen ökologischen Fussabdruck**

Über diese Anwendung wird ein persönlicher Bezug zur Problematik hergestellt. In einem Interface wird der Besucher aufgefordert seinen „ökologischen Fußabdruck“ begrenzt auf den Lebensbereich Wohnen zu erstellen. Auf moralische Hinweise und direkte persönliche Anrede wird verzichtet.

In Auswahlfragen werden die erforderlichen Daten über Trackballs eingegeben. Aus den erhobenen Angaben errechnet sich dann die dafür verbrauchte Fläche als neutraler Wert, dessen Aussagekraft erst durch den direkten Vergleich zum S-HOUSE, sowie anderen Regionen der Erde deutlich wird.

Um einen anonymen Zugang zu ermöglichen wird auf Angaben zur Person verzichtet.

Jede Seite der Anwendung beinhaltet eine Frage mit maximal 6 vorgefertigten Antwortmöglichkeiten, sobald eine Auswahl getroffen wurde erscheint die nächste. Das individuelle Ergebnis wird dem errechneten Fußabdruck des S-HOUSE Beispiels gegenüber gestellt.



Abbildung 15: Screen Ökologischer Fußabdruck

Eine weitere interaktive Anwendungsmöglichkeit zeigt den internationalen Vergleich. An Hand einer Weltkarte lassen sich die Ergebnisse verschiedener Regionen auswählen.

## Flashapplikation zur Aufbereitung von Grundlageninformationen zu Nachhaltiger Entwicklung und nachhaltigem Bauen

Für die Präsentation des Inhalts dieser Zone wurde eine Matrixform gewählt. Damit ist ein übersichtliche Darstellung der komplexen und vielfältigen Themeninhalte gut realisierbar. Über den Einstiegsscreen kommt man direkt zu den jeweiligen Themen. Die behandelten Themengebieten werden in Teil A allgemein beschrieben. Im Teil B werden Strategien und Lösungsansätze vorgestellt und im Teil C die praktischen Ansätze behandelt.

<b>Teil A: allgemeine Informationen</b>	<b>Teil B: Strategien</b>	<b>Teil C: praktische Ansätze</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Was ist (Nachhaltigkeit) nachhaltige Entwicklung?</li> <li>• Energie allgemein (ist Situation)</li> <li>• Rohstoffe</li> <li>• Lebensqualität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche grundsätzlichen Strategien zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung gibt es ?</li> <li>• Lösungsansätze Energienutzung</li> <li>• Lernen von der Natur</li> <li>• Welche Lösungsansätze gibt es zur nachhaltigen Rohstoffnutzung?</li> <li>• Was heißt Nachhaltige Entwicklung für den Bereich Bauen und Wohnen?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie in der Praxis</li> <li>• Lernen von der Natur</li> <li>• Effizienter Umgang mit Rohstoffen in der Praxis</li> <li>• Schließen von Stoffkreisläufen in der Praxis</li> <li>• Nutzung nachwachsender Rohstoffe</li> <li>• S-HOUSE, nachhaltige Gesamtlösung im Bereich Bauen und Wohnen!</li> </ul>

Tabelle 8: Themenübersicht Zone 2

### **Umfang**

Jeder Bereich umfasst ca. 10 bis 25 Screens mit etlichen Videosequenzen in Form von Interviews und Demonstrationen in denen Inhalte anschaulich erklärt werden. Der Benutzer kann zwischen den Bereichen durch navigieren nach links und rechts wechseln. Im Anschluß ist für jeden Bereich ein Beispiel angeführt.

## Exemplarische Darstellung der Inhalte

### Bereich A, Beispiel Rohstoffe

Der Abbau und die Gewinnung von Rohstoffen stellen einen essentiellen Bestandteil unseres Wirtschaftens dar. Dabei sind die ständige Verfügbarkeit der Rohstoffe und die notwendige Qualität von größter Bedeutung. Rohstoffverarbeitende Industrien beziehen ihre Produktionsmittel weltweit. So werden Erze, Erden, Gesteine, Salze, Erdöl und viele andere Stoffe aber auch biogene Materialien, wie Hölzer oft über weite Strecken bis zum Ort der Weiterverarbeitung transportiert. Aufgrund der bestehenden globalen Konkurrenz werden viele Materialien dort gewonnen, wo Rohstoff- und Arbeitskosten niedrig sind. Dies ist meist auch mit niedrigen Sozialstandards, schlechtem Arbeiterschutz und dürftigen Umweltauflagen verbunden. Derzeit gilt für alle Volkswirtschaften, daß ein gesteigerter Verbrauch an Rohstoffen das BIP erhöht und den Lebensstandard der Bevölkerung verbessert. Dies ist eine Sichtweise, die sich bei endlichen Ressourcen, auf denen unser Wirtschaften zu 80% beruht, in absehbarer Zeit ändern muss. Eine Bewertung unserer Lebensweise nach dem ökologischen Fußabdruck zeigt auf, dass der momentane Rohstoffverbrauch der Industrieländer so hoch ist, dass auf lange Sicht drei Erden für die Bereitstellung der benötigten Rohstoffe notwendig wären.



Abbildung 16: Screen Rohstoffe

### Bereich B, Beispiel Schließen von Kreisläufen

Die Umgestaltung von offenen Systemen, die auf der Input-Seite ständig neue Rohstoffe erfordern und auf der Output-Seite Produkte und Abfall erzeugen zu geschlossenen Kreislaufsystemen ist ein weiterer wichtiger Schritt für eine Reduktion des Rohstoffverbrauches. Das Prinzip der Kreislaufwirtschaft kann am Beispiel der biologischen Landwirtschaft gezeigt werden. Die für die Produktion notwendigen Rohstoffe kommen zum größten Teil aus dem eigenen Kreislaufsystem und externe Inputs, sowie Abfallstoffe werden minimiert.

Man kann zwischen technischen Kreisläufen und dem biologischen Kreislauf unterscheiden. Bei ersteren können mineralische, wie Metalle und fossile Stoffe, wie Kunststoffe in einen Produktionsprozess rückgeführt, anstatt deponiert oder verbrannt zu werden. Dabei ist vor allem die Stoffreinheit von großer Bedeutung. Stoffgemische sind schwer, Verbundstoffe sind nicht in Einzelstoffe auftrennbar und daher nicht für technische Kreisläufe geeignet. Hingegen stellt der biologische Kreislauf nur die Anforderung der Biokompatibilität an das

Material. Das heißt die Bestandteile können durchaus in Gemischen auftreten oder auch Verbundstoffe sein, solange sie biologisch abbaubar sind. Mit dieser Strategie lassen sich nicht nur deutliche Verringerungen des Rohstoffverbrauchs erzielen, sondern auch positive Auswirkungen auf Umwelt und Klima.



Abbildung 17: Screen Lösungsansätze

### Bereich C, Beispiel Bionik

Mit der speziell für das S-HOUSE entwickelten Strohschraube wird eine direkte Befestigungsmöglichkeit am Strohballen geschaffen. Damit können sowohl Fassaden wärmebrückenfrei montiert, als auch im Innenbereich nachträgliche Befestigungsmöglichkeiten in der Strohballenwand geschaffen werden.

Durch das nach bionischen Kriterien entwickelte Schraubendesign wird mit minimiertem Materialverbrauch eine maximale mechanische Festigkeit erzielt. Die Verwendung von Biokunststoff erlaubt einen problemlosen Rückbau und die Rückführung in den biologischen Kreislauf.

Die Gestalt der Schraube wurde mittels einer von Prof. Mattheck entwickelten Methode – nach dem Vorbild des Baumwachstums – bionisch optimiert, wodurch die auftretenden Zug- und Biegespannungen wesentlich reduziert werden konnten. Dort wo in der Schraube hohe Spannungen aufgetreten sind wurde die Kontur gezielt verändert. Dadurch wurde der Materialverbrauch, verglichen mit konventionellen Konstruktionsmethoden, wesentlich verringert.



Abbildung 18: Screen, Bionik Videosequenz

## 7.1.5 Multimediaausstellung: Zone 3 - Detailinformationen zu den S-HOUSE Innovationen

### Flashapplikation zur Aufbereitung von Detailinformationen zu den S-HOUSE Innovationen

In Zone III wird die direkte praktische Umsetzung der in Zone I und II vermittelten Inhalte detailliert, am Beispiel S-HOUSE dargestellt. Ein hoher Gehalt an sachlicher und eben so ausführlicher Information für User, die sich schon eingehend informiert haben, oder Architekten, die an bestimmten Themen interessiert sind, steht hier im Vordergrund. Auf ein spielerisches und unterhaltendes Moment wird dennoch viel Wert gelegt, um diese Multimediaanwendung auch für weitere Besuchergruppen attraktiv zu gestalten. Auf der Benutzeroberfläche werden die im S-HOUSE entwickelten Innovationen beschrieben und grafisch in Form von dreidimensionalen Grafiken dargestellt. Diese sind um 360 Grad drehbar, und können durch eine fünffache Zoomfunktion vergrößert werden. Die erörterten Innovationen sind jeweils farbig gekennzeichnet.

#### **Zone 3 – Detailinformationen zu den S-HOUSE Innovationen**

- Innovationen im Überblick
- Umweltfreundliche Herstellung ressourceneffizienter Punktfundamente für unterlüftete Gebäudeplatte
- Wärmebrückenfreie Strohandaufbauten und Test-Wandsegmente
- Wärmebrückenfreie strohballengedämmte Boden- und Deckenelemente
- Luftdichte passivhaustaugliche Anschlussdetails und innovative Sonderkonstruktionen
- Innovative, materialoptimierte statische Elemente
- Prototyp für Spritzgussform und Befestigungselemente aus Holzspritzguss

- Holzschalung mit neuartiger Befestigung mittels Holzspritzgusselementen direkt auf Stroh
- Lehmputzgewinnung und Lehmdirektverputz auf Strohballen
- Passivhaustaugliche Fenster aus nachwachsenden Rohstoffen ohne Kunststoffanteil
- Spezielle S-HOUSE Solarfassade
- Membran-Dachkonstruktion mit Membran aus nachwachsenden Rohstoffen und UV Schutz aus lebenden Pflanzen
- Spezielle ökologische Versiegelung/Oberflächenbehandlung für Innen- und Außenflächen
- Neu entwickelte Zwischenwandsysteme und Türen aus nachwachsenden Rohstoffen
- Regionale Natursteinplatten mit optimiertem Speichervermögen und Steinverklebung mit speziellen natürlichen Klebstoffen
- Produktneuentwicklungen für Nassraumauskleidungen aus nachwachsenden Rohstoffen
- Prototyp eines stückholzbefeuerten, passivhaustauglichen Biomasse-Speicherofens
- Innovatives Luft- und Wärmeverteilungskonzept, Erdwärmetauscher
- Energieeffiziente Haustechnik: Elektronikkonzept, Kabeltrassen

Tabelle 9: Themenübersicht Zone 3

### **Exemplarische Darstellung der Inhalte**

#### Beispiel 1: Prototyp für Spritzgussform und Befestigungselemente aus Holzspritzguss

Mit dem Prototyp einer Spritzgussform werden speziell für den im S-HOUSE entwickelten Wandaufbau die TREEPLAST Konstruktionselemente hergestellt. Die Form der Schraube wurde nach bionischen Kriterien optimiert, um die besten Festigkeitswerte bei geringstem Materialverbrauch zu erreichen. Damit wird ein wärmebrückenfreier Wandaufbau realisiert, der eine Fassadenkonstruktion frei von metallischen Verbindungselementen ermöglicht. Somit entspricht der gesamte Wandaufbau höchsten technischen und ökologischen Anforderungen. Die TREEPLAST Schraube ist leicht demontierbar und gut weiterverwendbar. Der biologisch abbaubare Biokunststoff garantiert auch im Rückbau eine umweltfreundliche Entsorgung.



Abbildung 19: Screen, Spritzgusselement, Beschreibung



Abbildung 20: Screen, Spritzgusselemente, Darstellung I

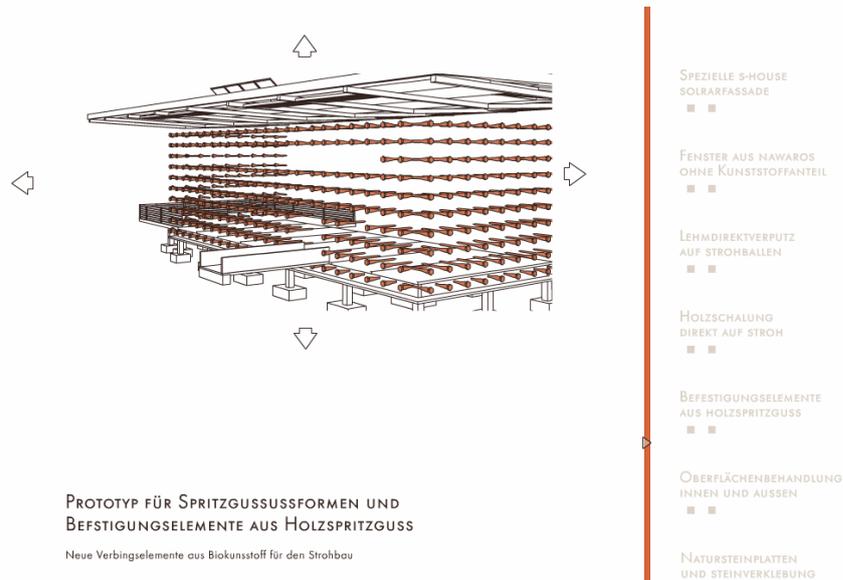


Abbildung 21: Screen, Spritzgusselement, Darstellung II, gedreht, Zoomstufe 1

### Beispiel 2: Innovatives Luft- und Wärmeverteilungskonzept Erdwärmetauscher

Das Regelungskonzept wurde mit dem Ziel der optimalen Einbindung des Biomasse-Speicherofens und der weiteren Haustechnik-Komponenten für das S-HOUSE entwickelt. Die Planungskriterien waren ein minimierter Materialaufwand, kurze Leitungsführungen, geringer Energieverbrauch, einfache Montier- und Demontierbarkeit und hohe Recyclefähigkeit aller eingesetzten Komponenten. Das eingebaute System entspricht den hohen energetischen Anforderungen des Passivhauses. Es geht jedoch über den Stand der Technik hinaus und berücksichtigt zusätzlich auch die Materialkomponente. So wurden zum Beispiel Lüftungskanäle aus Holz entwickelt, die wesentlich weniger Herstellungenergie benötigen als solche aus verzinktem Stahl. Sie sind einfach zu installieren und abzubauen und sehr gut wieder verwertbar. Ein weiteres Planungsziel war die Realisierung eines möglichst einfachen Haustechniksystems. Das wurde unter anderem durch die Verwendung von Luft als einziges Wärmeleitmedium erreicht.

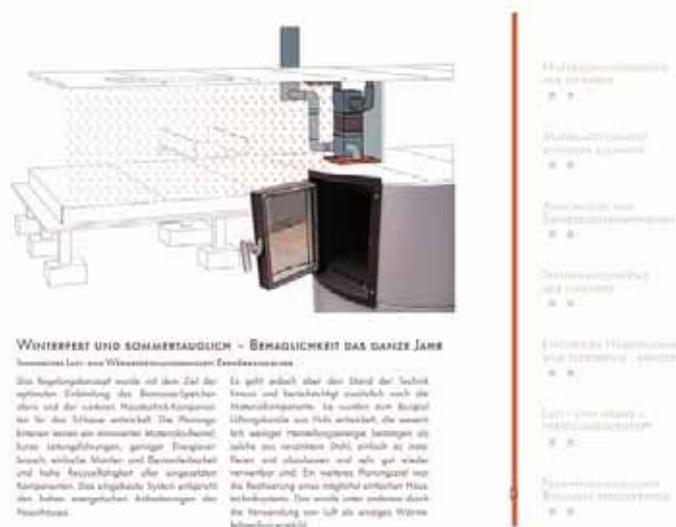


Abbildung 22: Screen, Luft- und Wärmeverteilungskonzept, Beschreibung





**PUNKTFUNDAMENTE ANSTATT BODENPLATE**  
 Umsetzungen von Hausbauern ersetzen existierende Punktfundamente als permanente Bauelemente

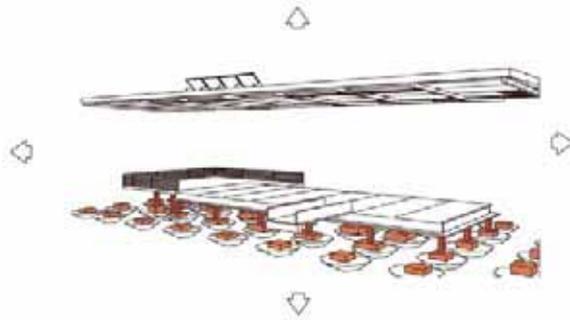
Bei der Verankerung des Bauplatzes fallen keine Schnittstellen an, die zum einen durch die spezielle Konstruktion der Auflage für ein Umgebauprojekt erfüllt und zum anderen sicheres Verhalten über die gesamte Lebensdauer gewährleisten wird. Mit dieser schlichten Maßnahme kann die Wärmeübertragung der Bodenplatte optimiert werden. Mit der für die Situation annehmbaren Punktfundamente wird eine innovative Lösung genutzt, die den Vergleich an Beton und anderen gängigen Bauelementen ein Vielfaches übersteigt!

Die Vorteile der Punktfundamente gegenüber einer konventionellen Lösung (z.B. Behälterbau) im Vergleich sind:

- Geringere Bauwerksverformung
- Weniger verbaute Fläche
- Geringeres Aufkommen an Bodenverschmutzung
- Bessere Fundamentverankerung im Vergleich zu anderen Bauelementen
- Leichtere Demontage und bessere Rückbaubarkeit

- Punktfundamente sind leichter zu realisieren
- Die Wärmeübertragung ist optimiert
- Leichtere Ausführung der Fundamentarbeiten
- **LEHM-DIREKTVERPUTZ AUF STREIBALLEN**
- Hohe Stabilität
- Einfache Montage
- Geringe Schwingungsbildung
- Geringe Schwingungsbildung

Abbildung 24: Screen, Punktfundamente, Beschreibung



- Punktfundamente sind leichter zu realisieren
- Die Wärmeübertragung ist optimiert
- Leichtere Ausführung der Fundamentarbeiten
- **LEHM-DIREKTVERPUTZ AUF STREIBALLEN**
- Hohe Stabilität
- Einfache Montage
- Geringe Schwingungsbildung
- Geringe Schwingungsbildung

Abbildung 25: Screen, Punktfundamente, Darstellung

## 7.2 VERANSTALTUNGSKONZEPT (DISSEMINATION DER ERGEBNISSE)

Zu den wirkungsvollsten Disseminationsmaßnahmen gehört die Veranstaltung von Kursen und Seminaren unterschiedlichen Umfangs, auf die Interessen & Bedürfnisse der entsprechenden Zielgruppen zugeschnitten.

Dabei kann das ausgewogene Raumklima persönlich erlebt, die Dauerausstellung besucht und das vermittelte technische Know-how direkt am Anschauungsobjekt S-HOUSE vorgeführt werden.

Es zeichnete sich bereits in der Bauphase ab, dass ein reges Interesse aus unterschiedlichen Zielgruppen besteht. Einerseits wurden bereits vor der Eröffnung (zum Teil noch in der Bauphase) Führungen für internationale Fachleute durchgeführt, andererseits mehrten sich durch die umfangreiche Medienberichterstattung die Anfragen von Handwerkern, privaten Bauherren und anderen Zielgruppen.

Im Rahmen der Verbreitung der Projektergebnisse ist das S-HOUSE ein authentischer Rahmen für Veranstaltungen zur theoretischen und praktischen Wissensvermittlung in Hinblick auf Nachhaltigkeit in der Bauwirtschaft. In Kooperation mit den Projektpartnern und Auftraggebern sowie weiteren Akteuren aus dem Bereich nachhaltig Bauen (z.B. Fachhochschulen, Universitäten,...) werden unterschiedliche Zielgruppen angesprochen. Neben Aktionen mit Kooperationspartnern ist auch eine Zusammenarbeit mit weiteren nationalen und internationalen Multiplikatoren geplant.

### 7.2.1 Akteursgruppen und Kooperationspartner:

Der thematische Bogen der Disseminationsaktivitäten reicht dabei von zielgruppenorientierten Führungen für verschiedene Gruppen (z.B. Schulklassen) über Vorträge und Infoabende (z.B. Vorstellung des *Informationsknotens für nachwachsende Rohstoffe*) bis zu Workshops und Kursen (z.B. Strohbau, Lehm- oder ökologische Oberflächenbehandlung). Ebenso ist die Abhaltung von Fachveranstaltungen möglich, beispielsweise von *Haus der Zukunft* oder EU LIFE Veranstaltungen.

In enger Abstimmung mit nationalen und internationalen Kooperationspartnern und Auftraggebern werden mittelfristig folgende Veranstaltungsprogramme angestrebt.

#### Informations- & Weiterbildungsveranstaltungen

Dem unterschiedlichen Informationsbedarf (Umfang, Aufbereitung und Anteil an Praxiswissen) entsprechen die folgenden Veranstaltungstypen:

Fachtagungen international	Wissenschaftsbereich international	max. 70 Teilnehmer
Fachtagungen national	Wissenschaftsbereich national	max. 70 Teilnehmer

Fachveranstaltungen regional	Wissenschaftsbereich, Baubranche, ev. private Bauherren	
Seminare	Baubranche/ private Bauherren	max. 50
Informationsveranstaltungen	Baubranche, Bildungsbereich	max. 70
Exkursionen S-HOUSE	Baubranche, ökologisch Interessierte	max. 50
Ausstellungsbesuche	Baubranche, Bildungsbereich, ökologisch Interessierte	max. 70

Tabelle 10: Veranstaltungstypen

### **Fachtagungen international:**

Fachtagungen zu unterschiedlichen ökologisch relevanten Themen. Besonderer Schwerpunkt werden dabei aus nahe liegenden Gründen die im S-HOUSE demonstrierten Themenkomplexe sein:

- *Nutzung nachwachsender Rohstoffe (z.B. Stroh)*
- *Nachhaltig Bauen*
- *Nutzung erneuerbarer Energieträger*
  - Biomasse
  - Solarthermie
  - Photovoltaik
- *Klimatisch und kulturell angepasste Lösungen (Transferierbarkeit)*
- *Architektonische Integration der angesprochenen Themen (Ästhetik und Design)*
- *Nachhaltige Systemlösungen und Angepasste Technologie*
- *Ecodesign*

### **Fachtagungen national:**

Diese sollen das heute technisch Machbare den österreichischen (z.T. auch aus Nachbarländern) Entscheidungsträgern aus Industrie, Forschung und Lehre demonstrieren und bewusst machen. Es können dadurch besonders Multiplikatoren gezielt angesprochen und informiert ( entsprechend den obigen Themen) werden.

