



Projekt 2018-04
Sonne, Stroh & Sterne
Abschlussbericht
(ausführliche Darstellung)



SONNE; STROH & STERNE SCHULUNGSRaum
TRINATIONALES UMWELTZENTRUM - WEIL M RHEIN;/ HÜNINGEN

STROH-PAILLE-PAGLIA
STROHBALLEBAU-VEREIN
vertreten durch
frank brauer (vorstandsmitglied)
obere dorfsstrasse, 79618 rheinfelden

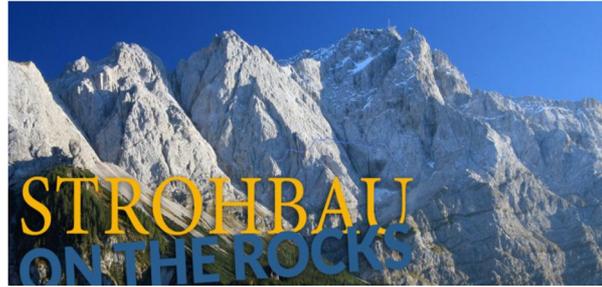
Ansprechpartner:

Susan Galster, Jürgen Hess,
Siegfried Delzer, Eric Wasser,
Rainer Stücklin, Frank Brauer

Erstellungsdatum 05.12.2019

Einleitung:

Im Oktober 2016 trafen sich zur Fachtagung „STROHBAU ON THE ROCKS“ unter der Zugspitze alte Hasen und Strohballenbauinteressierte.



Nach einer kurzen Aufwärm- bzw. Kennenlernphase kristallisierte sich eine Arbeitsgemeinschaft zwischen dem Schweizer Architekt Thomas Dimov, der Hochbauzeichnerin Michèle Brand und dem Malermeister Frank Brauer aus dem grenznahen Badisch Rheinfeldern heraus. Kurz darauf stand die Gründung des Strohballenbauvereins Stroh, Paille & Paglia auf dem Programm.

Auf der Suche nach Partnern und dem Zugang zur Öffentlichkeit gelangten wir an das Trinationale Umweltzentrum in Weil am Rhein. Beide Vereine verbindet die guten Beziehungen innerhalb ihres Netzwerkes Schweiz – Deutschland – Frankreich. Einer prompten Einladung folgend, wurde ein Treffen mit Herr Thomas Klug vom TRUZ, Bürgermeister der Stadt Weil am Rhein Herr Christoph Huber und Herr Frank Brauer (Strohballenverein) möglich.

Unser Gespräch nahm eine ungeahnte Wendung, nachdem bekannt wurde, dass ein Projekt in einer ökologisch nachhaltiger Bauweise gedanklich in Planung war. Schnell ist unser Netzwerk aktiviert und es folgte ein weiteres Treffen.



Planungsteam von links;
Eric Wasser (Erfinder Heliodome) Jürgen Hess (Strohballenbauer) Susan Galster (Architektin), Rainer Stücklin (Zimmermann), Frank Brauer (Malermeister)

Schon kurze Zeit später kam Sigfried Delzer hinzu, der Spezialist für Kybernetik, welcher mit seinem breiten technischen Fachwissen unser Team bereichert.

Projektbeschreibung:

Sonne, Stroh & Sterne - Strohballenhaus als Schulungszentrum

1. Projektidee:

Strohballenhäuser haben eine lange Tradition, sind in den letzten Jahrzehnten jedoch in Vergessenheit geraten. Dabei haben Strohballen als Bau- und Dämmmaterial großes Potential. Nachhaltigkeit in Produktion und Beseitigung, hohe Feuerwiderstandsdauer und hohe Wärmedämmfähigkeit machen den Rohstoff Stroh zu einem interessanten Baustoff.

Deshalb erarbeitet der Verein „Stroh + Paille + Paglia“ zusammen mit der Stadt Weil am Rhein eine Machbarkeitsstudie für ein neues Seminargebäude in Strohballenbauart für das Trinationale Umweltzentrum TRUZ, das bisher auf zwei Standorte verteilt ist. Das neue Gebäude soll auf dem Dreiländergarten, dem Gelände der Landesgartenschau Weil 1999, entstehen, und Platz für Veranstaltungen in der Umweltbildung sowie die monatlich vom TRUZ angebotene Energieberatung bieten.

Die Studie vergleicht unter anderem verschiedene Gebäudeformen und Raumkonzepte, untersucht, wie sich eine möglichst hohe Versorgungsautonomie erreichen lässt und erstellt einen Kostenplan. Außerdem wird geprüft, welche nachhaltigen Baustoffe neben dem Stroh regional gewonnen werden können. Ein Öffentlichkeitskonzept für Besucher ist ebenfalls Teil der Studie. Hier helfen die Erfahrungen des Vereins „Stroh + Paille + Paglia“, in dem sich Fachleute aus Deutschland und der Schweiz für den Einsatz nachhaltiger Baumaterialien wie Strohbällen engagieren.

2. Bedarf und Vorgehensweise:



Ein passender Standort des neuen Schulungsgebäudes wurde auf der Freifläche zwischen Sundgauhaus und TRUZ Gebäude gefunden. Bereits heute findet im Sundgauhaus wie auch auf dem dazugehörigen Gelände, Umweltbildung für Schulklassen statt. Die Büroräume im TRUZ Gebäude werden von den

Bereichen Naturschutz und Umweltbildung genutzt,

Die Mitarbeiter des TRUZ erstellten eine Bedarfsanalyse. Bedürfnisse und Erfahrungswerte wurden in einem Raumbuch als Vorgabe für die Entwurfsarbeit festgehalten.

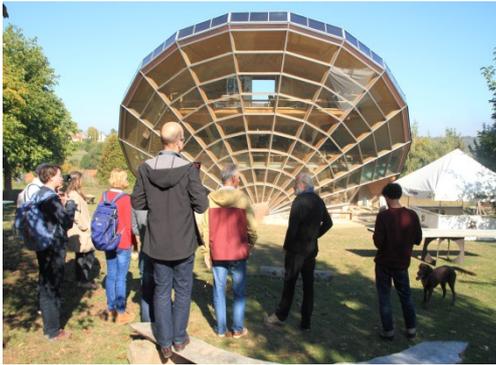
Planung Strohballenhaus im Freilandlabor beim Sundgauhaus

Raum	Inventar	Zweck
Seminarraum für 80 Pers. (nur Stühle) bzw. 35 Plätze an Tischen	- 9 Tische (80x160 cm), 35 Stühle aus bisherigem Seminarraum (inkl. FÖJ-Büro) - Beamer, Leinwand - Bodensteckdosen unter den Tischen (Mikroskopieren) - Möglichkeit zum Abdunkeln	Schulungen, Workshops, Kurse (Akustik!); Besprechungen
Vorbereitungsraum	- Spüle zur Reinigung von Kursmaterial - Trocknungsfläche - Schränke/Regale für 32 Mikroskope, Kursmaterial	- Material für Kurse lagern, vorbereiten, abwaschen, trocknen
Miniküche	- Spüle (Reinigung von Geschirr) - Trocknungsfläche - Schränke/Regale Geschirr	- Kaffee und Tee kochen, Kleingebäck und Backwaren anbieten
Lagerraum	- Lagerplatz - Regale	- Lagerung von 42 Vitra-Stühlen mit Klapptischen, stapelbar - Lagerung von Energiemodellen (inkl. Fahrrad, Parabolspiegel) - Lagerung von Archiv-Ordern, Prospekten ++
Unterstand/Garage		- Unterbringung Maschinen/Anhänger vom Fachbereich Naturschutz

- kein Telefon
- keine Toiletten (Außentoiletten vorhanden)
- Wasserleitung für Spüle

Die Bedürfnisse/ Wünsche wurden aufgegriffen und in einem ersten Ideenentwurf präsentiert, hier wurde die bereits bekannte Strohballenbauweise mit der Grundidee des Heliodome (Sonnenarchitektur) verknüpft und vorgestellt.

Eine Besichtigungsfahrt nach Frankreich, Cosswiller zu Eric Waser wurde vereinbart.



Eric Waser erläuterte den Sonnenverlauf anhand des Gebäudes detailliert. Bei der Besichtigung der Innenräume wurde die Lichteinwirkung erlebbar und festigten den Entwurfsgedanken.



Heliodome - Ein Sonnenhaus mit Zukunft

Das Heliodome ist ein futuristisches Sonnenhaus, dessen Form sich aus der kombinierten Jahres- und Tageslaufbahn der Sonne ergibt.

Die Sonne als richtungweisendes Element:

Im Winter geht die Sonne im Südosten auf und macht einen Bogen nach Südwesten. Dadurch dringen viele Sonnenstrahlen durch die Glasfassade. Das Gebäude wird mit Licht und Wärme versorgt, gleichzeitig kann in den Wandelementen die Wärmespeicherung erfolgen. Im Sommer geht die Sonne im Nordosten auf und macht einen Bogen nach Nordwesten. Die Sonne bleibt hoch oben am Himmel und dringt nicht in das Gebäude ein. Im Innern des Heliodomes bleibt es angenehm kühl.

Entdeckt wurde diese neue geometrische Form, die sich nach der Sonne orientiert, von Eric Waser. Er ist 57 Jahre alt und gelernter Möbelschreiner. Die Sonne habe ihn bereits als Kind fasziniert, so Wasser. «Schon die Urzeiten haben sich mit der Sonne beschäftigt, weshalb sollte es nicht möglich sein, anhand der Sonnenwege ein Gebäude zu machen, ein Volumen auszudrücken», so Wasser.



Auszeichnung von Sarkozy

für seine Erfindung wurde Eric Waser im Jahr 2003 vom französischen Staatspräsidenten Nicolas Sarkozy ausgezeichnet. 2005 erhielt er an der Erfindermesse in Genf den Schweizer Solarpreis. Doch erst 2008 war es möglich aus finanziellen Gründen den Prototypen des Heliodomes im ländlichen Dorf Cosswiller bei Strassbourg zu bauen.

Wie Sie aus dem Plakat (siehe Abbildung Heliodome Eric Waser) entnehmen können, besteht auch hier ein sehr großes Potenzial an verschiedenen Ausführungsformen, für das von der Natur abgeschauten Heliodomes, welche sich auch sehr gut in das moderne und ökologisch nachhaltige Erscheinungsbild einer Stadt einfügen lässt.

Auf dieser Basis entwickelte Herr Wasser ein Einkaufszentrum, ein Bürogebäude und Wohnhäuser welche in Ihrer Größe und Bauweise soweit variieren, dass man die kleinsten Entwicklungen Tiny - Häuser nennen kann.

