

Elektrische Wandflächenheizungen gewinnen an Bedeutung, sie sollten aber **nicht auf ungedämmten Außenwänden** auf der Innenseite angebracht werden.

Auf dem Markt befinden sich die verschiedensten Dämmmaterialien. So genannte **Wärmereflektions Dämmmatten** sind auch darunter. Die folgende Aussage bezüglich der Isolierwirkung einer **Wärmereflektions Dämmmatte** wurde mit einer Versuchsreihe überprüft. Die Werbe Aussage für die Wärmereflektions Dämmmatten lautet: „**Eine 3 cm Wärmereflektions Dämmmatte sei genau so gut in der Dämmwirkung wie eine 40 cm dicke Styroporplatte oder Mineralwolle, weil die Zurückhaltung der Wärme über deren Reflektion erfolgen würde!**“  
Aus diesem Grund neugierig geworden, wurden vom Verfasser Versuche und Berechnungen durchgeführt, die in diesem Bericht beschrieben sind.  
Eine Kurzform davon ist in einem weiteren Bericht enthalten.

### **Weiterer Grund der Untersuchung:**

Der Verfasser möchte bei Eignung der Wärmereflektions Dämmmatte, diese in der Zukunft selber zur Innen-Dämmung einer Außenwand verwenden. Er möchte sie auch Firmen empfehlen, die mit elektrischen Heizfolien auf Gebäude Innenwänden, mit einer Teilzeitbeheizung Heizkosten bei den Nutzern einsparen wollen. --Dazu könnte die Wärmereflektions Dämmmatte innen auf die Wand montiert werden, eine Filzschicht darüber gelegt und darüber die Heizfolie aufgebracht werden. –  
Der Verfasser kann diese Konstruktion aber nur mit gutem Gewissen empfehlen, wenn die Tests ergeben, dass die Wärmereflektions Dämmmatte die Wärme besser zurückhält als es zum Beispiel eine Alukaschierte Styropor- oder PUR-Dämmung mit vergleichbarer Dicke kann, weil die Wärmereflektions Dämmmatte.

(Der Verfasser ist der Erfinder der so genannten Trafoschaltrelais, die zum störungsfreien Einschalten der Ringkerntrafos eingesetzt werden, welche die Heizfolien mit Strom versorgen. Außerdem ist der Verfasser ein zertifizierter Energieberater und Verfechter der Energiewende und setzt sich deshalb für den verantwortungsvollen Einsatz von Primär-Energie ein. Er sieht deshalb den folgenden Zwiespalt: Wenn man die für die Strom Erzeugung aufgewendete Primärenergie berücksichtigt, hat eine Raumheizung, die mit elektr. Strom betrieben wird normalerweise einen schlechteren Wirkungsgrad, als eine Heizung welche direkt mit der Primärenergie Öl oder Gas betrieben wird oder über eine Wärmepumpe der Stromaufwand zum Heizen geviertelt wird. Nur regenerativ erzeugter Strom kann bedenkenlos zum Heizen verwendet werden, wenn er denn einmal im Überfluss dafür vorhanden ist. Allerdings macht die Heizung mit elektr. Strom heute schon Sinn, wenn bei gut gedämmten Niedrig Energiehäusern die nötige Heizenergie gering ist oder nur eine kurzzeitige Teilbeheizung erfolgt und noch dazu eine Solarstrom-Eigenversorgung vorhanden ist und der Invest Anteil für eine Heizung mit berücksichtigt werden soll. Es müssen also mehrere Faktoren berücksichtigt werden, damit eine Beheizung mit elektr. Strom wirtschaftlich ist. Dazu hat der Verfasser eine Kosten-Tabelle erstellt, bzw. die Tabellen der Heizanbieter ergänzt. Natürlich sollte dann auch eine Solarbeheizte Warmwassererzeugung vorhanden sein. Sonst muss das Warme Wasser ganzjährig auch mit Strom erwärmt werden, was dann gar nicht mehr ökologisch und auch nicht kostengünstig ist. (Mit einer Warmwasser Solaranlage hat der Verfasser selbst gute Erfahrungen gemacht.)

### **Ergebnisse aus den Messungen in verschiedenen Modell-Dämm-Versuchen:**

Leider ergaben die Messungen **keinen Vorteil** der so genannten Wärmereflektions Dämmmatte gegenüber einer Dämmung mit Styropor-, PUR -Platten oder Mineralwolle mit vergleichbarer Dicke.

**Auch das Fraunhofer Institut für Bauphysik rät vom Einsatz der Wärmereflektions Dämmmatte ab. Die Reflektionswirkung der Aluschicht wird separat auf Seite 13 untersucht.**

### **Ergebnis der Messungen mit Modell-Dämm-Versuchen in Kurzform:**

Die Werbung dafür verspricht einen U-Wert von **0,1 W/ qm\*K**, der besser ist als bei einer Vakuumdämmplatte. Eine Wärmereflektions Dämmmatte mit 3 cm Dicke hat aber nur den vom Verfasser ermittelten U-Wert von **1,17 W/qm\*K**.

Eine Styropordämmung mit 4 cm Dicke hat mit 0,9 W/ qm\*K sogar einen etwas besseren Wert als eine Wärmereflektions Dämmmatte mit 3 cm Dicke .

Die Wärmereflektions Dämmmatte dämmt damit 11 mal schlechter als sie es laut Werbung sein sollte.

Noch ein Nachteil: Die dampfdichte Alukaschierung der Wärmereflektions Dämmmatte ist lässt sich an den Stößen nicht sicher und lückenlos abkleben, weil die flexible Wärmereflektions Dämmmatte dabei nachgibt. Es sind aber auch alukaschierte PUR Platten auf dem Markt, die z.B. bei 4cm dicken Platten ca. 9.-€ / qm kosten und damit deutlich preiswerter sind als die Wärmereflektions Dämmmatte.

Die Wärmereflektions Dämmmatte hat 47 Watt pro qm Wärmeverlust bei -20 Grad C Außentemperatur.  
Die 4 cm dicke PUR Platte hat bei -20 Grad C Aussentemperatur dagegen nur 24 Watt pro qm Wärmeverlust.  
Eine mit **14 cm PUR** gut gedämmte Außenwand hat bei -20 Grad C Aussentemperatur dagegen nur ca. 7 Watt pro qm.  
Siehe auch die Tabelle unten.

### Daraus folgend ein Vorschlag für eine Konstruktion für eine elektrische Wand-Flächenheizung:

Eine alukaschierte Dämmplatte wird auf die Gebäudewand innenseitig aufgebracht, mit der Kaschierung zur Raumseite. Dauerhaftes und dampfdichtes Abkleben der Stöße und zur Wand ist wichtig wegen dem Schutz gegen Hinterfeuchtung. Direkt auf die Dämmung wird eine 1 cm dicke Faserplatte, (Bauhaus-Verlegeplatte), mit Dübeln an der Wand befestigt. Die Heizfolie wird über eine Filzschicht auf die Faserplatte geklebt. Auf die Heizfolie kann ein dünner mineralischer Putz aufgebracht werden. Außer dem ist in den meisten Fällen eine geeignete Außen-Dämmung der Wand nötig.

(Nach der DIN 4108-2 ist gefordert, dass Flächenheizungen auf Außenwänden eine Dämmung dieser Wände voraussetzt, die einen U-Wert von insgesamt  $< 0,5 \text{ W / qm} \cdot \text{K}$  haben müssen.

Die gemessene Isolation mit einer Wärmereflektions Dämmmatte mit gemessenen  $1,1 \text{ W / qm} \cdot \text{K}$  würde demnach nicht genügen.

