

Das Lichtenfelser Experiment – eine dilettantische Irreführung

Im Jahr 2002 führten fünf Fachgrößen ein Experiment durch, mit welchem die Nutzlosigkeit einer Wärmedämmung auf der Basis von Leichtbaustoffen bewiesen werden sollte [1]: In einer nach vorne offenen, ansonsten allseitig geschlossenen Holzkiste wurde oben eine 150 W-Infrarotlampe befestigt, die mit etwa 30 cm Abstand eine zirka 30 x 30 cm grosse und 4 cm dicke, unten, seitwärts und hinten direkt an den Kistenwänden anliegenden Versuchsplatte anstrahlte (Bild 1). Im Verlaufe der zehnminütigen Bestrahlung wurden die Temperaturen auf der Plattenunterseite auf Zehntel Grade genau gemessen.



Bild 1: Forschungsteam mit Versuchsanordnung (Bildquelle www.dimagb.de)

Gemäss folgender Tabelle sind die rückseitigen Endtemperaturen der Leichtdämmstoffe Polystyrol und Mineralwolle nach zehnminütiger Bestrahlung wesentlich *höher* als die entsprechenden Temperaturen bei den Massivbaustoffen. Daraus folgern die Beteiligten, dass Materialien wie Holz und Ziegel die beste Wirkung zeigen gegen Temperaturveränderungen und damit gegen den Wärmeabfluss - trotz ihrer "schlechten" U-Werte (früher k-Werte genannt). Im Gegensatz dazu kämen bei Polystyrol und Mineralwolle mit "gutem" U-Wert gegenteilige Ergebnisse heraus.

Das belege auch die Praxis am Bau: Hohe Temperaturamplitudendämpfung und Phasenverschiebung beim "Durchschlagen" einseitiger Temperaturänderungen auf die andere Seite seien als Vorteile der Massivbaukonstruktion seit jeher Stand der Technik. Auch Bosserts und Fehrenbergs langjährig erhobene Messergebnisse des Heizenergieverbrauchs am Altbau bewiesen die Wirkungslosigkeit von Leichtbaustoffen und die von der U-Wert-Berechnung stark abweichenden günstigen Energieverbrauchswerte von Massivbauten.

Material	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m ² K]	Wärmespeicherkoeffizient s [Wh/m ³ K]	Anfangstemperatur	Endtemperatur nach 10 Min.
Mineralwolle	0,85	11.2	21,4°C	59,8°C
Polystyrol	0,85	8.4	21,4°C	35,4°C
Holzfasersplatte	0,85	87	21,4°C	22,2°C
Fichte	2,09	255	20,6°C	20,9°C
Vollziegel	4,74	532	20,9°C	23,4°C

Tabelle: Endtemperaturen verschiedener Baumaterialien nach Bestrahlung

Unbrauchbare Messungen

Bereits die Versuchsanordnung lässt Zweifel an der Wissenschaftlichkeit der Experimente aufkommen:

1. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, hätten die Versuchsplatten auf der Seite der Strahlungsquelle zwingend eine einheitliche Oberflächenbeschaffenheit mit gleichem Absorptionsgrad aufweisen müssen.
2. Unterschiedliche Absorptionsgrade ergeben ungleich grosse Reflektionen. Das führt zu verschiedenen Oberflächentemperaturen und verursacht einen undefinierten Wärmestau im oberen Teil der Holzkiste, welcher in der Folge ebenfalls die Messwerte verfälscht.
3. Der Querschnitt für den zur Diskussion stehenden Wärmefluss ist mit ungefähr 900 cm^2 viel zu klein im Vergleich zu den Rändern der Dämmplatten (rund 500 cm^2). Um den Einfluss der Plattenränder vernachlässigbar klein zu halten, hätten die Messungen an wesentlich grösseren 4 cm-Platten erfolgen sollen.
4. Der Messwert eines an der Plattenrückseite angebrachten Temperaturfühlers wird durch die Auflage auf der Kistenwand verfälscht.

