



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

ZfP-Sonderpreis der DGZfP beim Regionalwettbewerb Jugend forscht

ERLANGEN



Entwicklung einer multi- funktionalen Hausinnen- oder Außenwand

Kevin Höllring

Maximilian Lehnberger

Karl Wallkum

Schule:

Städt. Johannes-Scharrer Gymnasium
Tetzeltgasse 20
90403 Nürnberg

Gymnasium Dinkelsbühl
Ulmer Weg 3
91550 Dinkelsbühl

Jugend forscht 2010

Datenblatt Projektregistrierung

Laufende Nummer: 25861

Datum: 26.11.2009

Wettbewerbssparte: Jugend Forscht

Bundesland: Bayern

Fachgebiet: Technik

Titel der Arbeit: Entwicklung einer multifunktionalen Hausinnen- oder Außenwand

Mit Tieren gearbeitet?: Nein

Teilnehmer

Teilnehmer 1

Gruppensprecher

Geschlecht: männlich

Nachname: Lehnberger

Vorname: Maximilian

Straße: Beyerberger Str. 10

PLZ: 91596

Ort: Burk

Geburtsdatum: 27.02.1993

Telefon: 098227648

Mobil:

E-Mail: maxilehnberger@gmx.de

Klasse: 11.Klasse

Frühere Teilnahme: nein

Schulart: Gymnasium

Schulname: Gymnasium Dinkelsbühl

Schule Straße: Ulmer Weg

Schule Postleitzahl: 91550

Schule Ort: Dinkelsbühl

Schule Telefon:

Schule E-Mail:

Schule Web:

Teilnehmer 2

Geschlecht: männlich

Nachname: Wallkum

Vorname: Karl

Straße: Wolfertsbronn 35

PLZ: 91550

Ort: Dinkelsbühl

Geburtsdatum: 11.06.1993

Telefon: 09851/1207

Mobil:0160/91690950

E-Mail: haendy-freak@gmx.de

Klasse: 11. Klasse

Frühere Teilnahme: nein

Schulart: Gymnasium

Schulname: Gymnasium Dinkelsbühl

Schule Straße: Ulmer Weg

Schule Postleitzahl: 91550

Schule Ort: Dinkelsbühl

Schule Telefon:

Schule E-Mail:

Schule Web:

Teilnehmer 3

„Entwicklung einer multifunktionalen Hausinnen- und Außenwand“
Maximilian Lehnberger, Kevin Höllring, Karl Walkum

Geschlecht: männlich
Nachname: Höllring
Vorname: Kevin
Straße: Kasackstrasse 11
PLZ: 90427
Ort: Nürnberg
Geburtsdatum: 12.07.1994
Telefon: 0911302180
Mobil:
E-Mail:
Klasse: 10. Klasse
Frühere Teilnahme:
Schulart: Gymnasium
Schulname: Städtisches
Johannes-Scharrer-Gymnasium
Nürnberg
Schule Straße: Tetzeltgasse 20
Schule Postleitzahl: 90403
Schule Ort: Nürnberg
Schule Telefon: 0911/2313931
Schule E-Mail: jsg-direktorat@stadt.nuernberg.de
Schule Web:

Projektbetreuer

Projektbetreuer Nachname: Hoffmann
Projektbetreuer Vorname: Uwe
Projektbetreuer Schule: Gymnasium Dinkelsbühl
Projektbetreuer Telefon:
Projektbetreuer E-Mail:

Kurzfassung:

Um den vielen Plastikmüll, der jährlich entsteht, nützlich zu verwerten anstatt ihn in Müllverbrennungsanlagen zu verbrennen, haben wir Methoden entwickelt, ihn als Hausaußenwand, Hausdach oder Dämmung zu verwenden.

Diese Dämmung ist transluzent, sehr preiswert und wiederverwertbar. Außerdem lässt sie sich in beliebigen Formen, z.B. Bögen, Kuppeln... und Dicken am Ort mit einfachen Mitteln aufstellen. Bei Bedarf kann sie beheizt werden und durch LEDs beleuchtet.

Dafür haben wir gleiche Plastikelemente, im Versuch zunächst PET-Flaschen, verwendet, diese in Folie eingeschweißt und daraus durch Heraussaugen der Luft Unterdruck erzeugt und eine stabile Wand erstellt. Im Vordergrund unserer Messungen an dieser Wand stehen Wärmeleitfähigkeit und Stabilität.

Zuletzt haben wir Alternativ- und Verbesserungskonzepte entwickelt, vor allem ein mehrschichtiges Wandmodell und andere Plastikelemente, die der Langfassung zu entnehmen sind.

Gliederung:

- I. Die Idee
- II. Die Wand im praktischen Modellversuch
 1. Die Umsetzung
 2. Berechnung der Isolationsfähigkeit
 3. Beheizen des Kubus
 4. Betrachtung der Stabilität der Wand
- III. Vorläufige Probleme der Wand
- IV. Verbesserungsideen und Weiterentwicklungen
 1. Verwendung optimaler Kunststoffe
 2. Variationen der „Plastikmodule“
 3. Ausblick auf das effizienteste und multifunktionalste Modell

Langfassung der Arbeit „Entwicklung einer multifunktionalen Hausinnen- und Außenwand“

I. Die Idee

Aufgrund der immer größer werdenden Menge an Plastikmüll, v.a. in Form von Plastikflaschen, haben wir uns überlegt aus verschiedenen Plastikmodulen eine Hauswand oder zumindest einen Teil einer Hauswand zu konstruieren.