Der Mindest-Isolier-Standart für Gebäude Außenwände liegt seit 1.1.2016 bei  $0,24 \text{ W / qm} \cdot \text{K}$ . ) Das entspricht zum Beispiel einer 14 cm dicken Styropordämmung, EPS, auf einer zum Beispiel 17 cm dicken Ziegel-Außenwand. Also ist eine 4 cm PUR Dämm Platte auf der Innenseite der Außenwand alleine nicht ausreichend. Es muss entweder auch noch eine mindestens 8 cm dicke EPS Außendämmung angebracht werden oder die PUR Platte auf der Innenseite, unter der Heizfolie muss ca. 12 cm dick sein.

Wegen des Verlustes an Quadratmetern an Wohnfläche ist es wohl besser die Dämmung ganz auf die Außenseite zu legen oder wegen einer gewünschten schnelleren Reaktion der Aufheizung, die Dämmung teilweise auf die Innenseite unter die Heizfolie zu legen, wie es obiges Beispiel zeigt.

Ein Konstruktionsvorschlag mit geringen Wärmebrücken durch die Dämmplatten hindurch, ebenfalls der ausführliche Bericht der Abkühlversuche, kann vom Verfasser bezogen werden.

### Lieferanten von Heizfolien für 12-36V sind beispielsweise:

Frenzelit, Hicotherm, Carbon4, und div. Heizanstriche.

### Übersichtstabelle: Dämm-Materialien und ihre Kennwerte mit deren Umrechnung.

Dämm-Materialien-2.XLS, für Wanddämmung auch unter Heizfolien, emeko, 22.03.2016									
Material, Name	WLK, Wärmeleitgruppe	Dicke in [m]	Alu-kaschiert	Wärme leitfähigkeit WLZ, Wärmeleit zahl Lambda [Lbd]	U-Wert : 1 / R	Wärmedurchgangs koeffizient	R, Summe	Wärme verlust pro qm bei delta 40 grd	Preis pro qm für Dämm.
	Formel			Lbd = d / R	U = 1 / R	R = d / Lbd		*bei +20 grd innen und -20 grd außen*	
	Dimension	m		W / m * K	W / m * m * k	m * m * k / W		W	€
EPS	0,035	0,03	einseitig	0,035	1,167	0,857		46,680	7
Wärmereflektions Dämmmatte ist		0,03	allseitig	0,035	1,167	0,857		46,667	30
Wärmereflektions Dämmmatte soll, laut Werbung		0,03	allseitig	0,003	0,100	10,000		4,000	30
Ultrawool board		0,015	allseitig	0,016	1,067	0,938		42,667	75
Spaceflott Aerogel		0,01	nein	0,014	1,400	0,714		56,000	125
Vakuumdämm platte		0,03	allseitig	0,005	0,167	6,000		6,667	250
Massivholz		0,20		0,100	0,500	2,000		20,000	
Holz Brett		0,024		0,100	4,100	0,240		164,000	
EPS, ( Extrudiertes Polystyrol)	0,035	0,02	einseitig	0,035	1,700	0,571		68,000	6
EPS	0,035	0,04		0,035	0,900	1,143		36,000	8
PUR, Polyurthan)	0,024	0,04	einseitig	0,024	0,600	1,667		24,000	9,25
PUR	0,024	0,06	einseitig	0,024	0,400	2,500		16,000	13,2
EPS	0,035	0,08	einseitig	0,035	0,438	2,286		17,520	10
EPS	0,035	0,10	einseitig	0,035	0,350	2,857		14,000	12
Beispiel: 17 er Ziegelwand		0,24		0,5064	2,110	0,474		84,400	
Beispiel: 17 er Ziegelwand + 8 cm EPS außen		0,25		0,090	0,361	2,770		14,440	10
Beispiel: 17 er Ziegelwand + 14 cm PUR-Dämm		0,30		0,052	0,172	5,800		6,897	28
Beispiel: 17 er Ziegelwand + 16 cm EPS außen		0,33		0,060	0,182	5,500		7,273	20
Beispiel: 17 er Ziegelwand + 8 cm EPS außen + 4 cm PUR innen		0,30	nur an Pur innen	0,058	0,193	5,180		7,722	36*1
Achtung: Nicht alleine das einzelne Lambda ist wichtig, sondern die Summe der "R" und das resultierende lambda							wenn unter 10 W Verlust / qm bei delta T 40 grd.		
Bem: wenn eine Wärmereflektions Dämmmatte so gut dämmen würde wie angegeben, dann wäre sie besser als eine Vakuumdämmplatte die aber 10 mal teurer ist.							*1 „mit unterkonstr.		

Die Vakuumdämmplatte hat erwartungsgemäß mit 6,66 Watt die geringsten Verluste pro Quadratmeter.

Seit 1.1.2016 ist für Wände von Wohngebäuden ein Gesamt-U-Wert von  $\leq 0,24 \text{ W / qm} \cdot \text{K}$  vorgeschrieben.

Nur die letzten 3 Beispiele der obigen Tabelle erfüllen die Vorschrift.

**Berechnung der Strahlungswärmeübertragungsleistung pro 1 qm in Abhängigkeit der Temperaturen:** Achtung die Temperaturen in Kelvin einsetzen nicht in Grd C.

**Allgemeine Formel**, aus E&E, 2, 2016, Seite 48: (Der Reflektionsfaktor ist mit 0,8 angenommen.)

$$= 0,8 * 5,67 * 10^{-8} [\text{W / m}^2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Temp. hoch}^4 [\text{K}] * 1 [\text{m}^2 \cdot \text{m}] * (t_1 \text{ exp.}^4 - t_2 \text{ exp.}^4) [\text{K}]$$

$$= \text{Strahl. faktor,} * \text{ Boltzmann Konst.,} * \text{ Fläche,} * (T \text{ hoch exp.}^4 - T \text{ niedrig exp.}^4)$$

**Anmerkung:** In der Zeitschrift Raum & Zeit 145/2007 auf Seite 26, im Artikel von Prof. ... Dr.Claus Meier, sind deutlich höhere Strahlungsleistungen bezüglich der Strahlertemperaturen angegeben. Zum Beispiel bei 40 Grad C = 506 Watt / 1 qm. Diese Werte scheinen aber was die praktische Beobachtung bei Niedertemperatur Flächenheizungen betrifft, 5 mal zu hoch zu sein, weil sie sich auf die Strahlung zu o Kelvin hin beziehen und nicht auf 20 Grad C.

**Berechnung der Strahlungsleistung in Watt bei 40 Grad C zu 20 Grad C Raumtemp.**

$$= 0,8 * 5,67 * 10^{-8} * 1 * (313 \text{ exp.}^4 - 293 \text{ exp.}^4) = 4,536 * 10^{-8} * (9597924961 - 7370.050.801)$$

$$= 4,56 * 10^{-8} * 2.227.874.160 = 4,56 * 10^{-8} * 2,227 + 10 \text{ exp.}^+9 = 10,16 * 10 \text{ exp.}^+1 = 101 \text{ Watt}$$

(Entspricht dem Wärmeverlust einer Person, ohne warme Kleidung.)

101 Watt Strahlungsleistung pro qm sind bei 40 Grd C Strahler Temperatur zur Raumtemperatur von 20 Grad C ein beträchtlicher Beitrag. Der wird von einer 40 Grd. C warmen Fläche von 1 qm in den Raum abgestrahlt. Die Körperoberfläche eines Menschen ist auch ungefähr 1 qm. Wenn er nackt im Raum steht, strahlt er diese Wärmeleistung ab. Steht er einer warmen Fläche von 1 qm nah gegenüber, so empfängt er diese Wärme zurück und friert deshalb zumindest von vorne nicht. Jede Oberfläche mit 40 Grad C strahlt diese Wärme ab. Egal aus welchem Material sie ist. Im Gegensatz dazu steht die Reflektion. Sie ist abhängig vom Reflektionsfaktor.