Wäre anstelle einer Kiste ein offener Versuchsaufbau mit einheitlich oberflächenbeschichteten Testplatten mit den Abmessungen von beispielsweise $1 \times 1 \text{ m}$ eingesetzt worden, wären die Punkte 1 – 3 kaum mehr ins Gewicht gefallen. Der Abstand zur Strahlungsquelle wäre dementsprechend grösser zu wählen gewesen. Das Problem des Temperaturfühlers auf der Plattenrückseite ist so allerdings noch nicht befriedigend gelöst.

Unklar ist, weshalb für das Experiment diese aufwendige und zudem fehlerbehaftete Versuchsanordnung mit einem Strahler als Wärmequelle benützt wurde. Da die unreflektierte Strahlung bei einem nichttransparenten Material ohnehin unmittelbar auf der Plattenoberfläche in Wärme umgewandelt wird, wäre folgende, insgesamt praktisch fehlerfreie Versuchsdurchführung naheliegender: Ein mit einer Temperaturerfassung im Mittelpunkt ausgestatteter Probewürfel wird beispielsweise in einer Sauna aufgehängt. Nach erreichter Temperaturkonstanz wird der Kubus anschliessend wieder bei Raumluft ausgekühlt. Bei korrekten Randbedingungen entspricht der Temperaturverlauf bei Auskühlung - abgesehen vom Vorzeichen - auch recht genau dem Aufheizverlauf.

Überlegungen

Grundsätzlich wird mit dem Lichtenfelser Experiment nur die thermische Trägheit der Baumaterialien bestimmt. Diese Trägheit wird durch den Quotienten von Wärmespeicherfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit umschrieben. Die Trägheit des Versuchsaufbaus sagt jedoch rein gar nichts aus über dessen Wärmeverlust [2]. Vereinfacht gesagt: Wäre die mit dem Aufheizexperiment nach 10 Minuten erreichte Temperatur eine geeignete Grösse zur Beschreibung der Wärmeverluste einer Wand, dann müsste für hochwärmedämmte Energiesparbauten konsequenterweise als Baumaterial beispielsweise Eisen anstatt Leichtdämmstoff verwendet werden.

Man könnte übrigens umgekehrt auch argumentieren, dank dem schnellen Temperaturanstieg als Folge der Bestrahlung stehe die Strahlungsenergie augenscheinlich sofort zur Verfügung. Setze die Strahlung aus, führe dies zudem durch rasche Auskühlung der Speichermasse schnell zu einer Verminderung der Verluste. Diese Argumentation ist aber ebenso falsch, wäre doch dann anstelle eines Mauerwerkes beispielsweise eine 2 mm starke Sperrholzplatte eine besonders energiesparende Alternative ...

Würde dieses Lichtenfelser Experiment mit unterschiedlichen, jedoch homogenen Materialien korrekt durchgeführt, würde sich entsprechend Bild 2 folgendes zeigen: Je grösser die Wärmespeicherkapazität und je kleiner die Wärmeleitfähigkeit, umso langsamer steigt beim Aufheizen (oder sinkt beim Auskühlen!) die Temperatur auf der Rückseite der Versuchsplatte. Der Auf-

heiz- resp. Auskühlvorgang wird mit der doppelten Wärmespeicherkapazität halb so schnell ablaufen, ebenso bei halbiertes Wärmeleitfähigkeit (letzteres gilt allerdings nur bei relativ grossen Wärmeübergangszahlen, also praktisch bei reiner Wärmeleitung).

Man vergleiche sinngemäss mit einer Badewanne: Doppelter Inhalt (bei gleicher Niveauhöhe) und doppelte Lochgrösse des Ablaufs ergibt dieselbe Auslaufzeit. Die Auslaufzeit ergibt sich somit aus dem Quotienten «Inhalt über Ablauflochgrösse». Dasselbe gilt analog für den Füllvorgang.

Zurück zum Lichtenfelser Experiment: Nach einer ausreichend langen (theoretisch unendlich langen) Bestrahlung stellt sich dort ein stationärer Zustand ein: Die Temperaturen von allen Testplatten sind dann durchgehend gleich hoch – unabhängig von der Wärmeleitfähigkeit und der Wärmespeicherkapazität der Testplatten. In diesem Fall wird die auf der Plattenoberseite absorbierte Strahlungsleistung vollumfänglich wieder an die Umgebungsluft abgegeben. Der Versuchsaufbau ist somit bezüglich der Wärme Flüsse im Gleichgewicht, und die absorbierte Strahlung $Q \times a$ ist gleich der Wärmeübergangszahl $\alpha \times \Delta T$. Das heisst beispielsweise, bei einer Strahlung von 400 W/m^2 und einem Absorptionsgrad von 0.7 wird sich bei einer angenommenen Wärmeübergangszahl α von $25 \text{ W/m}^2\text{K}$ gegenüber der Umgebungstemperatur eine Übertemperatur von 11.2 K einstellen.