Im Vergleich zu herkömmlichen Isolationsmaterialien hat Plastik den großen Vorteil, dass es wiederverwertbar ist.

Dadurch wird ein damit isoliertes Haus nicht mehr zum absoluten Entsorgungsproblem, wie es bei den Passivhäusern der heutigen Zeit der Fall ist.

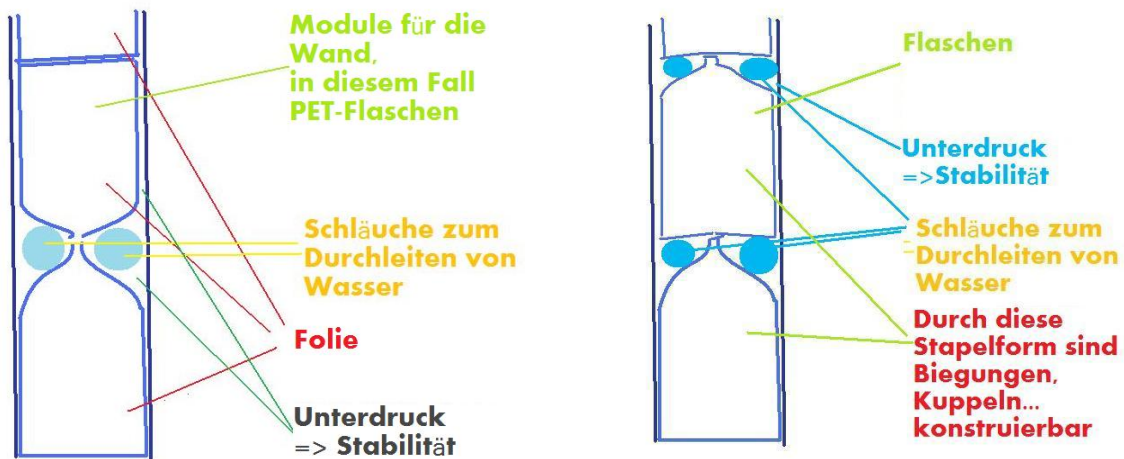
Außerdem wollen wir eine multifunktionale Wand entwickeln: Sie soll transluzent, beleuchtbar, beheizbar, selbstverständlich auch stabil, UV-beständig, wärme-, kälte- und witterungsbeständig, gut wärmeisolierend, sehr preiswert und leicht sein. Vor allem sollte man sie auch zu bizarren Kuppeln, Bögen, Windungen etc. formen können, wobei sie die innere Struktur und Stabilität beim Verformen nicht verlieren darf.

II. Die Wand im praktischen Modellversuch

1. Die Umsetzung

Zunächst haben wir versucht, ein stabiles Wandelement aus PET-Flaschen zusammenzusetzen, indem wir sie mit in Folie einschweißen und durch anschließendes Heraussaugen der Luft einen starken Unterdruck erzeugen, sodass die Flaschen eng aneinander gebunden werden.

Dazu haben wir folgende zwei Modelle entwickelt:



Das linke Modell hat sich letztendlich als stabiler erwiesen, das rechte erlaubt es jedoch, oben beschriebene ungewöhnliche Formen zu bilden.

Zum Bau der ersten Modelle verwenden wir eine gasdichte und reißfeste Zweikomponentenfolie (7-schichtiges PE und PET), die Schweißnähte erzeugen wir mit einem temperaturregelbaren LötKolben (bei 180°C-195°C), den Unterdruck mit einer einfachen Doppelhubpumpe.



2. Untersuchung der Isolationsfähigkeit

Wir bilden aus diesen Modellen einen Kubus, verpacken ihn erneut in Folie und setzen ihn für eine Messung der Wärmeleitfähigkeit aus dem Raum (19°C) ins Freie (-4,5°C).

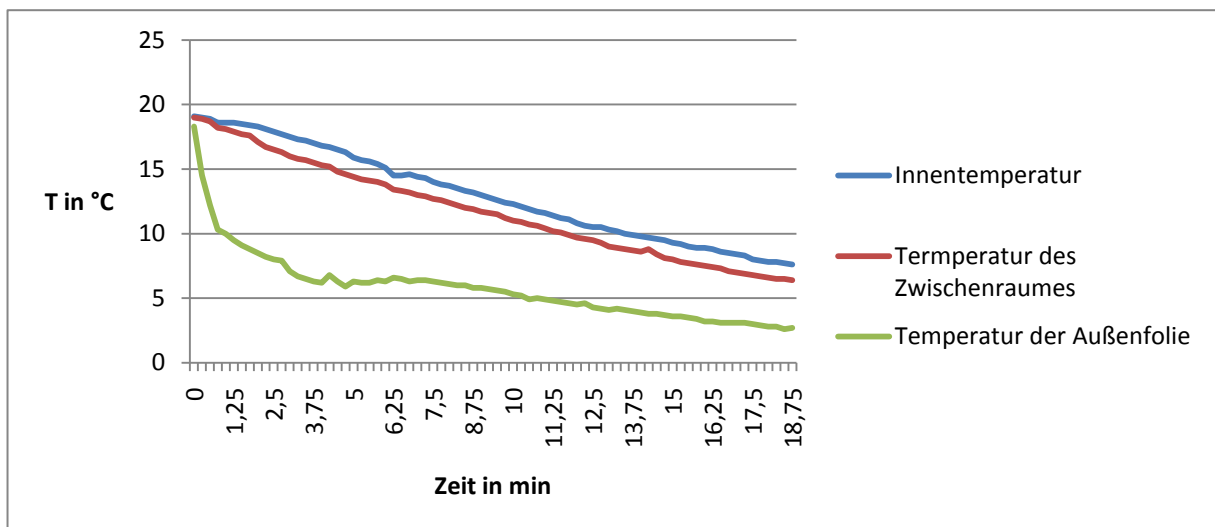


Außenmaße des Kubus:	1,12m · 0,31m · 0,57m
Innenmaße (ab Flaschenmitte):	1,02m · 0,22m · 0,48m
Masse des Kubus:	3,55 kg
davon Masse der 50 PET-Flaschen und des PET-Anteils der Folie:	3,14kg
davon Masse der Folie (nur PE-Anteil):	0,21 kg