Eine mit einem 40 Grad C Strahler angestrahlte Wärmereflektionsdämmfolie erlaubt nach Ansicht des Verfassers im Gegensatz zu einer kalten Wand lediglich, dass die Folienoberfläche die 40 Grad C schneller annimmt, als es bei einer massiven und kalten Wand der Fall ist. Deshalb ist die Wärmereflektionsdämmfolie keine permanente Wärmesenke, sondern die Wärme wird nach kurzer Zeit der Aufwärmung reflektiert, wenn sie 40 Grad C Temperatur angenommen hat. Wobei reflektieren nicht der richtige Begriff ist, denn die 40 Grad C warme Folie strahlt ja selber die ähnliche Menge an Wärme ab mit der sie angestrahlt wird. Das kann aber wie schon gesagt, jedes andere Material auch, wenn es sich schnell genug aufheizt, wie es bei Oberflächen von Dämmmaterialien immer der Fall ist. In der Praxi ist die mit 40 Grad C angestrahlte Wärmereflektionsdämmfolie natürlich kälter, weil durch die Entfernung zum Strahler ja etwas weniger Strahlung bei ihr ankommt.

Das Prinzip der Niedertemperatur Strahlungsheizung beruht umgekehrt auf dem Effekt, dass sie aktiv Wärme abstrahlt. Bei 40 Grad C eben genau die 100 Watt pro 1 qm. Dabei sollte sie aber nicht auch die hinter ihr liegende Wand aufheizen, sondern nur den Menschen der vor ihr steht.

Noch ein Anschauungsbeispiel: Ein nackter Mensch steht bei 37 Lufttemperatur nachts, ohne eine Globalstrahlung zu empfangen, im Freien. Die Luft um herum strahlt genau die Wärme an ihn zurück die er abstrahlt. Also ist die Strahlung im Gleichgewicht und der Mensch friert nicht und wenn er sich nicht bewegt, schwitzt er auch nicht.

Dass ein Mensch ca. 100 Watt abstrahlt ist Stand der Technik und wird bei vielen Planungen angewendet.

**Berechnung der Strahlungsleistung in Watt bei 80 Grad C zu 20 Grad C:**

$$= 0,8 * 5,67 * 10^{-8} * 1 * (353 \text{ exp.}^4 - 293 \text{ exp.}^4) = 4,536 * 10^{-8} * (1,55 * 10^{10} - 7,37 * 10^9)$$

$$= 4,56 * 10^{-8} * 8,13 * 10^9 = 37,1 * 10^1 = 371 \text{ Watt.}$$

**371 Watt Strahlungsleistung pro qm sind bei einer Strahler Temperatur von 80 Grad C zur Raumtemperatur von 20 Grad C mehr als für eine davor stehende Person bei angenehm ist.**

**Berechnung der Strahlungsleistung in Watt bei 120 Grad C zu 20 Grad C:**

$$= 0,8 * 5,67 * 10^{-8} * 1 * (393 \text{ exp.4} - 293 \text{ exp.4}) = 4,536 * 10^{-8} * (23,85 * 10^9 - 7,37 * 10^9)$$

$$= 4,56 * 10^{-8} * 16,48 * 10^9 = 751 = \mathbf{751 \text{ Watt.}}$$

**Berechnung der Strahlungsleistung in Watt bei 200 Grad C zu 20 Grad C:**

$$= 0,8 * 5,67 * 10^{-8} * 1 * (473 \text{ exp.4} - 293 \text{ exp.4}) = 4,536 * 10^{-8} * (50 * 10^9 - 7,37 * 10^9)$$

$$= 4,56 * 10^{-8} * 42,63 * 10^9 = 1944 = \mathbf{1944 \text{ Watt.}}$$

Welche Strahlung beim Menschen ankommt, hängt wiederum vom Abstand zum Strahler ab und sinkt mit dem Quadrat des Abstandes.

**Berechnung der Strahlungsleistung in Watt bei 400 Grad C zu 20 Grad C:**

$$= 0,8 * 5,67 * 10^{-8} * 1 * (673 \text{ exp.4} - 293 \text{ exp.4}) = 4,536 * 10^{-8} * (205,1 * 10^9 - 7,37 * 10^9)$$

$$= 4,56 * 10^{-8} * 197,7 * 10^9 = 901,64 * 10^1 = 9016 \text{ Watt}$$

**9016 Watt Strahlungsleistung pro qm Strahlungsleistung sind bei 400 Grad C zu 20 Grad C ein großer Betrag.**

**Es ist deutlich zu sehen, dass die Strahlungsleistung sehr stark mit der Temperatur zunimmt.**

**Berechnung der Strahlungsleistung in Watt bei 500 Grad C zu 20 Grad C:**

$$= 0,8 * 5,67 * 10^{-8} * 1 * (773 \text{ exp.4} - 293 \text{ exp.4}) = 4,536 * 10^{-8} * (357,04 * 10^9 - 7,37 * 10^9)$$

$$= 4,56 * 10^{-8} * 349,67 * 10^9 = 1594 * 10^1 = 15940 \text{ Watt.}$$

**15940 Watt Strahlungsleistung pro qm Strahlungsleistung sind bei 500 Grad C zu 20 Grad C ein sehr hoher Betrag.**

**Auszug aus dem Wikipedia Artikel: „Strahlungswärme Grundofen“.**

Die spezifische Nennwärmeleistung eines Ofens kann überschlägig ermittelt werden, indem die innere [Heizfläche](#) (vom Feuerraum und den Rauchgas berührten Flächen) mit 850 W/m<sup>2</sup> multipliziert wird.

(Diese inneren Flächen sind in der Regel kleiner als 1 qm.)

850W / 1 qm entsprechen mit obiger Berechnung einer Außentemperatur des Kachelofens von ca. 130 Grad C, der eine relativ kleine äußere Oberfläche von nur 1 qm besitzt. Bei 2 qm Fläche ist die Oberflächentemperatur dann nur noch 65 Grad C, was nach Beobachtung des Verfassers plausibel ist, der einen Grundofen mit im Verhältnis vergleichbarer innerer und äußerer Heizfläche und Wärmeleistung besitzt.

**Bemerkung:** Der Verfasser hat viele Artikel von „Strahlungsheizungen“ usw. gegoogelt. Alle reden von Strahlungswärme, wie wohltuend und energiesparend diese sei, weil ja die Wärmeübertragung durch Strahlung mit der 4 Zehner Potenz der Temperatur zunimmt. Keiner sagt aber bei welchen Temperaturen welcher Strahlungsanteil herrscht! Nirgends sind in den „Artikeln“ Leistungsangaben und Temperaturen zu finden. Nur der oben zitierte Wikipedia Artikel sagt Anhaltsweise, um welche Wärme-Leistungen bei dafür relevanten Temperaturen es dabei geht.

**Versuchsaufbau zum Vergleich der Wärme Isolierwirkung der Lupothermfolie und anderen Isolier Materialien:**



## Versuchsdurchführung:

Ein Heizwiderstand wird abwechselnd in das Wärmereflektions Dämmmatten Haus, in den Styroporkasten oder in eine Thermoskanne, gepackt.

Zuerst wird jeweils die erforderliche Wärmeleistung in jedem Behälter ermittelt, die zum Halten einer Temperatur von 60 Grad C für längere Zeit am Heizwiderstand nötig ist. Die Temperatur von 60 Grad C entspricht 7,78V am linken Messgerät im Bild 4 und 6.