### **Fachveranstaltungen regional:**

Diese wenden sich insbesondere an regionale Akteure, Entscheidungsträger, Gemeinden sowie Klein- und Mittelbetriebe. Das vermittelte Wissen soll Bauunternehmen, Handwerksbetrieben, private Bauherren in die Lage versetzen, die Einsatzmöglichkeiten und das Potenzial der präsentierten Lösungen für den eigenen Bereich zu erkennen.

### **Seminare:**

Seminare werden für jene veranstaltet, die „mehr“ wissen wollen, als sich durch Informationsveranstaltungen vermitteln lässt. Dabei sind theoretische als auch praktische Schwerpunktssetzungen geplant. Ähnlich den geläufigen „Do it yourself“ Strohbaukursen, wird dabei praktische Anwendung und theoretisches Wissen detailliert vermittelt, jedoch anhand des Beispiels S-HOUSE eine professionelle und nachhaltige Lösung aufgezeigt.

### **Informationsveranstaltungen:**

Für den Bildungsbereich sowie für die Kontaktaufnahme mit Interessierten können Informationsveranstaltungen angeboten werden, die als Einführung in die Thematik „nachhaltig Bauen mit NAWAROs“ gedacht sind. Aufzeigen der technischen Möglichkeiten

und Abbau bestehender Vorurteile sind dabei wichtige Inhalte. Ein praktischer Teil zum Kennenlernen der Baustoffe kann integriert werden.

**Exkursion S-HOUSE, Ausstellungsbesuche:**

Als Exkursions- und Ausflugsziel mit Bildungsmehrwert wird das S-HOUSE, seine Lösungen und die neuen Perspektiven (nach Voranmeldung) Gruppen von Besuchern näher gebracht. Der Besuch der Dauerausstellung und Führungen durch das Gebäude bieten die Möglichkeit sich einen ersten Eindruck nachhaltiger Bauweisen mit nachwachsenden Rohstoffen zu machen.

### 7.3 MESSKONZEPT: INHALTE UND ZIELE

Inhalte und Ziele sind die messtechnischen Begleituntersuchungen des S-HOUSE. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Erfassung der bauphysikalischen Größen.

Aspekte wie das Lüftungsverhalten, die Raumtemperaturen oder der persönliche Umgang mit internen Lasten bzw. passivsolare Energieeinträge beeinflussen das Gebäudeverhalten bzw. den Energieverbrauch beträchtlich. Daher wird eine umfassende Untersuchung der Zusammenhänge angestrebt. Die energietechnische Evaluierung beinhaltet die Energiebilanzen über das gesamte Gebäude mit speziellem Fokus auf den Heizenergieverbrauch, den Warmwasserverbrauch, den Stromverbrauch für haustechnische Einrichtungen und für EDV-Einrichtungen. Außerdem werden Komfortparameter wie Raumtemperatur, Raumfeuchte und CO<sub>2</sub>-Gehalt unter Berücksichtigung des tatsächlichen Klimas, welches durch Messung der Außentemperatur, der Außenfeuchte, der Windgeschwindigkeit und der solaren Einstrahlung festgehalten wird, analysiert.

Mit der Integration von vier zusätzlichen Testboxen in der Isolierebene der Nordwand, werden außer Stroh noch vier weitere Dämmmaterialien im realen Einsatz untersucht und miteinander verglichen. Somit können für die gleichen Einflussparameter Aussagen über den Wärmestrom durch die Wand und die Feuchte- und Temperaturverläufe der unterschiedlichen Dämmstoffe gemacht werden.

Mit der Integration der Untersuchung des mikrobiologischen Verhaltens der Strohisolierung, als Aufgabenbereich der Universität für Bodenkultur (BOKU), soll eine verbesserte Aussage über die Praxistauglichkeit der Konstruktion erreicht werden.

Mit Hilfe der im S-HOUSE geplanten Messungen, welche die wichtigsten bauphysikalischen und raumklimatischen Größen erfassen, soll die Funktionstüchtigkeit der Baukonstruktionen und des Gebäudes dokumentiert und visualisiert, sowie das Langzeitverhalten der Baustoffe untersucht werden.

- Folgende Funktionen soll das Messkonzept erfüllen:
- Überprüfung der Langzeitfunktionalität von Konstruktionen mit Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen
- Referenzwerte für Computersimulationsprogramme
- Erhebung und Verbreitung von Materialdaten von innovativen Baustoffen
- Daten zur Qualität des Passivhausraumklimas
- Online - Visualisierung als Demonstrationsobjekt

Die Messergebnisse sollen online in der Ausstellung verfügbar sein und die wesentlichsten Parameter sollen auch über das Internet abgerufen werden können. Das verwendete Messsystem muss daher einerseits onlinefähig sein und andererseits internetfähiges Datenmaterial liefern. Ein kurzer Überblick des Ausstellungskonzeptes bzw. der Messdatendarstellung ist im Kapitel 7.3.3 beschrieben.

Mit der Realisierung des Messkonzeptes im S-HOUSE soll umfassendes Datenmaterial über die eingesetzten Komponenten verfügbar gemacht werden, welches eine wichtige Grundlage für eine effektive Verbreitung nachhaltiger Bautechnologien und Konstruktionen auf Basis nachwachsender Rohstoffe darstellt.

## 7.3.1 Messtechnik

### Messtechnisches Konzept

- Das Ziel der Messung ist die Erfassung und Überprüfung folgender Parameter:
- Gesamtendenergiebedarf für das Gebäude in kWh/(m<sup>2</sup> a)
- Gesamtheizenergiebedarf für das Gebäude in kWh/(m<sup>2</sup> a)
- Einhaltung der Grenzwerte für die Komfortparameter Raumtemperatur und Raumfeuchte bzw. CO<sub>2</sub> Gehalt in beiden Etagen

Für die Erstellung geschlossener Energiebilanzen werden folgende thermische und elektrische Energieströme gemessen:

- Heizenergiebedarf des Gebäudes
- Warmwasserbedarf des Gebäudes
- Solarertrag des Kollektorfeldes
- Zentrale Energiezufuhr durch die Zusatzheizung (Holz)
- Elektrischer Stromverbrauch (zur Bestimmung der interne Lasten)

Eine getrennte Erfassung des elektrischen Energiebedarfes im Gebäude erfolgt für:

- Gesamtstromverbrauch
- Allgemeiner Technikstrom für Kessel, Regelung, Pumpen,....(=Hilfsenergie)
- Strom für Lüftungsanlage
- Strom für EDV

Für die bauphysikalische Beurteilung werden folgende Messungen durchgeführt:

- Feuchte- und Temperaturverlauf für unterschiedliche Dämmmaterialien wie Flachs, Zellulose, Kork, Hanf und Stroh in unterschiedlichen Ebenen und Stellen
- Wärmeströme der verschiedenen Dämmmaterialien: Flachs, Zellulose, Kork, Hanf und Stroh

Der Aufbau der Testboxen ist auf Seite 140 beschrieben

Des Weiteren werden folgende Klimadaten erfasst:

- Globalstrahlung auf die horizontale Ebene
- Außentemperatur
- Außenfeuchte
- Windgeschwindigkeit

Diese Daten sind nicht nur zur Beurteilung des Raumklimas und der Raumfeuchte von Relevanz, sie sollen in weiterer Folge auch für eine klimabereinigte Beurteilung des Heizbedarfs des Gebäudes herangezogen werden.

Die Anzahl der Messpunkte bzw. der Fühler wurde gegenüber dem Antrag um einige Datenpunkte erhöht (siehe Seite 138). Dadurch ist eine bessere Beschreibung der Gebäudeverhaltens möglich.

In Abbildung 26: Messtechnikschema ist das Energie- und Lüftungstechnische Konzept dargestellt. Des Weiteren sind alle Messpunkte bzw. Messstellen schematisch eingetragen.



## Eingebaute Messsensoren

In Tabelle 11 ist eine Aufstellung der eingesetzten Messgeräte und der erfassten Messgrößen zu finden.

Messgerät	Messgröße	Ort / Klassifizierung	Gerätetyp	Bemerkung	Einbauort des Messgerätes	Ort	Typ	Nr
<b>Klimadaten</b>								
Pyranometer	Globalstr.		Kipp/Zone CM3		Dach	00	P	01
Temp.fühler	Außentemp.		EE21		unter Dach Nordseite	00	T	01
Feuchtefühler	Außenfeuchte		EE21	Kombisensor	unter Dach Nordseite	00	F	01
Anemometer	Windgeschwindigkeit		Kriwan INT10		Dach	00	WI	01
<b>Endenergieinput-Systemgrenze Haus</b>								
E-Zähler	El.-Energie	Gesamtstrom		400V	Technikraum	01	E	01
Stückholz	Kilogramm	Holzwaage	S-Type Load Cell: Model 615	Holzstücke sind auf Waage gelagert	neben Holzkessel	01	M	01
<b>Wärmemengen im Kesselsystem</b>								
Temp.fühler	Temperatur von Kesselluftsystem	T- Raumluft-Kessel	Pt100 3L	Verbrennungsluft von außen	Technikraum	02	T	01
Volumsstrom	Volumsstrom von Kesselluftsystem	V- Raumluft-Kessel als Rechenwert von (V_FOL-V_ABL)		abgegebene Energie in die Lüftungsanlage (Abluft)		02	V_Re	01
Temp.fühler	Temperatur von Kesselluftsystem	T-Kessel-Lüftung	Pt100 3L	abgegebene Energie in die Lüftungsanlage (Abluft)	Technikraum	02	T	02
WMZ	Energie von Kesselluftsystem	Rechenwert				02	Q_Re	01
Temp.fühler	Verbrennungs-Energie	Abgas Kessel	Pt100 3L	Heizenergie des Kessels	Halle bei Holzkessel	02	T	04
Temp.fühler	Verbrennungs-Energie	T-Kessel-Oberfläche	Pt100 3L	Heizenergie des Kessels	Halle bei Holzkessel	02	T	05
Kontakt	Klappenstellung	Außenluft in Kessel				02	S	02
Kontakt	Klappenstellung	Abgas Kessel				02	S	03
<b>Wärmemengen im Wassersystem</b>								
Temp.fühler	Hydraul.Energie	Solar-VL	Pt100 4L	Solarertrag in Speicher	Technikraum	03	T	01
Temp.fühler	Hydraul.Energie	Solar-RL	Pt100 4L	Solarertrag in Speicher	Technikraum	03	T	02
Volumsstrom	Hydraul.Energie	Solar-Vol.Str.	Sensonic2	Solarertrag in Speicher	Technikraum	03	V	01
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Solar Rechenwert		Solarertrag in Speicher		03	Q_Re	01
Temp.fühler	Hydraul.Energie	WW-Warmwasser	Pt1000 3L	WW-Verbrauch	Technikraum	03	T	03
Temp.fühler	Hydraul.Energie	WW-Kaltwasser	Pt1000 3L	WW-Verbrauch	Technikraum	03	T	04
Volumsstrom	Hydraul.Energie	WW-Vol.str.	Sensonic2	WW-Verbrauch	Technikraum	03	V	02
WMZ	Hydraul.Energie	Q_WW Rechenwert		WW-Verbrauch		03	Q_Re	02
Temp.fühler	Hydraul.Energie	Puffertemperatur	Pt1000 3L		Technikraum	03	T	05
Temp.fühler	Hydraul.Energie	Puffertemperatur	Pt1000 3L		Technikraum	03	T	06
<b>Elektrische Energien</b>								
E-Zähler	El.-Energie	Hilfsstrom Technik		Heizpatrone, und alles was an Regelung hängt: Kessel, Ladepumpen, Solarpumpe,...	Technikraum	04	E	01
E-Zähler	El.-Energie	Lüftungsanlage		die ges. Anlage mit Regelung, Ventilatoren,...	Technikraum	04	E	02
E-Zähler	El.-Energie	EDV		EDV	Technikraum	04	E	03
<b>Lüftungsanlage</b>								
Temp.fühler	Kanalfühler	EWT-Austrittstemperatur = Frischlufttemp.	Pt100 3L		Technikraum	05	T	01
Temp.fühler	Kanalfühler	Zulufttemperatur	EE16		Technikraum	05	T	02
Feuchtefühler	Kanalfühler	Zuluftfeuchte	EE16	Kombisensor	Technikraum	05	F	01
Geschwindigkeit	Kanalfühler	Zuluftgeschwindigkeit	EE65	Anemometer	Technikraum	05	V	01
Temp.fühler	Kanalfühler	Ablufttemperatur	Pt100 3L		Technikraum	05	T	03
Geschwindigkeit	Kanalfühler	Abluftgeschwindigkeit	EE65	Anemometer	Technikraum	05	V	02
Temp.fühler	Kanalfühler	Ablufttemperatur Mischtemp	Pt100 3L		Technikraum	05	T	04
Temp.fühler	Kanalfühler	Fortlufttemperatur	EE16		Technikraum	05	T	06
Feuchtefühler	Kanalfühler	Fortluftfeuchte	EE16	Kombisensor	Technikraum	05	F	02
Geschwindigkeit	Kanalfühler	Fortluftgeschwindigkeit	EE65	Anemometer	Technikraum	05	V	03
Kontakt	Klappenstellung	Frischluf		Ansaugung über EWT	Abgriff Technikraum	05	S	01
Kontakt	Klappenstellung	Fortluft		Fortluft	Abgriff Technikraum	05	S	02

Tabelle 11: Eingesetzte Messgeräte und Messgrößen

Tabelle 12: Eingesetzte Messgeräte und Messgrößen

Messgerät	Messgröße	Ort / Klassifizierung	Gerätetyp	Bemerkung	Einbauort des Messgerätes	Ort	Typ	Nr
<b>Komfortparameter</b>								
Temp.fühler	Raumtemp.		EE80	Temp. - Feuchte - und CO2 - Fühler sind ein Kombisensor	EG 1, Halle hinter Technikwand in 1,5m Höhe	06	T	01
Feuchtefühler	Rel. Feuchte		EE80	Temp. - Feuchte - und CO2 - Fühler sind ein Kombisensor	EG 1, Halle hinter Technikwand in 1,5m Höhe	06	F	01
Temp.fühler	Raumtemp.		EE80	Temp. - Feuchte - und CO2 - Fühler sind ein Kombisensor	OG 1, Halle am Anfang der Holzwand in 1,5m Höhe	06	T	02
Feuchtefühler	Rel. Feuchte		EE80	Temp. - Feuchte - und CO2 - Fühler sind ein Kombisensor	OG 1, Halle am Anfang der Holzwand in 1,5m Höhe	06	F	02
Temp.fühler	Wandoberflächentemp.		Pt100		Halle	06	T	03
Temp.fühler	Wandoberflächentemp.		Pt100		Halle	06	T	04
CO2-Sensor	CO2		EE80	Temp. - Feuchte - und CO2 - Fühler sind ein Kombisensor	EG 1, Halle hinter Technikwand in 1,5m Höhe	06	C	01
CO2-Sensor	CO2		EE80	Temp. - Feuchte - und CO2 - Fühler sind ein Kombisensor	OG 1, Halle am Anfang der Holzwand in 1,5m Höhe	06	C	02
<b>Wandzustände</b>								
Temp.fühler	Wandtemp.	Strohisolierung Wand Außenseite	Pt100	Strohwand	Nordwand	07	T	01
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Strohisolierung Wand Außenseite	EE06	Strohwand	Nordwand	07	F	01
Temp.fühler	Wandtemp.	Strohisolierung Wand Innenseite	Pt100	Strohwand	Nordwand	07	T	02
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Strohisolierung Wand Innenseite	EE06	Strohwand	Nordwand	07	F	02
Temp.fühler	Wandtemp.	Testbox1 Hanf Außenseite	Pt100	Hanf	Nordwand	07	T	03
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Testbox1 Hanf Außenseite	EE06	Hanf	Nordwand	07	F	03
Temp.fühler	Wandtemp.	Testbox1 Hanf Innenseite	Pt100	Hanf	Nordwand	07	T	04
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Testbox1 Hanf Innenseite	EE06	Hanf	Nordwand	07	F	04
Temp.fühler	Wandtemp.	Testbox2 Zellulose Außenseite	Pt100	Zellulose	Nordwand	07	T	05
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Testbox2 Zellulose Außenseite	EE06	Zellulose	Nordwand	07	F	05
Temp.fühler	Wandtemp.	Testbox2 Zellulose Innenseite	Pt100	Zellulose	Nordwand	07	T	06
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Testbox2 Zellulose Innenseite	EE06	Zellulose	Nordwand	07	F	06
Temp.fühler	Wandtemp.	Testbox3 Kork Außenseite	Pt100	Kork	Nordwand	07	T	07
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Testbox3 Kork Außenseite	EE06	Kork	Nordwand	07	F	07
Temp.fühler	Wandtemp.	Testbox3 Kork Innenseite	Pt100	Kork	Nordwand	07	T	08
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Testbox3 Kork Innenseite	EE06	Kork	Nordwand	07	F	08
Temp.fühler	Wandtemp.	Testbox4 Flachs Außenseite	Pt100	Flachs	Nordwand	07	T	09
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Testbox4 Flachs Außenseite	EE06	Flachs	Nordwand	07	F	09
Temp.fühler	Wandtemp.	Testbox4 Flachs Innenseite	Pt100	Flachs	Nordwand	07	T	10
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Testbox4 Flachs Innenseite	EE06	Flachs	Nordwand	07	F	10
Temp.fühler	Wandtemp.	Bodenbereich	Pt100	Strohisolierung Boden	Boden	07	T	11
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Bodenbereich	EE06	Strohisolierung Boden	Boden	07	F	11
Temp.fühler	Wandtemp.	Bodenbereich	Pt100	Strohisolierung Boden	Boden	07	T	12
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Bodenbereich	EE06	Strohisolierung Boden	Boden	07	F	12
Temp.fühler	Wandtemp.	Deckenbereich	Pt100	Strohisolierung Decke	Decke	07	T	13
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Deckenbereich	EE06	Strohisolierung Decke	Decke	07	F	13
Temp.fühler	Wandtemp.	Deckenbereich	Pt100	Strohisolierung Decke	Decke	07	T	14
Feuchtefühler	Wandfeuchte	Deckenbereich	EE06	Strohisolierung Decke	Decke	07	F	14
Wärmestromplatte	Wärmestrom	Strohisolierung Wand Innenseite	HFP01	Nordwand	Nordwand	07	Q	01
Wärmestromplatte	Wärmestrom	Testbox1 Hanf Innenseite	HFP01	Hanf	Flachs	07	Q	02
Wärmestromplatte	Wärmestrom	Testbox2 Zellulose Innenseite	HFP01	Zellulose	Zellulosewand	07	Q	03
Wärmestromplatte	Wärmestrom	Testbox3 Kork Innenseite	HFP01	Kork	Schafwollewand	07	Q	04
Wärmestromplatte	Wärmestrom	Testbox4 Flachs Innenseite	HFP01	Flachs	Mineralwolle	07	Q	05

## Test unterschiedlicher Dämmmaterialien

Die Testboxen im Ausmaß von 100cm x 160cm x 50cm (Länge x Breite x Tiefe) sind so konzipiert, dass für alle Testdämmstoffe die gleichen Umgebungsbedingungen herrschen, die auch für die Strohwand gelten. Als Testdämmstoffe wurden die Dämmstoffe Flachs, Zellulose, Kork und Hanf ausgewählt.

Abbildung 27 zeigt die Nordseite mit der Anordnung der Testboxen.

In Abbildung 28 werden die Fühleranordnung und der Wandaufbau dargestellt.