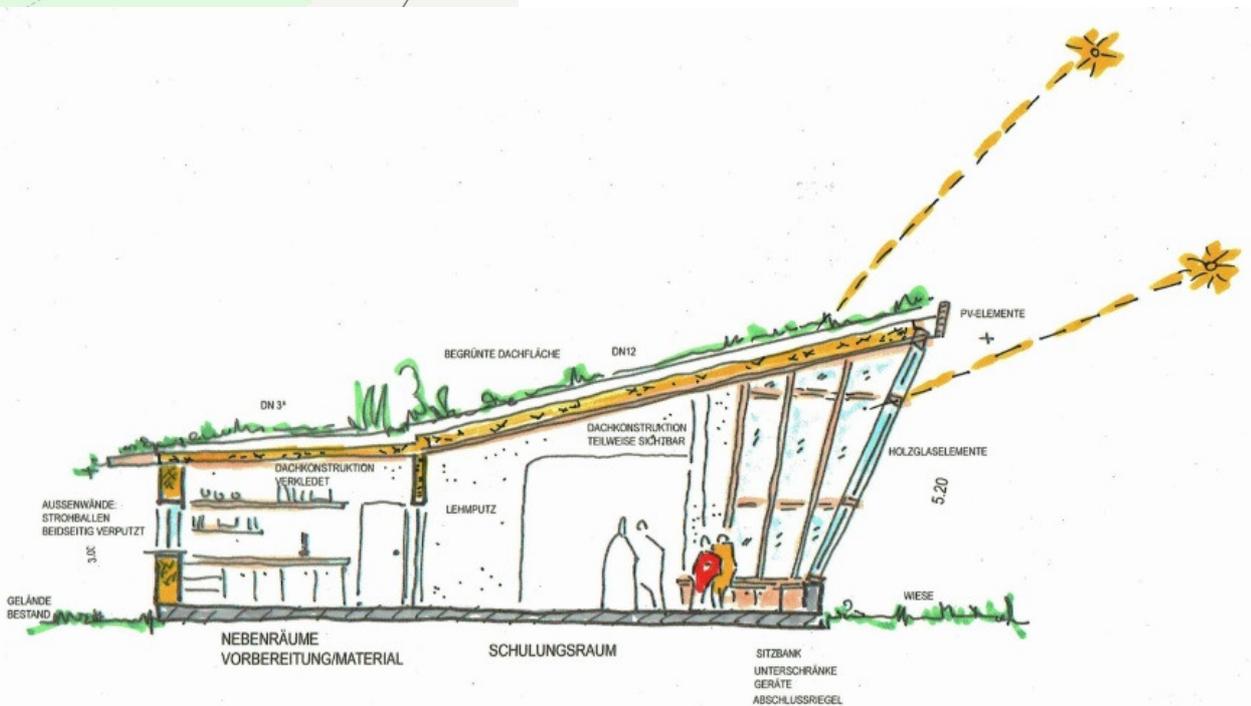
3. Entwurfskonzept:



LAGEPLAN

Der Entwurfsprozeß ergab, dass die örtliche Zusammenführung der Abteilungen des TRUZ Umweltbildung und Naturschutz weitere Räumlichkeiten benötigen. Der geplante Entwurf, welcher Schulungsraum und Nebenräumen wie Vorbereitung, Sanitär- & Technik gem. Raumbuch beinhaltet, wurde durch Büroräume ergänzt.

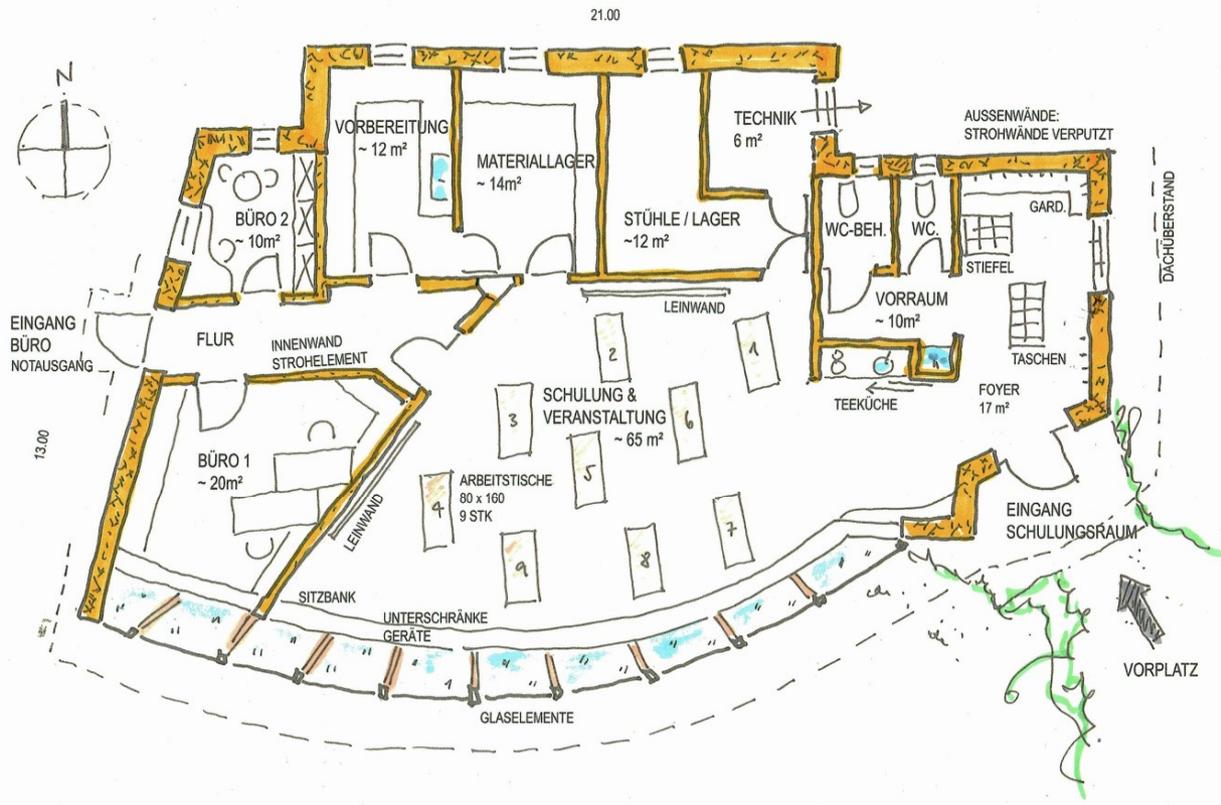
SCHNITT



Bauwerk-Baukonstruktion

310 Baugrube	Bodenklasse
320 Gründung	Flächengründung (Stb 30cm), mit Schaumglasschotter
330 Aussenwände	Estrich, keramischer Belag
340 Innenwände	Holzständer mit Strohballeausfachung b=40cm
350 Decken	Putz innen und aussen, Anstrich
360 Dächer	Pressstrohwand d=16cm
370 Baukonstruktive Einbauten	Ständerwand 16cm
390 Sonstiges	Betonunterzug
	Holzdachstuhl
	Einblasstroh, Dachfläche begrünt, Untersicht 3-Schicht TA
	Teeküche, Brüstungselemente Süd
	Baustelleneinrichtung
	Gerüst
	Vorhaltung Material

Die Südfassade als geneigte Glas/Holzkonstruktion, gemäss Heliodome, erfuh eine Verlängerung, Weitere Aussenwände werden im nicht lastabtragenden Strohballenbau ausgebildet. Das verwendete Holzständerwerk dient als lastabtragende Konstruktion, Strohballen ist der Wandbildner, beidseitig je nach Anforderung mit Lehm oder Kalkputz verputzt. Die geneigten Dächer, konstruiert als Sparrendach, werden mit eingeblassenen Strohhäcksel im Gefache gedämmt, Dachhaut begrünt.



SONNE, STROH & STERNE SCHULUNGSRaum
 TRINATIONALES UMWELTZENTRUM - WEIL AM RHEIN / HÜNINGEN
 GRUNDRISS - VORENTWURF m 1:100 16.11.2018
 ARCHITEKTIN SUSAN GALSTER

STROH-PAILLE-PAGLIA
 STROHBALLENBAU-VEREIN
 vertreten durch
 frank brauer (vorstandsmitglied)
 obere dorffstrasse 79618 rheinfelden

Gebäudeenergiekonzept:

Siehe Anlagen

Ökologischer Nutzen der Baustoffe: STROH & LEHM

Durch den Trend zum ökologischen Bauen erfreuen sich regional nachwachsende Rohstoffe, in ihrer natürlichsten Form, im Wohn- und Arbeitsbereich zunehmender Beliebtheit. Sie schonen die Umwelt und tragen zur Wohngesundheit bei. Vom Mauerwerk über den Bodenbelag bis hin zum Dachstuhl – moderne Häuser lassen sich komplett aus natürlichen, chemiefreien Baustoffen sanieren oder bauen.

Was ist ökologisch nachhaltiges Bauen?

Beim ökologisch nachhaltigen Bauen gliedert sich das Gebäude, da es aus nachwachsenden Rohstoffen mit geringem Energieaufwand erstellt ist, in den natürlichen Stoffkreislauf ein. Folglich ist es ressourcenschonend – sowohl im Bereich Konstruktion als auch im laufenden Betrieb. Die Recyclierbarkeit der natürlichen Materialien macht diese zu Hoffnungsträgern einer klimaneutralen Bauweise. Um das zu erreichen, bestimmen Sie als Bauherr den optimalen Standort und verwenden nachhaltige Baustoffe. Ziel ist es dabei, durch eine ganzheitliche Betrachtung den Energiebedarf über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden, so gering wie möglich zu halten.

Zur Gruppe natürlicher Baumaterialien gehören mineralische Baustoffe wie Ton, Lehm und Kies, Holzbaustoffe, natürliche Dämmstoffe, natürliche Farben und Lacke sowie Bodenbeläge aus ökologischen Materialien.

Strohballenbau

Die Geschichte des Strohballenbaues begann, als vor ca. 130 Jahren im US-Bundesstaat Nebraska Siedler aus Materialnot Häuser aus Stroh errichteten. Diese "Gebäude" waren als Provisorium gedacht. Jedoch bewährten sich die Häuser in der Sommerhitze wie auch in den kalten Wintern. Die Gebäude wurden zum festen Bestand und es kamen noch viele hinzu und wurden verputzt. Einige stehen noch heute in einwandfreiem Zustand.

Mit dem Aufkommen moderner Baustoffe geriet diese Bauweise in Vergessenheit.

In den 80er entdeckte die ökologische Baubewegung den Strohballenbau neu und verbreitete ihn in alle Kontinente.

In der Technik des Strohballenbaues unterscheidet man zwei unterschiedliche Bauweisen. Eine Bauweise nennt sich lasttragende Technik oder auch Nebraska-Stil, die andere wird als Holzständerbauweise bezeichnet. Bei der lasttragenden Technik (Nebraska-Stil) werden Strohballen wie Mauersteine im Verband aufeinander geschichtet. Die daraus entstehenden Wände tragen Dach und Decken. Bei der Holzständerbauweise (Sonne, Stroh & Sterne) hingegen leiten Holzstützen die Lasten in den Baugrund weiter. Während in anderen Ländern viele Gebäude lasttragend gebaut werden, ist in Deutschland eine Baugenehmigung bisher fast ausschließlich für die Holzständerbauweise zu bekommen. Bei beiden Bauweisen kann das Stroh direkt mit Lehm oder Kalk verputzt werden, ein zusätzlicher Putzträger ist nicht nötig. Eine Verkleidung der Strohballen mit Platten oder eine Holzschalung sind ebenfalls möglich.