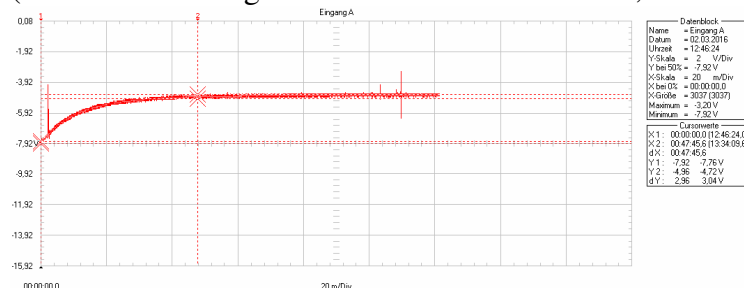
**Dann wird die Heizung** ausgeschaltet und der Abkühlstart beginnt. Die Spannung am Wandler Ausgang ist zum Beginn der Abkühlung = 7,78V, die bei allen folgenden Versuchen gleich ist und als Startpunkt der Abkühlung gilt.

**Bild 1:** Lupothversuch3a-sensor.jpg Heizwiderstand. Siehe die Messkurve 03, Bild 2.



Ein Heizwiderstand mit 50 W Belastbarkeit und 16 Ohm trägt den PT100 Mini-Tempersensur. Der Sensor hat eine geringe Masse und die Messleitungen aus dünnem Kupferdraht verfälschen die Messung nicht. Auch die dünnen, weißen Heizstromzuleitungen führten zu keinen messbaren Unterschieden in der Abkühlung. Dazu wurden die Abkühl-Messungen mit angeschlossenen und abgeklemmten Heizleitungen verglichen indem die Abkühlzeiten verglichen wurden. Der Heizwiderstand bildet die Oberfläche eines Menschen im Maßstabs-Model 1:15 nach.

**Bild 2: Temperatur-Messkurve-3:** Der Heizwiderstand ohne Wärmedämmung um ihn herum wurde elektrisch aufgeheizt und hat sich dann im Freien von selbst abgekühlt. Siehe Bild 1. (An der invers dargestellten Kurve ist unten heiß, oben kalt.)



Lupotherm-vergl-vers-3.bmp, wie vers-1, jedoch ohne Lappen und ohne Lupo thermfolie. Tau = 12 min., 4Tau = 48 min.

Startpunkt der Abkühlung ist beim Cursor 1. Das Tau ist die Zeitkonstante zwischen Cursor 1 und 2. Sie errechnet sich aus der Abkühlung auf 63% des Ausgangswertes, der hier 7,78 V ist, auf 6,0V.

Tau ist hierbei gleich ca. 12 min. Das ist logischerweise die kürzeste Abkühlzeit, weil keine Dämmung um den Heizer liegt.

**Bild 3:** Lupotherm- Gehäuse, Maßstab 1:15, als Nachbildung zu einem Raum mit Innendämmung, mit Heizwiderstand innen, mit offenem Deckel.



**Bild 4:** Lupotherm- Gehäuse, Maßstab 1:15, als Nachbildung von einem Raum, mit Heizwiderstand innen, mit beim Versuch geschlossenen Deckel.



Das Messgerät links im Bild 4 zeigt die Temperatur von 60 Grad C in Form einer Spannung von 7,80 V an. Das ist die Starttemperatur für die Abkühlkurven. Das Messgerät rechts zeigt den Heizstrom von 0,39A an, der zum Halten der Temperatur nach einer Heizzeit von 30 Min. bei 60 Grad C nötig ist. Die innere Oberfläche beträgt 0,162 qm.

Die Heizspannung für das Halten der 60 Grd C ist 6,3V, was beim Heizwiderstand im Lupothermgehäuse, Bild 4, einer Heizleistung von 2,4 Watt entspricht.

Beim ungedämmten Heizer werden dafür 5,5 Watt benötigt.

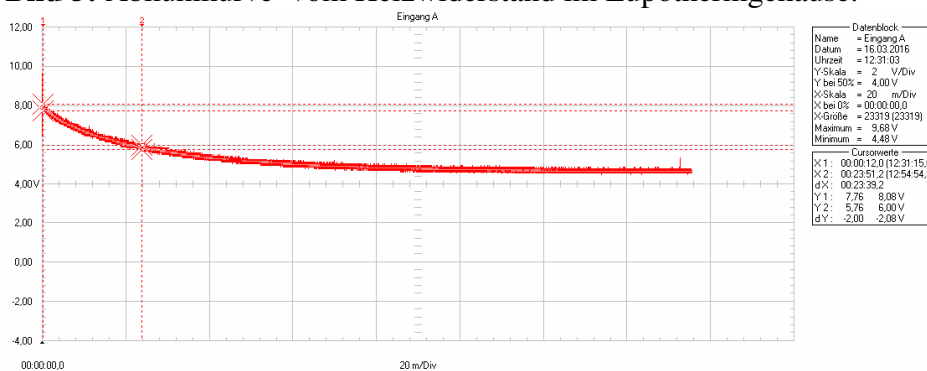
Beim Styroporgehäuse sind 2,2 Watt nötig.

Bei der Thermoskanne werden 1,4 Watt benötigt.

Das Lupothermgehäuse isoliert damit schlechter als das Styroporgehäuse, weil mehr Heizleistung zum Halten der Temperatur nötig ist. Allerdings ist auch die innere Oberfläche des Lupotherm-Gehäuses mit 0,162 qm fast doppelt so groß wie beim Styroporgehäuse, was nicht unerheblich für die Abkühlung ist, wie der Vergleich mit dem Lupothermkissen zeigt. Das zeigt aber auch dass das mit der Reflektionswirkung von Aluoberflächen in diesem Temperaturbereich nicht zu stimmen scheint.

Das zeigt auch die folgende Abkühlkurve im Lupothermgehäuse, im Bild 5 mit einem Tau von nur 24 Minuten, gegenüber 33 Minuten beim Styroporgehäuse.

**Bild 5:** Abkühlkurve vom Heizwiderstand im Lupothermgehäuse.



Lupotherm-vergl-vers-19.bmp, Heizwiderstad in Lupotherm Gehäuse mit 18 \* 18\*23 cm. Abkühlung nach langer Temperaturhaltung. Cursor 1: Start. Cursor 2= Tau ist nur 24 min. Ist Abkühlung von 7,8V auf 6,0 V. Nach 153 min . = 4,7V ist Abkühlg. beendet.

**Tau ist 24 min.** Das ist deutlich schlechter als die Abkühlkurve im Styroporgehäuse mit  $\tau = 33$  min., zu sehen im Bild 8. Das ist aber nicht direkt vergleichbar, weil die inneren Oberflächen der Gehäuse um Faktor 2 unterschiedlich sind.

Die Temperaturkurve ist jetzt korrekt dargestellt. Oben Warm unten kalt.

**Bild 6:** Lupothversuchsaufbau.jpg Versuch mit sehr guter Dämmung um den Heizwiderstand, in Form einer Thermoskanne.



Links Laptop, Oscilloscop und Recorder von Fluke 192, DC Netzteil zum Vorheizen, regelbar, darunter Netzteil 24VDC fix für den PT100 Wandler, links ein Voltmeter für die Messung der richtigen Sensorspannung am Start und dann nach der Abkühlung bei  $\tau$ , Thermoskanne mit Heizwiderstand darin. Links daneben ein Voltmeter zur Messung des Heizstromes, für den Vergleich der nötigen Halte-Heizleistung in den verschiedenen Behältern, siehe Seite 7 unten.