Ergebnisse der Temperaturmessung:

Bei einer Temperaturdifferenz von 23,5°C zwischen der Innentemperatur des Kubus zu Beginn des Versuchs und der Außentemperatur, fällt die Temperatur im Inneren des Kubus im Zeitraum von 19 Minuten von 19°C auf 7,5°C ab.

Außerdem wurden die Temperatur im Zwischenraum zwischen den Flaschen und der Außenfolie gemessen sowie die Temperatur der Außenfolie:



Auswertung des Diagramms:

Während die Außenfolie kaum zur Isolation beiträgt, was an der stark abfallenden grünen Kurve zu erkennen ist, isolieren die Flaschen bei weitem besser.

Deutlich erkennbar ist aber, dass die Temperatur im Zwischenraum kaum niedriger ist als die im Innenraum. Das lässt sich dadurch erklären, dass der Innenraum aufgrund von Spalten zwischen den einzelnen Modulen nicht völlig abgedichtet ist, die Außenfolie dahingegen schon.

Bestimmung der Wärmestromdichte und des Wärmedurchgangskoeffizienten (auch „U-Wert“) des Kubus:

Für die Bestimmung des U-Wertes muss zunächst die „entwichene“ Wärmemenge berechnet werden. Diese berechnet sich wie folgt:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T_1,$$

wobei c die spezifische Wärmekapazität des Materials, m die Masse und ΔT_1 die Temperaturdifferenz zwischen Anfangs- und Endtemperatur im Inneren ist.

Aufgrund verschiedener spezifischer Wärmekapazitäten muss die Berechnung getrennt für die Luft in den Flaschen, die im Innenraum, für die PET-Flaschen und für die PE-Folie erfolgen.

1. Für den Innenraum muss die isobare spezifische Wärmekapazität von Luft verwendet werden ($1,005 \frac{kJ}{kg \cdot K}$), da dort der Innendruck im System gleich bleibt, wenn sich die Luft zusammen zieht. Für den Innenraum wird die Dichte für 18°C warme Luft verwendet ($1,210 \frac{kg}{m^3}$).

$$Q_{Innenraum} = 1,005 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 1,210 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,108m^3 \cdot 11,5K \approx 1,510kJ$$

2. Weil die Luft in den Flaschen ihr Volumen behält, muss hierfür die isochore spezifische Wärmekapazität ($0,718 \frac{kJ}{kg \cdot K}$) verwendet werden. Der Wert für die Luftdichte ($0,293 \frac{kg}{m^3}$) gilt bei 0°C . Dieser wird für die Flaschen verwendet, weil diese bei 0°C befüllt worden sind.

$$Q_{Flaschen} = 0,718 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 1,293 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,090m^3 \cdot 11,5K \approx 0,960kJ$$

3. PET hat eine spezifische Wärmekapazität von $1,1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$.

$$Q_{PET} = 1,1 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 3,14kg \cdot 11,5K \approx 39,721kJ$$

4. LD-PE hat eine Wärmekapazität von $2,1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$.

$$Q_{PE} = 2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,21\text{kg} \cdot 11,5\text{K} \approx 5,072\text{kJ}$$

$$\rightarrow Q_{\text{gesamt}} = 1,51\text{kJ} + 0,96\text{kJ} + 39,72\text{kJ} + 5,072\text{kJ} = 47,263\text{kJ}$$

Da an der Luft keine weitere Arbeit verrichtet wird, ist die Änderung der inneren Energie $\Delta U = \Delta Q + \Delta W = \Delta Q + 0 = \Delta Q = 47,263\text{kJ}$

Die Wärmestromdichte q , aus der der U-Wert berechnet wird, berechnet sich wie folgt:

$$Q = \dot{q} \cdot A \cdot \Delta t$$
$$\dot{q} = \frac{Q}{A \cdot \Delta t}$$

wobei die Fläche des Kubus $A = (2 \cdot 1,12 \cdot 0,31) + (2 \cdot 1,12 \cdot 0,57) + (2 \cdot 0,57 \cdot 0,31) = 2,32 \text{ m}^2$ und Δt 19 Minuten ist.

$$\dot{q} = \frac{47,263\text{kJ}}{2,32\text{m}^2 \cdot 1140\text{s}} = 0,0178 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

Die Wärmestromdichte ist direkt proportional zur Temperaturdifferenz ΔT_2 zwischen Innen- und Außenluft (23,5K), wobei der U-Wert U der Proportionalitätsfaktor ist.

$$\dot{q} = \Delta T_2 \cdot U$$
$$U = \frac{\dot{q}}{\Delta T_2} = \frac{0,0178\text{kJ}}{23,5\text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}} = 0,000757 \frac{\text{kJ}}{\text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}} = 0,757 \frac{\text{W}}{\text{K} \cdot \text{m}^2}$$

Fehler in der Rechnung:

Kurze Fehleranalyse:

Die Fehler bei der Messung von Masse und Außenmaßen des Kubus und bei der Temperaturmessung sind alle <5%. Außerdem kommt es durch die verwendete spezifische Wärmekapazität, die von der Luftfeuchtigkeit und weiteren Faktoren abhängt, zu einer Ungenauigkeit von etwa 5%.