Vorteile:

Für die Herstellung und den Transport von Strohballen wird äußerst wenig Energie aufgewendet. Durch die hohe Dämmwirkung der Strohballen ($= 0,052-0,080 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$), ist es sogar möglich, Passivhausstandard zu erreichen.-siehe Anlage

Möglichkeiten der Nutzung lokaler Ressourcen:

Aufgrund der Erfordernisse bzgl. Ernte, Zertifizierung und Lagerung des Strohs bis Baubeginn ist es sinnvoll Baustroh von den lokal ansässigen Zwischenhändlern zu beziehen, welche das lokal erzeugte Baustroh zum vereinbarten Termin an die Baustelle anliefern. Eine Ausnahme bei Bauherren aus der Landwirtschaft, wenn der Wunsch besteht eigenes Stroh zu verbauen und die erforderliche Infrastruktur vorhanden ist.

Vergleich zu konventionell, industriell hergestellten Dämmstoffen, werden bei lokal verwendetem Baustroh Transportwege von max. einigen Dutzend Kilometern in der Gesamtenergiebilanz nur marginal sichtbar.

Strohballen zum Bauen und Qualitätssicherung:

Die Strohballen, welche als Dämmebene verbaut werden, gelten, wie für alle Dämmstoffe, klar definierte Parameter bezgl. Pressdichte und Feuchtegehalt. Da es sich hier um ein "Naturprodukt" handelt, ist zusätzlich eine haptische und olfaktorische Prüfung erforderlich, d.h. es muss festgestellt werden, ob der Ballen sich trocken anfühlt, durchwegs fest ist und wie er riecht, nach trockenem Stroh oder modrig.

Im Rahmen einer Zertifizierung zum "Baustrohballen" durch eine zugelassene Fachkraft wird eine einwandfreie Eignung gewährleistet.

Im Gegensatz zu konventionellen Baustoffen, wird dieser Baustoff ohne chemische Zusätze verbaut und mit Holz, Kalk und Lehm kombiniert. Auf diese Weise werden wohngesunde Häuser geschaffen.

Kostenvergleich zu konventionellem Bauen:

Bei einem kürzlich stattgefundenen Treffen von strohballenerfahrenen Handwerkern und Architekten in der Zimmerei Grünspecht, Freiburg, wurde dieses Thema erläutert. Übereinstimmend wurde festgestellt, dass bei vorgefertigten Häusern (Wand-, Deckenelemente etc. werden in der Halle hergestellt) mit vergleichbarer Dämmleistung, wie bei konventionellem Bauen die Mehrkosten i.M. 5-10% betragen.

Bei Einbau der Ballen vor Ort können durch Mithilfe von freiwilligen Helfern/ Eigenleistung die Mehrkosten nahezu kompensiert werden.

Lehm - der älteste Baustoff der Welt

Lehmbautechniken sind seit mehr als 9000 Jahren bekannt, und noch heute lebt etwa ein Drittel der Weltbevölkerung in Lehmhäusern. Hier gibt es die Erstellung eines Gebäudes durch Lehmbausteine oder/ und die Beschichtung der Wände durch Lehmverputztechniken. In unseren Breitengraden haben sich Lehmstoffe für den Innenausbau bewährt, vorwiegend als Putzauftrag, 2-3lagig. Grundsätzlich sind auf Wänden aus Strohballen keine Putzträger erforderlich, lediglich auf sichtbaren Holzbalken und Fenster- und Türenaussparungen welche in der Regel aus Holzdielen/Schilf oä bestehen. Die Putze werden mit einer Armierung versehen, die in die Lehmschicht eingearbeitet wird. Dies ist erforderlich um Setzungsrisse zu vermeiden. Durch das hervorragende Diffusionsverhalten und das direkte Auftragen der Lehmschicht auf die Strohoberfläche macht es keinen Sinn andere Lösungen wie z.B. Gipskartonplatten in Erwägung zu ziehen.

Durch seine feuchtigkeitsregulierende Wirkung auf die Raumluft und wegen seiner Elastizität bietet der Lehmputz wesentliche Vorteile gegenüber den übrigen Putzen. Generell sorgt Lehm für eine besondere Wohlfühlatmosfera. Die Decke des Lehmputzes kann 3-6cm betragen, je dicker umso besser ist die Wärmespeicherwirkung der Wand und deren feuchtigkeitsregulierende Wirkung. Die Aussenwände der Strohballenhäuser werden mit dreischichtigen aufgetragenen Lehm- oder Kalkputzen versehen, hier sind die Regeln der Technik wie bei einem konventionellen Dämmstoff einzuhalten, deshalb sollten die Putzoberflächen vor Schlagregen geschützt werden.

Siehe Anlage

Zementputze sind aufgrund ihrer mangelnden Diffusionsfähigkeit ungeeignet.

Technische Vorteile

Auch was den sommerlichen Wärmeschutz betrifft, sind diese Dämmstoffe aufgrund der hohen Phasenverschiebung (nach welcher Zeit erreicht die Wärme die andere Seite des Bauteils) deutlich im Vorteil, eine Überhitzung der Räume wird daher wirkungsvoll verhindert.

Naturdämmstoffe bieten darüber hinaus einen verbesserten Schallschutz.

Durch die bessere Atmungsaktivität und ihre Wasseraufnahme bzw. abgabevermögen verbessern Naturdämmstoffe außerdem das Raumklima.

Nachteile von ökologischen Dämmstoffen

Nachteilig sind die meist höheren Materialkosten gegenüber konventionellen Dämmstoffen. Grundsätzlich sind die Gesamtkosten einer Dämmung neben den Materialkosten von der Art der Gesamtkonstruktion abhängig. Deswegen ist ein Preisvergleich nur am konkreten Einsatzfall machbar.

Herausforderungen/Chancen und Risiken des Vorhabens

Die Herausforderung besteht darin die ökologisch nachhaltigen Bauweisen alltagstauglich zu machen. Auch der Bund Deutscher Architekten (BDA) fordert in dem Positionspapier "Das Haus der Erde", den Wandel zu einer klimagerechten Architektur in Stadt und Land.

Das Risiko besteht darin, dass sich auch die Landwirtschaft anpassen muss. Es wird kein mit Chemikalien belastetes Stroh verarbeitet. Im Umkehrschluss heißt es gesündere Lebensmittel, weniger Belastung für Mensch und Umwelt und ein Zusatzverdienst beim Verkauf von zertifiziertem Baustroh.

Terminplan:

Die benötigten Strohballen werden nach dem Erntezeitpunkt in einer Halle zwischengelagert bzw. zum gewünschten Zeitpunkt vom Hersteller angeliefert. In den Wintermonaten wird die Bodenplatte und Holzkonstruktion erstellt. Im Frühjahr werden die Strohballen eingebaut. Um eine entsprechende Trocknung zu gewährleisten, erfolgt der Verputz in mehreren Lagen über die Sommermonaten.

Darstellung des Reduzierungspotentials von klimaschädigenden Stoffen/Schadstoffen:

Für das vorgesehene Gebäude soll durchgehend Stroh als Dämmstoff verwendet werden und dies in Form von gepressten Kleinballen. Im Dachbereich kann gehäckseltes Stroh eingesetzt werden. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass für die Herstellung der Dämmebene folgender PEI-Wert (Primärenergieinhalt) gilt:

Stroh mit 3 kWh/m², im Vergleich zu 20 kWh/m² für herkömmliche Zellulose oder gar 100 kWh/m² gegenüber einer Polystyrolämmung. (Krick2008, gerechnet in Passivhausqualität).

Zusätzlich wird die Atmosphäre dadurch entlastet, dass Stroh einen erheblichen CO₂-Speicher darstellt, wenn man es dauerhaft konserviert, wie es hier geschehen soll.

Ein weiterer entscheidender Vorteil ergibt sich bei der Kombination mit einer Südfassade, die einen optimalen Sonnen/Wärmeeintrag im Winterhalbjahr gewährleistet (siehe "Heliodom" siehe Anlage).

Da organische Materialien bei gleicher Dichte etwa doppelt so viel Wärme speichern wie mineralische Stoffe, kann es von Vorteil sein, die Bodenplatte ebenfalls mit Stroh zu dämmen, um einerseits im Winterhalbjahr genügend Speichervolumen für jede Sonnenstunde vorzuhalten und andererseits eine gleichmäßige Wärmeabstrahlung über Nacht zu gewährleisten, so dass die Räume im Winter nie auskühlen, auch bei minimalem bis fehlendem Heizaufwand. Diese Option wird in der nächsten Phase der Planung geprüft.

Naturreine Putze, Holz aus der Region für das tragende Element und (Holz) für die Außenverkleidung ergänzen die günstigen PEI-Werte für die Darstellung des Reduzierungspotentials von klimaschädigenden Stoffen/Schadstoffen, ebenso der Aspekt der kurzen Wege, beim Material wie bei den ausführenden Partnern. Die eingesetzten Materialien sollen eine hohe Schadstofffreiheit besitzen und damit sich günstig auf die Raumatmosphäre auswirken.

Siehe Anlage 2 und Anlage 3

Einsparung von Primärenergie

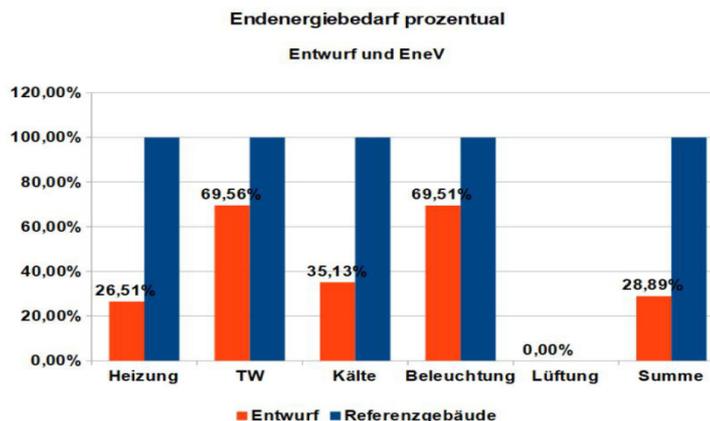


Abbildung 16: C.5.1.3 Endenergiebedarf relativ zum Referenzgebäude

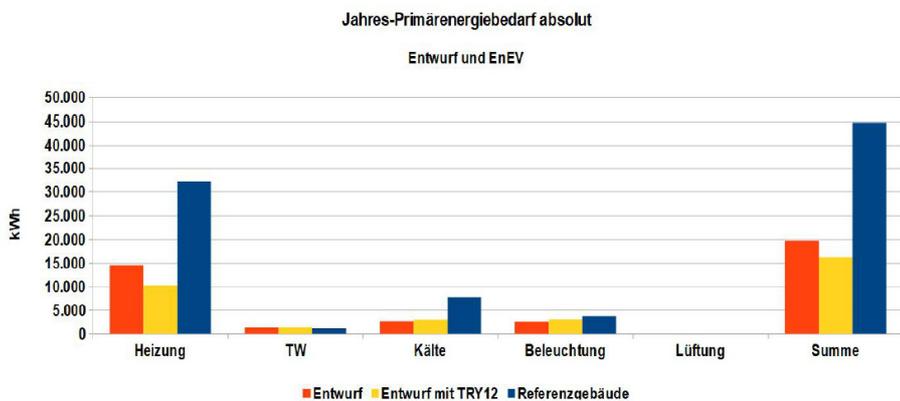


Abbildung 17: C.5.2.1 Jahresprimärenergiebedarf absolut

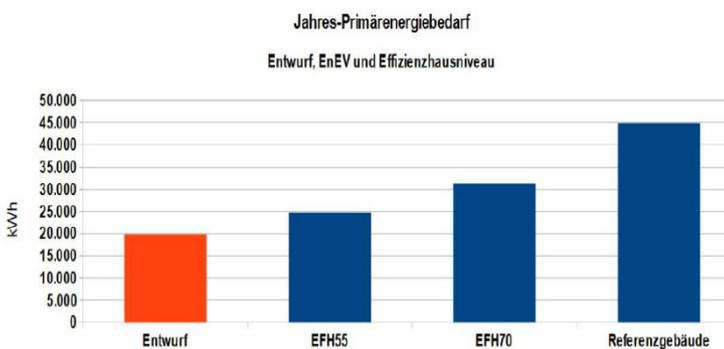


Abbildung 20: C.5.3.1 Jahres-Primärenergiebedarf absolut (Effizienzgebäude)