## Versuchsdurchführung:

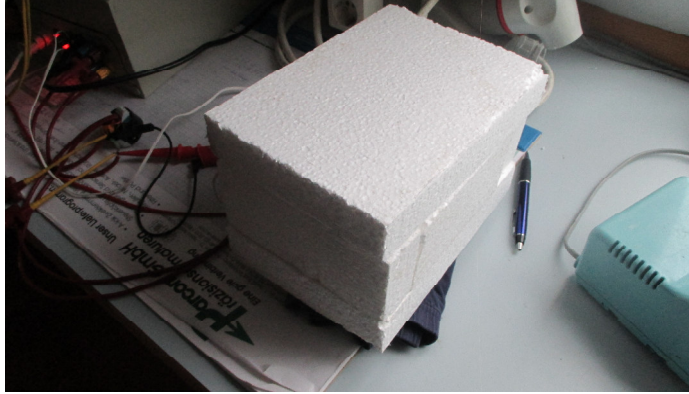
Der Heizwiderstand wird abwechselnd in das Folienhaus, in das Folienkissen, in den Styroporkasten oder in eine Thermoskanne, gepackt.

Zuerst wird jeweils die erforderliche Wärmeleistung in jedem Behälter ermittelt, die zum Halten einer Temperatur von 60 Grad C für längere Zeit am Heizwiderstand nötig ist. Die Temperatur von 60 Grad C entspricht 7,78V am linken Messgerät im Bild 4 und 6.

Dann wird die Heizung ausgeschaltet und der Abkühlstart beginnt. Die Spannung am Wandler Ausgang ist zum Beginn der Abkühlung = 7,78V, die bei allen folgenden Versuchen gleich ist und als Startpunkt der Abkühlung gilt.

**Bild 7:** Lupothversuch4.jpg,

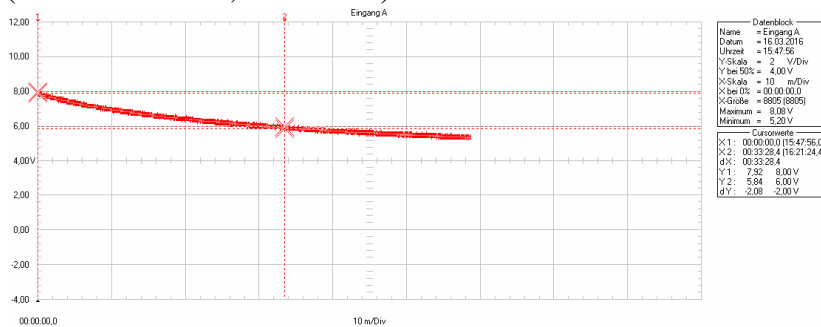
Heizwiderstand im Styroporkasten mit Deckel, mit 4 cm dicken Wandungen.



Der Heizwiderstand liegt innen auf Styroporklötzchen. Wenn er direkt auf dem Styroporboden liegt kühlt er vielleicht etwas schneller ab?? War aber nicht feststellbar.

**Die innere Oberfläche des Styroporgehäuses ist ca. 0,084 qm groß.**

**Bild 8:** Messkurve -20: Heizwiderstand auf Klötzchen, im Styroporgehäuse mit Styropordeckel. (Kurve oben heiß, unten kalt.) Mit dem Gehäuse wie im Bild 7 zu sehen gemessen.



Lupotherm-vergl-vers-20.bmp, wie vers-19, jedoch im Styroporgehäuse mit Styropordeckel.

Start bei cursor 1. Tau bei Cursor 2, bei 6,0V = 33,28 min.

Beim roten Cursor 1 ist der Abkühlstart. Die Spannung bei Y2 = Cursor2, ist die Spannung bei 1 Tau = auf 6,0 V abgekühlt für die Tau Bestimmung.

**Im Styroporgehäuse ist das Tau = 33 min.**

Das Strom Messgerät zeigt beim Versuch mit dem Styroporgehäuse, Bild 7, den Heizstrom von 0,35A an, der zum Halten der Temperatur auf 60 Grad C nach einer Heizzeit von 30 Min. nötig ist. Die Spannung dazu ist 6,2V was einer Heizleistung von 2,2 Watt entspricht. Das ist weniger Heizleistung als beim Heizwiderstand im Lupothermgehäuse.

**Bild 9:** Lupothermversuch1.jpg,

Heizwiderstand im Lupothermkissen.

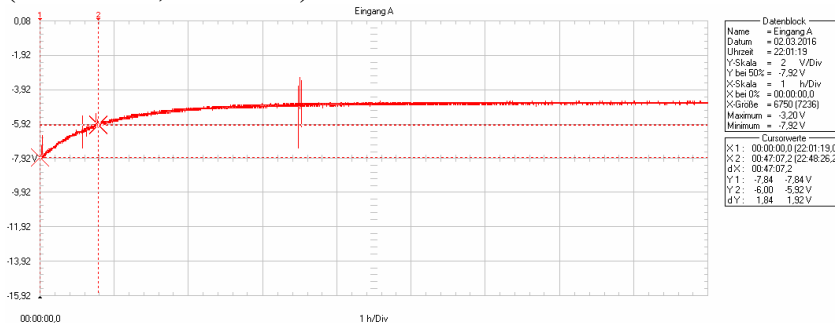


Die beiden Lupothermfolien oben und unten, sind an drei Seiten mit Tesafilm zusammen geklebt. Allerdings berührt der Heizwiderstand innen die Folien, was die Messungen verfälschen kann. (Deshalb Wiederholung mit Lupothermgehäuse. Siehe oben, Bild 3 und 4.)



Links unten ist der PT100 T-I Wandler zu sehen mit einem grünen 1k Ohm Messwiderstand, an dem der zur Temperatur proportionale Spannungsabfall gemessen wird. Die Temp. zu - I - zu U Kennline wurde nicht geeicht, ist aber für alle Messungen unverändert beibehalten worden.

**Bild 10:** Messkurve -5: Heizwiderstand mit Lappen im Lupothermkissen. (Unten heiß, oben kalt.) Aufbau wie im Bild 9.



Lupotherm-vergl-vers-5.bmp, wie vers-1, wiederholung siehe Foto vers.1. bei 48 min auf 6,0 Volt abgekühlt. Entspricht Delta U von 1,728 V = 2,88 \* 0,6 = Tau von 47 min.

Die Spannung bei Y2 unter dem Cursor 2 ist die Spannung beim Tau = -6,0V. Tau ist ca. 47 min. Bei Cursor 1 ist der Abkühlstartpunkt.

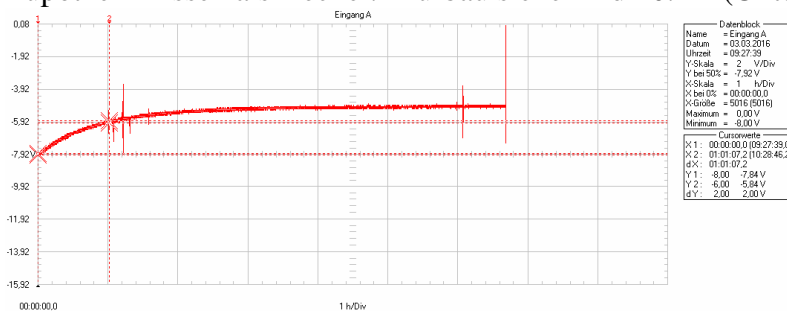
Die Abkühlung erfolgt wider Erwarten langsamer als im Lupothermgehäuse.

**Bild 11:** Lupothversuch6.jpg Heizwiderstand im Styroporkasten mit Lupothermkissen als Deckel.



Der Aluklotz dient nur als kleines Gewicht zum Niederhalten des Kissens.

**Bild 12:** Messkurve -6: Heizwiderstand mit Lappen im Styroporkasten und mit Lupothermkissen als Deckel. Aufbau siehe Bild 10. (Unten heiß, oben kalt.)