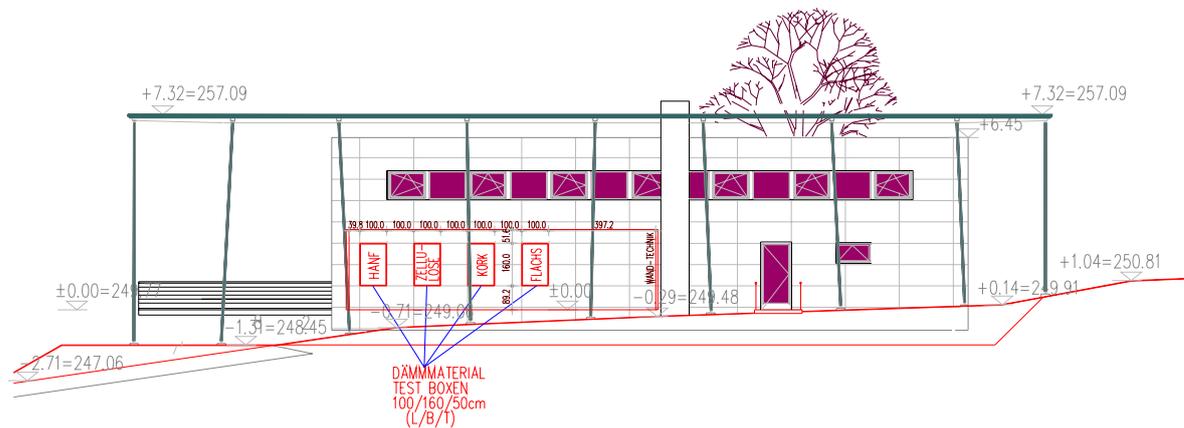


Abbildung 27: Lage der Testboxen an der Nordwand

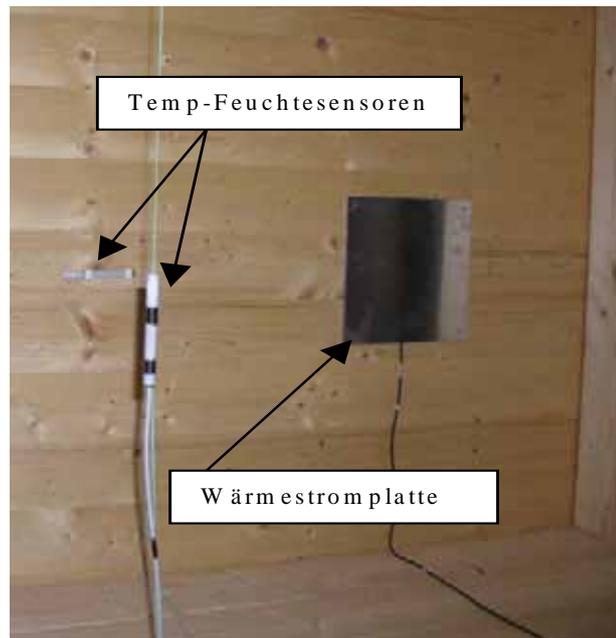


Abbildung 28: Anordnung der Messfühler in den Testboxen

Die Wandkonstruktion besteht aus folgenden Komponenten (Aufbau von innen nach außen):

- 3-Schicht Holzwand (KLH - Kreuzlagen Holzplatte), auf der Außenseite der KLH - Wand befindet sich eine Wärmestromplatte und ein Temperatur/Feuchtesensor.
- Dämmstoffebene: Die Dämmstoffstärke beträgt 50 cm. An der Außenseite der Dämmstoffes befindet sich ein zweiter Feuchte/Temperatursensor
- Lehmputz: Er dient auch als Brandschutz
- Holzstaffeln als Konstruktionselement. Sie werden mittels speziellen Biokunststoffschrauben mit der Isolierung verbunden.
- Außenschalung aus Holz

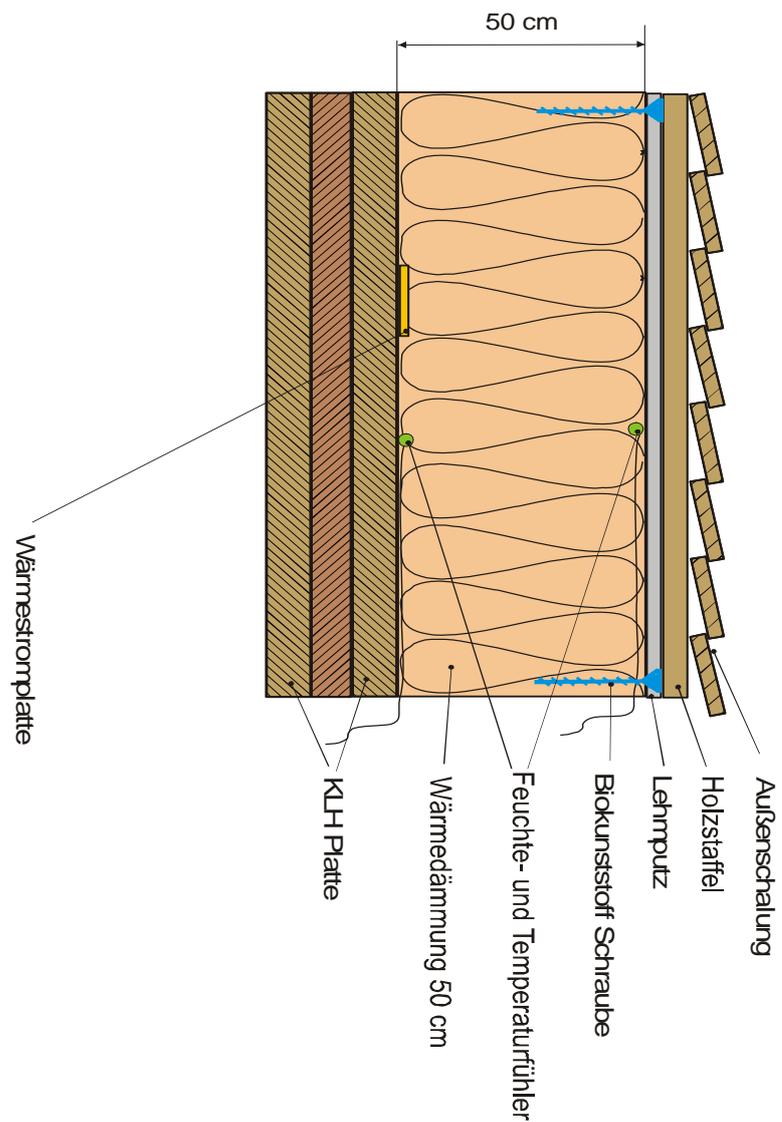


Abbildung 29: Wandaufbau der Testboxen und die Positionen der Fühler

## **Schaffung der messtechnischen Infrastruktur**

Die messtechnische Infrastruktur wurde im Rahmen des Baufortschrittes mit den Planern und den ausführenden Firmen koordiniert und beauftragt. Als messtechnische Infrastruktur zählen die Verkabelung von den einzelnen Sensoren zur zentralen Datenerfassungseinheit und die Einbauteile zur Aufnahme der Sensoren in den hydraulischen Leitungen für die Warmwasserversorgung bzw. die Heizenergieversorgung. Des Weiteren war es notwendig, zur getrennten Erfassung einzelner elektrischer Verbraucher eine entsprechende getrennte Versorgungsleitung zu planen, die mit einem eigenen Subzähler gemessen werden kann. Dies gilt zum Beispiel für den Stromverbrauch der Lüftungsanlage oder der EDV-Anlage.

## **Messdatenerfassung und -verarbeitung**

Zur Erfassung der Messdaten wird ein SPS Datenloggersystem verwendet (siehe Abbildung 30)



Abbildung 30: Loggersystem AEE INTEC

Grundsätzlich werden die analogen Sensoren im 200 ms Rhythmus abgefragt und als 15 min-Mittelwert im Datenlogger gespeichert. Sollte ein einzelner Messwert durch technische Probleme (kurzzeitiger Fühlerbruch, elektromagnetische Rückkopplung usw. ) außerhalb eines vorher definierten Wertebereichs liegen und so die Mittelwertbildung verfälschen, so wird dieser Wert in einem eigenen Fehlerprotokoll abgespeichert.

Die Speicherkapazität des Datenloggers ist so konzipiert, dass eine durchgehende Datenaufzeichnung von mindestens einem Monat möglich ist.

Die Daten werden trotzdem täglich ausgelesen und in eine SQL-Datenbank übertragen bzw. gesichert.

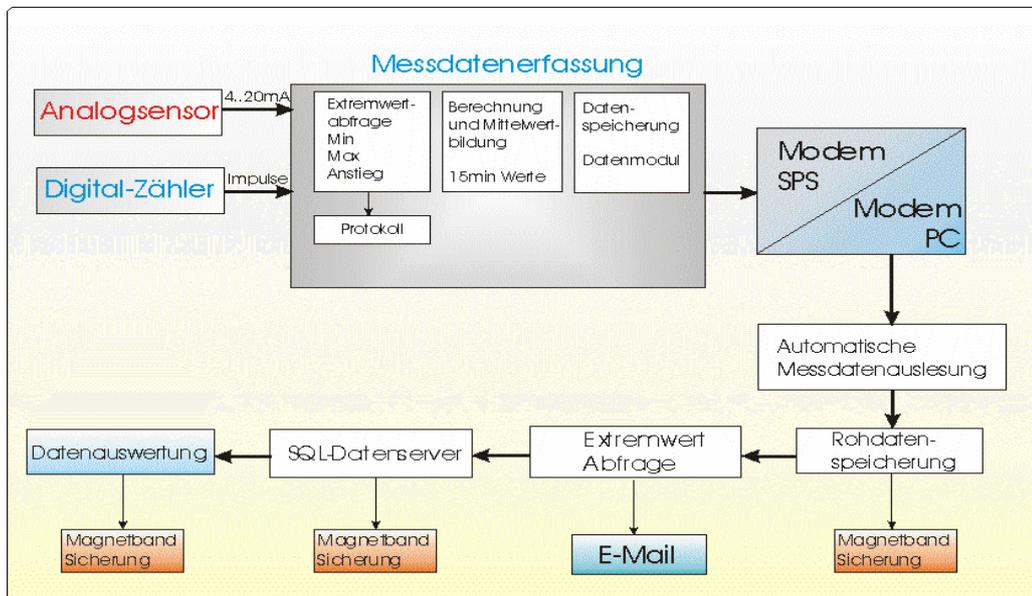


Abbildung 31: Schema der Datenaufzeichnung und Weiterverarbeitung

Abbildung 32 zeigt schematisch den Datenfluss vom Sensor über die Messdatenerfassung, die Datenübertragung, -speicherung, -analyse und schließlich die Auswertung.

## 7.3.2 Analyse der Messdaten

### Einleitung

Im Folgenden sind die erhobenen Messwerte an den Dämmstofftestboxen dargestellt. Damit werden unterschiedliche Dämmstoffe auf der Basis nachwachsender Rohstoffe miteinander verglichen. Unabhängig von den ermittelten Testwerten im Labor sollen dadurch realitätsnahe Messwerte über einen längeren Zeitraum ermittelt und ausgewertet werden.

### Messdaten

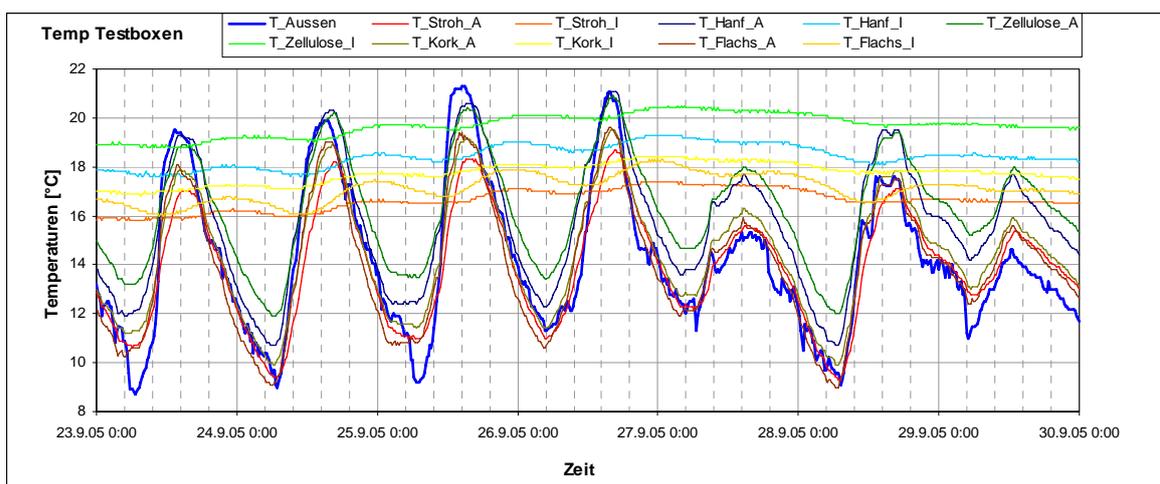


Abbildung 32: Temperaturverlauf Testboxen

In Abbildung 32 werden die Temperaturen der einzelnen Isolierungsmaterialien dargestellt, wobei Anhang "A" für Außerhalb bez. Anhang "I" für Innerhalb der Isolierung steht.

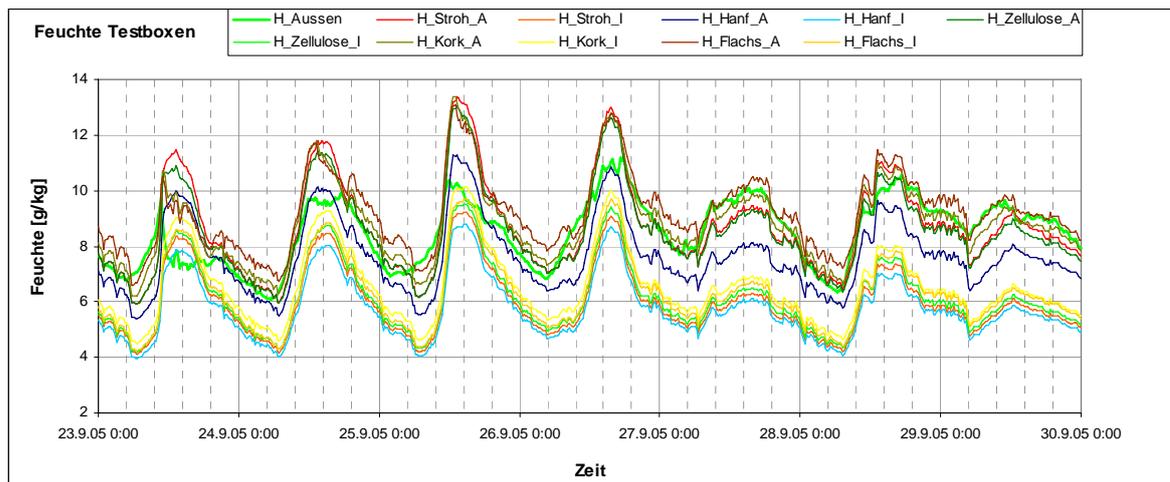


Abbildung 33: Feuchteverlauf Testboxen

Abbildung 33 zeigt den dazugehörigen Feuchteverlauf in den Testboxen. Es ist deutlich zu erkennen, dass sowohl die Außenseite, wie auch die Innenseite der Isolierungen sehr stark von der Außenfeuchte (H\_Außen) beeinflusst werden. Die relativen Abweichungen zueinander (bis zu 4g/kg) können durch die verschiedenen Materialien bzw. deren Einbau- und Trocknungszustand erklärt werden. Das heißt Kork und Flachs sind etwas feuchter, wohingegen Hanf trockener eingebaut wurde oder schneller getrocknet ist. Auch hier lässt sich eine genaue Tendenz erst nach längerer Messung erkennen.

### 7.3.3 Visualisierung der Messdaten

Um den Umgang mit nachhaltigen Rohstoffen greifbar zu machen, wird das Thema „Nachhaltiges Bauen“ durch einen eigenen Ausstellungsraum im Gebäude aufgegriffen. Die Messergebnisse sollen online verfügbar sein und sowohl in der Ausstellung, als auch über das Internet abgerufen werden können.

Die Ausstellung richtet sich an unterschiedliche Zielgruppen und muss so unterschiedlichen Ansprüchen an Attraktivität und Informationstiefe genügen. Die Informationen wurden nach dem Zwiebschalenprinzip aufgearbeitet, sodass man in den ersten Ebenen allgemeine Informationen findet. Bei jedem Punkt kann man jedoch noch weiter in die Tiefe gehen wodurch Informationen für den Laien aber auch für den Professionisten abrufbar sind.

#### Visualisierungsprinzip

Die von der Hauselektronik erhobenen Messdaten werden in einer interaktiven Bildschirmanwendung visualisiert und aufbereitet. Neben der reinen Vermittlung von Einzeldaten/Messinformationen steht die Darstellung von Zusammenhängen und Verhältnismäßigkeiten, die Vermittlung technischer Qualität sowie die wissenschaftliche Relevanz im Vordergrund.

Um einen hohen Aussagegehalt und Aufklärungsgrad zu erreichen, sollen an Hand der definierten Messkomponenten folgende Vergleiche und Bezüge hergestellt werden:

- Verhalten der einzelnen Komponenten zueinander
- Verhalten der Komponenten über definierte Zeiträume
- Verhalten von Maximal-, Minimal- und Durchschnittswerten der einzelnen Komponenten
- Direkter und praktischer Bezug zum S-HOUSE

Die Visualisierung der Messdaten erfolgt nach dem Prinzip eines Variometers. Dem Nullpunkt wird hier der Durchschnittswert zugeordnet (Abbildung 34).

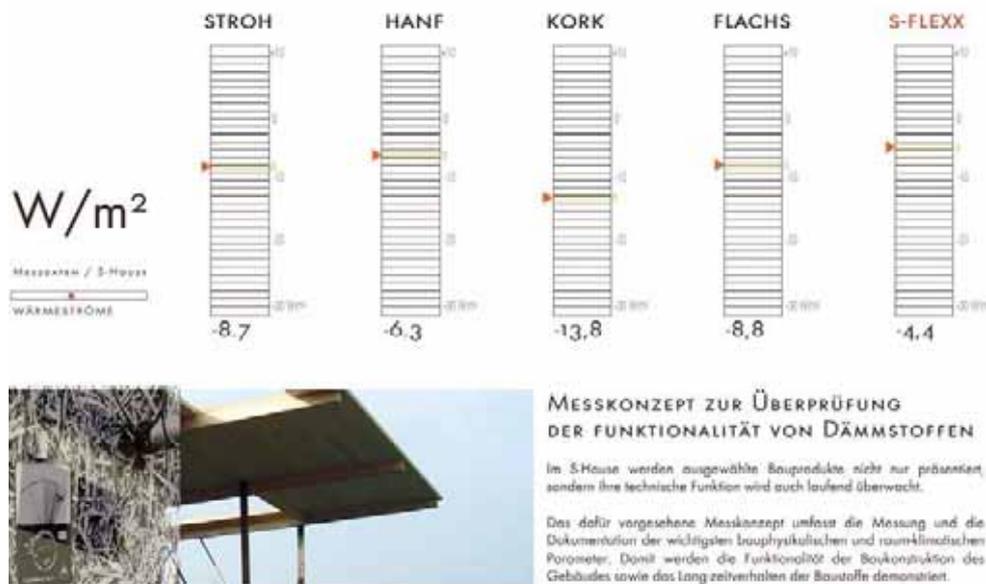


Abbildung 34: Darstellung der Wärmeströme

### Datenbankanbindung

Die Daten werden an eine Datenbank übergeben und Variablen zugeordnet, die in einer Flash-Anwendung eingelesen und ständig aktualisiert werden. Zur visuellen Umsetzung und Vergleichbarkeit an Hand einer Skala werden die Daten prozentual zu Minimal- und Maximalwert einander angeglichen. Die Daten werden entsprechend sortiert und zusammengefasst, um Maximal-, Minimal- und Mittelwerte sowie zeitliche Verläufe darzustellen. Die Änderung der Werte wird animiert dargestellt.

### Gestalterische Umsetzung

Das Gestaltungsmuster folgt den Gestaltungsprinzipien der gesamten Ausstellung, um einen starken Bezug und Zusammenhang zwischen Architektur und zu/unter den einzelnen Teilen der Ausstellung zu erreichen. Maximal werden bis zu 6 Messkomponenten gleichzeitig dargestellt. Die Felder sind streng geometrisch aufgeteilt und orientieren sich in einer horizontalen Linie immer leicht oberhalb oder unterhalb der optischen Mitte des Bildschirms. Gruppierte Komponenten und einzelne Messungen sind nur räumlich getrennt und stehen in der Farbgebung, Ausrichtung und durch Wiederholung der Elemente in einem engen Zusammenhang.

Im Gesamtbild lassen sich so leicht Kurvenverläufe assoziieren. Der ausschlaggebende Vergleichswert steht räumlich klar abgesetzt zur Reihe, getrennt durch ein vertikal verlaufendes Navigations- und Textfeld. Realbilder werden nur illustrativ verwandt und stehen im Kontrast zu der technischen Darstellung und der Ästhetik der verwandten Vektorgrafik. Die Verwendung von Weißraum und flächigen Auswahlfeldern gewährleistet einen hohen Grad an Übersichtlichkeit und Benutzerfreundlichkeit.

## Navigationsprinzip

Die Anordnung der Auswahl- und Steuerelemente folgt streng einer horizontalen bzw. vertikalen Bewegungsrichtung. Anhand einer zentral angelegten Navigation lassen sich entsprechende Komponentengruppierungen auswählen. In einem Untermenü in der gleichen Spalte können mögliche Vergleichsdaten in unterschiedlichen Zusammenstellungen aufgerufen werden.

Die Diagramme zeigen standardmäßig die aktuellen Werte an. Durch eine eigene horizontal angelegte Auswahl, lassen sich verschiedene Anzeigemodi aktivieren, wie Maximalwert, Minimalwert und Durchschnittswert. In einem weiteren Menüpunkt kann ein Zeitraum definiert werden, in dem die Veränderungen der Messungen im zeitlichen Verlauf an Hand der jeweiligen Auswahl von Komponenten und Modi animiert dargestellt wird.

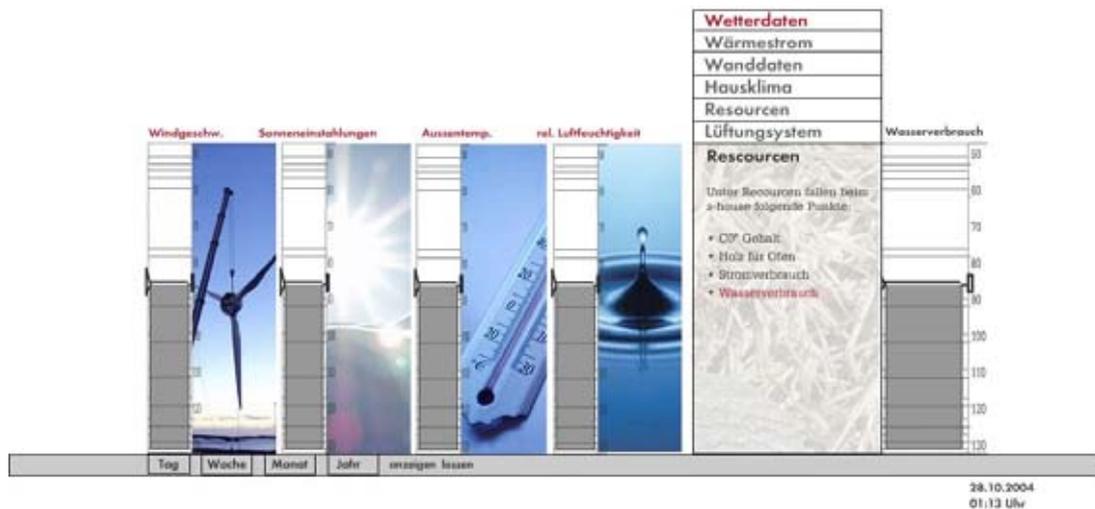


Abbildung 35: Visualisierung der Wetterdaten

## 7.3.4 Mikrobiologische Begleitanalysen

Durchgeführt von Univ. Doz. Dr. Katja Sterflinger (Universität für Bodenkultur Wien)

### Erster Teilbericht

#### Durchgeführte Untersuchungen

- Probennahme an 7 ausgewählten Probestellen (siehe Tabelle 1).
- Lebendkeimzahlbestimmung von Schimmelpilzen, xerophilen Pilzen und Actinomyzeten.
- Bestimmung von 11 Isolaten.
- Fluoreszenzmikroskopische Dokumentation des am Stroh vorhandenen Schimmelbefalls.

- Messung der Luftkeimzahlen.