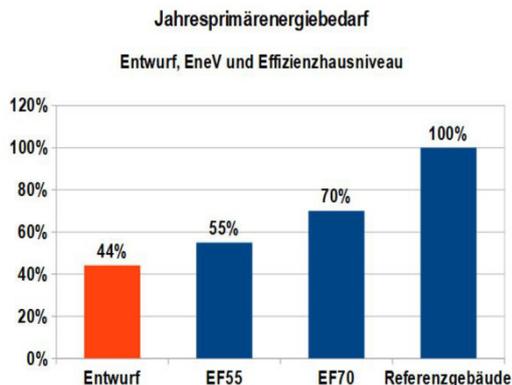


Abbildung 21: C.5.3.2 Jahres-Primärenergiebedarf in % (Effizienzgebäude)

Im Vergleich zu Gebäuden nach EnEV/Referenzgebäude werden ca. 25 000 bis 27 500 kWh/a eingespart.

Reduktion der CO2 Emissionen

Im Vergleich zu Gebäuden nach EnEV/Referenzgebäude werden bei der CO₂-Emission 5,26 t/a eingespart

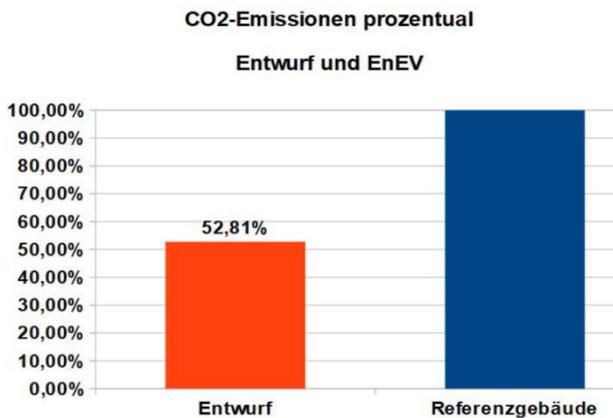


Abbildung 23: C.4.4.2 CO2-Emissionen prozentual

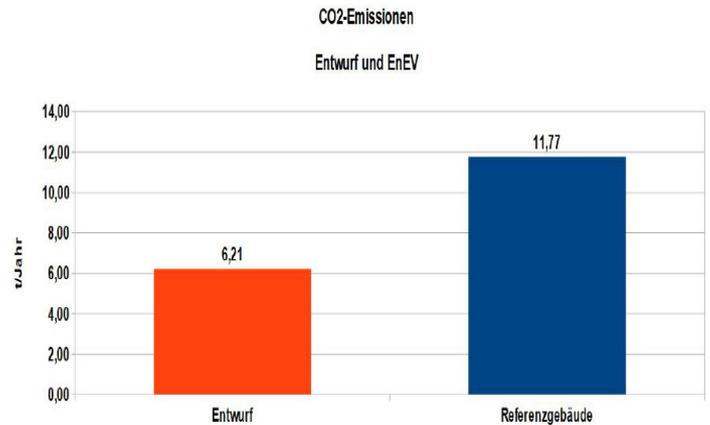


Abbildung 22: C.4.4.1 CO2-Emissionen absolut

Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung bezieht sich, die Investitionen betreffend, ausschließlich auf den Energiebedarf für Heizung, Kälte und Warmwasser. Für eine genauere Kostenabschätzung der Beleuchtungskosten ist eine detaillierte Lichtplanung erforderlich. Sind die Ansprüche an Lichtqualität, Verteilung und Design definiert, kann die Wirtschaftlichkeit der LED-Technik und vollständigen Automatisierung gegenüber dem Referenzgebäude (Präsenzkontrolle, stabförmige Leuchtstofflampen) abgeschätzt werden.

Vor einer Antragstellung bei der KfW muss gegebenenfalls die Berechnung an das Beleuchtungskonzept angepasst werden.

Aufgrund des alternativen Baukonzeptes ist eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Baukosten erst nach der Umsetzung möglich. Die Materialkosten für Stroh sind tief und es werden deutlich tiefere Baukosten erwartet als mit Standardbaustoffen. Das soll mit dem Projekt auch belegt werden.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung bezieht sich ausschließlich auf die Heizungstechnik. Referenztechnik ist eine Öl-Brennwerttherme mit thermischer Solaranlage und eine Kältemaschine für die Klimatisierung.

Investitionskosten

Projektgesamtkosten	781.367,50€
zzgl 19 % MWST	148.459,83€
Projektkostengesamtsumme, brutto	929.827,33€

Detaillierte Aufschlüsselung siehe Anlage 1

Betriebskosten

Technik	Referenzgebäude	Entwurf	Differenz	
Investition	141998,70	146642,50	4643,80	
jährliche Betriebskosten				
Kapitalkosten	8228,81	8010,54	-218,27	€/Jahr
Betriebskosten	2366,72	2737,50	370,78	€/Jahr
Verbrauchskosten dynamisch	2089,96	4526,01	2436,05	€/Jahr
Summe	12685,49	15274,05	2588,56	€/Jahr
Differenz Technik			2.589	€/Jahr
Amortisationszeit			56,7	Jahre
Kapitalrückfluss			32%	Investition/jährl. Einsparung Einsparung/Kapitalkosten pro Jahr

Abbildung 27: C.6.2.1 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung Technik

Unter den gegebenen Randbedingungen ist die geplante Anlage nicht wirtschaftlich. Positiv auf die Wirtschaftlichkeit wirken sich folgende, bisher nicht berücksichtigte Faktoren aus:

- selbst genutzter PV-Strom für die Wärmepumpe

höhere Effizienz und damit geringerer Stromverbrauch für die Wärmepumpe durch

- bessere Regenerierung des Erdregisters (Abwasser, Lüftung)

- Auswahl der Wärmepumpe (bilanziert wurde mit DIN18599-Standardwerten)

- stärkerer Anstieg des Ölpreises, als des Strompreises (dieses Szenario ist wahrscheinlich, lässt sich aber nicht durch statistische Daten belegen)

Der im Vergleich hohe (abgabenbelastete) Strompreis steht der Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe entgegen.

Erläuterung des zur Übertragbarkeit/Beispielwirkung, Nachhaltigkeit oder zum Multiplikatoreffekt

Im idealen Fall kann das TRUZ mit Hilfe von Finanzpartnern das Gebäude realisieren. Die Leistungsphase 2 (in Anlehnung an die HOAI) sieht nicht nur Planunterlagen sondern auch eine Kostenschätzung vor. Nach der Realisierung des Gebäudes sind weitere Projekte von privater oder öffentlicher Hand als Multiplikatoreffekt vorstellbar.

In Deutschland sind Häuser in Holzständerbauweise beliebt, so dass ein mögliches Potential von ca. 700.000 Einfamilienhäuser geeignet sind mit Strohballen gedämmt zu werden. Der Bau eines Schulungszentrums auf dem Landesgartenschau Gelände würde einen enormen Beispieleffekt erzeugen und damit auch Bauherren erreichen. Unterstützt wird dieser Effekt durch die monatlich stattfindenden Energieberatungen sowie durch die Vernetzung der 48 Mitgliederorganisationen im TRUZ, die sich als Multiplikatoren nutzen lassen. Die beantragten Maßnahmen zur Öffentlichkeitsarbeit sollen diesen Effekt noch verstärken. Als einer der größten Erholungsflächen in der Städteagglomeration Weil am Rhein - Lorrach - Basel zieht das Parkgelände zudem viele Besucher an.

Öffentlichkeitsarbeit:



Zum Abschluss der ersten Phase trafen wir uns zur öffentlichen Präsentation von Sonne, Stroh & Sterne mit Plakaten und einem Modell am Sundgauhaus auf dem Gelände des TRUZ. Das Feedback der Vereinsmitglieder sowie der Besucher war durchweg positiv.



Am 12. 07.19 präsentierten wir mit Jürgen Hess, Eric Wasser, Siegfried Delzer, Susan Galster und Frank Brauer Sonne Stroh & Sterne bei einem Netzwerktreffen TRUZ-Mitgliedern, der Öffentlichkeit und der Presse. Die Resonanz war sehr groß.

So entstanden im Anschluss rege Gespräche unter den Besuchern und unserem Team.

Für diese Präsentation wurden Plakate in Größe A0 entworfen und gedruckt, ebenfalls war unser Modell zur Unterstützung der Vorstellungskraft sehr hilfreich.

Zu einem früheren Zeitpunkt gab es für die Mitglieder des TRUZ in der Markthalle Basel einen ersten Einblick.

Bei einem organisierten Ausflug nach Cosswiller (Frankreich) besichtigten wir gemeinsam Eric Wassers Wohnhaus ein Heliodome, welcher bei Bedarf wiederholt werden kann.

Zusammenfassung / Fazit / Aussicht

Zusammengefasst kann man sagen, dass dieses Projekt eine große Signalkraft in die Region senden kann. Das Projekt wurde bereits verschiedenen politischen Vertretern in der Region (Bundes- und Landtagsabgeordneten) vorgestellt. Zur Zeit prüft der Antragsteller ob die bauplanerischen Vorgaben in dem Sondergebiet "Landesgartenschau" einen Bauantrag zulassen. Im positiven Fall muss das Vorhaben vom potentiellen Bauantragsteller (TRUZ) auf wirtschaftliche Realisierbarkeit geprüft werden.