Lupotherm-vergl-vers-6.bmp, wie vers-5 jedoch Lupotherm als DECKEL, sonst wie Bild 7 Versuch 4. Tau ist größer als bei Versuch4. Tau = 61 min. Allerdings lag die Lupotherm Folie hier beim Versuch 6 Doppelt aufeinander als Deckel. Siehe Bild 13

Die Spannung beim Cursor 2, bei Y2 ist die Spannung bei 1 Tau = -6,0V.

Der Styroporkasten mit dem Lupothermkissen als Deckel ergibt ein Tau für das Abklingen der Temperatur von **61 Minuten**. Hier lag das Kissen aber doppelt als Deckel und der Lappen sorgte für eine bessere Isolation des Heizers..

Also kann wegen dem längeren Tau darauf geschlossen werden, dass erst die doppelt liegende Lupothermfolie mit einer Dicke von dann gesamt 6 cm, besser dämmt als 4 cm Styropor.

### Vergleich der Versuche von: Heizwiderstand im Lupothermfolienkissen, siehe Bild 9, mit Heizwiderstand im Styroporkasten mit Styropordeckel, siehe Bild 7.

Das Lupothermkissen mit Heizwiderstand darin ergibt ein Tau für das Abklingen der Temperatur von 61 Minuten.

Der Styroporkasten mit Styropordeckel ergibt ein Tau für das Abklingen der Temperatur von 33 Minuten.

Im Lupothermgehäuse wurde ein Tau von 24 min. gemessen, mit allerdings größerer Innenfläche und damit größerer innerer Konvektion.

Beide Dämmungen mit 3 cm Lupotherm und 4 cm Styropor sind laut den Versuchen in etwa gleich gut isolierend.

Die Dicke der Lupotherm-Folie betrug im Versuch nur 2,5 cm und nicht 3 cm wie im Lupotherm Prospekt angegeben.

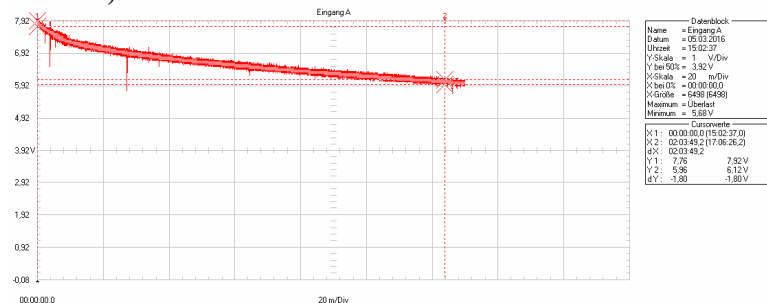
Es folgen zwei Messungen mit einer Thermoskanne, in welche der Heizwiderstand gelegt ist. Die Thermoskanne ist erstens sehr gut mit Vakuum gedämmt und hat zweitens eine Wärme-Reflektionsschicht hinter der ersten, inneren Glaswand, ist also im Aufbau und der Absicht der Wärmereflektion in etwa vergleichbar mit der Lupothermfolie.

**Bild 13**, Foto Version 14. Heizwiderstand in Lappen und in Thermoskanne mit Deckel drauf.



Bei den folgenden Messungen ist die Temperaturmessspannung so gepolt, dass die Kurve einer Abkühlung entspricht. Spannung läuft von großen positiven Werten zu kleineren Werten. (Zuvor war die Polung teilweise entgegengesetzt.)

**Bild 14**, Messkurve 13. Heizwiderstand in Thermoskanne ohne Lappen um den Heizwiderstand.



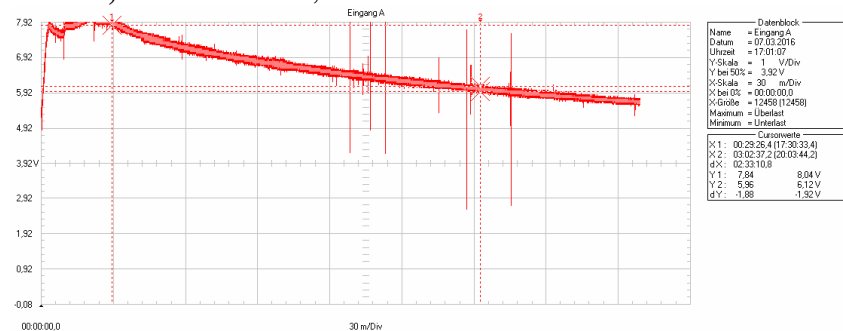
Lupotherm-vergl-vers-13.bmp, wie vers-12 jedoch ohne Lappen um den Heizwiderstand. Tu ist größer als bei Vers-12. Tau ist hier 2Stunden.

Im Bild 8 ist das Tau größer als bei den bisherigen Messungen. Es ist = 123 min. Allerdings fällt die schnellere Abkühlung während ca. 8 Minuten zu Beginn auf. Sie ist nur bei der Thermoskanne zu beobachten und kommt daher, dass der Glaskörper innen, nach dem schnellen Aufheizen noch

nicht die gleiche Temperatur hat wie der Heizwiderstand. Infolge dessen findet zuerst ein schneller Ausgleichvorgang der Temperaturen zwischen Heizer und Glaskörper statt. Der Glaskörper hat eine größere Wärmekapazität als Styropor oder die LPS Folie, weshalb das anfängliche, schnellere Abkühlen nur bei der Thermoskanne sichtbar ist. Das Gesamt-Tau, mit der schnellen Anfangs Abkühlung, ist im Bild 14 deshalb kürzer.

Nach einem ca. 20 Minuten dauernden Vorheizen mit konstanter Temperatur, kühlt der Heizwiderstand in der Thermoskanne deutlich langsamer ab als bei den vorangegangenen Versuchen. Die erste schnellere Abkühlung ist dann im Abkühlvorgang nicht mehr zu sehen. Deshalb erfolgt eine neue Messung mit vorheriger Aufheizphase auf konstanter Temperatur. Siehe Bild 15.

**Bild 15, Messkurve 18, Heizwiderstand in Thermoskanne mit Vorheizen.**

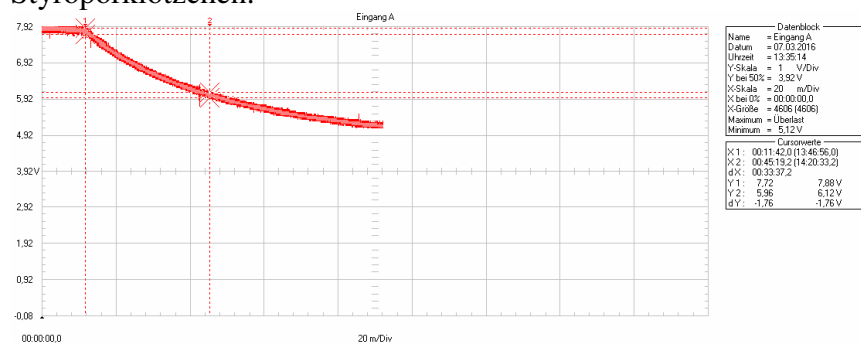


lupotherm-vergl-vers-18.bmp, Heizwiderstand in Thermoskanne gelegt und vorher 30 min lang aufgeheizt mit annähernd gleicher Temperaturhaltung, damit der Glaskörper die Wärme aufgenommen hat bevor die Abkühlung beginnt. Tau Abkühl ist ca. 153 min. bis auf 6,0 V Spannung am PT100 Wandler ausgang. Ohne Aufheizen mit konstanter Temperatur, bei schnellem Aufheizen ist der Glaskörper am Beginn der Abkühlung noch kalt und führt zu einer schnelleren Abkühlung, sichtbar am Beginn der Abkühlung.