Abbildung 36: Probenahme am 25.10.2004; (A) Entnahme von Stroh mit steriler Schere, (B) Entlang der Nordfassade wurden 4 Proben entnommen, (C) Entnahmestelle am Messfühler für Probe Nr.7 Nord, (D) Luftkeimsammlung mit dem Sartorius MD8 im noch offenen Innenraum.

Probe Nr.	Ausrichtung	Bemerkungen
1	Ostwand	Das Stroh an der Ostwand war zum Teil erheblich durchfeuchtet.
2	Nordwand, östlich	
3	Nordwand Mitte	
4	Nordwand, westlich	
5	Westwand	feuchte Oberfläche
6	freiliegender Strohballen im Haus	Entnahme der Probe mitten im Ballen.
7	Nordwand bei den Testflächen, am Messfühler (Abb.1C)	

Tabelle 13: Probeentnahmestellen

## Ergebnisse

- Lebendkeimzahlen

Probe Nr.	Schimmelpilze CFU/g	xerophile Schimmelpilze CFU/g	Actinomyceten CFU/g
1 West	1036000	0	37000
2 Nord	475000	100000	175000
3 Nord	4836000	185000	0
4 Nord	480000	160000	0
5 Ost	1643000	2352000	616000
6 Strohballen	124000	62000	0
7 Nord	651000	310000	0

Tabelle 14: Lebendkeimzahlen (CFU = colony forming units) pro Gramm Stroh

- Identifizierungen

Isolat Nr.*	Identifizierung	Bemerkungen
S-HOUSE 1	Cladosporium cladosporioides	
S-HOUSE 2	Hefe mit Myzelbildung	Identifizierung nur molekular möglich
S-HOUSE 3	steriles Myzel	
S-HOUSE 4	Alternaria tenuissima	
S-HOUSE 5	steriles Myzel	
S-HOUSE 6	Epicoccum nigrum	
S-HOUSE 7	Ulocladium sp.	
S-HOUSE 8	Exophiala sp.	
S-HOUSE 9	Penicillium sp.	
S-HOUSE 10	steriles Myzel	
S-HOUSE 11	Aureobasidium pullulans	

Tabelle 15: Identifizierungen

\* Isolate werden in der ACBR-Stammsammlung aufgenommen und erhalten dann Sammlungskennungen.

- Mikroskopische Untersuchungen

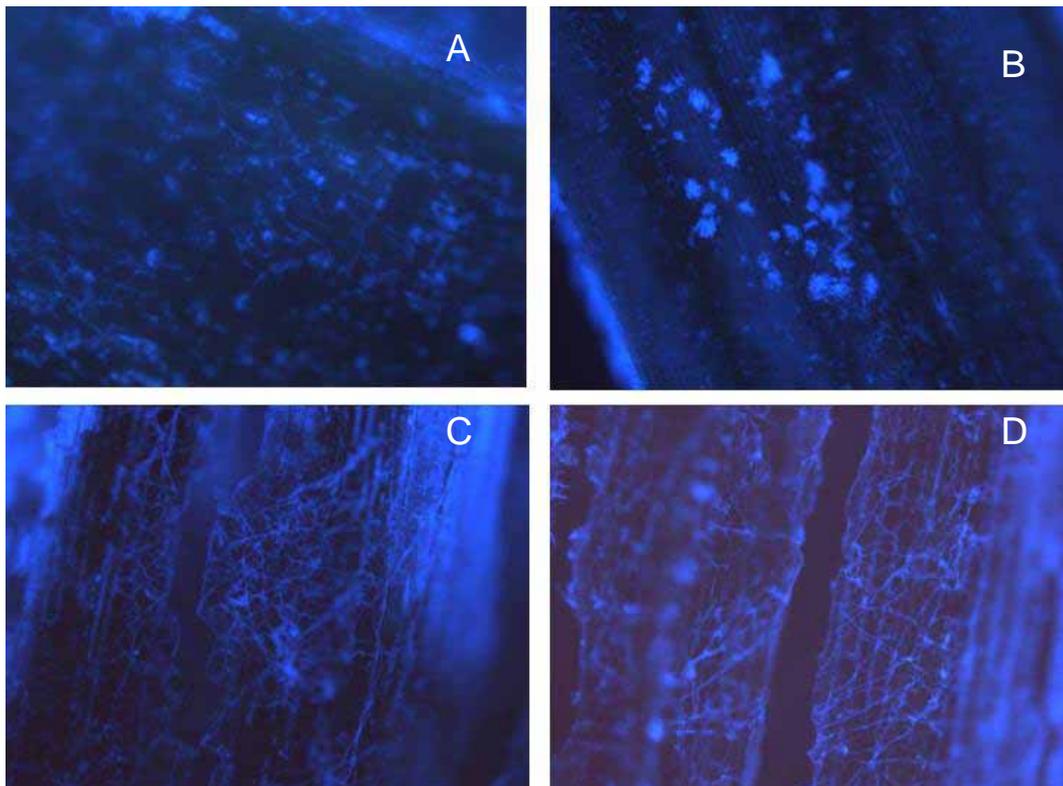


Abbildung 37: Fluoreszenzmikroskopische Aufnahmen nach Färbung der Pilzstrukturen mit Calcofluor White (färbt die Chitinzellwände der Pilze). (A, B) Probe 1 West; (C, D) Probe 2 Nord.

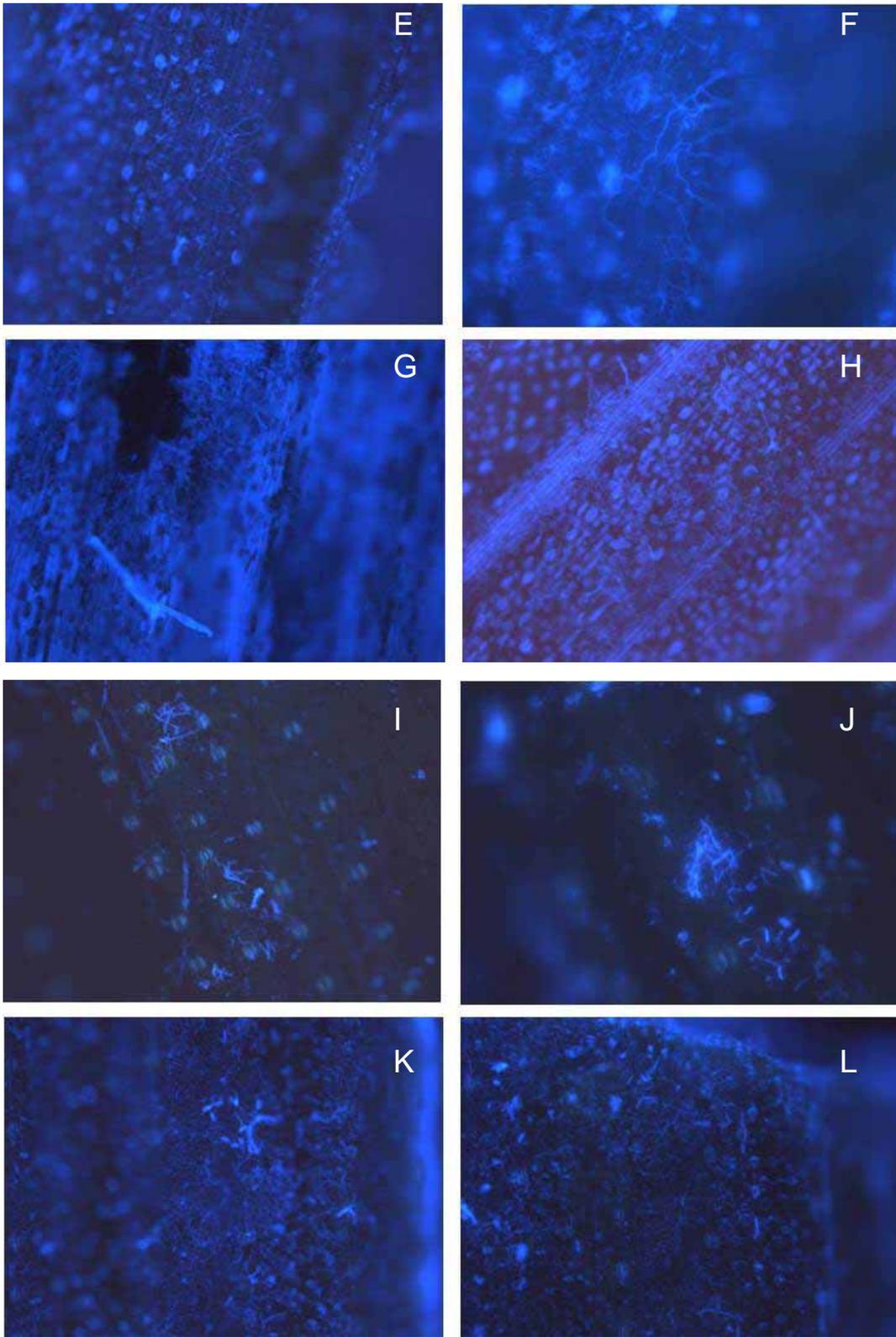


Abbildung 38: (E, F) Probe 3 Nord; (G) Probe 4 Nord; (H) Probe 5 Ost; (I, J) Probe 6 Strohballen; (K, L) Probe 7 Nord.

- Luftkeimzahlen

Probe Nr.	CFU/m3
1 Obergeschoss	6425
2 Parkplatz	32000

Tabelle 16: Luftkeimzahlen (CFU=Colonie Forming Units) pro m3 Luft

### **Bewertung der Ergebnisse**

Die hier durchgeführten Untersuchungen dienen der Feststellung der zum Zeitpunkt des Einbaues im Stroh vorhandenen Pilzbesiedlung. Die Ergebnisse sind damit die Grundlage zur Bewertung der folgenden Untersuchungen. Derzeit kann der vorhandene Pilzbewuchs sowohl von der vorhandenen Menge wie auch vom Artenspektrum her als für Stroh normal und durchschnittlich eingestuft werden.

## Zweiter Teilbericht

### Durchgeführte Untersuchungen

- Probennahme an 6 ausgewählten Probestellen (siehe Tabelle 1).
- Lebendkeimzahlbestimmung von Schimmelpilzen
- Identifizierung der Schimmelpilzgattungen
- fluoreszenzmikroskopische Dokumentation des am Stroh vorhandenen Schimmelbefalls
- Messung der Luftkeimzahlen

Probe Nr. lfd. aus Teilbericht 1	Ausrichtung
8	Nordwand, westliche Testfläche, links
9	Nordwand, westliche Testfläche, rechts
10	Ost, Decke
11	Ost, Wand
12	West, Decke
13	West, Wand

Tabelle 17: Probeentnahmestellen

### Ergebnisse

- Lebendkeimzahlen

Probe Nr.	Schimmelpilze CFU/g	xerophile Schimmelpilze CFU/g
8	13.120	24.600
9	20.250	400.000
10	46.250	175.250
11	11.750	56.000
12	90.090	330.000
13	263.500	200.000

Tabelle 18: Lebendkeimzahlen (CFU = colony forming units) pro Gramm Stroh

- Identifizierungen

Probe Nr	Identifizierung
8	Cladosporium cladosporioides Penicillium sp. Alternaria alternata Aspergillus sp. steriles Myzel
9	Cladosporium cladosporioides Aspergillus sp. Penicillium sp. Penicillium sp. Alternaria sp. Alternaria alternata
10	Alternaria brassicicola Cladosporium cladosporioides Penicillium sp. Aureobasidium pullulans
11	Fusarium poae Trichoderma harzianum Cladosporium cucumerinum Penicillium sp. Alternaria sp. Cladosporium cladosporioides steriles Myzel
12	Alternaria alternata Penicillium sp. Penicillium sp.
13	Aspergillus sp. Penicillium sp. Cladosporium sp.

Tabelle 19: Identifizierungen

- Luftkeimzahlen

Messpunkt	CFU/m <sup>3</sup>
Obergeschoss	520
Erdgeschoss	3200
Aussenluft Parkplatz	6940

Tabelle 20: Luftkeimzahlen (CFU=Colonie Forming Units) pro m<sup>3</sup> Luft

## **Bewertung der Ergebnisse**

Das Artenspektrum der im Stroh gefundenen Arten entspricht in etwa dem Artenspektrum der ersten Probenahme im Oktober 2004. Das bedeutet, dass alle Arten, die natürlicherweise im Stroh vorkommen, im verbauten Strohballen nach 9 Monaten noch lebensfähig sind. Die Keimzahlen lebensfähiger Schimmelpilze sind aber niedriger und unterliegen einer Schwankungsbreite von 104 bis 105 gegenüber 105 bis 106 bei der ersten Beprobung. Dabei ist vor allem ein Rückgang der Arten zu beobachten, die nicht xerotolerant (trockenheitstolerant) sind, während die Keimzahlen der xerotoleranten Pilze annähernd gleich bleiben.

Die fluoreszenzmikroskopische Untersuchung zeigt, dass die vegetativen Myzelien der Pilze in hoher Dichte auf dem Stroh nachweisbar sind. gegenüber den intakten Myzelien, die in Teilbericht I gezeigt sind, weisen die Myzelien jetzt starke Zeichen der Zersetzung auf.

Für eine Beurteilung der Ergebnisse im Sinne der Bewertung von unbehandeltem Stroh als Baustoff werden weitere Untersuchungen am verbauten Material notwendig sein. Vorläufig kann jedoch gesagt werden, dass eine deutliche Abnahme der Keimzahlen gegenüber den Keimzahlen im frischen Stroh zu bemerken und zunächst positiv zu beurteilen ist.

## 8 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Mit der Entwicklung des S-HOUSE konnte die konsequente Planung eines Passivhauses aus nachwachsenden Rohstoffen und damit ein Faktor 10 Beispiel im Baubereich umgesetzt werden. Eine langfristige Funktionsfähigkeit des Gebäudes ist zu erwarten, aufgrund der Notwendigkeit ausreichend dokumentierter Langzeiterfahrungen stellt eine Überprüfung der Funktionsfähigkeit durch umfangreiche Messungen eine wichtige Begleitmaßnahme dar.

Der Strohbau stellt eine ernsthafte Alternative für Gewerbe- und Bürobauten dar, dieses Segment ist allerdings im Unterschied zum Einfamilienhaus derzeit noch nicht erschlossen. Daher kommt dem Demonstrationseffekt des S-HOUSE Projekts besonders in diesem Segment große Bedeutung zu.

Die Akzeptanz gegenüber dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen ist deutlich im Zunehmen, dazu haben die Grundlagenstudien „*Erfolgsfaktoren für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen*“, welche von der GrAT im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften des Bundesministeriums für Verkehr Innovation und Technologie erstellt wurden, wesentlichen Beitrag geleistet. Besonderes Interesse besteht nach wie vor an funktionierenden, realisierten Projektbeispielen, daher ist in Zukunft durch die Realisierung des S-HOUSE Projekts und ähnlicher Projekte mit einer weiteren Steigerung der Akzeptanz und des Interesses in der breiten Öffentlichkeit zu rechnen.

Bereits in der Planung des S-HOUSE wurde dessen Lebenszyklus hinsichtlich Errichtung, Nutzung, Instandhaltung und Rückbau berücksichtigt, seine negativen Einflüsse auf die Mitwelt minimiert. Weiterentwicklungsbedarf besteht besonders im Hinblick auf generell anwendbare Konzepte und Standards für die Berücksichtigung der Rückbauphase bereits in der Planung. Verpflichtende Entsorgungspläne bereits in der Einreichphase könnten aus Sicht nachhaltiger Materialnutzung eine positive Rückwirkungen auf die Materialauswahl erzielen.

Die Planung eines Faktor 10-Hauses ist mit der vorliegenden Arbeit gelungen, wodurch deutlich wird, dass im Baubereich wesentliche Maßnahmen zur Ressourceneffizienz gesetzt werden können. Entscheidend für die Umsetzung in der Praxis wird sein, dass entsprechend einfache und reproduzierbare handwerkliche Detaillösungen entwickelt werden.

Das Engagement innovativer Gewerbebetriebe spielt dabei eine wichtige Rolle. Als Unterstützung ist jedoch ebenso eine gut strukturierte Informationsbasis über verfügbare Bauprodukte aus nachwachsenden Rohstoffen und best-practice Lösungen erforderlich, wie dies etwa auf der Plattform „Infoknoten Nachwachsende Rohstoffe“ a([www.nawaro.com](http://www.nawaro.com)) realisiert wird. Die Informationsvermittlung einer solchen Plattform in Verbindung mit der Vermittlungsmöglichkeit eines realen Demonstrationsgebäudes wird als besonders wirkungsvoll und effizient gesehen.

## 9 ANHANG, PHPP BERECHNUNG

### Passivhaus Projektierungsprogramm

Die Berechnung zeigt, dass der Passivhausstandard mit den geplanten Komponenten erreicht werden kann. Nachfolgend sind die wichtigsten Ergebnisse der Berechnung aufgelistet:

**Hilfe Assistent, bitte hier klicken!**

Falls in der Zelle B1 beim Überfahren mit der Maus nichts erscheint, kreuzen Sie aus dem Menü Extras, Optionen, im Register Ansicht bzw. Bildschirmanzeige den Notizanzeiger an!

#### Feldformat

Courier, blau, fett auf gelbem Grund

Arial, schwarz, standard auf weißem Grund

Courier, violett, standard auf weißem Grund

Arial, schwarz, groß&fett auf grünem Grund

#### Bedeutung

**Eingabefeld: Bitte den angeforderten Wert hier eintragen**

Berechnungsfeld; hier bitte nichts ändern

Feld mit Bezug zu einem anderen Blatt; normalerweise nicht ändern

**wichtiges Ergebnissfeld**

für das Zertifikat benötigt?

Funktion	Kurzbeschreibung	
Objektdatei, Ergebniszusammenfassung	Objektbeschreibung, Auswahl des Berechnungsverfahrens, Zusammenfassung der Ergebnisse	Ja
Flächenzusammenstellung	Bauteilflächen, Wärmebrücken, Energiebezugsfläche; Auf Außenmaßbezug achten!	Ja
Auswahl der Klimaregion, oder Definition eigener Klimadaten		
Jahresheizwärmebedarf / Jahresverfahren	Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs nach Energiebilanzverfahren in Anlehnung an EN832: Transmission + Lüftung - $\eta$ (Solarangebot + InterneQuellen)	Ja
Gebäude-Heizlastberchnung	Berechnung der Nennheizlast nach Bilanzverfahren für den Auslegungstag: maxTransmission + maxLüftung - $\eta$ (minimalesSolarangebot + InterneQuellen)	Nein
Gebäudeteil des Energiespar-VO 2002	Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs nach dem Verfahren der EnEV: Achtung! Nur für den Bauantrag!	Nein
Haustechnikteil des Energiespar-VO 2002	Berechnung des Primärenergiebedarfs nach dem Verfahren der EnEV: Achtung! Nur für den Bauantrag!	Nein
Energiebedarfsausweis		Nein
Berechnung von U-Werten der Regelbauteile		Ja
Berechnung von mittleren U-Werten		evtl.
Berechnung der Reduktionsfaktoren gegen Erreich	Falls genauere Werte gewünscht sind	evtl.
Zusammenstellung von Wärmebrücken	Eingabe (nicht Berechnung!) von linearen Wärmebrückenverlust-Koeffizienten; Umrechnung von innen auf Außenmaß; Zusammenfassen zu einer Länge und einem mittl. Koeffizienten	evtl.
Bestimmung der U <sub>F</sub> -Werte	Eingabe der Geometrie, Orientierung, Rahmenlängen, Rahmenbreite, U <sub>F</sub> und Rahmen-U-Werten sowie der Anschluß-Wärmebrücken-Verlustkoeffizienten; daraus: Ermittlung von U <sub>F</sub> und der Globalstahlung	Ja
Bestimmung der Verschattungskoeffizienten und den Einfluß der Orientierung	Eingabe der Verschattungssituation, z. B. Balkon, Nachbargebäude, Laibung und Berechnung der Verschattungskoeffizienten	Ja
Abschätzung des Sommerklimas	Berechnung der Übertemperaturhäufigkeit als Maßstab für die sommerliche Behaglichkeit	evtl.
Bestimmung der Verschattungskoeffizienten für den Sommerfall		Nein
Luftmengen; Zuluft/Abluft-Bilanz, Eingabe des Drucktestergebnisses	Berechnung der Luftmenge aus dem Maximum Mindestzuluft / Mindestabluft in Anlehnung an DIN 1946 Teil 6, Berechnung des Infiltrationsluftwechsel	Ja
Verteilverluste; Warmwasserbedarf und Verluste	Berechnung der Wärmeverluste der Verteilungen (Heizung; Warmwasser); Berechnung des Nutzwärmebedarfs Warmwasser und der Speicherverluste	Ja
solare Warmwasserbereitung	Berechnung des solaren Deckungsgrades für den Warmwasserbedarf	falls Solar-Anlage vorhanden
Stromverbrauch	Berechnung des Stromverbrauchs von Passivhäusern	Ja
Hilfsstromverbrauch	Berechnung des Strom- und Primärenergiebedarfes von Hilfsenergieverbraucher	Ja
Interne Wärmegewinne		Nein
Primärenergie- und CO <sub>2</sub> -Kennwert	Auswahl der Wärmebereitstellungssysteme, Berechnung des Primärenergie- und CO <sub>2</sub> -Kennwertes aus den bisherigen Ergebnissen	Ja
Jahresnutzungsgrad Heizkessel	Zur Berechnung des Jahresnutzungsgrades üblicher Kessel (NT- und Brennwertkessel) unter den für das Projekt gegebenen Randbedingungen	falls vorhanden
Nah-/Fernwärme-Übergabestation	Berechnung des Jahresnutzungsgrades und des Jahreswärmeverbrauchs	falls vorhanden
Monatsverfahren nach EN832	Rechengang für das Monatsverfahren nach DIN EN 832. Auswahl im Blatt Objekt, falls nach diesem Verfahren gerechnet werden soll.	wenn ausgewählt
Datenbank	Tabelle der PE-Faktoren nach Gemis; zum Nachschlagen	Nein