KOSTENSCHÄTZUNG

Projekt: Sonne Stroh & Sterne Schulungsgebäude
TRUZ - Weil am Rhein

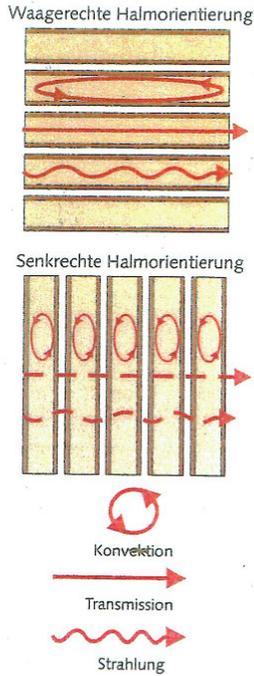
Zeitpunkt der Ermittlung: 23.04.2019
Planungsstand: Vorentwurf
Grundlage zur Kostenschätzung: Planstand vom 16.11 bzw 14.12.2018
BIO Kosten
Erhöhungswerte

Umsatzsteuer wird separat ausgewiesen
aufgestellt durch: ganzheitliches ökologisches bauen
architektin susen gebler
DELZER-KYBERNETIK

KG	Kostengruppe der 2. Ebene	Beschreibung	Menge	Einheit	KKE in(€)	Kosten in €, netto
100	Grundstück	keine Angabe				
210	Herichten		200,00	m²	50,00	10.000,00
220	Öffentliche Erschließung					
230	Nichtöffentliche Erschließung					
240	Ausgleichsmaßnahmen und -abgaben					
250	Übergangsmaßnahmen					
200	Vorbereitende Maßnahmen					10.000,00
310	Baugrubeneinbau					
320	Gründung, Unterbau	Flächengründung, Beton, keinein Betrag	220,00	m²	395,00	86.900,00
330	Außenwände/Vertikale Baukonstruktionen, außen	Stroh/Kalk/Lehmputz, Glasflächen	167,00	m²	892,00	148.954,00
340	Innenwände/Vertikale Baukonstruktionen, innen	Stroh/Kalk/Lehmputz	220,00	m²	315,00	69.300,00
350	Decken/Horizontale Baukonstruktionen					
360	Dächer	Holzkonstruktion, Sichtschalung Einbauleistung, Dachbegrenzung	230,00	m²	481,00	110.630,00
370	Infrastrukturanlagen					
380	Baukonstruktion Einbauten					
390	Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen					
300	Bauwerk - Baukonstruktionen					416.784,00
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	RegenW- Sanitär, Abwasser				30.000,00
420	Wärmeversorgungsanlagen	Wärmepumpe, Erdregler, Fußbodenheizung				47.500,00
430	Raumlufttechnische Anlagen	WRG, Kosten freie Lüftung				15.000,00
440	Elektrische Anlagen	PV-Systeme, Wechselrichter-90%				52.000,00
450	Kommunikations-, sicherheits- und informationstechn. Anl.	Vertikale Zentrale				15.000,00
460	Förderanlagen					
470	Nutzungsspezifische und verkehrstechnische Anlagen					
480	Gebäude- und Anlagenautomation	Energiemanagement				15.000,00
490	Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen					
400	Bauwerk - Technische Anlagen					174.500,00
510	Einbau					
520	Gründung, Unterbau		100,00	m²	100,00	10.000,00
530	Obertbau, Deckenflächen					
540	Baukonstruktionen					
550	Technische Anlagen					
560	Einbauten in Außenanlagen und Freiflächen					
570	Vegetationsflächen					
580	Wasserflächen					
590	Sonstige Maßnahmen für Außenanlagen und Freiflächen					
600	Außenanlagen und Freiflächen					10.000,00
610	Allgemeine Ausstattung	Einbauschreibtische	1,00	pauschal		23.500,00
620	Besondere Ausstattung					
630	Informationstechnische Ausstattung					
640	Künstlerische Ausstattung					
690	Sonstige Ausstattung					
600	Ausstattung und Kunstwerke					23.500,00
710	Bauherraufgaben					
720	Vorbereitung der Objektplanung					
730	Objektplanung					
740	Fachplanung					
750	Künstlerische Leistungen					
760	Allgemeine Baunebenkosten		25,00	% BK 400-630	590.294,00	147.573,50
790	Sonstige Baunebenkosten					
700	Baunebenkosten					147.573,50
Projektkostengesamtsumme, netto						781.367,50
zzgl. 10 % MWST						148.459,83
Projektkostengesamtsumme, brutto						929.827,33

Bauphysikalische Aspekte

4.1 Wärmeleitung und Wärmedämmung



4.1: Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Halmorientierung

Für den Transport von Wärme gibt es drei Mechanismen: *Strahlung*, *Konvektion* und *Wärmeleitung*. Während die *Wärmestrahlung* Energie in Form von elektromagnetischen Wellen überträgt und transluzente Medien oder auch ein Vakuum durchdringt, sind *Wärmeleitung* und *Konvektion* an Medien gebunden.

Wärmeleitung ist der Transport von Wärme durch einen Stoff. Dabei gilt in der Regel: je dichter der Stoff, umso besser leitet er Wärme, je leichter ein Stoff, umso geringer ist die Wärmeleitung, d.h. umso besser ist seine Wärmedämmwirkung.

Konvektion ist die Wärmeübertragung durch ein strömendes (bewegtes) Transportmedium (beispielsweise Luft oder Wasser).

Um die Wärmedämmung eines Bauteils berechnen zu können, müssen die Wärmeleitfähigkeit des Materials und die Dicke des Bauteils bekannt sein. Die Wärmeleitfähigkeit wird mit Lambda (λ) bezeichnet und hat die Einheit $W/(m \cdot K)$. Ein Wärmeleitwert von $\lambda = 2 W/(m \cdot K)$ bedeutet, dass durch eine $1 m^2$ große Wandfläche bei einer Materialdicke von 1 Meter und 1 Grad Temperaturunterschied zwischen der einen und der anderen Wandseite 2 Watt Wärmeenergie übertragen wird.

Bei den Strohballen ist die Wärmeleitfähigkeit abhängig von der Ausrichtung der Strohhalme gegenüber der Richtung des Wärmestroms. Verläuft der Wärmestrom

parallel zu den Halmen, ist die Wärmeleitfähigkeit höher als bei einem Wärmestrom senkrecht zur Halmrichtung. Abb. 4.1 verdeutlicht diesen Zusammenhang.

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Baustrohballen nennt folgende Rechenwerte für die Wärmeleitfähigkeit:

- Wärmestrom in Halmrichtung:
 $\lambda = 0,080 W/(m \cdot K)$
- Wärmestrom senkrecht zur Halmrichtung
 $\lambda = 0,052 W/(m \cdot K)$

Im Vergleich zu Kunststoff- oder Mineralfaserdämmstoffen, welche λ -Werte von 0,024 bis 0,045 $W/(m \cdot K)$ aufweisen, ist das ein ungünstiger, im Vergleich zu Nadelholz mit $\lambda = 0,13 W/(m \cdot K)$ ein recht günstiger Wert.

Von der Wärmeleitfähigkeit zum U-Wert

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) einer Wand gibt an, wie viel Wärmeenergie pro Grad Kelvin Temperaturunterschied durch einen Quadratmeter Wandfläche transportiert wird. Je niedriger der U-Wert, umso weniger Energie wird transportiert und umso geringer sind die Heizkosten. Daher ist ein möglichst niedriger U-Wert für die Außenbauteile eines Gebäudes anzustreben.

Der U-Wert einer aus n Bauteilschichten bestehenden Wand wird nach folgender Formel berechnet:

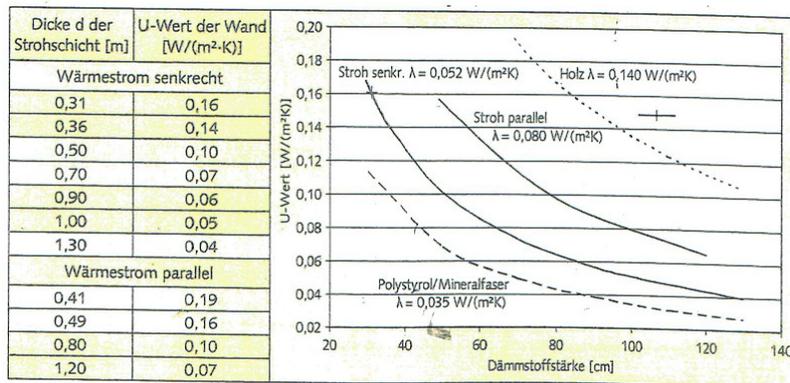


Tabelle 4.1: U-Wert von Strohballenwänden in Abhängigkeit von der Dicke der Strohschicht und der Halmorientierung

$$U = \frac{1}{R_{Si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{Se}}$$

Dabei ist:

- U Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m²K)]
- R_{Si} innerer Wärmeübergangswiderstand [m²·K/W]
- d₁ Dicke der 1. Bauteilschicht [m]
- λ₁ Wärmeleitfähigkeit der 1. Bauteilschicht [W/(m·K)]
- d_n Dicke der n-ten Bauteilschicht [m]
- λ_n Wärmeleitfähigkeit der n-ten Bauteilschicht [W/(m·K)]

R_{Se} äußerer Wärmeübergangswiderstand [m²·K/W]

Tabelle 4.1 gibt die U-Werte von Strohballen-Wandkonstruktionen mit folgendem Aufbau an (Schichtenfolge von innen nach außen): 4 cm Lehmputz, Strohballen, 2 cm Lehmputz, hinterlüftete Schalung. Die Dicke der Strohschicht orientiert sich dabei an verfügbaren Ballenmaßen. In der grafischen Darstellung werden diese Werte den mit konventionellen Dämmstoffen und Holz erreichbaren bei gleicher Schichtdicke gegenüber gestellt.

4.2 Wärmespeicherung

Für übliche Baustoffe gilt: Je höher die Dichte eines Baustoffes, umso besser speichert er die Wärme, umso besser leitet er sie aber auch. Je leichter ein Baustoff ist, umso besser die Wärmedämmung, umso schlechter die Wärmespeicherung. Diese Faustregel gilt jedoch nur in erster Näherung. Organische Materialien speichern bei gleicher Dichte etwa doppelt so viel Wärme wie mineralische Stoffe, Wasser viermal so viel.

Jeder Stoff hat eine spezifische Wärmespeicherfähigkeit c. Diese Speicherfähigkeit ist eine Materialkonstante die üblicherweise in kJ/(kg·K) angegeben wird.

Die absolute Speicherfähigkeit C in kJ/K eines Körpers mit einem bestimmten Volumen errechnet sich nach folgender Formel:

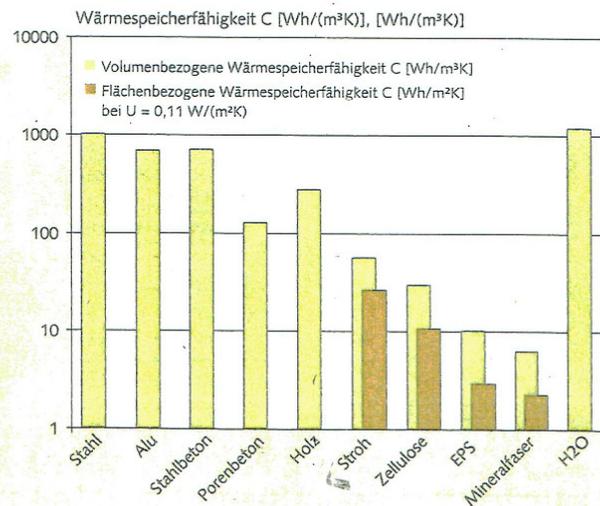
$$C = c \cdot \rho \cdot V$$

Dabei ist:

- c die materialspezifische Wärmespeicherfähigkeit in [kJ/(kg·K)],
- ρ die Dichte des Materials in [kg/m³] und
- V das Volumen des Körpers in [m³].