Nach dem Vorheizen auf konstante Temperatur erfolgt erst ab dem Cursor 1 das Abkühlen. Das Tau, die Zeit bis auf 6,0V Abkühlung, ist beim Cursor 2, bei Y2 ca. 153 min. (= dX = 2:33 std.).

**Diese langsame Abkühlung wie im Bild 15 wird bei keinem anderen Versuch erreicht.**

**Bild 16, Messkurve 16. Heizwiderstand in Styroporkasten mit Styropordeckel ohne Lappen um den Heizwiderstand und mit Vorheizen, jedoch liegt hierbei der Heizwiderstand nicht auf Styroporklötzchen.**

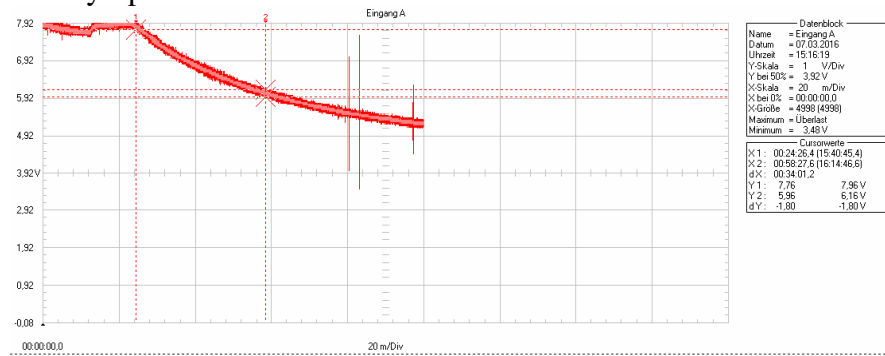


Lupotherm-vergl-vers-16.bmp, wie vers-14 und 15, jedoch nur 12 min vorgeheizt und Test mit Styroporkasten und Styropordeckel. Tau Ca. 34 min.

Beim Cursor 1 erfolgt das Abkühlen. Tau ist ca. 34 min. Das Tau wird beim Styroporkasten nicht größer durch das Vorheizen.

Vorheizen bringt hier nichts, weil der Styroporkasten eine geringe Wärmekapazität hat und deshalb die Innenwände nach dem schnellen Aufheizen gleich die Temperatur des Heizers annehmen.

**Bild 17, Messkurve 17.** Heizwiderstand in Styroporkasten mit Lupotherm Deckel einfach, ohne Lappen um den Heizwiderstand und mit Vorheizen, jedoch liegt hierbei der Heizwiderstand nicht auf Styroporklötzchen.



Lupotherm-vergl-vers-17.bmp, wie vers-14,15,16, jedoch mit Lupotherm Deckel einfach, und vorher 25 min. lang aufgeheizt. Tau ist unverändert ca. 34 min.

Beim Cursor 1 erfolgt das Abkühlen. Das Vorheizen bringt hier nichts, weil die Folie und der Styroporkasten eine geringe Wärmekapazität hat. Start abkühlen beim Cursor 1. Tau ca. 34 min. beim Cursor 2. Das Tau wird auch nicht größer durch das Vorheizen.

### Außerdem wurde gemessen:

Die Heizleistung in [W] zum Halten der Temperatur am Heizwiderstand, gemessen am PT100 Wandler bei 7,8 V als Maß für die Temperatur beim geringen Heizen des Widerstandes, zum Halten der Temperatur von 60 Grad C, beträgt:

- 1.) Beim Heizwiderstand ohne Dämmung = 5,5 W.
- 2.) Beim Heizwiderstand im Styroporkasten und dem Folienkissen als Deckel = 1,8 W.
- 2a.) Beim Heizwiderstand im Styroporkasten und dem Styropor Deckel = 2,2 W.
- 3.) Bei der Thermoskanne sind das nur = 1,4 W.
- 4.) Bei dem Lupotherm Folien-Gehäuse sind das = 2,4 W. Allerdings hat das Folien-Gehäuse eine fast doppelt so große innere Oberfläche als das Styroporgehäuse.

Man sieht auch hieran, dass die Thermoskanne am Besten isoliert.

**Die nötige Heizleistung zum Temperatur halten stellt auch ein Maß dar, für die Beurteilung der Wärmeisolation der unterschiedlichen Versuchsaufbauten.**

### Fazit:

Der Vergleich der Messungen mit der Lupothermfolie und der Thermoskanne ist am Einprägsamsten. Er zeigt wie gut die Thermoskanne dämmt und die Wärmestrahlung reflektiert. So müsste eigentlich die Lupothermfolie dämmen und reflektieren, wenn die Angaben der Werbung zutreffen würden. Aber leider tut sie das nicht in dem erwarteten Maß. Hier wäre ein Versuch mit Vakuumdämmplatten als Vergleich interessant.

Ein neuer Versuch mit einem 18 \* 18 \* 22 cm Lupotherm-Gehäuse wurde am 16.03.16 durchgeführt. Siehe die Bilder 3, 4, 5.

Die Folie wird hierbei nicht zusammen gequetscht und der Heizwiderstand berührt nirgends die Folienwand, weil er erhöht auf einem Styroporklotz in der Mitte des Prüf - Gehäuses liegt. Siehe Bild 3.

Der Abstand zwischen Heizwiderstand und Gehäusewand spielt eine erhebliche Rolle, wie die Messungen im Folienkissen und im Lupothermgehäuse zeigen. Es ist sogar erstaunlicher weise so, dass die Abkühlung im Folienkissen langsamer erfolgt als im Lupothermgehäuse, obwohl der Heizwiderstand das Folienkissen innen berührt und die Folie außen fühlbar warm war. Hier kommt die Konvektion durch erwärmte und deshalb aufsteigende Luft innerhalb des Gehäuses ins Spiel, die den Heiz Widerstand im Lupothermgehäuse schneller abkühlen läßt.

### Vergleich Lupothermgehäuse mit Styroporgehäuse:

Die unterschiedlichen Verhältnisse der Oberfläche des Heizwiderstandes zu seinem umgebenden Gehäuse als Strahlungsempfänger wirken sich kaum aus.



Die äußere Oberfläche des Lupotherm-Gehäuses ist 0,21 qm. Die des Styroporgehäuses ist 0,19 qm. Der Versuch in Bild 4 und 5, der mit den Lupotherm Mustern, in Form des Lupothermgehäuses durchgeführt wurde zeigt also, dass der vergrößerte Raum um den Heizwiderstand eher schlechtere Isolierwerte brachte als ein geringer Abstand der Isolierung zum Heizwiderstand. (Zunehmende Konvektion.)  
Vergleich dazu: Auch eine Rettungsfolie um eine verletzte Person, die auch eng um die Person anliegen soll, um diese optimal zu wärmen.

Die durchgeführten und oben dokumentierten Versuche beweisen eindeutig, dass die Lupotherm Folie mit 3 cm Dicke die Wärme nicht besser isoliert, als eine Dämmplatte mit 4 cm Dicke aus Styropor, mit der Wärmeleitgruppe 035.