Über die ganze Heizsaison gesehen dürften Strahlungswerte im Mittelland von 400 W/m^2 selbst bei Südausrichtung nicht allzu häufig erreicht werden – nicht zu reden von den andern Himmelsrichtungen. Womit eigentlich klar zum Ausdruck kommen sollte, dass der Wärmeverlust eines Gebäude während der Heizsaison etwa durch eine mittlere Temperaturdifferenz von 15 K bestimmt wird und die (auch durch Strahlung ausgelöst) instationären Abläufe auf nichttransparenten Bauteile keine grosse Rolle spielen.

Mit einer zweischichtigen Versuchsplatte könnte ferner die Trägheit im Vergleich zu 4 cm Ziegel noch weiter vergrössert resp. die Aufheiz- sowie die Auskühlgeschwindigkeit weiter gedämpft und damit die Endtemperatur nach zehn Minuten bedeutend tiefer gehalten werden: Werden anstelle von 4 cm Ziegel nur deren 2 cm - dafür mit eine Auflage von 2 cm Styropor - bestrahlt, ergeben sich beachtlich stärker gedämpfte Temperaturverläufe, siehe Bild 3. Dies, obschon die von den U-Wert-Gegnern als bedeutsam angesehene Wärmespeicherkapazität der Versuchsplatte nahezu halbiert und eine gegen aussen angebrachte Leichtdämmung angeblich nur nachteilig ist.

Man kann diese zweischichtige Versuchsplatte auch umkehren, das heisst die Ziegelseite bestrahlen und auf der Styroporrückseite die Temperatur messen. Trotz der nun gemäss U-Wertgegnern günstigen Anordnung mit einer aussen liegenden Masse ist die Trägheit bedeutend schlechter als beim vorhergehenden Beispiel, siehe Bild 4. Dies trotz identischem U-Wert!

Die Modellrechnungen

Die folgenden Simulationen setzen ein idealisiertes Lichtenfelser Experiment voraus, d.h. die Oberflächen sind identisch beschaffen und die Stirn- sowie die Rückseiten «hängen thermisch in der Luft». Dies würde – natürlich mit Ausnahme der Plattenvorderseite – einer ansonsten allseitig praktisch unterdrückten Wärmeübertragung entsprechen. Die Strahlungsleistung wurde wiederum auf 400 W/m^2 angesetzt, der Absorptionsgrad auf 0.7. Das dabei angewendete Computerprogramm fusst auf der wissenschaftlich allgemein anerkannten Finite-Elemente-Methode.

Werden nun die Temperaturverläufe auf der Rückseite der verschiedenen Baumaterialien (Bild 2) mit den Materialeigenschaften nach obiger Tabelle verglichen, springt die Konsistenz mit logischen Überlegungen ins Auge. Dies betrifft nicht nur den Aufheizvorgang, sondern gilt wie erwähnt genauso auch für die Auskühlung.

Unter bestimmten Bedingungen kann aus diesen Temperaturabfolgen die Halbwertszeit als Mass für die Trägheit berechnet werden, so wie das auch in

[3] propagiert wird. Das dort aufgeführte Beispiel ist allerdings unbrauchbar, siehe [4], und versucht aufgrund fehlerhafter Arithmetik ebenfalls den Eindruck zu erwecken, mit der Trägheit einer Mauerkonstruktion lasse sich der Wärmeverlust beeinflussen.