## 9.1 OBJEKTDATEN

	Verwendet: Jahresverfahren	Anforderung:	Erfüllt?		
Energiekennwert Heizwärme:	5 kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	✓	x	Energiekennwert Heizwärme Jahresverfahren 4,9
Drucktest-Ergebnis:	0,00 h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	✓		Energiekennwert Heizwärme Monatsverfahren 4,8
Primärenergie-Kennwert:	kWh/(m²a)	120 kWh/(m²a)	□□□		
Heizlast:	8,9 W/m²				
Übertemperaturhäufigkeit:	68% über 25 °C				
Objekt-Typ:	Büro- / Ausstellungsgebäude				
Bauherr(en):	GrAT				
Straße:					
PLZ/Ort:					
Architekt:	Architekten Scheicher				
Straße:					
PLZ/Ort:					
Haustechnik:	TB-Unger				
Straße:	Waldgasse 30				
PLZ/Ort:	7163 Andau				
Baujahr:	1				
Zahl WE:	1				
Energiebezugsfläche:	400,0 m²	Ausgestellt an:			
Umbautes Volumen:	1548,1 m³	gezeichnet:			
Personenzahl:	8				

## 9.2 FLÄCHENZUSAMMENSTELLUNG

### Passivhaus-Projektierung FLÄCHENERMITTLUNG

Zusammenstellung				
Gruppe Nr.	Gruppe	Fläche	Einheit	Bemerkung
1	Energiebezugsfläche	370,88	m²	Wohnfläche nach 2. BVO innerhalb der thermischen Hülle
2	Fenster Ost	2,25	m²	
3	Fenster Süd	102,50	m²	
4	Fenster West	3,38	m²	
5	Fenster Nord	24,96	m²	
6	Fenster horizontal	0,00	m²	
7	Außentür	0,00	m²	
8	<b>Außenwand gegen Außenluft</b>	<b>207,8</b>	m²	Fenster- und Türflächen werden automatisch abgezogen
9	<b>Außenwand gegen Boden</b>	<b>0,0</b>	m²	Fensterflächen selbst abziehen
10	<b>Dach</b>	<b>211,7</b>	m²	Fensterflächen werden automatisch abgezogen
11	<b>Grund</b>	<b>211,7</b>	m²	
<i>Diese Zeile markieren, um weitere Gruppen einzufügen; Übernahme ins Heizwärmeblatt selbst erstellen</i>				
12	Wbrücken gegen Außenluft	0,00	m	Einheit in lfm
13	Wbrücken gegen Boden	0,00	m	Einheit in lfm
14	Wand zum Nachbarn	0,00	m²	kein Wärmeverlust, nur für die Heizlastauslegung berücksichtigen
<b>Summe thermische Hülle</b>		<b>764,19</b>	<b>m²</b>	

Flächeneingabe														
Code	Teil Bezeichnung	Gruppe Nr.	Zuordnung an Gruppe	Anzahl	x (	a	x	b	+	Eigene Ermittlung	-	Abzug	) =	Fläche
	Energiebezugsfläche	1	Energiebezugsfläche	1	x (		x		+	370,88	-		) =	370,88
	Fenster Ost	2	Fenster Ost											2,25
	Fenster Süd	3	Fenster Süd											102,50
	Fenster West	4	Fenster West											3,38
	Fenster Nord	5	Fenster Nord											24,96
	Fenster horizontal	6	Fenster horizontal											0,00
	Außentür	7	Außentür		x (		x		+		-		) =	0,00
	<b>Nord</b>	<b>8</b>	<b>Außenwand gegen Außenluft</b>	<b>1</b>	x (	<b>23,520</b>	x	<b>7,200</b>	+		-	<b>24,96</b>	) =	144,39
	<b>Süd</b>	<b>8</b>	<b>Außenwand gegen Außenluft</b>	<b>1</b>	x (	<b>23,520</b>	x	<b>7,200</b>	+		-	<b>102,50</b>	) =	66,84
	<b>Ost+West</b>	<b>8</b>	<b>Außenwand gegen Außenluft</b>	<b>2</b>	x (	<b>9,000</b>	x	<b>7,200</b>	+		-		) =	129,60
	<b>Dach</b>	<b>10</b>	<b>Dach</b>	<b>1</b>	x (	<b>23,520</b>	x	<b>9,000</b>	+		-		) =	211,68
	<b>Grund</b>	<b>11</b>	<b>Grund</b>	<b>1</b>	x (	<b>23,520</b>	x	<b>9,000</b>	+		-		) =	211,68
					x (		x		+		-		) =	
					x (		x		+		-		) =	

# 9.3 KLIMADATEN

KLIMADATEN													
			Regionale Daten verwenden?	Nein									
<b>Standardklima</b>	<b>x</b>		Klima Objekt	<b>Standard Deutschland</b>									
Regionales Klima, hier ankreuzen, falls gewünscht			ausgewähltes Verfahren Heizwärme	<b>Jahresverfahren</b>									
			Monatsdaten:	Deutschland									
			Jahresdaten:	Standard									
			Jahres-Klimadatensatz	Ja									
			<b>Jahres-Klimadaten</b>	<b>Übertrag in Jahresverfahren</b>									
				H <sub>t</sub>	225								
				G <sub>s</sub>	84								
				Ost	220								
				Süd	370								
				West	230								
				Nord	140								
				Horizontal	360								
			<b>Heizlast</b>	Standard <b>x</b>									
			Auswahl (Blatt Heizlast)										
Parameter für PHPP-berechnete Boden- und Lufttemperaturen													
	Deutschland	Deutschland	alte TRY-Region	0									
Phasenverschiebung (Monate)	Tage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2,40	AußenTemp	0,4	1,3	4,4	8,4	12,9	16,3	17,6	17,0	13,9	9,4	4,7	1,6
	BodenTemp	9,9	8,8	8,2	9,2	8,8	10,0	11,2	12,4	13,0	13,0	12,3	11,2
-1,26	Thermm	leicht											
Tiefe	Süd	29	59	66	83	85	76	80	86	80	63	52	21
390 Meter	Ost	13	26	41	67	83	81	83	75	62	32	15	9
Mitteltemperaturverschiebung	Nord	10	15	26	37	50	56	56	44	30	18	10	7
1,60	West	14	26	44	66	82	80	83	73	56	34	16	10
	global	21	40	66	108	142	141	144	126	87	50	23	16
Jahresverfahren													
	Monat	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Standard	Eigene Daten	Eintragen Neuer Daten: gelbe Zellen ausfüllen, Gestrichelt: Nur ändern, wenn Daten in anderer Reihenfolge eingefügt werden. Dieselben Texte können dann zur Identifikation auch in anderer Reihenfolge eingesetzt werden.											
	global	29,7	50,6	83,8	119,9	159,6	156,7	174,3	149,1	101,1	64,8	31,2	0,4
	Nord	10,4	16,1	26,1	35,1	44,7	47,8	49,7	38,8	26,6	17,6	10,3	7,9
	Ost	16,0	26,0	44,9	64,2	81,7	74,7	86,8	76,4	53,8	35,5	16,3	13,3
	Süd	41,4	61,5	70,8	71,8	72,2	63,4	73,5	82,3	79,6	73,0	41,9	34,2
	West	18,0	32,0	46,2	63,8	76,6	74,3	82,2	72,7	55,4	37,5	18,7	13,8
Deutschland	dummy1	Eintragen Neuer Daten: gelbe Zellen ausfüllen, Gestrichelt: Nur ändern, wenn Daten in anderer Reihenfolge eingefügt werden. Dieselben Texte können dann zur Identifikation auch in anderer Reihenfolge eingesetzt werden.											

# 9.4 HEIZWÄRME

## Passivhaus-Projektierung ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: **Standard**  
 Objekt: **S-Haus**  
 Standort: **Böheimkirchen**

Innentemperatur: **20,0** °C  
 Gebäudetyp/Nutzung: **Büro- / Ausstellung**  
 Energiebezugsfläche A<sub>EB</sub>: **400,0** m<sup>2</sup>  
 Standard-Personenbelegung: **8** Pers pro m<sup>2</sup>

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor $\xi$	G <sub>t</sub> kWh/a	kWh/a	Energiebezugsfläche
1. Nord	A	144,4	0,080	1,00	84,0	970	
2. Süd	A	66,8	0,080	1,00	84,0	449	
3. Ost+West	A	129,6	0,080	1,00	84,0	871	
4. Dach	D	211,7	0,080	1,00	84,0	1422	
5. Grund	B	211,7	0,080	1,00	84,0	1422	
6.							
7.							
8. Fenster	A	133,1	0,794	1,00	84,0	8872	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,50			
Summe aller Hüllflächen		897,3					

**Transmissionswärmeverluste Q<sub>T</sub>** Summe **14008** kWh/a **35,0** kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Lüftungsanlage:**  
 effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung  $\eta_{eff}$  **75%**  
 Wärmebereitstellungsgrad des Erreichwärmetauschers  $\eta_{EWT}$  **33%**  
 energetisch wirksamer Luftwechsel  $n_L$  **0,300** (1)  $\Phi_{WRG}$  **0,83**  $n_{L,Rest}$  **0,042** = **0,092** 1/h

**Lüftungswärmeverluste Q<sub>L</sub>**  
 $V_L$  m<sup>3</sup> **1000** \*  $n_L$  1/h **0,092** \*  $c_{Luft}$  Wh/(m<sup>3</sup>K) **0,33** \*  $G_t$  kWh/a **84,0** = **2557** kWh/a **6,4** kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Summe Wärmeverluste Q<sub>V</sub>**  
 $Q_T$  kWh/a **14008** +  $Q_L$  kWh/a **2557** ) \* Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenend-absenkung **1,0** = **16565** kWh/a **41,4** kWh/(m<sup>2</sup>a)

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m <sup>2</sup>	Globalstr. Heizzeit kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/a
1. Ost	0,43	0,52	2,25	225	112
2. Süd	0,51	0,52	102,50	370	10077
3. West	0,43	0,52	3,38	225	188
4. Nord	0,46	0,52	24,96	140	839
5. Horizontal	0,40	0,00	0,00	360	0

**Wärmeangebot Solarstrahlung Q<sub>S</sub>** Summe **11196** kWh/a **28,0** kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Interne Wärmequellen Q<sub>I</sub>**  
 Länge Heizzeitspezif. Leistung q<sub>I</sub> kWh/d **0,024** \*  $A_{EB}$  m<sup>2</sup> **400,0** \*  $\eta_0$  **225** \*  $\eta_0$  **3,5** = **7560** kWh/a **18,9** kWh/(m<sup>2</sup>a)

Freie Wärme Q<sub>F</sub>  $Q_S + Q_I$  = **18756** kWh/a **46,9** kWh/(m<sup>2</sup>a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten  $Q_F / Q_V$  = **1,13**

Nutzungsgrad Wärmegewinne  $\eta_0$   $(1 - (Q_F / Q_V)^5) / (1 - (Q_F / Q_V)^6)$  = **78%**

**Wärmegewinne Q<sub>G</sub>**  $\eta_0$  \* Q<sub>F</sub> = **14586** kWh/a **36,5** kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Heizwärmebedarf Q<sub>H</sub>**  $Q_V - Q_G$  = **1979** kWh/a **5** kWh/(m<sup>2</sup>a)

Grenzwert kWh/(m<sup>2</sup>a) **15** Anforderung erfüllt? **ja** (ja/nein)

# 9.5 HEIZLASTBERECHNUNG

## Heizlast Untergeschoss

### HEIZWÄRMELAST

Objekt: **S-Haus Untergeschoß** Gebäudetyp/Nutzung: **Büro- / Ausstellungs** Innentemperatur: **20**  
 Standort: **Böheimkirchen** Energiebezugsfläche  $A_{EB}$ : **132** m<sup>2</sup>  
 Wetterregion (01 - 12): **0** Nördlicher Oberrheingraben, z.B. Frankfurt am Main Klima: **Standard**

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Faktor immer 1 (außer "X")	TempDiff 1 K	TempDiff 2 K	P <sub>T 1</sub> Watt	P <sub>T 2</sub> Watt
1. Nord	A	77,5	0,080	1,0	26,0	21,0	161	130
2. Süd	A	32,5	0,080	1,0	26,0	21,0	68	55
3. Ost+West	A	65,3	0,080	1,0	26,0	21,0	136	110
4. Dach	D	0,0	0,080	1,0	26,0	21,0	0	0
5. Grund	B	211,7	0,080	1,0	10,0	10,0	169	169
6.	A			1,0	26,0	21,0		
7.	A			1,0	26,0	21,0		
8. Fenster	A	59,4	0,794	1,0	26,0	21,0	1226	990
9. Ubrücken außen (Länge/m)	A			1,0	26,0	21,0		
10. Ubrücken Boden (Länge/m)	B			1,0	10,0	10,0		
11. Haus/Wohnungstrennwand	I			1,0	3	3		

**Transmissionswärmelast P<sub>T</sub>** Summe = **1760** bzw. **1454**

**Lüftungsanlage:** wirksames Luftvolumen V<sub>L</sub> =  $A_{EB} \cdot h_{Raum}$  = 132 \* 2,50 = 329 m<sup>3</sup>  
 Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers  $\eta_{WRG}$  = 75%  
 Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers  $\eta_{EWT}$  = 33%  
 energetisch wirksamer Luftwechsel n<sub>L</sub> =  $n_{L,Anlage} \cdot \eta_{WRG} + n_{L,Rest} \cdot \eta_{EWT}$  = 0,300 \* (1 - 0,83) + 0,105 = 0,155 1/h

**Lüftungswärmelast P<sub>L</sub>**  $V_L \cdot n_L \cdot c_{Luft} \cdot \Delta T$  = 328,8 \* 0,155 \* 0,33 \* 26,0 bzw. 21,0 = **438** bzw. **354**

**Summe Wärmelast P<sub>V</sub>** P<sub>T</sub> + P<sub>L</sub> = **2198** bzw. **1808**

Ausrichtung der Fläche	Fläche m <sup>2</sup>	g-Wert (senkr. Einstrahlung)	Reduktionsfaktor (vgl. Blatt Fenster)	Strahlung 1 W/m <sup>2</sup>	Strahlung 2 W/m <sup>2</sup>	P <sub>S 1</sub> W	P <sub>S 2</sub> W
1. Ost	2,3	0,52	0,43	15,0	5,0	7	2
2. Süd	52,2	0,52	0,51	50,0	5,0	693	69
3. West	3,4	0,52	0,43	15,0	5,0	11	4
4. Nord	7,2	0,52	0,46	5,0	5,0	9	9
5. Horizontal	0,0	0,00	0,40	5,0	5,0	0	0
6.						0	0

**Wärmeangebot Solarlast P<sub>S</sub>** Summe = **721** bzw. **84**

**Interne Wärmelast P<sub>I</sub>** spez. Leistung W/m<sup>2</sup> \* A<sub>EB</sub> = 1,6 \* 132 = **210** bzw. **210**

**Wärmegewinne P<sub>G</sub>** P<sub>S</sub> + P<sub>I</sub> = **931** bzw. **295**

P<sub>V</sub> - P<sub>G</sub> = **1266** bzw. **1513**

**Heizwärmelast P<sub>H</sub>** = **1513** W

**wohnflächenspezifische Heizwärmelast P<sub>H</sub> / A<sub>EB</sub>** = **11,5** W/m<sup>2</sup>

Zulufttemperatur ohne Nachheizung  $\vartheta_{zu,Min}$  16 °C Zulufttemperatur Max.  $\vartheta_{zu,Max}$  52 °C  
 zum Vergleich: Wärmelast, die von der Zuluft transportierbar ist P<sub>Zuluft,Max</sub> = 1183 W spezifisch 9,0 W/m<sup>2</sup>

# Heizlast Obergeschoss

## Passivhaus-Projektierung

### HEIZWÄRMELAST

Objekt: **Obergeschoß** Gebäudetyp/Nutzung: **Büro- / Ausstellung** Innentemperatur: **20**  
 Standort: **Böheimkirchen** Energiebezugsfläche A<sub>EB</sub>: **132** m<sup>2</sup>  
 Wetterregion (01 - 12): **0** Nördlicher Oberrheingraben, z.B. Frankfurt am Main Klima: **Standard**

Bauteile	Temperaturzone	m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Faktor immer 1 (außer °K)	TempDiff 1		TempDiff 2		P <sub>T 1</sub>	P <sub>T 2</sub>	
					K	K	Watt	Watt			
1. Nord	A	70,4	0,080	1,0	26,0	bzw.	21,0	=	146	bzw.	118
2. Süd	A	32,5	0,080	1,0	26,0	bzw.	21,0	=	68	bzw.	55
3. Ost+West	A	65,3	0,080	1,0	26,0	bzw.	21,0	=	136	bzw.	110
4. Dach	D	211,7	0,080	1,0	26,0	bzw.	21,0	=	440	bzw.	356
5. Grund	B	0,0	0,080	1,0	10,0	bzw.	10,0	=	0	bzw.	0
6.	A			1,0	26,0	bzw.	21,0	=		bzw.	
7.	A			1,0	26,0	bzw.	21,0	=		bzw.	
8. Fenster	A	66,4	0,794	1,0	26,0	bzw.	21,0	=	1371	bzw.	1107
9. Überbrücken außen (Länge/a)	A			1,0	26,0	bzw.	21,0	=		bzw.	
10. Überbrücken Boden (Länge/a)	B			1,0	10,0	bzw.	10,0	=		bzw.	
11. Haus/Wohnungstrennwand	I			1,0	3	bzw.	3	=		bzw.	

**Transmissionswärmelast P<sub>T</sub>** Summe = **2161** bzw. **1746**

**Lüftungsanlage:** wirksames Luftvolumen V<sub>L</sub> = A<sub>EB</sub> lichte Raumhöhe = 132 \* 2,50 = 329 m<sup>3</sup>

Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers η<sub>WRG</sub> = 75%

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers η<sub>EW</sub> = 33%

energetisch wirksamer Luftwechsel n<sub>L</sub> = 0,300 \* (1 - 0,83) + 0,105 = 0,155 1/h

**Lüftungswärmelast P<sub>L</sub>** V<sub>L</sub> n<sub>L</sub> c<sub>Luft</sub> TempDiff 1 TempDiff 2 = 328,8 \* 0,155 \* 0,33 \* 26,0 bzw. 21,0 = **438** bzw. **354** W

**Summe Wärmelast P<sub>V</sub>** P<sub>T</sub> + P<sub>L</sub> = **2599** bzw. **2099** W

Ausrichtung der Fläche	Fläche m <sup>2</sup>	g-Wert (senkr. Einstrahlung)	Reduktionsfaktor (Blatt Fenster)	Strahlung 1 W/m <sup>2</sup>	Strahlung 2 W/m <sup>2</sup>	P <sub>S 1</sub> W	P <sub>S 2</sub> W
1. Ost	2,3	0,52	0,43	15,0	5,0	7	2
2. Süd	52,2	0,52	0,51	50,0	5,0	693	69
3. West	3,4	0,52	0,43	15,0	5,0	11	4
4. Nord	14,2	0,52	0,46	5,0	5,0	17	17
5. Horizontal	0,0	0,00	0,40	5,0	5,0	0	0

**Wärmeangebot Solarlast P<sub>S</sub>** Summe = **729** bzw. **93** W

**Interne Wärmelast P<sub>I</sub>** spez. Leistung W/m<sup>2</sup> \* A<sub>EB</sub> m<sup>2</sup> = 1,6 \* 132 = **210** bzw. **210** W

**Wärmegewinne P<sub>G</sub>** P<sub>S</sub> + P<sub>I</sub> = **940** bzw. **303** W

**Heizwärmelast P<sub>H</sub>** P<sub>V</sub> - P<sub>G</sub> = **1659** bzw. **1796** W

**wohnflächenspezifische Heizwärmelast P<sub>H</sub> / A<sub>EB</sub>** = **13,7** W/m<sup>2</sup>

Zulufttemperatur ohne Nachheizung ϑ<sub>Zu,Min</sub> 16 °C Zulufttemperatur Max. ϑ<sub>Zu,Max</sub> 52 °C  
 zum Vergleich: Wärmelast, die von der Zuluft transportierbar ist P<sub>Zuluft,Max</sub> = 1183 W spezifisch 9,0 W/m<sup>2</sup>

# Heizlast gesamt

## Passivhaus-Projektierung

### HEIZWÄRMELAST

Objekt: **S-Haus** Gebäudetyp/Nutzung: **Büro- / Ausstellung** Innentemperatur: **20**

Standort: **Böheimkirchen** Energiebezugsfläche A<sub>EB</sub>: **400** m<sup>2</sup>

Wetterregion (01 - 12): **0** Nördlicher Oberrhein, z.B. Frankfurt am Main Klima: **Standard**

Auslegungstemperatur: Wetter 1: **-6,0** °C, Wetter 2: **-1,0** °C, Erdreichauslegungstemp.: **10,0** °C

Bauteile	Temperaturzone	m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Faktor immer 1 (außer "X")	TempDiff 1 K	TempDiff 2 K	P <sub>T 1</sub> Watt	P <sub>T 2</sub> Watt
1. Nord	A	144,4	0,080	1,0	26,0	21,0	300	243
2. Süd	A	66,8	0,080	1,0	26,0	21,0	139	112
3. Ost+West	A	129,6	0,080	1,0	26,0	21,0	270	218
4. Dach	D	211,7	0,080	1,0	26,0	21,0	440	356
5. Grund	B	211,7	0,080	1,0	10,0	10,0	169	169
6.	A			1,0	26,0	21,0		
7.	A			1,0	26,0	21,0		
8. Fenster	A	133,1	0,794	1,0	26,0	21,0	2746	2218
9. Wbrücken außen (Länge/n)	A			1,0	26,0	21,0		
10. Wbrücken Boden (Länge/n)	B			1,0	10,0	10,0		
11. Haus/Wohnungstrennwand	I			1,0	3	3		

**Transmissionswärmelast P<sub>T</sub>** Summe = **4065** bzw. **3316**

**Lüftungsanlage:** wirksames Luftvolumen V<sub>L</sub> = 400 m<sup>2</sup> \* 2,50 m = 1000 m<sup>3</sup>

Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmtauschlers: **75%** (η<sub>WRG</sub>)

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmtauschlers: **33%** (η<sub>EW</sub>)

energetisch wirksamer Luftwechsel n<sub>L</sub> = 0,300 (1 - 0,83) + 0,105 = 0,155

**Lüftungswärmelast P<sub>L</sub>** V<sub>L</sub> = 1000,0 m<sup>3</sup>, n<sub>L</sub> = 0,155 1/h, c<sub>Luft</sub> = 0,33 Wh/(m<sup>3</sup>K), TempDiff 1 = 26,0 K, TempDiff 2 = 21,0 K

P<sub>L 1</sub> = **1332** W, P<sub>L 2</sub> = **1076** W

**Summe Wärmelast P<sub>V</sub>** P<sub>T</sub> + P<sub>L</sub> = **5397** bzw. **4392**

Ausrichtung der Fläche	Fläche m <sup>2</sup>	g-Wert (senkr. Einstrahlung)	Reduktionsfaktor (vgl. Blatt Fenster)	Strahlung 1 W/m <sup>2</sup>	Strahlung 2 W/m <sup>2</sup>	P <sub>S 1</sub> W	P <sub>S 2</sub> W
1. Ost	2,3	0,52	0,43	15,0	5,0	7	2
2. Süd	102,5	0,52	0,51	50,0	5,0	1362	136
3. West	3,4	0,52	0,43	15,0	5,0	11	4
4. Nord	25,0	0,52	0,46	5,0	5,0	30	30
5. Horizontal	0,0	0,00	0,40	5,0	5,0	0	0

**Wärmeangebot Solarlast P<sub>S</sub>** Summe = **1410** bzw. **172**

**Interne Wärmelast P<sub>I</sub>** spez. Leistung W/m<sup>2</sup>: **1,6**, A<sub>EB</sub> m<sup>2</sup>: **400**

P<sub>I 1</sub> = **640** W, P<sub>I 2</sub> = **640** W

**Wärmegewinne P<sub>G</sub>** P<sub>S</sub> + P<sub>I</sub> = **2050** bzw. **812**

P<sub>V</sub> - P<sub>G</sub> = **3346** bzw. **3579**

**Heizwärmelast P<sub>H</sub>** = **3579** W

**wohnflächenspezifische Heizwärmelast P<sub>H</sub> / A<sub>EB</sub>** = **8,9** W/m<sup>2</sup>

Zulufttemperatur ohne Nachheizung: θ<sub>Zu,Min</sub> 16 °C, Zulufttemperatur Max. θ<sub>Zu,Max</sub> 52 °C

zum Vergleich: Wärmelast, die von der Zuluft transportierbar ist P<sub>Zuluft,Max</sub> = **3599** W spezifisch **9,0** W/m<sup>2</sup>

# 9.6 EN EV JAHRESHEIZWÄRMEBEDARF

## Berechnungsblatt für das vereinfachte Verfahren der Energie-Einspar-Verordnung JAHRESHEIZWÄRMEBEDARF EnEV

Objekt: **S-Haus**

Gebäudetyp/Nutzung: **Büro- / Ausstellungsgebäude**

Standort: **Böheimkirchen**

Umbautes Volumen **1548,1** m<sup>3</sup> vgl: Wohnfläche  
 EnEV-Nutzfläche **495,4** m<sup>2</sup> **400,0** m<sup>2</sup>  
 AV-Verhältnis **0,58** m<sup>-1</sup>

Achtung: in diesem Blatt wird konsequent mit der EnEV-Bezugsfläche gerechnet. Alle flächenbezogenen Kennwerte sind daher mit den PHPP-Werten nicht vergleichbar.