Zu beachten ist aber, dass die verwendete Temperaturdifferenz ΔT_2 von konstant 23,5K eine weitere Abweichung hervorruft, weil bei der Bestimmung eines U-Wertes normalerweise durch Beheizen der Luft die Innentemperatur konstant gehalten würde, d.h. eigentlich hätte man den Raum von Innen beheizen, und den U-Wert über die zugeführte Wärmemenge bestimmen müssen. Dies war technisch jedoch nicht möglich, vgl. „3. Beheizen der Wand“.

Deshalb wollen wir diesen Wert durch die Temperaturdifferenz ΔT_3 zwischen **Durchschnittstemperatur** im Inneren (13,0°C) und Außentemperatur (-4,6°C) annähern.

Bei Verwendung von ΔT_3 ergäbe sich ein U-Wert von ungefähr 1,0.

Ein letzter Fehler von wiederum ca. 5% entsteht dadurch, dass die Thermometer, die wiederum isolieren (Gesamtmasse 860g), auch nicht mit einbezogen wurden, was den U-Wert weiter verschlechtern würde.

Folglich liegt der größte Fehler in der Verwendung einer ungenauen Temperaturdifferenz, und da wir ΔT_3 als die exakteste Annäherung verstehen, lässt sich der U-Wert mit einem Fehler von ca. $1,05^3 - 1 \approx 16\%$ auf 1,0 bestimmen.

Bewertung des U-Wertes:

Für die Verwendung der Wandmodule als Dach müssen sie noch optimiert werden, da es in diesem Bereich U-Werte von bis zu 0,15 gibt.

Hinsichtlich der Nutzung als Massivwand ist die Isolationsfähigkeit immer noch relativ schlecht, da die besten U-Werte hierfür 0,2 betragen.

Weil es sich aber bei unserem Wandsystem um eine Mischung aus Fenster und Wand handelt, lohnt es sich, die U-Werte von Fenstern mit in den Vergleich einzubeziehen.

Der beste U-Wert für Fenster liegt bei 1,2.

Dementsprechend ist 1,0 ein hervorragender Wert.

Man beachte aber auch, dass es sich bei diesem U-Wert um den einer 8,5cm dünnen, einschichtigen Wand handelt, weswegen man sich den für eine dickere Wand überlegen sollte:

Der U-Wert einer doppelschichtigen Wand:

Aus der Formel $\dot{Q} = \lambda \cdot \frac{A}{l} \cdot \Delta T$ (λ ist die Wärmeleitfähigkeit der Wand) ist ersichtlich, dass die Wärme \dot{Q} , die durch die Wand abfließen kann, indirekt proportional zur Wanddicke l ist.

Daher ist \dot{Q} bei doppelter Wanddicke $\dot{Q} = 47,263 \text{kJ} \cdot \frac{1}{2} \approx 23,6 \text{J}$

Somit ist der U-Wert für die doppelte Wand:

$$U = \frac{Q}{A \cdot \Delta t} = \frac{23,6 \text{kJ}}{2,32 \text{m}^2 \cdot 1140 \text{s}} \approx 0,38 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Verwendet man wieder die Differenz zwischen Durchschnittstemperatur im Inneren und

Außentemperatur, ergibt sich ein U-Wert von: $U = \frac{Q}{A \cdot \Delta t} = \frac{23,6 \text{kJ}}{17,6 \text{K}} \approx 0,51 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$

Dieser stellt die beste Annäherung dar und der Fehler beträgt wie oben ca. 15%.

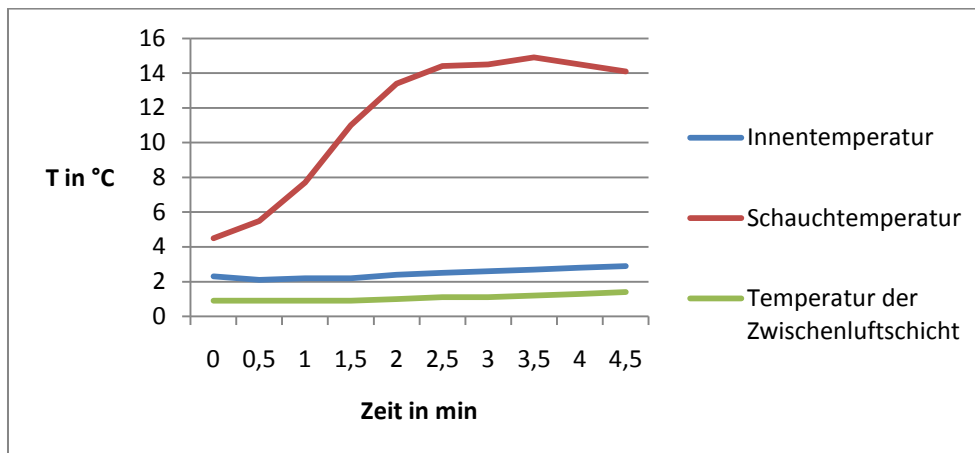
3. Beheizen des Kubus

Um den Kubus in einem zweiten Versuch zu beheizen, legen wir drei Windungen eines PU-Schlauchs, der für Fußbodenheizungen verwendet wird, ins Innere.