Tabelle 4.2: Wärmespeicherfähigkeit verschiedener Baustoffe

Spezifische Wärmekapazität c [kJ/(kg·K)]	
Metallisch z.B. Alu	0,90
Stahl	0,45
Mineralisch	ca. 1,00
Organisch	ca. 2,00
Wasser	4,20
Speicherfähigkeit C [Wh/(m³·K)]	
Stahl	988
Alu	675
Stahlbeton	694
Porenbeton	125
Holz	278
Stroh (110 kg/m³)	56
Zellulosef. (55 kg/m³)	29
EPS (18 kg/m³)	10
Mineralfaser (27 kg/m³)	6
Wasser	1167
C [Wh/(m²·K)] bei U= 0,15 W/(m²·K)	
Stroh (110 kg/m³)	19,3
Zellulosef. (55 kg/m³)	7,7
Polystyrol (18 kg/m³)	2,3
Mineralfaser (27 kg/m³)	1,6



Um die nutzbare, in einem Körper gespeicherte Wärme Q in kJ zu berechnen, muss die Wärmespeicherfähigkeit des Körpers C mit der Temperaturdifferenz zwischen dem Körper und der Umgebung multipliziert werden:

$$Q = C \cdot \Delta T \text{ [kJ]}$$

Dabei ist:

C die Wärmespeicherfähigkeit des Körpers in [kJ/K], und

ΔT die Temperaturdifferenz zwischen Körper und Umgebung in [K].

Für die Umrechnung von Q in [Wh] gilt: $3,6 \text{ kJ} = 1 \text{ Wh}$ bzw. $1 \text{ kJ} = 1/3,6 \text{ Wh}$.

Tabelle 4.2 zeigt, dass das Wärmespeichervermögen von Stroh im Vergleich zu anderen Wärmedämmstoffen sehr gut ist, im Vergleich zu Massivbaustoffen jedoch eher bescheiden ausfällt. So erreicht beispielsweise eine Holzständerwand oder ein Dachstuhl mit einem U-Wert von $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ bei Verwendung von Strohballen als Dämmstoff ein 10 mal höheres Spei-

chervermögen als bei Verwendung von Mineralfaser-Dämmstoffen, die thermisch Behaglichkeit steigt merklich.

Im Vergleich zum Massivbau weist eine mit Strohballen gedämmte Leichtkonstruktion natürlich eine erheblich geringere Wärmespeicherfähigkeit auf (gleicher U-Wert vorausgesetzt). Um bei Strohballenwänden die Wärmespeicherfähigkeit zu verbessern, ist es vorteilhaft, für den inneren Raumabschluss einen Lehmputz mit hohem Anteil an Sand und Feinkies einzusetzen. Mit einem spezifischen Raumgewicht von $1900 \text{ bis } 2100 \text{ kg}/\text{m}^3$ und einer Dicke von 3 bis 6 cm tragen diese Putze wesentlich zur Pufferung von Temperaturspitzen bei. Für die Speicherfähigkeit und das Raumklima ist es außerdem vorteilhaft, wenn die Innenwände aus 11,5 cm dicken Lehm-, Ziegel- oder Kalksand-Steinen gemauert sind. Mit Lehmsteinen und bedingt auch mit Lehmputz ergibt sich außerdem eine vorteilhafte ausgleichende Wirkung auf die Raumfeuchte (vgl. Kap. 4.4).

4.3 Wärmebrücken

Wärmebrücken sind thermische Schwachstellen in der Gebäudehülle. In diesen Bereichen geht wesentlich mehr Wärme verloren als in angrenzenden Bereichen, d.h. die Wärmedämmwirkung ist dort geringer.

Durch die geringere Wärmedämmung im Bereich der Wärmebrücken sind (bei niedrigen Außentemperaturen) die Oberflächentemperaturen auf der Innenseite dieser Bauteile niedriger als die der umgebenden Flächen. Dies kann zu einer Tauwasserbildung führen und dadurch das Wachstum von Schimmelpilzen begünstigen. Obendrein führt die höhere Bauteilfeuchte zu einer weiteren Verschlechterung der Wärmedämmwirkung, wodurch das Problem noch verschärft wird.

Bei Strohballenwänden entstehen Wärmebrücken z.B. durch nicht ausgestopfte Fugen zwischen den Ballen oder durch Fugen zu angrenzenden Fenster- und Türrahmen. Aber auch die Holzkonstruktion selbst kann eine Wärmebrücke darstellen, da die Wärmeleitfähigkeit von Holz zwei- bis dreimal so hoch ist wie die von Strohballen. Holzbauteile, welche die Strohballenwand vollständig durchdringen, sollten daher reduziert oder vermieden werden.

Hygroskopisches Verhalten von Stroh

Das hygroskopische Verhalten beschreibt die Fähigkeit eines Stoffes, Wasser aus der Luftfeuchtigkeit aufzunehmen und wieder abzugeben.

Die relative Luftfeuchte ϕ ist definiert als Verhältnis aus dem aktuellen Feuchtegehalt der Luft (absolut in g Wasser pro m³) und maximalem Feuchtegehalt der Luft, der Sättigungsfeuchte (ebenfalls in g/m³). Die relative Luftfeuchte wird in % r.F. angegeben.

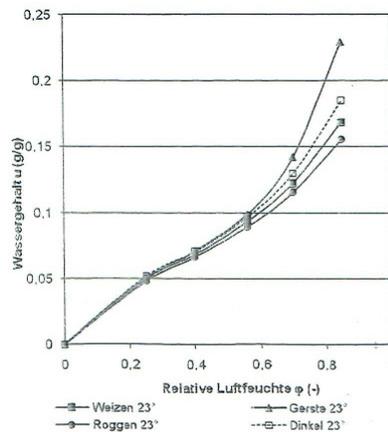
Bei einer relativen Luftfeuchte von 1, entsprechend 100% r.F., ist die Luft wassergesättigt. Es kann keine weitere Feuchtigkeit mehr aufgenommen werden. Je wärmer Luft ist, umso mehr Feuchte kann sie aufnehmen. Wird Luft abgekühlt, steigt folglich die relative Luftfeuchte bis maximal 1 (100% r.F.). Kühlt die Luft weiter ab, kommt es zur Kondensation, d.h. es fällt Wasser in flüssiger Form aus.

Wird ein Stoff über längere Zeit bei konstanter relativer Luftfeuchte und Temperatur gelagert, stellt sich ein stoffspezifischer Wassergehalt im Körper ein. Dieser spezifische Wassergehalt wird Gleichgewichtsfeuchte u [g/g] genannt und ist nach DIN EN ISO 12571 (2000) folgendermaßen definiert:

$$u = \frac{m - m_0}{m_0}$$

Dabei steht m für die Masse des feuchten Körpers und m_0 für die Masse des absolut trockenen Körpers.

Der Vorgang der Wasseraufnahme eines Stoffes aus der Luft wird *Adsorption*, der Vorgang der Wasserabgabe wird *Desorption*



4.6 Sorptionsisothermen für Weizen, Gerste, Roggen und Dinkel bei 23°C (verändert nach [Krick 2008]).

genannt. Beide Vorgänge werden durch den Begriff *Sorption* zusammengefasst.

Die Gleichgewichtsfeuchte eines Stoffes bei konstanter Temperatur und verschiedenen Luftfeuchten wird durch eine material-spezifische Sorptionsisotherme dargestellt. Mit Hilfe dieser Sorptionsisotherme kann von der relativen Luftfeuchte (die messtechnisch einfach zu ermitteln ist) über bzw. in einem Probekörper auf dessen Feuchtegehalt geschlossen werden, wenn sich der Körper mit der Umgebungsluft im Gleichgewichtszustand befindet.

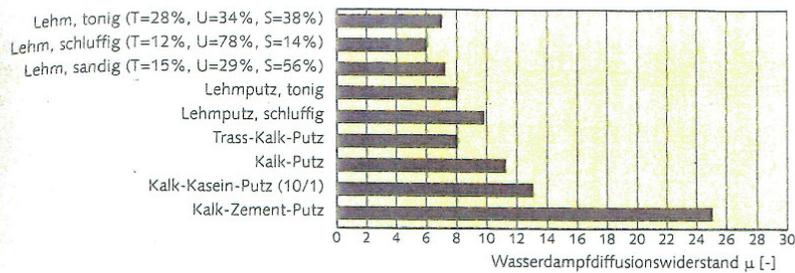
Abb. 4.6 zeigt die Sorptions-Isothermen von Weizen, Gerste-, Roggen- und Dinkelstroh bei einer Temperatur von 23°C. Detaillierte Kurven siehe Abb. 4.8.

Wasserdampfdiffusion und Tauwasserbildung

In unserem Klima verläuft das Dampfdruckgefälle von beheizten Innenräumen nach außen. Dadurch sucht der in der Raumluft enthaltene Wasserdampf nach den Gesetzen des Druckausgleichs einen Weg durch das trennende Bauteil nach außen. Dieser Vorgang wird als Dampfdiffusion bezeichnet.

Der Widerstand, den ein Material der Diffusion des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes entgegensetzt, wird durch die *Dampfdiffusionswiderstandszahl* μ [-] und die Materialdicke bestimmt. Der μ -Wert ist eine Materialeigenschaft und hängt von der Rohdichte und der Porenstruktur des Materials ab. Das Produkt aus der Diffusionswiderstandszahl μ des Baumaterials und der Schichtdicke s des Bauteiles ergibt den vorhandenen *Wasserdampfdiffusionswiderstand*, der als *diffusionsäquivalente Luftschichtdicke* s_d [m] angegeben wird. Luft hat eine Diffusionswiderstandszahl von 1; somit entspricht z.B. ein Bauteil mit $s_d = 10$ m dem Wasserdampfdiffusionswiderstand einer Luftschicht von 10 m.

Als Faustregel gilt, dass der Diffusionswiderstand der einzelnen Wandschichten nach außen hin abnehmen soll, damit es nicht im Bauteil zu einem Diffusionsstau an der dichteren Schicht kommt. Liegt die diffusionsdichtere Schicht auf der Außenseite, zum Beispiel bei einer Strohballenwand, die innen mit Lehmputz und außen mit Zementputz versehen ist, wird der diffundierende Was-



4.7
 μ -Werte von Lehmputzen
 [Minke 2001]

serdampf durch den weniger dampfdurchlässigen Zementputz auf der Außenseite stark behindert, so dass es zu einer erhöhten Bildung von Tauwasser (in Österreich wird von *Kondenswasser* gesprochen) an der Innenseite des Zementputzes kommen kann (der μ -Wert von Lehmputz liegt bei 6 - 8, der μ -Wert des Zementputzes dagegen bei 20 - 30) (vgl. Abb. 4.7). Selbst bei einem zwei- bis dreimal so dicken Innenputz wäre der Wasserdampfdiffusionswiderstand des Außenputzes immer noch wesentlich höher. Ein Außenkalkputz mit dem μ -Wert 10 ist auf jeden Fall die bessere Lösung. Alternativ müsste der innenraumseitige Lehmputz einen dampfbremsenden Anstrich erhalten, um ihm einen höheren Wasserdampfdiffusionswiderstand zu verleihen. Der μ -Wert der Strohballen ist mit $\mu = 2$ vergleichsweise gering (nach [AbZ]).