Klar, mit Modellrechnungen kann vieles «bewiesen» werden. Im Fall der Wärmeleitung ist der Spielraum für Manipulationen jedoch sehr gering, wie die (leicht gekürzten) Ausführungen von Claus Meier in [1] nahelegen:

«Wärme ist eine Energieform, die immer vom höheren zum niedrigeren Temperaturniveau fließt und damit einen Wärmestrom hervorruft. Je größer die Temperaturdifferenz, desto größer der Wärmestrom. Allein die Temperaturverhältnisse bestimmen in einem Bauteil die Wärmeströme und Energiebewegungen, die deshalb immer die Folge von Temperaturzuständen sind. Der funktionelle Zusammenhang zwischen der Temperaturdifferenz und dem Wärmestrom lautet:

$$q = \lambda \cdot \frac{\Delta\vartheta}{\Delta s} \quad (\text{W/m}^2)$$

q = Wärmestrom (W/m^2)

λ = Wärmeleitfähigkeit (W/mK)

$\Delta\delta$ = Temperaturdifferenz (K)

Δs = Streckendifferenz im Bauteil (m)

Es wird deutlich, dass der Wärmestrom q durch das Verhältnis der Temperaturdifferenz zur Streckendifferenz, dem Temperaturgradienten, bestimmt wird. Ein sich ständig verändernder Temperaturgradient, gekennzeichnet durch kurvige Isothermen, zeigt instationäre Verhältnisse an. Der Temperaturgradient spielt für die Beschreibung der Wärmeströme also eine wichtige Rolle.»

Obige (lineare) Funktion gilt generell, also egal an welchem Ort im Bauteil, egal zu welcher Zeit (oder in welchem Zeitraster) und völlig unabhängig von den Speicherkapazitäten der Materialien. Ob grosse oder geringe Speicherkapazität, der Wärmestrom q wird, wie Meier treffend darlegt, ausser durch die Wärmeleitfähigkeit nur durch den Temperaturgradienten bestimmt, welcher sich bei instationären Verhältnissen je nach Speicherkapazität (Dämpfung) unterschiedlich schnell verändert. Daran ändern selbst die abenteuerlichsten Betrachtungen und Berechnungen nichts – weder verschwindet etwas auf wundersame Weise noch kommt etwas auf übersinnliche Art dazu.

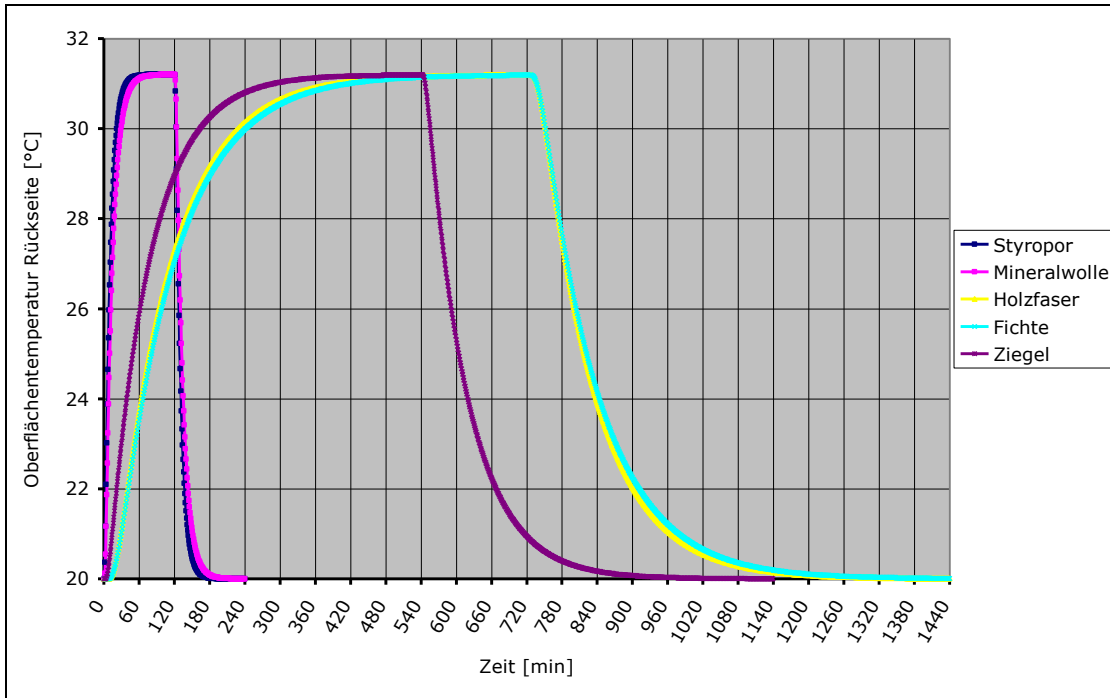


Bild 2: Verlauf der Oberflächentemperaturen T_{oi} auf der Rückseite verschiedener Versuchsplatten bei temporärer Bestrahlung mit 400 W/m^2 , einer Wärmeübergangszahl von $25 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem Absorptionsgrad von 0.7 .