Wir lassen den Kubus an der Außenluft bis auf 2,6°C Innentemperatur abkühlen und leiten dann 42°C warmes Wasser durch den Schlauch.

Die Messergebnisse lassen sich in folgendem Diagramm veranschaulichen:



Das Diagramm zeigt auf jeden Fall, dass sich der Kubus schon bei geringem Heizaufwand (nur drei Spiralen) sehr schnell beheizen lässt.

Leider hat der Boiler, der das Warmwasser erzeugt hat, nach fünf Minuten nicht mehr ausreichend Wärme geliefert, um die Schlauchtemperatur hoch genug zu halten, und wir mussten den Versuch abbrechen.

Wegen der kurzen Zeitspanne lohnt es sich nicht, Werte aus diesem Versuch zu berechnen. Das werden wir in einem wiederholten Versuch tun; am besten mit exakterer Messung, wie viel Wärme „verheizt“ wurde.

Was das Beheizen der Wand betrifft, ist es prinzipiell besser, nur in die Hausinnenwände Heizschläuche einzubauen, da dabei keine Wärme an die Außenluft verloren geht.

4. Betrachtung der Stabilität der Wand

Unser Konzept beruht darauf, dass die Stabilität erreicht wird, indem der Folie, in die die Flaschen eingeschweißt wurden, die Luft entzogen wird. Dadurch entsteht ein Unterdruck, der die Flaschen zusammen hält.

Die Stabilität ist in folgendem Versuch geprüft worden:

Wir belasten ein Modul der Wand (12 Flaschen, Höhe: 90cm; Breite: 25; Dicke: 8,5cm) mit einem Gewicht von 71,5 kg. Die daraus resultierende Kraft beträgt daher ungefähr 700N. Dieser Belastung hielt das Modul stand.

Der Druck $P = \frac{F}{A} = \frac{700N}{25cm \cdot 8,5cm} \approx 3,29 \frac{N}{cm^2}$ ist die Untergrenze der Belastbarkeit der Wand.

Betrachtung der Belastbarkeit eines doppelschichtigen Moduls:

Geht man von einem doppelschichtigen (17cm Breite) und 10m langen Modul aus, könnte man dieses mit einer Kraft von

$$F = P \cdot A = 3,29 \frac{N}{cm^2} \cdot 17cm \cdot 1000cm = 56kN$$

belasten, wobei

$$F_G = m \cdot g$$

und die Masse, die die Wand trägt

$$m = \frac{56kN}{9,81 \frac{N}{kg}} \approx 5,7t.$$



III. Vorläufige Probleme der Wand:

1. Technische Probleme bei der dauerhaften Erzeugung des Unterdrucks:

Wir können mit dem Lötkolben, mit dem wir die Folie zusammenschweißt haben, leider keine absolut dichte Ummantlung erzeugen, was möglicherweise auch durch die Abdichtung des Schlauchstückes, über das die Luft der Wandkomponente entzogen wird, sodass nach dem Heraussaugen der Luft innerhalb ungefähr einer viertel Stunde wieder so viel Luft eintritt, dass die Stabilität verloren geht. Diese



Schwierigkeiten sind aber rein technische Probleme, für die sich bei einer großindustriellen Fertigung garantiert eine Lösung finden lässt.

Selbst wenn keine absolute Dichtigkeit erreicht werden kann, ist es kein Problem, die Wand beispielsweise einmal pro Jahr zu „entlüften“.

2. Feuchtigkeitsdiffusion

Im Gegensatz zu herkömmlichen Wänden lässt eine Wand aus Kunststoff keinerlei Luft oder Feuchtigkeit nach außen diffundieren. Das führt bei unzureichender Belüftung des Raumes zu einer sehr hohen Luftfeuchtigkeit im Raum und zu Schimmel.

Daher muss eine regelmäßige und ausreichende Belüftung gewährleistet werden.

3. Nägel in die Wand?

Es ist bei dieser Art der Konstruktion nicht möglich, Nägel oder andere Haltebefestigungen an der Wand anzubringen. Stattdessen wird es wohl vielmehr nötig sein, „Haken“ anzubringen, die dauerhaft mit der Wand verschweißt werden, um festen Halt zu garantieren und die Konstruktion an sich nicht zu beschädigen.

4. Haltbarkeit und Wetterresistenz

Der Kern der Wand, der die hauptsächliche Funktionalität garantiert, liegt weiterhin ungeschützt, was bei einer Weiterentwicklung noch bedacht werden sollte.

Außerdem kann man allgemein sagen, dass die Konstruktion eventuell nicht ausreichend witterungsresistent ist, um dauerhaft im Einsatz zu sein.

IV. Verbesserungsideen und Weiterentwicklungen

Vorbemerkung: Da es sich hierbei zunächst um Ideen handelt und da Berechnungen teilweise aufgrund von zu vielen erforderlichen theoretischen Hypothesen keine wahrheitsgetreuen Ergebnisse erzielen würde und außerdem die Länge der Arbeit sprengen würden, verzichten wir in diesem Abschnitt der Arbeit auf jegliche Rechnung.