Behandlung Wärmebrücken: 

ohne Nachweis	4108 Bbl. 2	vollständig berechnet	$\Delta U_{WB}$ Zuschlag
		<b>x</b>	<b>0,00</b>

### Wärmeverluste:

Bauteile	Fläche	U-Wert	Temperatur-Korrekturfaktor EnEV	spez. Transm. Wärme-verlust
	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> K)		W/K
1. Nord	A 144,4	0,08		= 11,6
2. Süd	A 66,8	0,08		= 5,3
3. Ost+West	A 129,6	0,08		= 10,4
4. Dach	D 211,7	0,08		= 16,9
5. Grund	B 211,7	0,08		= 16,9
6.				= 0,0
7.				= 0,0
8. Fenster	A 133,1	0,79	1,0	= 105,6
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A		1,0	= 1,0
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B		0,6	= 0,6
SUMME Hüllflächen	<b>897,3</b> m <sup>2</sup>			

spezifischer Transmissionswärmeverlust  $H_T$   $\frac{168}{897,3} = 0,187$  W/K  
 Jahres-Transmissionswärmeverluste  $Q_T$   $168 \cdot 66,12 = 11132$  kWh/a

Luftvolumenfaktor: CFI IZFI I bis zwei Vollgeschosse 0.76 sonst 0.0

Faktor **0,76** \* umbautes Vol. **1548** = **1176,5** m<sup>3</sup>  
 Luftvolumen  $V_L$   $\frac{1176,5}{1h} = 0,60$  m<sup>3</sup>/h

Luftwechsel: Achtung: kein Ansatz für WRGI Mit Drucktestergebnis <3.0 h<sup>-1</sup> Ansatz 0.6; sonst 0.7 h<sup>-1</sup>

spezifischer Lüftungswärmeverlust  $H_L$   $\frac{1177}{1176,5} \cdot 0,600 \cdot 0,34 = 0,240$  W/K  
 Jahres-Lüftungswärmeverluste  $Q_V$   $240 \cdot 66,12 = 15870$  kWh/a

Jahreswärmeverluste  $Q_L$   $(11132 + 15870) = 27002$  kWh/a

### Wärmegewinne:

Ausrichtung der Fensterfläche	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fensterfläche A <sub>w</sub> m <sup>2</sup>	Globalstr. Heizzeit kWh/(m <sup>2</sup> a)	Wärmegewinn kWh/a
1. Ost	0,587	0,52	2,3	155 = 103
2. Süd	0,587	0,52	102,5	270 = 8160
3. West	0,587	0,52	3,4	155 = 154
4. Nord	0,587	0,52	25,0	100 = 736
5. Horizontal	0,587	0,00	0,0	225 = 0

Wärmeangebot Solarstrahlung  $Q_{S,HP}$  **9153** kWh/a

Interne Wärmequellen  $Q_{i,HP}$  **22,0** \* **495,4** = **10899** kWh/a

Wärmegewinne  $Q_{g,HP}$   $9153 + 10899 = 20051$  kWh/a

Jahresheizwärmebedarf  $Q_h$   $Q_L - 0,95 Q_{g,HP} = 7953$  kWh/a **16,1** kWh/(m<sup>2</sup>a)

Anforderung an den spezifischen Transmissionswärmeverlust  $H_T$  Anforderung **0,70** W/(m<sup>2</sup>a) erfüllt? **ja**  $H_T$  **0,19** W/(m<sup>2</sup>a)

# 9.7 EN EV ANLAGENBEWERTUNG

## Auswahl der Anlagenkonfiguration

Bitte wählen Sie eine Anlagenkonfiguration. Die Auswahl ist zur Primärenergiekennwertberechnung nach EnEV notwendig.

- Wärmepumpen-Kompaktaggregat (Zuluftheizung, Trinkwarmwasser und Heizwärme liefert eine Wärmepumpe)
- Niedertemperaturkessel (Zuluftheizung, indirekte Trinkwarmwassererzeugung über den Kessel)
- Fernwärmeversorgung (Zuluftheizung, indirekte Trinkwarmwassererzeugung über Fernwärme)
- Direkt-elektrische Wärmeversorgung (Zuluftheizung, dezentrale Trinkwarmwasserbereitung mit Durchlauferhitzern)

Sind zusätzlich zur Zuluftheizung noch Radiatoren zur Wärmeübergabe vorgesehen?

- Ja
- Nein

## Anlagenbewertung nach DIN 4701 Teil 10 für ein Gebäude mit normalen Innentemperaturen

Bezeichnung des Gebäudes oder des Gebäudeteils:  
Ort: Straße und Hausnummer:  
Gemarkung: Flurstücksnummer:

### I. Eingaben

$n_A = 0,4$  1/h AVV-Verhältnis = 0,6 1/m  
 $A_M = 495,4$  m<sup>2</sup>  $t_{iP} = 185$  Tage

#### TRINKWARMWASSER-ERWÄRMUNG

absoluter Bedarf  $Q_{tW} = 6,192$  kWh/a  
 spezifischer Bedarf  $q_{tW} = 12,5$  kWh/(m<sup>2</sup>a)

#### HEIZUNG

$Q_h = 7,953$  kWh/a  
 $q_h = 16,1$  kWh/(m<sup>2</sup>a)

#### LÜFTUNG

### II. Systembeschreibung

Übergabe							Luftungsanlage mit Nachheizung, Luftauslässe im Innenwandbereich, ohne Einzelraumregelung, mit zentraler Vorregelung		
Verteilung	mit Zirkulation, Verteilung im beheizten Bereich						Verteilung im beheizten Bereich, Heizregister Auslegung 45°C, mit/ohne WÜT, mit/ohne WP		
Speicherung	indirekt beheizter Speicher, Aufstellung im beheizten Bereich								
Erzeugung	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3	Erzeuger WÜT	Erzeuger LL-WP	Erzeuger Heizregister
Deckungsanteil	1			1					
Erzeuger	Niedertemperatur-Kessel			Niedertemperatur-Kessel, im unbeheizten Bereich			WRG durch Wärmeübertrager, Wärmebereitstellungsgrad 80%, DC-Ventilatoren		Luftnachheizung mit Niedertemperaturkessel

### III. Ergebnisse

Deckung von $q_h$	Heizwärmegutschrift Verteilung & Speicherung $q_{h,tw} = 4,5$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	Beitrag des Heizungsstrangs an $q_h$ $q_{h,H} = 0,0$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luftungsbeitrag an $q_h$ $q_{h,L} = 11,6$ kWh/(m <sup>2</sup> a)
$\Sigma$ WÄRME	Endenergie Trinkwarmwassererwärmung $Q_{tWF} = 13,041$ kWh/a	Endenergie Heizungsstrang $Q_{h,F} = 0$ kWh/a	Endenergie Lüftungsstrang $Q_{L,F} = 356$ kWh/a
$\Sigma$ HILFS-ENERGIE	$352$ kWh/a	$624$ kWh/a	$1,040$ kWh/a
$\Sigma$ PRIMÄR-ENERGIE	$Q_{tWP} = 15,400$ kWh/a	$Q_{h,IP} = 1,873$ kWh/a	$Q_{L,P} = 3,513$ kWh/a

**ENDENERGIE**  $Q_E = 13,397$  kWh/a  $\Sigma$  WÄRME  
 $2,016$  kWh/a  $\Sigma$  HILFSENERGIE  
**PRIMÄRENERGIE**  $Q_P = 20,786$  kWh/a  $\Sigma$  PRIMÄRENERGIE  
**ANLAGEN-AUFWANDSZAHL**  $e_p = 1,47$  [-]

#### Endenergie nach Energieträgern

13,397	kWh/a	$\Sigma$ fossile Energieträger
0	kWh/a	$\Sigma$ Strombedarf Wärmepumpe/direkt-elekt
2,016	kWh/a	$\Sigma$ Strombedarf Hilfsenergie

Anforderung an den Jahres-Primärenergiebedarf

$Q_p''$  Anforderung  
 $98,9$  kWh/(m<sup>2</sup>a)

erfüllt?  
 ja  
 (ja/nein)

$Q_p''$   
**42,0** kWh/(m<sup>2</sup>a)

# 9.8 EB AUSWEIS

## Energiebedarfsausweis nach § 13 Energiesparverordnung für ein Gebäude mit normalen Innentemperaturen bei Nachweis nach Anlage 1 Ziffer 1 und 3 Energiesparverordnung

Bezeichnung des Gebäudes oder des Gebäudeteils:  
Ort: Straße und Hausnummer:

### I. Jahres-Primärenergiebedarf und spezifischer Transmissionsverlust

A/V	Maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf	Maximal zulässiger spezifischer Transmissionsverlust
Wärmeübertragende Umfassungsfläche: A = 897 m <sup>2</sup> Beheiztes Bauwerksvolumen: V = 1548 m <sup>3</sup> A/V = 0,58 m <sup>-1</sup>	Q <sub>p,zul</sub> = 31,7 kWh/(m <sup>2</sup> a) oder Q <sub>p,zul</sub> = 99 kWh/(m <sup>2</sup> a)	H <sub>T</sub> = 0,70 W/(m <sup>2</sup> K)
Gebäudenutzfläche nach Energiesparverordnung:	Vorhandener Jahres-Primärenergiebedarf	Vorhandener spezifischer Transmissionsverlust
A <sub>N</sub> = 495 m <sup>2</sup>	Q <sub>p</sub> = 13,4 kWh/(m <sup>2</sup> a) oder Q <sub>p</sub> = 42 kWh/(m <sup>2</sup> a)	H <sub>T</sub> = 0,19 W/(m <sup>2</sup> K)
Dem flächenbezogenen Wert Q <sub>p</sub> /A <sub>N</sub> des Jahres-Primärenergiebedarfs liegt eine aus dem Gebäudevolumen abgeleitete Fläche (Gebäudenutzfläche A <sub>N</sub> ) zugrunde. Folgende Angabe ist freigestellt: Umgerechnet auf die <input checked="" type="checkbox"/> Wohnfläche nach § 44 Abs. 1 II B.V. - nur bei Wohnnutzung - A* = 400 m <sup>2</sup> ergibt sich ein Jahres-Primärenergiebedarf von Q <sub>p</sub> <sup>norm</sup> = Q <sub>p</sub> /A* = 52 kWh/(m <sup>2</sup> a) <input type="checkbox"/> Hauptnutzfläche nach DIN 277 - bei anderen Nutzungen - A* =		

Hinweis zu den Grundlagen dieses Wärmebedarfsausweises

Die vorliegenden Werte des Jahres-Primärenergiebedarfs geben vorrangig Anhaltspunkte für die vergleichende Beurteilung der energetischen Qualität von Gebäuden. Diese Werte werden unter einheitlichen Randbedingungen ermittelt, die durch die Energiesparverordnung vorgegeben sind (z. B. meteorologische Daten, bestimmte Annahmen über nutzbare interne Wärmegevinne und dem Luftwechsel, technische Anlage für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung). Insofern, wegen der im Einzelfall unterschiedlichen Nutzergewohnheiten kann der tatsächliche Primärenergieverbrauch aus dem Jahres-Primärenergiebedarf nur bedingt abgeleitet werden.

### II. Weitere energiebezogene Merkmale

Jahres-Endenergiebedarf (insgesamt)  
Q<sub>E</sub> = 13397 kWh/a

davon je Energieträger:

Wärmepumpenstrom Q<sub>E,WP</sub> = 0 kWh/a  
Gas/Heizöl Q<sub>E,G/H/O</sub> = 13397 kWh/a  
Strom, direkt elektrisch Q<sub>E,St dir,el</sub> = 2016 kWh/a  
Anlagenaufwandzahl: 1,47

Die o. g. Kennwerte wurden gemäß  
DIN EN 832 (1998-12) bzw.  
DIN V 4108-6 (2000-11) und  
DIN V 4701-10 (2001-02) ermittelt.

Lfd.Nr	Teilfläche	Bezeichnung / Orientierung der Teilflächen	Fläche A <sub>F</sub> [m <sup>2</sup> ]	Wärme- durch- gangs- koeffizi- ent U <sub>F</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Gesamt- energie- durchlaßgra- d g [%]	Tempe- ratur- korrek- tur- faktor F <sub>Tl</sub>
	Außenwände		144	0,08		1,0
	Dachflächen		67	0,08		1,0
	oberste Dachgeschloßflächen (Dachraum nicht ausgebaut)					0,8
	Abseitenwand (Drempelwand)					0,8
	Unterer Gebäudeabschluß: Decken/und -Wände zu unbeheiztem Keller oder gegen Erdreich		130	0,08		0,6
	Wände und Decken zu unbeheizten Räumen					0,5
		Ost				1,0
	Fenster, Fensterflächen und Außentüren	Süd	102	0,79	0,52	1,0
		West				1,0
		Nord	25	0,79	0,52	1,0

Bei der Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs wurden berücksichtigt:

Ein Drucktest wurde durchgeführt. Der Grenzwert von 3 h<sup>-1</sup> ohne raumlüfttechnischen Anlagen und 1,5 h<sup>-1</sup> mit raumlüfttechnischen Anlagen wurde eingehalten.

mechanisch betriebene Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (mit oder ohne Wärmepumpe), Wärmerückgewinnungsgrad der Anlage: η<sub>WR</sub> = 75%

erhöhte Werte für die nutzbare interne Wärme wegen ausschließlicher Nutzung als Büro- oder Verwaltungsgebäude

mechanisch betriebene Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung

## 9.9 REDUKTIONSFAKTOREN GEGEN ERDREICH

### Passivhaus-Projektierung WÄRMEVERLUSTE GEGEN ERDREICH

Eigenschaften des Erdreichs			
Wärmeleitfähigkeit	$\lambda$		W/(mK)
Wärmekapazität	$\rho C$		MJ/(m <sup>3</sup> K)
periodische Eindringtiefe	$\delta$		m

Klimadaten			
mittl. Innentemperatur	$T_i$	20,0	°C
mittl. Erdoberflächentemp.	$T_{e,m}$	10,0	°C
Amplitude von $T_{e,m}$	$T_{e,\Delta}$	8,6	°C
Länge der Heizperiode	$n$	7,4	Monate
Heizgradstunden außen	$G_e$	84,0	kkh

Gebäudedaten			
Fläche Bodenplatte	$A$	211,7	m <sup>2</sup>
Umfang Bodenplatte	$P$	56,6	m
charakt. Maß der Bodenplatte	$B'$	7,48	m
mittlere Dicke Außenwände	$w$	0,5	m
U-Wert Bodenplatte	$U_f$	0,120	W/(m <sup>2</sup> K)
wirksame Dicke des Bodens	$d_f$	0,5	m

Art der Bodenplatte (nur ein Feld ankreuzen)			
<input type="checkbox"/>	Beheizter Keller oder Bodenplatte im Erdreich	<input type="checkbox"/>	Unbeheizter Keller
<input type="checkbox"/>	Bodenplatte auf Erdreich	<input checked="" type="checkbox"/>	Aufgeständerte Bodenplatte

Bei Unterkellerung oder Bodenplatte im Erdreich				Zusätzlich bei unbeheiztem Keller			
Tiefe Keller	$z$		m	Höhe Kellerwand oberirdisch	$h$		m
U-Wert Kellerwand	$U_{KW}$		W/(m <sup>2</sup> K)	Luftwechsel im unbeh. Keller	$n$		h <sup>-1</sup>
				Kellervolumen	$V$		m <sup>3</sup>

Bei Randdämmung für Bodenplatte auf Erdreich			
Breite/Tiefe Randdämmung	$D$		m
Dicke Randdämmung	$d_n$		m
Wärmeleitfähigkeit Randdämmung	$\lambda_n$		W/(mK)
Lage Randdämmung	waagrecht	<input type="checkbox"/>	
(nur ein Feld ankreuzen)	senkrecht	<input type="checkbox"/>	

Bei aufgeständelter Bodenplatte			
U-Wert Hohlraumboden	$U_{Hohl}$	0,120	W/(m <sup>2</sup> K)
Höhe Hohlraumwand	$h$	0,73	m
U-Wert Hohlraumwand	$U_{HW}$	1,000	W/(m <sup>2</sup> K)
Fläche Lüftungsöffnungen	$sP$	2,00	m <sup>2</sup>
Windgeschw. in 10 m Höhe	$v$	4,0	m/s
Windabschirmungsfaktor	$f_W$	0,10	-

Zusätzlicher Wärmebrückenverlustkoeffizient am Rand (Berechnung mit Wärmestromprogramm)			
	$\Psi$	0,001	W/(mK)

Beheizter Keller oder Bodenplatte im Erdreich			
U-Wert Boden	$U_{bf}$		W/(m <sup>2</sup> K)
wirksame Dicke Kellerwand	$d_w$		m
U-Wert Wand	$U_{bw}$		W/(m <sup>2</sup> K)
stationärer Leitwert	$L_s$		W/K
Phasenverschiebung	$\beta$		Monate
äußerer harmonischer Leitwert	$L_{pe}$		W/K

Bodenplatte auf Erdreich			
Wärmedurchgangskoeffizient	$U_0$		W/(m <sup>2</sup> K)
wirks. Dicke Randdämmung	$d'$		m
Korrekturwert	$\Delta\Psi$		W/(mK)
stationärer Leitwert	$L_s$		W/K
Phasenverschiebung	$\beta$		Monate
äußerer harmonischer Leitwert	$L_{pe}$		W/K

Unbeheizter Keller			
stationärer Leitwert	$L_s$		W/K
Phasenverschiebung	$\beta$		Monate
äußerer harmonischer Leitwert	$L_{pe}$		W/K

# 9.10 FENSTER

## REDUKTIONSFAKTOR SOLARE EINSTRALHUNG, FENSTER-U-WERT

Objekt: <b>S-Haus</b>		Klima: <b>Standard</b>										Heizgradstundenzahl: <b>84,0</b>	
Ausrichtung der Fensterfläche	Globalstrahlung (desquartmeterradiation)	Verschattung	Verschmutzung	nicht-senkrechter Strahlungseinfall	Vergleungsanteil	g-Wert	Reduktionsfaktor solare Einstrahlung	Fenster-Fläche	Fenster-U-Wert	Vergleungs-Fläche	mittlere Globalstrahlung	Transmissionsverluste	Wärmeangebot Solarstrahlung
	minimale (W/m²h)	0,8	0,95	0,95	0,703	0,5	0,43	m²	W/m²K	m²	W/m²h	WWh/a	WWh/a
Ost	220	0,75	0,95	0,85	0,703	0,5	0,43	2,3	0,86	1,6	225	163	112
Süd	370	0,75	0,95	0,85	0,844	0,5	0,51	102,5	0,79	86,5	370	6761	10077
West	230	0,75	0,95	0,85	0,703	0,5	0,43	3,4	0,86	2,4	225	244	168
Nord	140	0,75	0,95	0,85	0,762	0,5	0,46	25,0	0,81	19,0	140	1705	839
Horizontal	360	0,75	0,95	0,85	0,000	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	360	0	0
Summe bzw. Mittelwert über alle Fenster						0,52	0,50	133,1	0,79	109,5		8872	11196