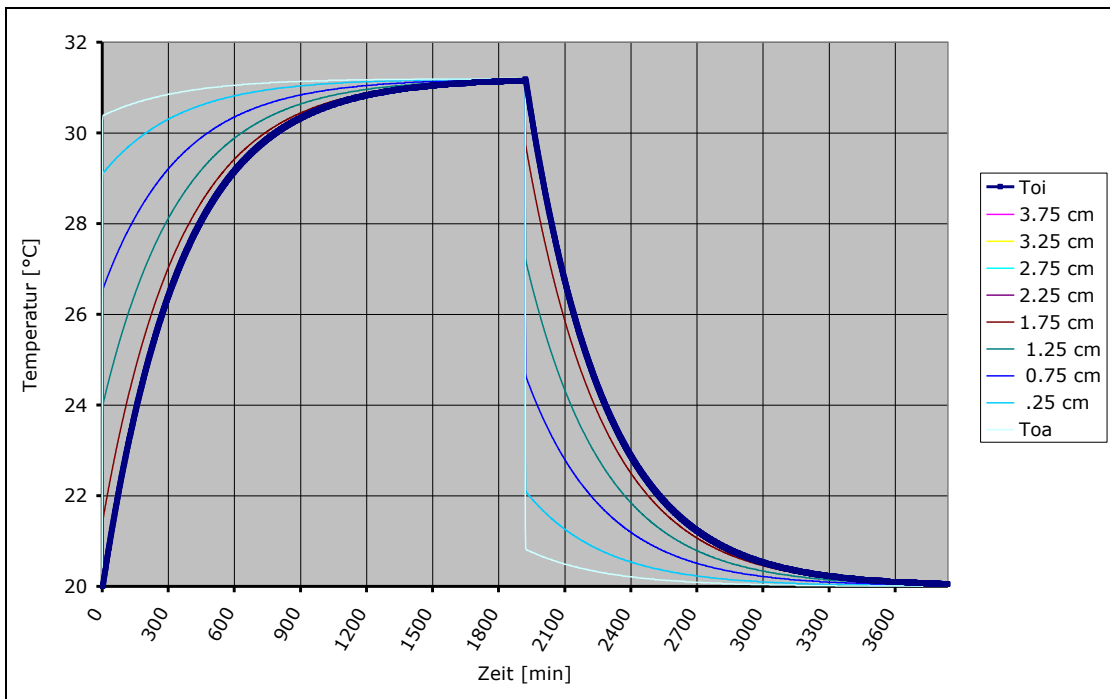


Bild 3: Temperaturenverläufe in unterschiedlichen Tiefen einer 2 cm Ziegelplatte mit 2 cm Styroporauflage auf der Strahlungsseite bei temporärer Bestrahlung mit 400 W/m^2 , einer Wärmeübergangszahl von $25 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem Absorptionsgrad von 0.7 .