1. Durch Verwendung anderer Gase in den Flaschen kann der U-Wert der Wand erheblich gesteigert werden.
Stickstoff oder CO₂ haben eine geringere Wärmeleitfähigkeit und eine geringere Dichte als normale Luft und verbessern somit die Isolationswirkung der Wand.
2. Verwendung anderer Materialien

Für die Außenwand wären prinzipiell folgende Kunststoffe geeignet: Pe, Pa, PEEK, PI und eine Platte aus PMMA (Plexiglas)

„Entwicklung einer multifunktionalen Hausinnen- und Außenwand“
 Maximilian Lehnberger, Kevin Höllring, Karl Walkum

Für die Folie Pe-LD (bei großer Anpassung) / Pe-HD (bei wenig Anpassung), PET (Stützeigenschaften), CA (schalldämmend), EPM (außen, da schmelzfähig), PA (abriebsfest), Polyester (als Stützschiicht, da reißfest)

Für die Plastikmodule: PET, bzw. OCO (hohe Steifigkeit, Festigkeit und Härte, niedrige Dichte) UF (hart, schlagfest, glasklar, lichteicht)

Für das Wassersystem: PPMA (Plexiglas) oder PTFE (hart, zäh, teilkristallin, keine Wasseraufnahme, sehr gute Gleit- und elektrische Eigenschaften (Isolierung), nicht benetzbar)

3. Verschiedene andere Formen der Füllelemente/Plastikmodule bringen abermals viele Vorteile mit sich:

a) Kreise /Kugeln:

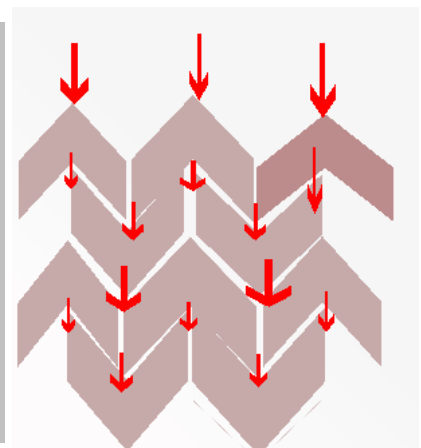
Vorteil	Nachteil
In sich sehr stabil und widerstandsfähig	Ihre Form garantiert keinen Erhalt der Form der Wand, da die Last, die von oben auf sie drückt leicht zu Verschiebungen führen kann.

b) Ellipsenförmige Körper:

Vorteil	Nachteil
Sie greifen besser ineinander als die Kugeln allein, wodurch eine bessere Stabilität erreicht wird.	Im Bereich der kürzeren Halbachse der Ellipse ist diese Form weniger stabil. Außerdem haben die Rundungen wie beim Kreis möglicherweise Verformungen der Wand zur Folge.

c) „Herzformen“ / Pfeilformen:

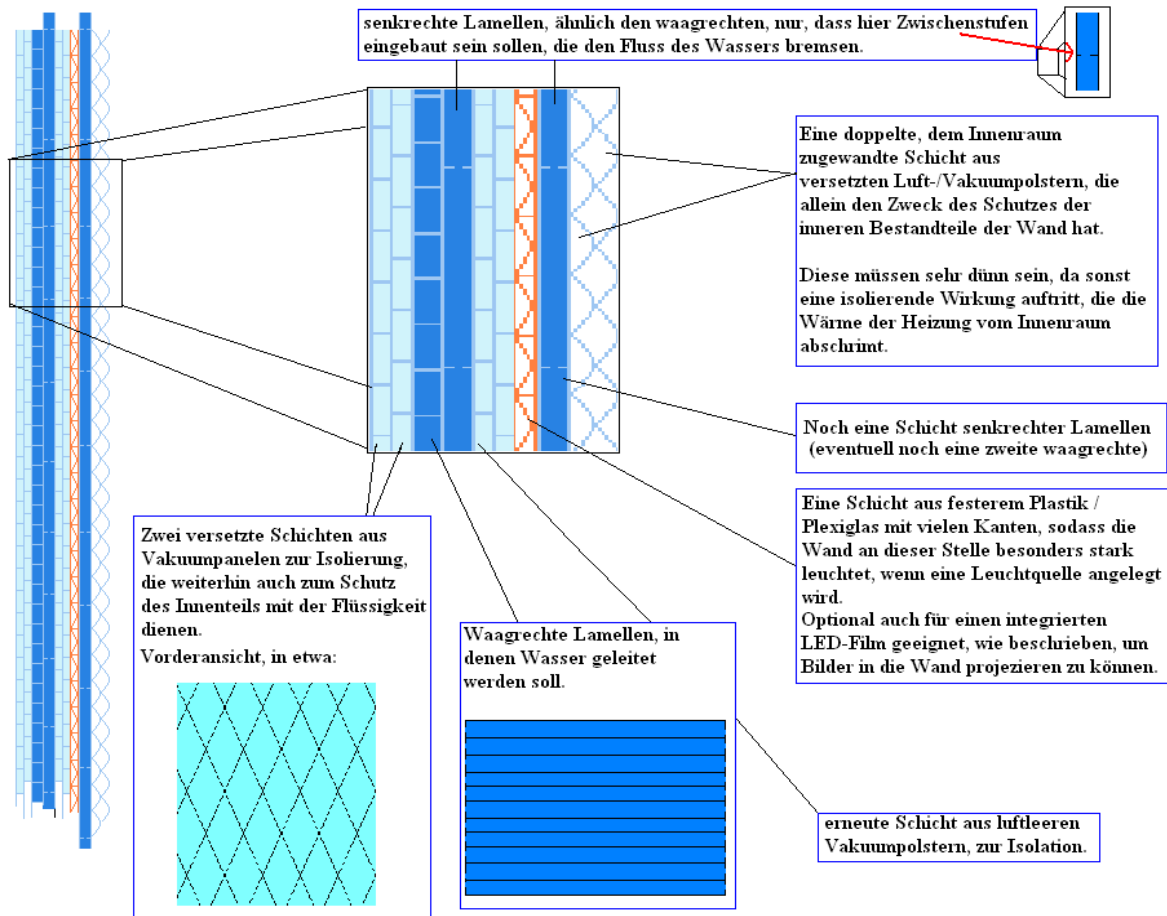
Vorteil	Einziger Nachteil
Ihre Spitzen und Einbuchtungen greifen perfekt ineinander und garantieren einen absolut festen Halt, vor allem bei Belastung. Die Kraft wird vollständig nach unten übertragen. Zudem bleibt die Wand formbar, weil man die „Herzen“ neigen kann.	Besonders an den Ecken und Kanten kann es bei dieser Form zu Ermüdungserscheinungen kommen. Daher könnte es langfristig zu Verformungen kommen.