Grundsätzlich sollte die absolute Feuchte in den Strohballen unter 15% liegen. Eine kurzfristig höhere Feuchte führt nicht zu Verrottungserscheinungen.

In den Räumen, in denen relative Luftfeuchten von über 70% auftreten, z.B. in Bädern, kann es ratsam sein, den Wasserdampfdiffusionswiderstand des Innenputzes durch entsprechende Zugaben, beispielsweise von Leinölfirnis, oder durch einen dampfdiffusionsbremsenden Anstrich zu erhöhen, beispielsweise durch Latexfarben oder Leinölfirnis (vgl. Kap. 11.3 und 11.4).

Eine Dampfsperre in Form einer Folie ist bei einer dampfdurchlässigen Wand, wie sie mit einem Kalk-Außenputz oder mit einer hinterlüfteten Schalung erreicht wird, in der Regel nicht notwendig.

Anzumerken ist, dass von den frühen Bauten in den USA, die stets mit Zement verputzt und ohne Dampfsperre gebaut waren, keine Berichte über Feuchteschäden durch Tauwasser vorliegen. Es fällt zwar mit hoher

Wahrscheinlichkeit Tauwasser in der Wand an, dies aber wegen der günstigeren klimatischen Verhältnisse in so geringen Mengen, dass das Wasser in der Verdunstungsperiode wieder ausdiffundieren kann, ohne Schäden durch Schimmelpilze verursacht zu haben.

Ermittlung des Feuchtegehalts

Aufgrund ihrer Inhomogenität kann der exakte Feuchtegehalt von Strohballen nur durch Vergleiche der Gewichte vor und nach einer Trocknung ermittelt werden. Eine hinreichend genaue Bestimmung ist über Sorptionsisothermen möglich. Entsprechende Isothermen wurden in [Krick 2008] bestimmt, siehe Abb. 4.8. Um den Feuchtegehalt eines Strohballens nach den Sorptionsisothermen zu ermitteln, wird zunächst die relative Luftfeuchte und die Temperatur in der Ballenmitte mittels eines Sensors gemessen. Dazu können Hygrometer aus dem landwirtschaftlichen Bereich oder handelsübliche Hygrometer für den Hausgebrauch mit externem Sensor verwendet werden. Abb. 4.9 zeigt ein solches Hygrometer, bei dem der externe Fühler nach Verlängerung des Kabels in eine Lanze eingebaut wurde, die in den Ballen gesteckt wird. Das Ergebnis wird in Abb. 4.8 auf der X-Achse eingetragen und der Feuchtegehalt des Ballens in Verbindung mit der Sorptionsisotherme der entsprechenden Strohart auch der Y-Achse abgelesen. Die Tabellen gelten für eine Temperatur von 15 bzw. 25°C. Bei anderen Temperaturen kann linear interpoliert werden.

Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze

Wie bei allen organischen Baustoffen wachsen auch auf Strohballen Schimmelpilze und es setzen Verrottungsprozesse ein, wenn

wird, in dem Schimmelpilzwachstum möglich ist, umso unwahrscheinlicher ist ein Wachstum.

Zur Vorhersage von Schimmelpilzwachstum sind komplexe instationäre Betrachtungen, in die Temperatur, Feuchte, Nährmedium und die Zeit eingehen, nötig. Vorhersageprogramme wie z.B. WUFI-Bio sind, basierend auf mathematischen Modellen von Schimmelsporen in der Lage, solche Prognosen zu liefern. Als Ergebnis wird ein Schimmelpilzwachstum in mm ausgegeben. Dieses ist ein Maß für die Höhe der Aktivität.

Das Zentrum für Umweltbewusstes Bauen Kassel hat umfangreiche hygrothermische Simulationen unterschiedlicher Bauteilaufbauten durchgeführt [FASBA 2008]. Nach diesen Untersuchungen können nur solche Wandaufbauten uneingeschränkt empfohlen werden, bei denen die Strohballen außenseitig überdämmt und mit einem zusätzlichen Wetterschutz (Schalung) versehen sind. Konstruktionen ohne Überdämmung sind möglicherweise geeignet, wenn sie mit zusätzlichem Wetterschutz ausgestattet werden. Eine Konstruktion, bei der die Überdämmung durch einen 3 cm starken Lehmputz substituiert wird, ist ebenfalls empfehlenswert. Diese Angaben gelten für Kleinballen. Bedingt geeignet sind Konstruktionen mit Großballen dann, wenn sie überdämmt und regengeschützt sind. Fehlt der Witterungsschutz, kann Schlagregen den Putz durchfeuchten und zu Schimmelpilzbildung führen. Fehlt die Überdämmung, ist es im Außenbereich der Ballen kälter. Die Gefahr der Tauwasserbildung steigt und somit auch die der Schimmelpilzbildung.

Als bedingt geeignet stellte sich die Strohballen-Innendämmung einer verschalten und leicht überdämmten Altbauwand heraus, wenn auf der Innenseite eine Dampfbremse ($s_d = 2 \text{ m}$) angebracht wird.

Bei den Schrägdachkonstruktionen wird einzig eine Konstruktion mit innen angeordneter OSB-Platte, äußerer Überdämmung, Konterlattung, Lattung, Ziegel als unbedenklich eingestuft.

Bei den Flachdachkonstruktionen wird ein hinterlüftetes Grasdach empfohlen, ein nicht hinterlüftetes nur bedingt empfohlen.

Unbedenklich sind Strohballendämmungen der obersten Geschossdecke unter Schrägdächern.

Bauteilskizze	Schichtdicke (cm)	Aufbau	Geeignet ? (jährl. Schimmelpilzwachstum in mm)
		Stülpchalung	Ja
	3	Lattung mit Luftraum	
	2,2	Holzfaserverplatte (oder Lehmputz 3 cm)	
	36	Strohballen	
	1,5	Gipskarton- o. OSB-Platte oder OSB-Platte + 2cm Lehmputzplatte	
Wie zuvor, jedoch 85 cm Strohballen			Bedingt (6 mm)
		Stülpchalung	Bedingt (41 mm)
	3	Lattung mit Luftraum	
	3	Lehmputz dreilagig	
	36	Strohballen	
	3	Lehmputz dreilagig	
Wie zuvor, jedoch Lehmputz innen dampfbremsend ($\mu = 30$)			Bedingt (43 mm)
Wie zuvor, jedoch Holzweichfaserplatte anstatt des Innenputzes			Bedingt (58 mm)
		Stülpchalung	Bedingt (16 mm)
	3	Lattung mit Luftraum	
	2	Kalkzementputz	
	24	Mauerwerk	
	2	Kalkzementputz	
	36	Strohballen	
		Dampfbremse ($s_d = 2 \text{ m}$)	
	1,3	Holzschalung	
3	Lehmputz, dreilagig auf Schilfmatte		
		Dachziegel, Lattung, Konterlattung	Ja
	2,2	Holzweichfaserplatte	
	36	Strohballen	
	1,5	OSB-Platte	
		Vegetation, Substratschicht, Dränageschicht, Wurzelschutzbahn, Schutzvlies, Dachhaut	Ja
	2,8	Nut und Feder Schalung	
	4	Luftsicht	
	2,2	Holzweichfaserplatte	
	36	Strohballen	
		Dampfbremse ($s_d = 2 \text{ m}$)	
	2,2	Schalung	
2	Lehmputz auf Schilfrohrmatte		
Wie zuvor, jedoch ohne Luftsicht und Holzweichfaserplatte			Bedingt (31 mm)
	2	Lehmputz oder 2,2 cm Weichfaserplatte	Ja
	36	Strohballen	
		Optional: Dampfbremse ($s_d = 2 \text{ m}$)	
	2,2	Schalung	
	2	Lehmputzplatte oder -putz auf Schilfrohrmatte	

Tabelle 4.4: Hinsichtlich der Schimmelpilzproblematik geeignete und bedingt geeignete Konstruktionen [FASBA 2008].

Quellenangabe zu Anlage 3: Handbuch Strohballenbau v. Minke und Krick:

Installationen von Elektroleitungen, Heizschlaufen und Sanitärleitungen

Die Verlegung von Leitungen aller Art in Innenwänden ist im Rahmen der nachfolgenden Produkt – beschreibungen ausführlich beschrieben.

Für die Aussenwände gilt Folgendes:

Elektroleitungen können in Leerrohren verlegt werden, welche auf dem Grundputz befestigt werden.

Die Dosen werden ebenfalls auf dem Grundputz befestigt und mit den Leerrohren in zwei weiteren Putzschichten eingeputzt.

Die Leitungen für die Wandheizung können ebenfalls eingeputzt werden, womit auch eine Erwärmung der Putzschicht und des Strohs erreicht wird, welche als Wärmespeicher dient.

Hierbei ist jedoch zu beachten, dass alle Kupplungen ausserhalb des Putzes liegen, um Wasserschäden zu vermeiden.

Aus dem selben Grund sind Wasser- und Abwasserleitungen ausschliesslich an und in den Innenwänden anzubringen.

Eingemässstes Stroh in den Aussenwänden ist absolut zu vermeiden, da dieses mit erheblichem Aufwand ausgetauscht werden müsste.

Anmerkung zu gehäckseltem Stroh

Leider kann bis auf weiteres kein regional erzeugtes Stroh zum Einblasen verwendet werden. Eine mobile Aufbereitungsanlage ist bis jetzt noch nicht auf dem Markt und eine fest installierte Anlage kostet laut Entwickler ca 250 000 Euro. Er sucht in allen Regionen Lizenznehmer, bzw Käufer, jedoch kann zur Zeit kein profitabler Umsatz/Auslastung gewährleistet werden.

Daher wird Stroh zum Einblasen bis auf weiteres zentral in Bayern hergestellt und von dort angeliefert.

Ein Besuch bei der Firma Sonnenklee in Kematen /Oesterreich im Herbst`18 ergab auch keine neuen Erkenntnisse. Auch dort wird nur zentral Einblasstroh hergestellt, aus im Umland erzeugtem Stroh.

Die Produktionsanlagen sind von den Eigentümern selbst entwickelte Unikate und entsprechend geschützt.

Das Produkt ist ebenfalls, wie bei ISTRAW, hervorragend (gleichmässiger Schnitt, absolut staubfrei):

Feuchteschutz und Feuchteverhalten

Bei der Verwendung von Strohballen als Dämmstoff gelten im wesentlichen dieselben Regeln wie bei konventionellen Dämmstoffen, d.h.:

Horizontale Abdichtung gegen aufsteigenden Feuchtetransport vom Baugrund durch horizontale Sperren aus Bitumen oder Kunststoffbahnen.