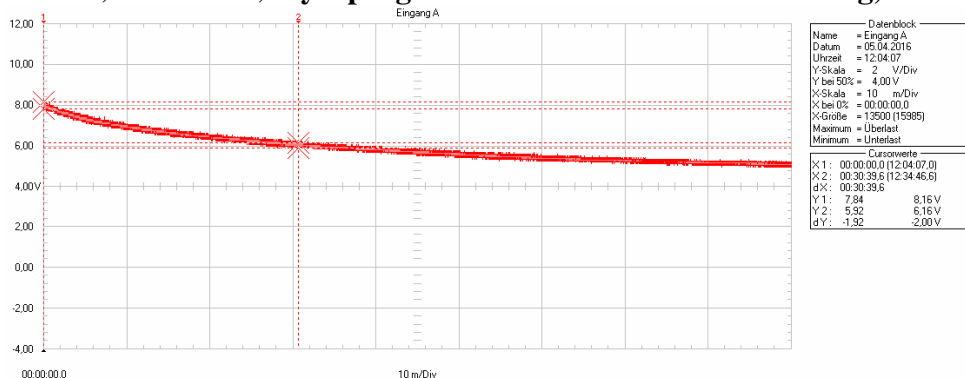
### Wichtige Frage:

Kann es sein, dass die Messungen der Lupothermfolien, die zu den guten Isolier- und Reflektions-Ergebnissen geführt haben und die im Datenblatt angegeben sind, bei wesentlich höheren Strahlertemperaturen als 60 Grd. C gemessen wurden? Weil die Strahlungstemperatur mit der 4. Potenz einght bei der Strahlungs- Wärmeübertragung und sich deshalb erst bei höheren Temperaturen auswirkt?? Das würde jedoch nicht den Verhältnissen einer Hauswärmmedämmung entsprechen. Die Versuche oben wurden Aufgrund des Modellcharakters bei 60 Grad C durchgeführt, was eigentlich schon zu warm ist für den Vergleich mit einem Wohnraum. Auch würde die Lupotherm Folie bei >150 Grad C schmelzen.  
Siehe auch die Strahlungs Leistungs Berechnungen am Anfang des Berichtes.

Im Lupotherm-Datenblatt steht die Wärmeleitzahl = 0,003 W/ m \* K, was bei 3 cm Dicke einem Wärmeleitwert  $U = 0,1 \text{ W / qm} * \text{K}$ , entspräche. (In der Tabelle oben mit Lupoth. soll bezeichnet.) Gemessen wurden aber nur ein U-Wert von  $1,12 \text{ W / qm} * \text{K}$ , was also 11 mal schlechter ist.

### Untersuchung der Reflektionwirkung von einer Alufolie auf einer Styropordämmplatte.

Bild 18, Messkurve, Styroporgehäuse mit Alufolien Auskleidung, Gehäuse sonst wie im Bild 7.



Lupotherm-vergl-vers-21.bmp, wie versuch 20 jedoch ist das Styroporgehäuse mit Haushalts Alufolie ausgekleidet. Start bei Cursor 1. Bei Cursor 2 ist Abkühlung auf 6,0V gleich 30 min.= 1 Tau. Spannung zum Temp. halten = 3,65V

Mit Vorheizen: Das Tau ist ähnlich wie beim Styroporgehäuse ohne Aluauskleidung, siehe die Messkurven im Bild 16 und Bild 8. Tau ist gleich 30 min. egal ob mit oder ohne Alufolien Auskleidung.

Bild 19, Foto von Deckel des Styroporgehäuses mit Aluschicht innen.

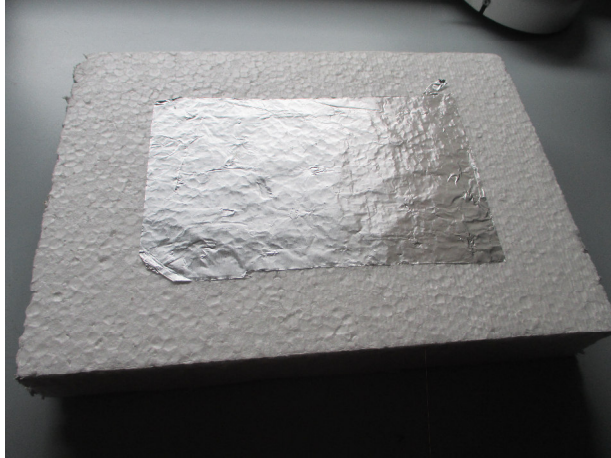
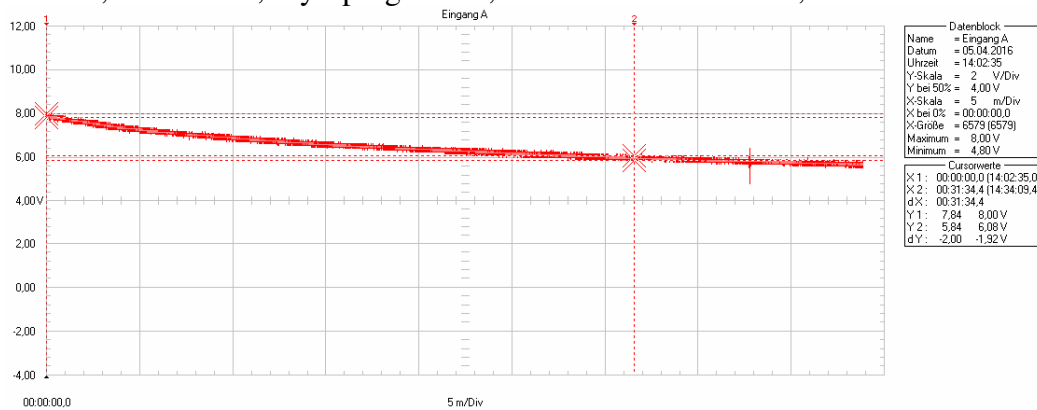


Bild 20, Messkurve, Styroporgehäuse, Gehäuse wie im Bild 7, nur mit Alubeschichtetem Deckel.



Lupotherm-vers-22.bmp, wie versuch 20, jedoch mit Deckel der innen Alufolie beklebt ist. Start bei Cursor 1. Bei cursor 2 ist Abkühlung auf 6,0V, gleich 31 min = 1 Tau erreicht. Spannung zum Temp. halten ist 3,65V.

Mit Vorheizen: Das Tau ist mit 31 min. ähnlich wie beim Styroporgehäuse ohne Aluauskleidung, siehe die Messkurven im Bild 16 und Bild 8.

Die Energie zur Wärmehaltung ist bei beiden Versuchen, mit und ohne Aluauskleidung gleich.

Bei beiden versuchen sind 6,2 V am 160Ohm Widerstand nötig = 2,4W, damit die 60 Grad = 7,8 V am Wandler, gehalten werden.

Fazit: Die Aluauskleidung bringt überhaupt nichts, obwohl bei 60 Grad C ein Strahler schon Ca. 220W / qm abstrahlt und davon beträchtlich viel reflektiert werden sollte.

**Es ist wie schon zuvor vermutet:** Die nackte Styropor- oder die alukaschierte Styropor-Oberfläche werden gleich stark angestrahlt und strahlen gleich viel zurück. Wichtig ist nur die Dämmung dahinter, denn eine von hinten gekühlte Alukaschierung strahlt weniger zurück.

### Wie kommt es zu solchen Reflektions Aussagen?

Die Aluschicht auf Dämmstoffen ist ursprünglich als Dampfbremse draufgeklebt worden.

Schlaue Marketing Experten haben die Wirkung der Aluschicht werbemäßig erweitert und den Begriff Wärmereflektion eingeführt. Das liegt ja nahe weil das Licht ja auch von einer Alufolie besser reflektiert wird als von einer Styroporschicht.

Aber die Versuche hier zeigen eindeutig, dass die Wärme Reflektion zumindest im Temperaturbereich von 20-50 Grad C nicht messbar stattfindet.

Zur Sicherheit wurde der Versuch mit dem Styroporgehäuse wie im Bild 7 und 16 noch einmal mit dem versuch 23 wiederholt. Er brachte die gleichen Ergebnisse, wie im Bild 18 und 20.

Ende