4. Für eine noch effizientere Wand, die dann auch wirklich als permanente Wand nutzbar ist und gleichzeitig als attraktiver Einrichtungsgegenstand einen qualitativ hohen optischen Wert besitzt, haben wir in erster Linie noch Überlegungen zu einem noch effizienteren Aufbau angestellt. Eine Schichtbau-Struktur der Wand verspricht

„Entwicklung einer multifunktionalen Hausinnen- und Außenwand“
 Maximilian Lehnberger, Kevin Höllring, Karl Walkum

im Allgemeinen die besten Bedingungen zur Kombination von Effektivität und Funktionalität, da man verschiedene Module kombinieren kann:



Als Mittel zur Isolation der Wärme im Inneren vom Außenbereich sind luftleere Räume, d.h. annäherndes Vakuum, am besten geeignet, da sie die geringste Wärmeleitfähigkeit besitzen. Die bereits existenten VIP (Vakuum-Isolations-Paneele) erreichen einen U-Wert bis zu 0,20 W/m²K und haben außerdem mit einer Wärmeleitfähigkeit von nur 0,004 W/m²K auch sonst viele Vorteile gegenüber herkömmlichen Dämmstoffen.

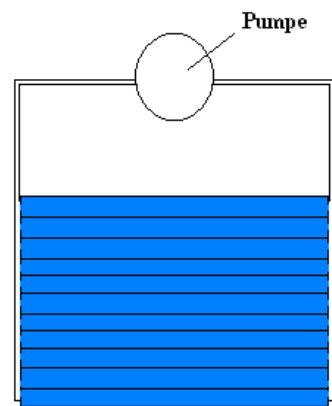
Deshalb sollte es bei einer Außenwand auf der nach außen gewandten Seite eine dicke oder zwei dünnere Schichten mit „Vakuumpolstern“ geben. Bei der zweischichtigen Variante hat man zusätzlich zum isolierenden Effekt noch den Vorteil des zusätzlichen Schutzes des Innenlebens. Dadurch kann man fahrlässigen oder mutwilligen Zerstörungsversuchen vorbeugen.

Anschließend, so zumindest in der Theorie, sollte die Wand eine Schicht senkrechter und eine Schicht waagrechter Wasserkreisläufe in Form von Lamellen enthalten (siehe Skizze).

Diese dienen einerseits zur Absorption von Energie, die von außen eindringt oder zumindest auf die Wand trifft (z.B. Sonneneinstrahlung, wodurch mit Hilfe eines Wärmetauschers elektrischer Strom bzw. Warmwasser erzeugt werden könnte). Andererseits kann man Wärmeenergie, die aus dem Inneren austritt, wieder zurückführen. Um die Absorptionswerte zu verbessern, hatten wir die Idee, eine durchsichtige Flüssigkeit durch diesen Kreislauf fließen zu lassen, die sich, z.B. durch

das Anlegen elektrischer Spannung, dunkel verfärben lässt, wodurch sie mehr Wärmeenergie des Lichts absorbiert und man sie als Sichtschutz nutzen könnte. Dies wäre möglich, wenn Teilchen enthalten wären, die sich bei Spannung und Stromfluss gemäß der Polung ausrichten. Zudem verbessert das Verkleben der beiden Lamellenschichten die Stabilität noch mehr.

Der Wasserkreislauf

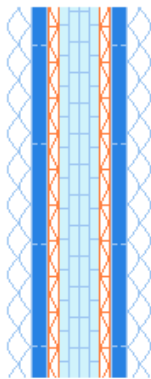


Zur Trennung des Innenteils vom Außenteil folgt anschließend wieder eine Schicht mit luftleeren Kammern, die die Wärmeleitfähigkeit weiter senken. Dadurch wird also eine strikte Trennung des inneren Teils vom äußeren Teil vorgenommen. Das eröffnet die Möglichkeit, zweimal die innere Hälfte aneinander zu setzen, um eine Innenwand zu konstruieren, da diese nicht so stark isolierend sein muss wie das bei einer Außenwand der Fall sein sollte.

Daran angrenzend folgt in unserem Modell eine weitere Schicht mit Wasserkreisläufen, die ebenfalls durch orthogonal zueinander stehende Schichten aus Lamellen erzeugt werden -

Modell Innenwand

(Querschnitt)



eine senkrecht, eine waagrecht. Diese können zum Beheizen des Innenraums genutzt werden, wie das bereits in unserem bisherigen Modell ein Grundgedanke war.