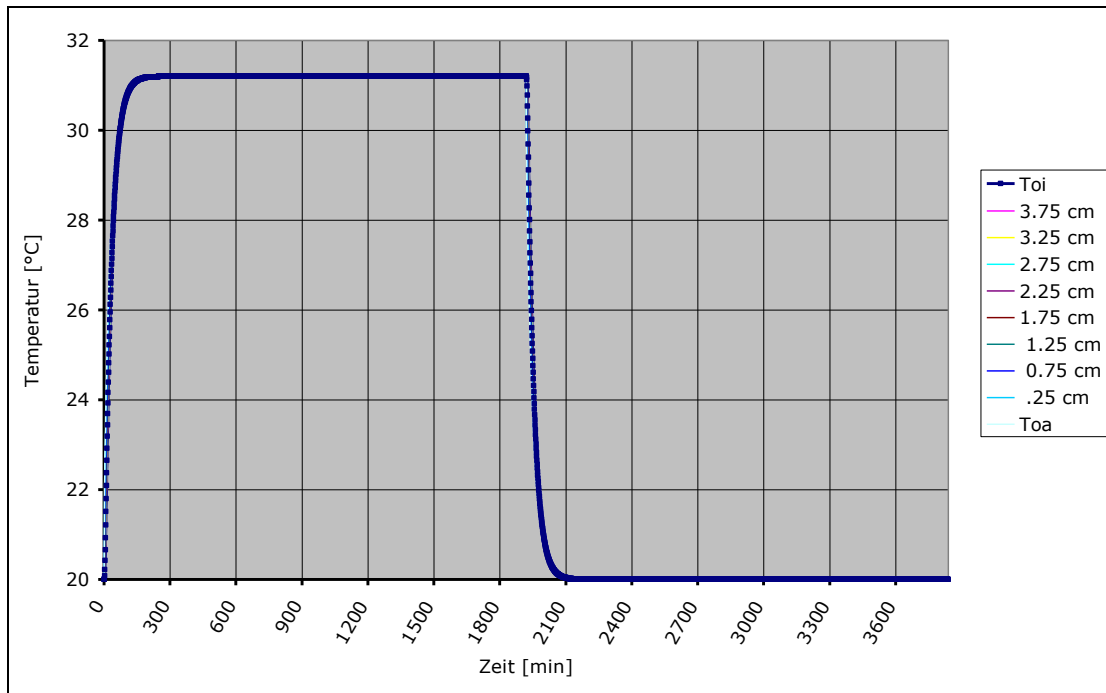


Bild 4: Temperaturenverläufe in unterschiedlichen Tiefen einer 2 cm Styroporplatte mit 2 cm Ziegelauflage auf der Strahlungsseite bei temporärer Bestrahlung mit 400 W/m^2 , einer Wärmeübergangszahl von $25 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem Absorptionsgrad von 0.7.

Fazit

Das Lichtenfelser Experiment hat einerseits eklatante Mängel im Versuchsaufbau. Andererseits scheint den Verantwortlichen rund 10 Jahre später immer noch nicht klar zu sein, dass die Trägheit einer Konstruktion und deren Wärmeverlust zwei völlig verschiedene Sachen sind. Nochmals zum Vergleich mit der Badewanne: Wer aus der Entleerungszeit bzw. der Halbwertszeit auf die Ablaufmenge schliessen kann, muss über hellseherische Fähigkeiten verfügen! Zudem liesse sich der Unsinn nur schon beim Vergleich der Masseinheiten beider Parameter entlarven.

Nachdenklich macht auch, wie ein paar Demagogen mit abstrusen Theorien ganze Heerscharen von irritierten Gefolgsleuten gewinnen können – nicht zu reden von den von Uneinsicht geprägten, endlosen Diskussionen mit der Fachwelt, siehe beispielsweise [5] und [6].

Literatur

- [1] Konrad Fischer, Rolf Köneke, Frank Lipfert, Claus Meier, Henryk Parsiegla: [Dämmstoff im Vergleich](#). (2002).
- [2] René Weiersmüller: [Die Beeinflussung von Energiebilanzen durch Sonnenstrahlung auf nichttransparente Bauteile](#). HeizungKlima, 2 (1979).
- [3] Paul Bossert: [Die 8 energierelevanten Faktoren der Aussenwand](#). Oetwil a.d. Limmat (20.06.2003).
- [4] René Weiersmüller: [Die Wärmedämmung von Gebäuden und deren Verurteilung mittels unhaltbaren Behauptungen](#). Meilen (2011). Mit diversen Updates.
- [5] Jochen Ebel: [Das Lichtenfelser "Experiment" und seine "Bedeutung"](#) (07.12.2003).
- [6] Jochen Ebel: [Der U-Wert – Kommentar \(...\) zu einer "Widerlegung" \(...\)](#). (letzte Änderung: 15.09.2005).

Weitere Arbeiten zum Thema siehe <http://rene.weiersmueller.com/energie/bauphysik>