Anzahl	Bezeichnung	Rohbaumaße Fenster			g-Wert	U-Werte		Rahmenmaße				Einbau				Ψ-Werte		Ergebnisse					
		Abweichung zur Nordrichtung	Neigung gegen die Horizontale	Orientierung		Breite	Hohe	senk. Einstrahlung	Vergl.-ung	Rahmen	Breite links	Breite rechts	Breite unten	Breite oben	links 10	rechts 10	unten 10	oben 10	Ψ <sub>Umwand</sub>	Ψ <sub>Einbau</sub>	Fensterfläche	Vergleungsfläche	U-Wert Fenster
		Grad	Grad		m	m	W/m²K	W/m²K	m	m	m	m					W/m²K	W/m²K	m²	m²	W/m²K	%	
2		0	90	Nord	1,500	1,090	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	0	1	1	1	0,028	0,010	3,3	2,49	0,82	0,76
11		0	90	Nord	1,500	1,090	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	1	1	0	0,028	0,010	18,0	13,71	0,81	0,76	
1		0	90	Nord	1,000	2,500	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	0	1	1	1	0,028	0,010	2,5	1,97	0,81	0,79
3		270	90	West	0,750	1,500	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	1	1	1	1	0,028	0,010	3,4	2,37	0,86	0,70
2		90	90	Ost	0,750	1,500	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	1	1	1	1	0,028	0,010	2,3	1,58	0,86	0,70
1		0	90	Nord	1,500	0,800	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	1	1	1	1	0,028	0,010	1,2	0,86	0,85	0,71
1	og	180	90	Süd	1,970	2,082	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	1	1	1	1	0,028	0,010	4,1	3,48	0,78	0,85
6	og	180	90	Süd	1,500	2,082	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	1	1	1	1	0,028	0,010	18,7	16,45	0,80	0,82
5	og	180	90	Süd	2,000	2,082	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	1	1	1	1	0,028	0,010	20,8	17,68	0,78	0,85
1	og	180	90	Süd	1,370	2,082	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	1	1	1	1	0,028	0,010	2,9	2,33	0,80	0,82
1	eg	180	90	Süd	1,470	2,495	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	1	1	1	1	0,028	0,010	3,7	3,06	0,79	0,83
6	eg	180	90	Süd	1,500	2,495	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	1	1	1	1	0,028	0,010	22,5	19,77	0,79	0,84
5	eg	180	90	Süd	2,000	2,495	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	1	1	1	1	0,028	0,010	25,0	21,48	0,78	0,86
1	eg	180	90	Süd	1,970	2,495	0,52	0,70	0,78	0,080	0,080	0,080	0,080	1	1	1	1	0,028	0,010	4,9	4,23	0,78	0,86
Hier markieren, um Zeilen einzufügen.																	Bitte komplette Zeile kopieren.						
																	Summe:				133,1	109,5	

# 9.11 VERSCHATTUNG

## Passivhaus-Projektierung BERECHNUNG VON VERSCHATTUNGSFAKTOREN

Klima

Standard

Orientierung	Verglasungsfläche m <sup>2</sup>	Reduktionsfaktor r <sub>v</sub>
Ost	1,58	100%
Süd	86,48	100%
West	2,37	100%
Nord	19,02	100%
Horizontal	0,00	100%

Anzahl	Bezeichnung	Abweichung zur Nordrichtung	Orientierung	Höhe der Verglasung		Breite der Verglasung	Höhe des Verschattungsobjekts	Horizontalentfernung	Laibungstiefe	Abstand des Verglasungsrandes zur Laibung	Tiefe des Überstands	Abstand des oberen Verglasungsrandes zum Überstand	zusätzlicher Reduktionsfaktor Verschattung	Reduktionsfaktor Verschattung Horizontal	Reduktionsfaktor Verschattung Laibung	Reduktionsfaktor Verschattung Überstand	Reduktionsfaktor Verschattung Gesamt
				m	m												
		°		h <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>		m	m	m	m	m	m	%	r <sub>h</sub>	r <sub>l</sub>	r <sub>u</sub>	r <sub>v</sub>
2		0	Nord	0,93	1,34									100%	100%	100%	100%
11		0	Nord	0,93	1,34									100%	100%	100%	100%
1		0	Nord	2,34	0,84									100%	100%	100%	100%
3		270	West	1,34	0,59									100%	100%	100%	100%
2		90	Ost	1,34	0,59									100%	100%	100%	100%
1		0	Nord	0,64	1,34									100%	100%	100%	100%
1	og	180	Süd	1,92	1,81									100%	100%	100%	100%
6	og	180	Süd	1,92	1,34									100%	100%	100%	100%
5	og	180	Süd	1,92	1,84									100%	100%	100%	100%
1	og	180	Süd	1,92	1,21									100%	100%	100%	100%
1	eg	180	Süd	2,34	1,31									100%	100%	100%	100%
6	eg	180	Süd	2,34	1,34									100%	100%	100%	100%
5	eg	180	Süd	2,34	1,84									100%	100%	100%	100%
1	eg	180	Süd	2,34	1,81									100%	100%	100%	100%

# 9.12 SOMMERKLIMA

## Passivhaus-Projektierung SOMMERFALL

Klima:   
 Objekt:   
 Standort:   
 spez. Kapazität:  Wh/K pro m² WFL  
 Übertemperaturgrenze:  °C

Innentemperatur:  °C  
 Gebäudtyp/Nutzung:   
 Energiebezugsfläche A<sub>EB</sub>:  m²  
 Standard-Personenbelegung:  Pers

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m²	U-Wert W/(m²K)	Reduktionsfaktor f <sub>r,Sommer</sub>	H <sub>Sommer</sub> Wärmeleitwert
1. Nord	A	144,4	0,08	0,92	10,6
2. Süd	A	66,8	0,08	0,92	4,9
3. Ost+West	A	129,6	0,08	0,92	9,5
4. Dach	D	211,7	0,08	0,82	10,5
5. Grund	B	211,7	0,08	1,00	16,9
6.		0,0	0,00	1,00	0,0
7.				1,00	
8. Fenster	A	133,1	0,79	1,00	105,6
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			0,92	
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			1,00	

Transmissionsleitwert außen **H<sub>T,e</sub>**  
 Transmissionsleitwert Erdreich **H<sub>T,g</sub>**

WK  
 WK

Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmeübertragers  $\eta_{WRG}$   wirksames Luftvolumen V<sub>L</sub>  m³ \* lichte Raumhöhe  m =  m³

ankreuzen:  freie Lüftung (Fenster+Fugen): Sommerlüftung Luftwechsel: 1/h   
 nur mechan. Abluft  1/h  
 Zu- und Abluft wie Winterbetrieb mit WRG  
 Zu-/Abl. ohne WRG   $\eta_{EWT}$  Erdreichwärmetausch  $\eta_{WRG}$   $\eta_{L,Rest}$  1/h  
 energetisch wirksamer Luftwechsel  $\eta_L$   +  \* (1 - ) +

Lüftungsleitwert außen **H<sub>V,e</sub>**  
 Lüftungsleitwert Erdreich **H<sub>V,g</sub>**

V <sub>L</sub> m³	$\eta_{L,äq}$ Anteil 1/h	c <sub>Luft</sub> Wh/(m³K)	
1000	0,600	0,33	= <input type="text" value="198,0"/> WK
1000	0,000	0,33	= <input type="text" value="0,0"/> WK

Q<sub>T</sub> WK      Q<sub>L</sub> WK      kWh/a

Ausrichtung der Fläche	Winkel-faktor Sommer	Versch.-faktor Sommer	Rück-reflektion	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m²	Verglasungsanteil	Apertur m²
1. Ost	0,84	1,00	0,95	0,520	2,3	70%	0,7
2. Süd	0,84	1,00	0,95	0,520	102,5	84%	36,0
3. West	0,84	1,00	0,95	0,520	3,4	70%	1,0
4. Nord	0,84	1,00	0,95	0,520	25,0	76%	7,9
5. Horizontal	0,84	1,00	0,95	0,000	0,0	0%	0,0

Wärmeangebot Solarstrahlung **Q<sub>S</sub>**

Summe   m²h/m²

Innere Wärmequellen **Q<sub>I</sub>**

spezif. Leistung q<sub>I</sub>  W/m² \* AEB  m² =  W  W/m²

Übertemperaturhäufigkeit  $h_{\vartheta \geq \vartheta_{max}}$   bei der Übertemperaturgrenze  $\vartheta_{max} = 25$  °C

Wenn die "Häufigkeit über 25°C" 10% überschreitet, sind zusätzliche Maßnahmen zum Schutz vor Sommerhitze erforderlich.

# 9.13 VERSCHATTUNGSFAKTOREN SOMMER

## Passivhaus-Projektierung

### BERECHNUNG VON VERSCHATTUNGSFAKTOREN FÜR DEN SOMMERFALL

Klima:

Heizlastregion:

Sommer!

Orientierung	Verglasungsfläche m²	Verschattungsfaktor SOMMER $r_v$
Ost	1,58	1,00
Süd	86,48	1,00
West	2,37	1,00
Nord	19,02	1,00
Horizontal	0,00	1,00

Ergebnis aus dem Sommerblatt:  
 Übertemperaturhäufigkeit  $h_9 \geq s_{\text{max}}$  **67,9%**

Eingabefelder

Anzahl	Bezeichnung:	Abweichung zur Nordrichtung	Orientierung	Höhe der Verglasung	Breite der Verglasung	Verglasungsfläche	Höhe des Verschattungsobjekts	Horizontalentfernung	Laibungstiefe	Abstand des Verglasungsrandes zur Laibung	Tiefe des Überstands	Abstand des Fensters zum Überstand	zusätzlicher Reduktionsfaktor Verschattung	Sommer		Sommer			
														Transmissionsfaktor temperat. Sonnenschutz	Reduktionsfaktor Verschattung Horizontal	Reduktionsfaktor Verschattung Laibung	Reduktionsfaktor Verschattung Überstand	Reduktionsfaktor Sommer Verschattung gesamt	
														%	%	%	%	%	
		°		m	m	m²	m	m	m	m	m	m	%	%	%	%	%		
2		0	Nord	0,93	1,34	2,5								100%	100%	100%	100%		
11		0	Nord	0,93	1,34	13,7								100%	100%	100%	100%		
1		0	Nord	2,34	0,84	2,0								100%	100%	100%	100%		
3		270	West	1,34	0,59	2,4								100%	100%	100%	100%		
2		90	Ost	1,34	0,59	1,6								100%	100%	100%	100%		
1		0	Nord	0,64	1,34	0,9								100%	100%	100%	100%		
1	og	180	Süd	1,92	1,81	3,5								100%	100%	100%	100%		
6	og	180	Süd	1,92	1,34	15,5								100%	100%	100%	100%		
5	og	180	Süd	1,92	1,84	17,7								100%	100%	100%	100%		
1	og	180	Süd	1,92	1,21	2,3								100%	100%	100%	100%		
1	eg	180	Süd	2,34	1,31	3,1								100%	100%	100%	100%		
6	eg	180	Süd	2,34	1,34	18,8								100%	100%	100%	100%		
5	eg	180	Süd	2,34	1,84	21,5								100%	100%	100%	100%		
1	eg	180	Süd	2,34	1,81	4,2								100%	100%	100%	100%		

# 9.14 LÜFTUNG

## Passivhaus-Projektierung LÜFTUNGSDATEN

Objekt:   
 Variante:

Energiebezugsfläche  $A_{EB}$   $m^2$   (Blatt Objekt)  
 Raumhöhe  $h$   $m$   (Blatt Heizwärme)  
 Raumluftvolumen Lüftung  $(A_{EB} \cdot h) = V_{RLT}$   $m^3$   (Blatt Heizwärme)

### Auslegung Lüftungsanlage Standard-Betriebsart

Personenbelegung	$m^2/P$	<input type="text" value="50"/>
Anzahl Personen	$P$	<input type="text" value="8"/>
Frischluft pro Person	$m^3/(P \cdot h)$	<input type="text" value="30"/>
Frischluftbedarf	$m^3/h$	<input type="text" value="240"/>
Ablufträume		
Anzahl		<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="Bad"/> <input type="text" value="Dusche"/> <input type="text" value="WC"/>
Abluftbedarf pro Raum	$m^3/h$	<input type="text" value="60"/> <input type="text" value="40"/> <input type="text" value="20"/> <input type="text" value="20"/>
Abluftbedarf gesamt	$m^3/h$	<input type="text" value="120"/>

Auslegungsvolumenstrom (Maximum)	$m^3/h$	<input type="text" value="240"/>	Faktoren bzgl. Maximum	Grundlüftung	Standard	Maximum
	mittlerer Luftaustausch (Maximum*Faktor)	<input type="text" value="300"/>		0,54	<input type="text" value="0,77"/>	1,00
			mittlerer Luftwechsel (1/h)	<input type="text" value="0,30"/>		

### Infiltrationsluftwechsel nach DIN EN 832

Koeffizient e für Abschirmungsklasse	Koeffizient f	
	mehrere Einwirkungs-seiten	eine Einwirkungs-seite
keine Abschirmung	0,10	0,03
mäßige Abschirmung	0,07	0,02
starke Abschirmung	0,04	0,01
Koeffizient f	15	20

Windschutzkoeffizient e		für Jahresbedarf: <input type="text" value="0,07"/>	für Heizlastfall: <input type="text" value="0,18"/>
Windschutzkoeffizient f		<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="15"/>
Luftwechsel bei Drucktest $n_{50}$	$1/h$	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>

Netto Luftvolumen für Drucktest  $V_{n50}$   $m^3$

### Art der Lüftungsanlage

Balancierte Passivhauslüftung *bitte ankreuzen* für Jahresbedarf: für Heizlastfall:  
 Reine Abluft  
 Abluftüberschuß  $1/h$     
 Infiltrationsluftwechsel  $n_{L,Rest}$   $1/h$

### Effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Gerät innerhalb der thermischen Hülle  
 Gerät außerhalb der thermischen Hülle

Wärmebereitstellungsgrad Gerät $\eta_{eff,WRG}$	<input type="text" value="75%"/>
Leitwert Außenluftkanal $\Psi$	$W/(mK)$ <input type="text" value="0,189"/>
Länge des Außenluftkanals	$m$ <input type="text"/>
Leitwert Fortluftkanal $\Psi$	$W/(mK)$ <input type="text" value="0,231"/>
Länge des Fortluftkanals	$m$ <input type="text"/>
Temperatur des Aufstellraumes	$^{\circ}C$ <input type="text" value="20"/>
(nur eintragen falls Gerät außerhalb der thermischen Hülle)	mittl. Außentemp. ( $^{\circ}C$ ) <input type="text" value="4,4"/>

Effektiver Wärmebereitstellungsgrad  $\eta_{WRG,eff}$

# 9.15 WÄRMEVERTEILUNG UND WARMWASSERSYSTEM

## Passivhaus-Projektierung Bilanz Wärmeverteilung und Warmwassersystem

Objekt: S-Haus  
Standort: Böheimkirchen

Innentemperatur:	20,0	°C
Gebäudetyp/Nutzung:	Büro- / Ausstellungsgebäude	
Energiebezugsfläche $A_{\text{EB}}$ :	400	m <sup>2</sup>
Standard-Personenbelegung:	6,0	Pers
Zahl Wohneinheiten:	1	
Jahresheizwärmebedarf $q_{\text{Heiz}}$ :	1979	kWh/a
Länge Heizzeit:	225	d
mittlere Heizlast $P_{\text{Heiz}}$ :	0,4	kW
Grenznutzen zusätzlicher Wärmegewinne:	30%	

### wärmeverteilung

- Länge Verteilungen
- Wärmeverlustkoeffizient je m Leitung
- Temperatur im Raum, durch den die Leitung geht
- Auslegungs-Vorlauftemperatur
- Auslegungs-Heizlast des Systems
- Vorlauftemperatur-Regelung J/N
- Auslegungs-Rücklauftemperatur
- jährliche Wärmeabgabe pro m Leitung
- evtl. Ausnutzungsgrad dieser Wärmeabgabe
- jährliche Verluste
- spezif. Verluste
- Nutzungsgrad Heizwärmeverteilung**

	Teile			Gesamt	Einheit
	wärmer Bereich	kälter Bereich			
	1	2	3		
$L_H$ (Projekt)					m
$\Psi$ (Projekt)					W/(mK)
$\mathcal{S}_X$ Verteilraum	20,0				°C
$\mathcal{S}_V$ Vorlauf, Auslegung	55,0				°C
$P_{\text{Heiz}}$ (vorhan. oder berech.)	3579,1				kW
$J_R$	45,0				°C
$q_{\text{HL}}$					kWh/(m·a)
$\eta_G$	30%				-
$Q_{\text{HL}}$	0	0	0	0	kWh/a
$q_{\text{HL}}$					kWh/(m <sup>2</sup> a)
$\eta_{a,HL}$				100%	-

### mwasser: Standard-Nutzwärme

- Warmwasserverbrauch je Person und Tag (60°C)
- mittlere Kaltwasser-Temperatur des Zulaufs

### Nutzwärme Warmwasser

### spezif. Nutzwärme Warmwasser

$V_{\text{WW}}$ (Projekt oder Mittelwert 25 Liter/P/d)	12,0	Liter/Pers/d
$\mathcal{T}_{\text{TW}}$ Trinkwassertemperatur (10°)	10,0	°C
$Q_{\text{TW}}$	2032	kWh/a
$q_{\text{TW}}$		kWh/(m <sup>2</sup> a)
		5,1

### mwasserverteilung und -speicherung

- Länge Zirkulationsleitungen (Vor- + Rücklauf)
- Wärmeverlustkoeffizient je m Leitung
- Temperatur im Raum, durch den die Leitung geht
- Auslegungs-Vorlauftemperatur
- Betriebszeit der Zirkulation am Tag
- Auslegungs-Rücklauftemperatur
- Betriebszeit der Zirkulation im Jahr
- jährliche Wärmeabgabe pro m Leitung
- evtl. Ausnutzungsgrad dieser Wärmeabgabe
- Jahres-Wärmeverlust Zirkulationsleitungen
- Länge Einzelleitungen (pro Einzelleitung)
- Rohrdurchmesser außen
- Wärmeabgabe je Zapfung
- Belegungskoeffizient
- jährliche Wärmeabgabe
- evtl. Ausnutzungsgrad dieser Wärmeabgabe
- Jahres-Wärmeverlust Einzelleitungen
- mittl. Wärmeabgabe Speicher
- evtl. Ausnutzungsgrad dieser Wärmeabgabe
- Jahres-Wärmeverlust Speicher

	Teile			Gesamt	Einheit
	wärmer Bereich	kälter Bereich			
	1	2	3		
$L_Z$ (Projekt)					m
$\Psi$ (Projekt)					W/mK
$\mathcal{S}_X$ Verteilraum	20,0				°C
$\mathcal{S}_V$ Vorlauf, Auslegung					°C
$t_{\text{Zirk}}$ (Projekt)					h/d
$J_R$					°C
$t_{\text{Zirk}}$					h/a
$q_{\text{Z}}$					kWh/m·a
$\eta_{G,WW}$					-
$Q_Z$				0	kWh/a
$L_U$ (Projekt)					m
$d_{U, \text{Rohr}}$ (Projekt)					m
$q_{\text{Einzel}}$					kWh/Zapfung
$\eta_{\text{Zapf}}$					Zapfungen/a
$q_U$					kWh/a
$\eta_{G,U}$					-
$Q_U$				0	kWh/a
$P_S$					W
$\eta_{G,S}$					-
$Q_S$				0	kWh/a
$Q_{\text{WW}}$				0	kWh/a
$q_{\text{WW}}$					kWh/(m <sup>2</sup> a)
$\eta_{a,WW}$				100,0%	-
$Q_{\text{G,WW}}$				2032	kWh/a
$q_{\text{G,WW}}$					kWh/(m <sup>2</sup> a)
					5,1

# 9.16 SOLARE WARMWASSERBEREITUNG

## SOLARE WARMWASSERBEREITUNG

Objekt:	S-Haus	Gebäudetyp/Nutzung:	Büro- / Ausstellungsgel
Standort:	Böheimkirchen	Energiebezugsfläche A <sub>Eb</sub> :	400,0 m <sup>2</sup>
		Standard-Personenbelegung:	8 Pers

WW-Wärmebedarf kWh/a

Q<sub>g,WW</sub> 2032 (Blatt WW+Verteil)

Bauart Sonnenkollektor

(Projekt) genau ein Feld ankreuzen  
 Flachkollektor Vakuunkollektor  
 X

Kollektorfläche

(Projekt A<sub>Koll</sub>) 18,0 m<sup>2</sup>

effektive Personenzahl

n<sub>Pers</sub> 3,84 Personen

spezifische Kollektorfläche

A<sub>Koll</sub> / n<sub>Pers</sub> 4,7 m<sup>2</sup>/Pers

Neigung gegen Horizontale

90 °

geschätzter solarer Deckungsbeitrag an WW

97%

Solarer Wärmebeitrag zur Nutzwärme

1980 kWh/a

5 kWh/(m<sup>2</sup>a)

### Passivhaus-Projektierung STROMBEDARF

Spalte Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	8a	9	10	11	12	13	14
Anwendung	vorhanden? (1/0)	in der thermischen Hülle? (1/0)	Normverbrauch	Nutzungsfaktor	Häufigkeit	Bezugsgröße	Nutzenergie (kWh/a)	Anteil elektrisch	Anteil nichtelektrisch	Stromverbrauch (kWh/a)	Mehr-/Minderverbrauch	1 / Nutzungsgrad	solarer Deckungsgrad	nichtelektrischer Verbrauch (kWh/a)	Primärenergieverbrauch (kWh/a)
<b>Geschirrspülen</b>	1	1	1,10 kWh/Anw.	1,00	65	l/(P*a)	8,0 P = 572	50%	50%	286	*(1+ 0,30) * ###	###	*(1- 0,97)	10	849
<b>Waschen</b>	0	1	0,95 kWh/Anw.	1,00	57	l/(P*a)	8,0 P = 0	55%	45%	0	*(1- 0,05) * ###	###	*(1- 0,97)	0	28
<b>Trocknen mit:</b>	1	1	kWh/Anw.	1,00	57	l/(P*a)	8,0 P = 0	0%	0%	0	*(1- 0,05) * ###	###	*(1- 0,97)	0	0
<b>Wäschleine</b>	1	1	3,13 kWh/Anw.	0,70	57	l/(P*a)	8,0 P = 999	100%	100%	0	*(1+ 0,00) * ###	###	*(1- 0,86)	139	412
<b>Kühlen</b>	1	1	0,28 kWh/d	1,00	365	d/a	1 HH = 102	100%	100%	102				0	304
<b>Gefrieren</b>	0	0	0,55 kWh/d	0,90	365	d/a	1 HH = 0	100%	100%	0				0	0
<b>oder Kombination</b>	0	1	0,70 kWh/d	1,00	365	d/a	1 HH = 0	100%	100%	0				0	0
<b>Kochen mit</b>	1	1	0,25 kWh/Anw.	1,00	500	l/(P*a)	8,0 P = 1000	100%	100%	1000				0	2970
<b>Beleuchtung</b>	1	1	60 W	1,00	2,90	h/(P*a)	8,0 P = 1392	100%	0%	1392				0	4134
<b>Elektronik</b>	1	1	150 W	1,00	0,55	h/(P*a)	8,0 P = 660	100%	100%	660				0	1960
<b>Kleingeräte etc</b>	1	1	50 kWh	1,00	1,00	l/(P*a)	8,0 P = 400	100%	100%	400				0	1188
<b>Summe Hilfsstrom</b>							793			793					2356
<b>Summe</b>							5919 kWh			4634 kWh				148 kWh	14202 kWh
<b>Kennwert</b>										11,6 kWh/(m <sup>2</sup> a)				0,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)	35,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Empfehlung Maximalwert</b>										18					55