Zum Schutz haben wir geplant, eine dünne Schicht mit Luftpolstern abschließend auf der Innenseite darüber zu legen. Sollte man diese verletzen oder beschädigen, ist die darunter liegende Schicht, in der Flüssigkeit geführt wird, dennoch besser geschützt und es tritt nicht unmittelbar etwas aus. Sollte es zufälligerweise doch dazu kommen, dass die „Heizschicht“ verletzt wird, müsste man noch einen Mechanismus einplanen, der bei abfallendem Druck den Wasserfluss stoppt und so den Schaden minimiert.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der geschützte und nach außen hin isolierte Aufbau im Winter die Wärme im Inneren hält und im Sommer das Eindringen zu großer Hitze von außen verhindert. Diese Eigenschaften sind der Grund dafür, dass diese Bauweise sehr gut für den Einsatz im Wohnbaubereich geeignet ist.

Das Material, das wir für die Wand verwenden, muss wiederum ganz bestimmte Eigenschaften erfüllen:

- Zum einen muss es durchsichtig sein, was eine Grundidee des gesamten Projektes war.
- Außerdem muss es sich dauerhaft in eine bestimmte Form bringen lassen, damit sich die komplexen Schichten überhaupt daraus bilden lassen, ohne anschließend wieder unbrauchbar und nicht funktional zu werden.
- Witterung und Wärme sollten keine Probleme darstellen, da Heizungswasser hindurch geleitet werden und man sie auch als Außenwand einsetzen können soll. Im zweiten genannten Fall wäre sie auch hoher Sonneneinstrahlung ausgesetzt, die viele Stoffe schnell unbrauchbar werden lässt, was man bei unserem Baustoff auch ausschließen können sollte.
- Selbstverständlich ist auch eine gewisse Grundstabilität des Stoffes vorauszusetzen. Dadurch lassen sich mutwillige und fahrlässige Beschädigungen bekämpfen, aber die Wand muss ja auch ihr gesamtes Eigengewicht und das des Wassers tragen, weswegen sie nicht zusammensacken darf. Außerdem würde eine instabile Wand Einbrüche geradezu provozieren.

Insofern ist diese Idee eine Verbesserung der Basisidee unserer Wand, in der wir die Schwerpunkte unserer Zielsetzung intensivieren und stärker ausprägen, wodurch insgesamt ein besserer Effekt erzielt wird.

Zusätzlich zu den funktionalen Aspekten lassen sich in dieser Wand auch viele designerische Elemente integrieren. Durch Variationen hinsichtlich Form und Größe der Isolationspolster lässt sich die Lichtbrechung für gezielte Effekte beeinflussen, es lassen sich aber auch einfache Muster einbauen, oder Farbeffekte durch die Nutzung von farbigem, durchsichtigem Material erzeugen.

Zudem ist eine Beleuchtung der Wand von oben und unten unter Einsatz von Strom sparenden, aber leuchtkraftintensiven, LEDs möglich, die zu Folge hat, dass sämtliche Kanten des Konstrukts leuchten. Auch diese Art von visuellen Effekten ist gut für den Einsatz in Wohnungen geeignet.

Für den gewerblichen Einsatz hat man weiterhin die Wahl, ob man eine hauchdünne Schicht mit vernetzten Leuchtdioden einfügt, die dann computergesteuert Bilder in der Wand

erscheinen lassen können. Sind die Schaltkreise und Lichtquellen klein genug, sind diese nur bei genauerem Hinsehen zu erkennen.

Ganz abgesehen davon, lassen sich in einer durchsichtigen Wand auch gut Bildschirme o.Ä. integrieren, wobei man hierbei berücksichtigen muss, dass man diese leicht austauschen sind, ohne den Kern der Wand in irgendeiner Weise zu beschädigen. An sich ist es jedoch eine billige Alternative zu dem LED-Film, die auch im Hausgebrauch zum Einsatz kommen könnte. Die Oberfläche der Wand kann auch zu einem Touchscreen umfunktioniert werden, mit dem sich beispielsweise die Heizfunktion der Wand steuern lässt, indem man zwei verschiedene Kameras hinzufügt, die die Berührung mit dem Finger erkennen.

Abschließend kann man sagen, dass wir die ursprünglichen Wandmodule aus PET-Flaschen im Bezug auf Isolationsfähigkeit und Stabilität untersucht haben und daraufhin das Modell einer Weiterentwicklung ausgearbeitet haben. Dieses vereint Effizienz, Funktionalität und vielseitige designerische Möglichkeiten.

Es lässt sich gut als Hauswand, aber auch in einer einfacheren und preiswerteren Ausführung für schnell zu errichtende einfache Bauten verwenden, z.B. Industriehallen, Forschungsstationen, Bungalows oder Notunterkünfte bei Katastrophen. Auch als Dach ist die dickere und damit sehr gut isolierende Konstruktion geeignet.

Quellen:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmeleitfähigkeit1>, 08.01.2010
<http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmedurchgangskoeffizient>, 08.01.2010
<http://www.uniglas.net/medien/richtlinien/04.12.09/UNIGLAS%20PANEL%20mit%20Bild.pdf>
http://www.cwaller.de/deutsch.htm?teil5_2_gebaudeklima.htm~information
<http://www.zellbiophysik.fh-aachen.de/zat/220w.pdf>
<http://www.goodfellow.com/G/Polyethylenterephthalat.html>
http://www.amsler-frey.ch/pdf/td_pet.pdf
Franzis Formelsammlung Physik
<http://de.wikipedia.org/wiki/Polyethylen>
<http://de.wikipedia.org/wiki/Polyethylenterephthalat>
<http://de.answers.yahoo.com/question/index?qid=20090313015559AAB6nVr>
<http://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmeleitf%C3%A4higkeit#Kunststoffe>
<http://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmeleitf%C3%A4higkeit>
<http://de.wikipedia.org/wiki/Plexiglas>