Vertikaler Schutz der Dämmebene durch geeignete Putze und/oder eine hinterlüftete Schalung.

Ein ausreichender Dachüberstand, speziell beim Strohballenbau, wird empfohlen.

Die Wandkonstruktion muss einen Spritzwasserschutz aufweisen, ebenso ist auf einen geeigneten Untergrund an der Aussenseite zu achten, d.h. besser eine niedrige, dichte Begrünung als eine harte und glatte Fläche.

An der Innenfläche von strohballengedämmten Gebäuden wird idealerweise ein Lehmputz in der Stärke von 3-6cm Stärke aufgebracht, so dass die Kondensation von auftretender Feuchtigkeit im Innern des Gebäudes lediglich in der Putzschicht stattfindet und von dort wieder in den Raum entweichen kann, was zudem für ein ausgeglichenes Raumklima sorgt.

Strohballenbauverein Stroh Paille Paglia

Gründung 10. Dezember 2016



Gefördert durch den
Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz

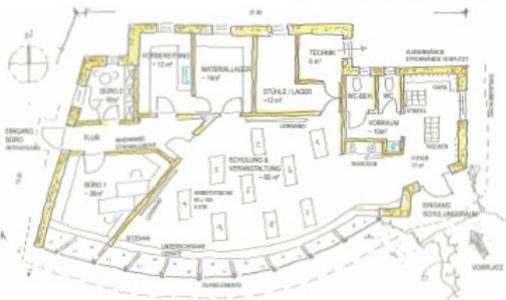
badenova
Energie. Tag für Tag

Strohballenbau



SONNE, STROH & STERNE SCHULUNGSRAUM
TRIPNATIONALES UMWELTZENTRUM - WEL AM RHEIN / HÜNINGEN

STROHPALLELLA
STROHALLINGAU-SYSTEM
VERBODEN DURCH
BUND UND LANDESPARLAMENT
UND VERBODEN DURCH
BUND UND LANDESPARLAMENT



SONNE, STROH & STERNE SCHULUNGSRAUM
TRIPNATIONALES UMWELTZENTRUM - WEL AM RHEIN / HÜNINGEN
GRUNDRISS - VORSTUDIUM - 14.11.2018
ARCHITECTUR: SONNE & STERNE

STROHPALLELLA
STROHALLINGAU-SYSTEM
VERBODEN DURCH
BUND UND LANDESPARLAMENT
UND VERBODEN DURCH
BUND UND LANDESPARLAMENT

SONNE, STROH & STERNE SCHULUNGSRAUM
TRIPNATIONALES UMWELTZENTRUM - WEL AM RHEIN / HÜNINGEN
SCHNITT VORSTUDIUM - 14.11.2018
ARCHITECTUR: SONNE & STERNE

STROHPALLELLA
STROHALLINGAU-SYSTEM
VERBODEN DURCH
BUND UND LANDESPARLAMENT
UND VERBODEN DURCH
BUND UND LANDESPARLAMENT



Gefördert durch den
Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz

badenova
Energie. Tag für Tag

HELIODOME
Architecture Géocentrique

Heliodome Eric Wasser

Cosswiller Frankreich

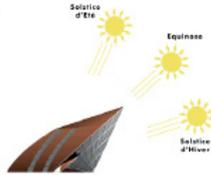
*Capter les rayons solaires en hiver
 Et s'en préserver en été*

L' Heliodome est un volume architectural fixe, déterminé par la trajectoire du soleil dans son cycle annuel et journalier.

Les trajectoires solaires annuelles sculptent l'Heliodome :

Le jour de l'été pour la façade

Le jour de l'hiver pour le toit



En hiver, le soleil décrit un arc de cercle du sud-est au sud-ouest, demeurant bas sur l'horizon. Le rayonnement solaire inonde l'espace intérieur du bâtiment, maximisant l'apport lumineux et calorifique de l'Heliodome.

En été, le soleil décrit un arc de cercle du nord-est au nord-ouest, se positionnant très haut dans le ciel. Le rayonnement solaire tangente alors la surface vitrée sans pénétrer dans l'espace intérieur, préservant ainsi la fraîcheur de l'édifice.

La géométrie de l'Heliodome permet un bilan thermique et énergétique optimisé en parfaite symbiose avec les saisons.

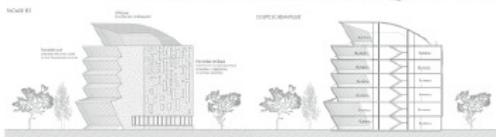
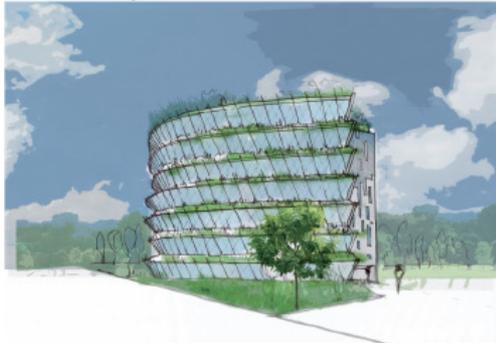
L'Heliodome répond ainsi par son architecture bioclimatique inspirée des trajectoires solaires aux objectifs environnementaux.



www.heliiodome.com



HELIODOME
Immeubles



www.heliiodome.com

HELIODOME
Bureaux



www.heliiodome.com



Gefördert durch den
 Innovationsfonds
 Klima- und Wasserschutz

badenova
 Energie. Tag für Tag

Kybernetik Siegfried Delzer

ProjektTRIZ: Strohbauweise William Stein
Beratung für den Neubau, Phase 1



Randbedingungen Simulations-Varianten

Simulationsvarianten

1. Hörfächenaufbau:
 1. Außenwandaufbau von innen nach außen: Lehmputz 40 mm, Strohballen 360 mm, Lehmputz 40 mm, Silikatfarbe
 2. Dach hochwertig isoliert U-Wert = 0,160 W/m²K
2. Klimadaten TRV 12
3. Nutzungsprofil
 1. Gewerkegebäude 30 Personen Variante 1 und 2
 2. 12 Personen Variante 3 und 4
 - 07 bis 19 Uhr (21°C / 15°C Nacht)

Randbedingungen Simulations-Varianten

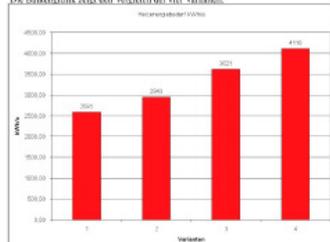
- Wenn nicht extra vermerkt, wird bei allen Varianten der Situation angepasstes Nutzerverhalten angenommen, das bedeutet zum Beispiel:
1. Der Sonnenschutz wird so eingesetzt, dass Tageslicht den Raum noch ausreichend beleuchtet. Es wurde ein innenliegender Sonnenschutz eingesetzt.
 2. Die Kunstlicht wird nur eingeschaltet, wenn das Tageslicht nicht ausreicht. Ca. 10 Watt pro m² mit 20% Wirkungsgrad (LED+Reflektor, etc.) für die Leuchtmittel.
 3. Die Lüftung erfolgt nach Bedarf, aber minimal mit den Vorgabewerten für
 1. Kontrollierte Lüftung am Tag (LW 0,7) und in der Nacht (LW 0,0), aber minimal 30m³/Ph (Luftwechsel 30m³ pro Person und Stunde)
 2. Dieser kontrollierte Anteil ist für Wärmerückgewinnung und Lüftkollektoren nutzbar
 3. Unkontrollierte Lüftung am Tag und in der Nacht (für Wärmerückgewinnung nicht nutzbar)
 4. Tag- und Nachtlüftung zur Behaglichkeitsverbesserung werden nur dann zusätzlich genutzt, wenn die Lufttemperatur oder Luftfeuchte der Umgebungsluft eine Verbesserung für die Raumluft bringt. Für den Variantenvergleich wurden folgende Werte eingesetzt: Tag = LW 1,0 und Nacht LW=0,0

Beispielliche Planung: Neubau Schulgebäude TRIZ 11.10.2019 Seite 8

DELZER
STRICHZEICHNUNG

Heizenergiebedarf

Die Balkendiagramme zeigen den Vergleich der vier Varianten.



Beispielliche Planung: Neubau Schulgebäude TRIZ 11.10.2019 Seite 9

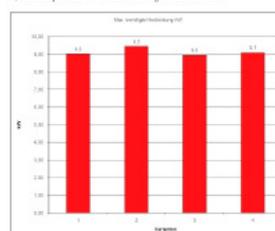
DELZER
STRICHZEICHNUNG

Beispielliche Planung: Neubau Schulgebäude TRIZ 11.10.2019 Seite 9

DELZER
STRICHZEICHNUNG

Notwendige Heizleistung für die Varianten

Die erforderliche Heizleistung für die vier Varianten wurde für eine Aufheizgeschwindigkeit von 0,5 Kelvin pro Stunde für das Gesamtgebäude ermittelt.

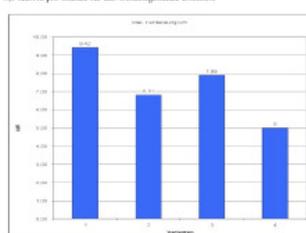


Beispielliche Planung: Neubau Schulgebäude TRIZ 11.10.2019 Seite 10

DELZER
STRICHZEICHNUNG

Notwendige Kühlleistung für die Varianten

Die erforderliche Kühlleistung für die vier Varianten wurde für eine Abkühlgeschwindigkeit von 0,1 Kelvin pro Stunde für das Gesamtgebäude ermittelt.



Beispielliche Planung: Neubau Schulgebäude TRIZ 11.10.2019 Seite 11

DELZER
STRICHZEICHNUNG

Energiebereitstellung und Verteilung

1. Energieeinbringung
 1. Fußbodenheizung / Deckenstrahlenelemente
 2. Lüftung / Luftwärmetauscher für Heizung und Kühlung
2. Energiewandlung / vor Ort / eventuell lokale Wärmepumpe für Wärme und Kälte.
3. Energieverteilung

Mit der geplanten Fußbodenheizung kann effizient Wärme von einer Zone (Kühlung) in eine andere Zone mit Wärmebedarf (Heizung) transportiert werden. Das kann mit einem kleinen integrierten Kreislaufverbundsystem (KVS) realisiert werden
4. Energiequellen
 1. Erdreich unter dem Gebäude für Wärme und Kälte
 2. Luft

Der Konzeptvorschlag auf der folgenden Seite dient als Basis für eine systematische Optimierung des Gesamtsystems.

Beispielliche Planung: Neubau Schulgebäude TRIZ 11.10.2019 Seite 11

DELZER
STRICHZEICHNUNG



Gefördert durch den
Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz

badenova
Energie. Tag für Tag

Informationsmöglichkeiten:



ISTRAW

INSTITUT FÜR STRAHLENUNGSSCHUTZ

moderner Trockenbau
Strohbauplatten

www.istraw.de



ISO-STROH

Das Ackergold für Ihre Dämmung

IM DETAIL
GESCHICHTE · TECHNIK · ANWENDUNG

www.iso-stroh.at

TECHNISCHER FOLIO