### Stromverbrauch

# 9.17 HILFSSTROMVERBRAUCH

## Passivhaus-Projektierung

### HILFSSTROM

1	Wohnfläche	400	m <sup>2</sup>	Laufzeit LA im Winter <b>5,40</b> kh/a Laufzeit LA im Sommer <b>3,36</b> kh/a Luftwechselrate <b>0,30</b> h <sup>-1</sup> Enteisung WT ab <b>-3,0</b> °C			Primärenergiefaktor: Strom <b>2,97</b> kWh/kWh Heizwärmebedarf <b>4,9</b> kWh/(m <sup>2</sup> a)				
2	Heizzeit	225	d				Enteisungstemp. zu hoch!				
3	Luftvolumen	1000	m <sup>3</sup>								
4	Wohnungen	1	HH								
Spalte Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Anwendung	vorhanden (1/0)	in wärmetauschender Hülle (1/0)	Normverbrauch	Nutzungsfaktor	Betriebsdauer	Bezugsgröße	Stromverbrauch (kWh/a)	Verfügbarkeit als interne Wärme	genutzt in Zeitraum (kh/a)	interne Wärmequelle (W)	Primärenergieverbrauch (kWh/a)
Lüftung im Winter	1	1	0,40 Wh/m <sup>3</sup>	0,30 h <sup>-1</sup>	5,4 kh/a	1000 m <sup>3</sup>	648	0,0	5,40	0	1925
Lüftung im Sommer	0	1	0,40 Wh/m <sup>3</sup>	0,30 h <sup>-1</sup>	3,4 kh/a	1000 m <sup>3</sup>	0	kein Sommerbeitrag zu inneren WQ			0
Enteisung WT	1	1	779 W	1,00	0,1 kh/a	1	85	1,0	5,40	16	253
Umwälzpumpe	0	0	21 W	1,00	4,1 kh/a	1	0	1,0	5,40	0	0
Heizöl Gebläse und Vorerwärmung	0	0	150 W	1,00	0,0 kh/a	1	0	1,0	5,40	0	0
Zirkulationspumpe	0	0	6 W	1,00	6,6 kh/a	1	0	0,6	8,76	0	0
Hilfsstrom solar	1	1	30 kWh/a	1,00	1,0	1 HH	30	0,6	8,76	2	89
Hilfsstrom sonst	1	1	30 kWh/a	1,00	1,0	1 HH	30	1,0	8,76	3	89
<b>Summe</b>							<b>793</b>			<b>21</b>	<b>2356</b>
<b>Kennwert</b>	kWh/(m <sup>2</sup> a) durch Wohnfläche dividieren:						<b>2,0</b>			<b>5,9</b>	

# 9.18 INTERNE WÄRMEGEWINNE

## Passivhaus-Projektierung INTERNE WÄRMEGEWINNE

Berechnung interne Wärme	Personen		P		Heizwärmebedarf		kWh/(m²a)					
	Wohnfläche	8,0	Wohnfläche	400	P	Heizzeit	5	Heizzeit	225	d/a		
Spalte Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Anwendung	vorhanden (1/0) bzw. Anzahl Personen	in der thermischen Hülle (t/0)	Normverbrauch	Nutzungsfaktor	Häufigkeit	Nutzenergie (kWh/a)	Bei Elektrobilanz mitgerechnet?	Verfügbarkeit	genutzt in Zeitraum (kh/a)	interne Wärmequelle (W)		
Geschirrspülen	1	1	1,10 kWh/Anw.	1,00	65 / (P²a)	572 *		0,30 /	8,76	=	20	
Waschen	0	1	0,95 kWh/Anw.	1,00	57 / (P²a)	0 *		0,30 /	8,76	=	0	
Trocknen mit: Wäscheleine	1	1	0,00 kWh/Anw. 0,00	1,00	57 / (P²a)	0 *		1,00 /	8,76	=	0	
Energieverbr. durch Verdunstung	1	1	-3,13 kWh/Anw.	0,70	57 / (P²a)	-999 * (1- ) *		1,00 /	8,76	=	0	
Kühlen	1	1	0,28 kWh/d	1,00	365 d/a	102 *		1,00 /	8,76	=	12	
Gefrieren	0	0	0,55 kWh/d	0,90	365 d/a	0 *		1,00 /	8,76	=	0	
oder Kombination	0	1	0,70 kWh/d	1,00	365 d/a	0 *		1,00 /	8,76	=	0	
Kochen	1	1	0,25 kWh/Anw.	1,00	500 / (P²a)	1000 *		0,50 /	8,76	=	57	
Beleuchtung	1	1	60 W	1,00	2,9 kh/(P²a)	1392 *		1 /	8,76	=	159	
Elektronik	1	1	150 W	1,00	0,55 kh/(P²a)	660 *		1 /	8,76	=	75	
Kleingeräte/sonstiges	1	1	50 kWh	1,00	1,0 / (P²a)	400 *		1 /	8,76	=	46	
Hilfsgeräte (s. Blatt Hilfsstrom)										=	21	
Personen	8	1	80 W/P	1,00	8,76 kh/a	5606 *		0,55 /	8,76	=	352	
Kaltwasser	8	1	-5 W/P	1,00	8,76 kh/a					=	-40	
Verdunstung	8	1	-25 W/P	1,00	8,76 kh/a	-1752 *		1,0 /	8,76	=	-200	
<b>Summe</b>									W		<b>502</b>	
<b>Kennwert</b>									W/m²		<b>1,25</b>	
<b>Wärmeangebot aus internen Quellen</b>						<b>##</b>	d/a		kWh/(m²a)		<b>6,8</b>	

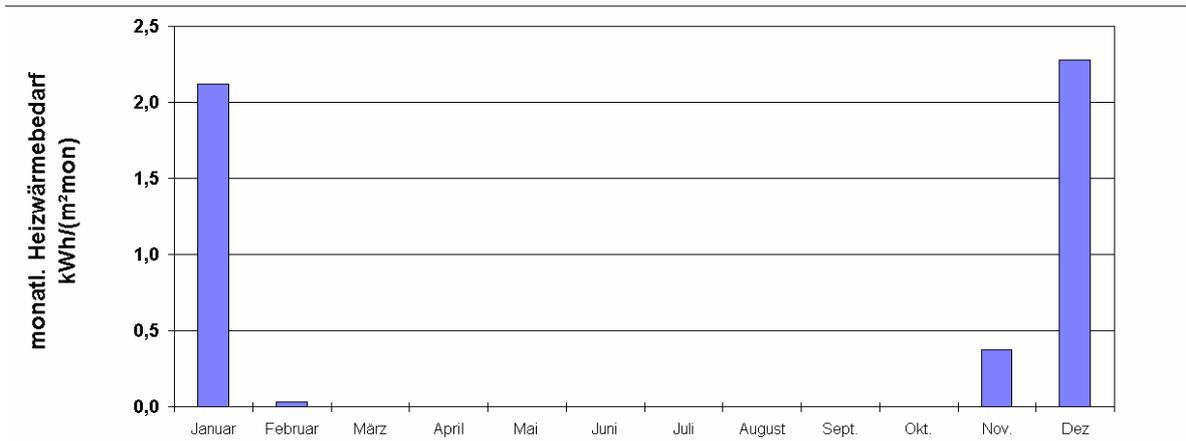
# 9.19 MONATSVERFAHREN

## PASSIVHAUS-PROJEKTIERUNG ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME MONATSVERFAHREN

Klima: Standard Deutschland  
 Objekt: S-Haus  
 Standort: Böheimkirchen

Innentemperatur: 20 °C  
 Gebäudetyp/Nutzung: Büro- / Ausstellungsgebäude  
 Energiebezugsfläche A<sub>g</sub>: 400 m<sup>2</sup>  
 Standard-Personenbelegung: 8 Pers

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr	
Heizgr.Std. Außen	14,6	12,6	11,6	8,4	5,3	2,7	1,8	2,2	4,4	7,9	11,0	13,7	96	kKh
Heizgr.Std. Grund	7,5	7,5	8,8	8,5	8,3	7,2	6,5	5,7	5,0	5,2	5,5	6,5	82	kKh
Verluste Außen	2629	2265	2092	1506	952	480	322	402	792	1422	1986	2468	17316	kWh
Verluste Grund	127	127	149	144	141	122	110	96	85	88	93	110	1394	kWh
Solare Gewinne Ost	7	13	21	33	41	40	41	37	27	16	8	5	289	kWh
Solare Gewinne Süd	790	1607	1797	2260	2315	2070	2179	2342	2179	1716	872	572	20698	kWh
Solare Gewinne West	10	20	32	50	62	60	62	55	40	25	12	7	434	kWh
Solare Gewinne Nord	60	90	156	222	300	330	330	264	180	108	60	42	2139	kWh
Solare Gewinne Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Innere Wärmequellen	1042	941	1042	1008	1042	1008	1042	1042	1042	1042	1008	1042	12264	kWh
Solarer Ausnutzungsgrad	100%	89%	74%	46%	29%	17%	12%	13%	26%	52%	99%	100%	47%	
Heizwärmebedarf	847	14	0	0	0	0	0	0	0	0	149	911	1921	kWh
spez. Heizwärmebedarf	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,3	4,8	kWh/m <sup>2</sup>



Heizwärmebedarf: Vergleich			
EN 832 Monatsverfahren	1920,7	kWh/a	4,8 kWh/(m <sup>2</sup> a) Bezugsfläche ist die Wohnfläche
PHPP, Heizperiodenverfahren	1979,1	kWh/a	4,9 kWh/(m <sup>2</sup> a) Bezugsfläche ist die Wohnfläche
Wert WSVO	4101,2	kWh/a	8,3 kWh/(m <sup>2</sup> a) Achtung! andere Bezugsfläche: A <sub>N</sub> nach EnEV
Wert EnEV	7953,3	kWh/a	16,1 kWh/(m <sup>2</sup> a) Achtung! andere Bezugsfläche: A <sub>N</sub> nach EnEV

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ganzjahreswert	Heizperiodenwert	Summe	verfahren
Tage	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	225		
AußenTemp	0,40	1,30	4,40	8,40	12,90	16,30	17,60	17,00	13,90	9,40	4,70	1,60	9,0	4,4		
BodenTemp	9,94	8,83	8,19	8,19	8,84	9,95	11,24	12,35	13,00	12,99	12,35	11,23	10,6	12,2		
Thimm	fehlt												0,0			
Strahl Süd	29,0	59,0	66,0	83,0	85,0	76,0	80,0	86,0	80,0	63,0	32,0	21,0	760	370		
Strahl Ost	13,0	26,0	41,0	67,0	83,0	81,0	83,0	75,0	52,0	32,0	15,0	9,0	577	225		
Strahl Nord	10,0	15,0	26,0	37,0	50,0	55,0	55,0	44,0	30,0	18,0	10,0	7,0	357	140		
Strahl West	14,0	28,0	44,0	66,0	82,0	80,0	83,0	73,0	55,0	34,0	16,0	10,0	585	225		
Strahl Hori	21,0	40,0	65,0	108,0	142,0	141,0	144,0	126,0	87,0	50,0	23,0	15,0	962	360		

Nutzungsgrad Wärmegewinne  $\eta_G$  =

Wärmegewinne  $Q_G$   $\eta_G \cdot Q_F$  =  kWh/a  kWh/(m<sup>2</sup>a)

Heizwärmebedarf  $Q_H$   $Q_V - Q_G$  =  kWh/a  kWh/(m<sup>2</sup>a)

Grenzwert  kWh/(m<sup>2</sup>a) Anforderung erfüllt?

Dokument 4: Passivhausberechnung S-HOUSE mit dem Passivhaus Projektierungsprogramm

## 10 VERZEICHNISSE

### 10.1 LITERATUR

- Buderus Heiztechnik GmbH: *Buderus Handbuch für Heiztechnik*, Beuth Verlag (Berlin, Wien, Zürich) 1994
- Gruber, Astrid und Herbert: *Bauen mit Stroh*, Ökobuch Verlag, (Staufen bei Freiburg) 2000
- Höß, Anton / Kunz, Wolfgang: *Sonnenenergie zur Warmwasserbereitung: Solaranlagen auf dem Prüfstand, Neue Erkenntnisse aus einem zweiten Vergleichstest*, Hrsg.: Fachinformationszentrum Karlsruhe. Verlag TÜV (Rheinland, Köln) 1990
- King, Bruce: *Buildings of Earth and Straw – Structural Design for Rammed Earth and Straw-Bale-Architecture*, Ecological Design Press (Sausalito, California) 1996
- Kohler, Klingele, et al.: *Baustoffdaten - Oekoinventare*, Institut für Industrielle Bauproduktion (ifib), Universität Karlsruhe (TH); Lehrstuhl Bauklimatik und Bauökologie, Hochschule für Architektur und Bauwesen (HAB) Weimar; Institut für Energietechnik (ESU), Eidgenössische Hochschule (ETH) Zürich; M. Holliger, Holliger Energie Bern, Karlsruhe/Weimar/Zürich, Dezember 1995
- Krist, Thomas: *Heizungs- Lüftungs- und Klimatechnik: Formeln, Daten, Begriffe*, Hoppenstedt-Technik-Tabellen-Verlag (Darmstadt) 1987; 2. Auflage
- Lacinski, Paul und Michel Bergeron: *Serious Straw Bale – A Home Construction Guide for All Climates*, Chelsea Green Publishing (Vermont/Totnes) 2000
- Loboschik, Ulrich: *Sonnenenergie zur Warmwasserbereitung und Raumheizung*, Hrsg.: Fachinformationszentrum Karlsruhe Verlag TÜV (Rheinland, Köln) 1995; 3. Auflage
- Magwood, Chris und Peter Mack: *Straw Bale Building*, New Society Publishers (Gabriola Island, BC) 2000
- Marko, Armin: *Thermische Solarenergienutzung an Gebäuden. Für Ingenieure und Architekten*, Hrsg: Braun, Peter. Springer Verlag (Berlin Heidelberg, New York) 1997
- Myhrmann, Matts und S. O. MacDonald: *Build it with Bales – a step by step guide to straw bale construction*, Out on Bale (Tuscon, Arizona) 1997
- Paschich, Ed und Jan Zimmermann: *Mainstreaming Sustainable Architecture, High Desert Press* (Corrales, New Mexico) 2001
- Piringer, Markus und Anselm Schwade: *Strohballenbau, Daten & Fakten*, Global 2000 – Die Österreichische Umweltschutzorganisation (Wien) 1999
- Pokorny, Walter: *Rechtliche Rahmenbedingungen für den Strohballenbau in Österreich*, im Auftrag von Global 2000 (o.O.) 2000
- Recknagel, Sprenger, Schramek: *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*, Hrsg: Prof. Dr.-Ing. Ernst Rudolf Schramek, Univ. Dortmund, Oldenburg Verlag (München, Wien) 2000; 6. Auflage
- Steen, Athena et al.: *The Straw Bale House*, Chelsea Green Publishing (Vermont/Totnes) 1994
- Steen, Athena und Bill: *The Beauty of Straw Bale Homes*, Chelsea Green Publishing (Vermont/Totnes) 2000

Wimmer, R., L. Janisch und H. Hohensinner: *Wandsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen, Haus der Zukunft* - Wirtschaftsbezogene Grundlagenforschung, (Wien) 2001

Wimmer, R., L. Janisch, H. Hohensinner und M. Drack: *Erfolgsfaktoren für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen - Fördernde und hemmende Faktoren für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen, Haus der Zukunft* - Grundlagenstudie (Wien) 2001

## 10.2 ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Gordon Smets Haus in Kalifornien, geplant von DSA architects .....	21
Abbildung 2: Gordon Smets Haus in Kalifornien, geplant von DSA architects .....	21
Abbildung 3: Strohhaus von Jack Martin, östlich von Santa Fe.....	22
Abbildung 4: Strohhaus von Jack Martin .....	22
Abbildung 5: Innenraum, Strohhaus von Jack Martin .....	23
Abbildung 6: Bewegungs- und Helligkeitssensor.....	43
Abbildung 7: Anbindung Home Server, GIRA.....	44
Abbildung 8: Ausschnitt Elektrotechnik Plan .....	45
Abbildung 10: S-HOUSE Errichtung und Prototypen.....	57
Abbildung 11: Screen Begrüßung.....	118
Abbildung 12: Screen Videoinstallation .....	119
Abbildung 13: Screen Messdatenvisualisierung .....	120
Abbildung 14 Screen Zone2, Strategien zur Umsetzung.....	121
Abbildung 15: Screen Ökologischer Fußabdruck .....	122
Abbildung 16: Screen Rohstoffe .....	124
Abbildung 17: Screen Lösungsansätze .....	125
Abbildung 18: Screen, Bionik Videosequenz.....	126
Abbildung 19: Screen, Spritzgusselement, Beschreibung.....	128
Abbildung 20: Screen, Spritzgusselemente, Darstellung I.....	128
Abbildung 21: Screen, Spritzgusselement, Darstellung II, gedreht, Zoomstufe 1 .....	129
Abbildung 22: Screen, Luft- und Wärmeverteilungskonzept, Beschreibung.....	129
Abbildung 23: Lage der Ansaug- und Abluftrohre als auch des Biomasse Speicherofens im S-HOUSE, gedreht, Zoomstufe 0 .....	130
Abbildung 24: Screen, Punktfundamente, Beschreibung .....	131
Abbildung 25: Screen, Punktfundamente, Darstellung .....	131
Abbildung 26: Messtechnikschema .....	137
Abbildung 27: Lage der Testboxen an der Nordwand .....	140
Abbildung 28:Anordnung der Messfühler in den Testboxen.....	140
Abbildung 29: Wandaufbau der Testboxen und die Positionen der Fühler .....	141
Abbildung 30: Loggersystem AEE INTEC .....	142
Abbildung 31: Schema der Datenaufzeichnung und Weiterverarbeitung .....	143
Abbildung 32: Temperaturverlauf Testboxen.....	143
Abbildung 33: Feuchteverlauf Testboxen .....	144
Abbildung 34: Darstellung der Wärmeströme.....	145
Abbildung 35: Visualisierung der Wetterdaten.....	146
Abbildung 36: Probenahme am 25.10.2004; (A) Entnahme von Stroh mit steriler Schere, (B) Entlang der Nordfassade wurden 4 Proben entnommen, (C) Entnahmestelle am Messfühler für Probe Nr.7 Nord, (C) Luftkeimsammlung mit dem Sartorius MD8 im noch offenen Innenraum.....	147
Abbildung 37: Fluoreszenzmikroskopische Aufnahmen nach Färbung der Pilzstrukturen mit Calcofluor White (färbt die Chitinzellwände der Pilze). (A, B) Probe 1 West; (C, D) Probe 2 Nord .....	149
Abbildung 38: (E, F) Probe 3 Nord; (G) Probe 4 Nord; (H) Probe 5 Ost; (I, J) Probe 6 Strohballen; (K, L) Probe 7 Nord.....	150

### 10.3 DOKUMENTE

Dokument 1: Schallschutz-Prüfbericht, Seite 3 .....	30
Dokument 2: Schallschutz-Prüfbericht, Seite 4 .....	31
Dokument 3: Ergebnisse der Berechnung der Sommertauglichkeit .....	56
Dokument 4: Passivhausberechnung S-HOUSE mit dem Passivhaus Projektierungsprogramm.....	176

### 10.4 GRAFIKEN

Grafik 1: Grundrisse von Strohhäusern für sozial Bedürftige, Planung: Alfred von Bachmaier .....	24
Grafik 2: TREEPLAST Schraube als Befestigungselement im S-HOUSE .....	33
Grafik 3: Methode Nutzwertanalyse Membrandach.....	34
Grafik 4: Ergebnisse der Nutzwertanalyse verschiedener Membrandachvarianten .....	37
Grafik 5: Tragende Wandscheiben (KLH) raumseitig .....	40
Grafik 6: Skelettbau mit Strohballenaussenwand .....	41
Grafik 7: Detailplan Prinzipschema – Lüftung/Solar .....	49
Grafik 8: Spezifischer monatlicher Heizwärmebedarf.....	52

### 10.5 TABELLEN

Tabelle 1: Forschungsinhalte, verwendete Methoden und Daten .....	15
Tabelle 2: Technische Kennwerte von Strohballen .....	16
Tabelle 3: Daten - Gewerbehau Josias Gasser Baumaterialien AG.....	25
Tabelle 4: Erforderlicher Mindestschallschutz, Quelle: Skriptum Technischer Ausbau A, 1997 .....	28
Tabelle 5: Ergebnisse der Nutzwertanalyse verschiedener Membrandachvarianten.....	36
Tabelle 6: Bewertung Konstruktionsvarianten S-HOUSE durch Expertenbeurteilung.....	39
Tabelle 7: Die wichtigsten Ergebnisse der Passivhausberechnung .....	52
Tabelle 8: Themenübersicht Zone 2.....	123
Tabelle 9: Themenübersicht Zone 3.....	127
Tabelle 10: Veranstaltungstypen .....	133
Tabelle 11: Eingesetzte Messgeräte und Messgrößen .....	138
Tabelle 12: Eingesetzte Messgeräte und Messgrößen .....	139
Tabelle 13: Probeentnahmestellen.....	148
Tabelle 14: Lebendkeimzahlen (CFU = colony forming units) pro Gramm Stroh .....	148
Tabelle 15: Identifizierungen.....	149
Tabelle 16: Luftkeimzahlen (CFU=Colonie Forming Units) pro m3 Luft .....	151
Tabelle 17: Probeentnahmestellen.....	152
Tabelle 18: Lebendkeimzahlen (CFU = colony forming units) pro Gramm Stroh .....	152
Tabelle 19: Identifizierungen.....	153
Tabelle 20: Luftkeimzahlen (CFU=Colonie Forming Units) pro m3 Luft .....	153