

Verena Batschkus, Gerhard Englert und Hans Schön, Freising

## Wärmedämmstoff aus Rohrkolben

### Wärmeleitfähigkeit, ökonomische und energetische Bewertung

Laborversuche haben gezeigt, daß aus dem Röhrichtgewächs Rohrkolben hergestelltes Schüttgut eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 bis 0,045 W/mK aufweist. Dieser Wert wird maßgeblich von der Schüttdichte beeinflusst. Die Kosten der Herstellung liegen zwischen 40 DM/m<sup>3</sup> für eine Wärmeleitfähigkeit von 0,045 W/mK und 80 DM/m<sup>3</sup> für 0,035 W/mK mit stark steigender Tendenz bei weiterer Reduzierung der Wärmeleitfähigkeit. Der Energieaufwand zur Verarbeitung des Rohmaterials zur fertigen Dämmschicht liegt mit etwa 15 MJ/m<sup>3</sup> im Vergleich zu anderen Wärmedämmstoffen niedrig.

Verringerung des Energieverbrauches und des Kohlendioxidausstoßes stellen zwei der vordringlichen Umweltschutzziele in Deutschland dar. Die Wärmedämmung von Gebäuden bietet sich zur Erreichung dieser Ziele besonders an, da 30 % des Gesamtenergieverbrauches zur Heizung privater Haushalte eingesetzt werden. Folglich stammt auch ein beträchtlicher Teil des Kohlendioxidausstoßes aus diesem Sektor. Energieverluste und CO<sub>2</sub>-Emissionen lassen sich durch den Einsatz von Wärmedämmung zu beachtlichen Teilen vermeiden.

Der Markt für Wärmedämmstoffe umfaßte 1994 knapp 30 Mio. m<sup>3</sup>. Künstliche Mineralfasern (KMF) und Schaumkunststoffe nehmen 27 Mio. m<sup>3</sup> davon ein [1]. Als die KMF in den Verdacht gerieten Krebs zu erregen, und die Schaumkunststoffe wegen ihrer energie- und rohstoffintensiven Produktion kritisiert wurden, wuchs das Interesse an „alternativen“ Dämmstoffen kontinuierlich, sofern sie in den bauphysikalischen Eigenschaften und im Preis herkömmlichen Materialien vergleichbar sind. Tabelle 1 zeigt die Anforderungen an Dämmstoffe auf.

Dipl.-Ing. agr. Verena Batschkus, Destouchesstr. 16, 80803 München, war externe Doktorandin am Institut für Landtechnik der TU München, Weihenstephan, (Leiter: Prof. Dr. Dr. h. c. H. Schön).  
Priv.-Doz. Dr. Dr. habil. Gerhard Englert leitet die Abteilung landtechnische Grundlagen am Institut für Landtechnik, Weihenstephan, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising.  
Der vorliegende Beitrag faßt die Ergebnisse einer von der Hanns-Seidel-Stiftung geförderten Dissertation zusammen.  
**Referierter Beitrag der Landtechnik**

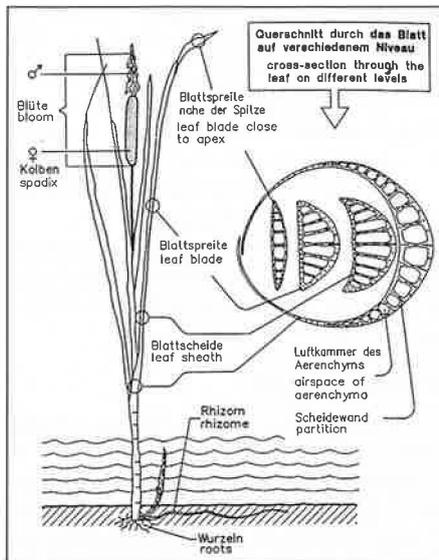


Bild 1: Aufbau von Rohrkolben

Fig. 1: Structure of cattail

### Wärmedämmstoffe aus Rohrkolben

Aus dem Röhrichtgewächs Rohrkolben, Bot. *Typha spec.*, hergestelltes Schüttgut scheint diesen Anforderungen in weiten Teilen zu genügen. Der Rohrkolben ist eine der Hauptverlandungspflanzen in Flachseen und seichten Gewässern. Er wurde bisher nicht als landwirtschaftliche Kultur angebaut. Das poröse Aerenchym könnte sich aber zur Herstellung von Dämmstoffen eignen (Bild 1). Literaturangaben zu den Erträgen schwanken von 10 bis 30 t TM/ha [2, 3].

Tab. 1: Anforderungen an Wärmedämmstoffe

Table 1: Requirements on heat insulation

Anforderung	Norm	Zielgröße
Wärmeleitfähigkeit	DIN 52 612	< 0,045 W/mK
Brandverhalten	DIN 4102	B <sub>2</sub> , normal entflammbar
Feuchteverhalten	DIN 52 620	Feuchtegehalt < 20 %
Setzungsverhalten	vgl. baurechtliche Zulassungen	< 20 %
Verhalten gegenüber Schimmel	DIN 40 046	
Verhalten gegenüber Schädlingen	DIN IEC 68 T 2-10	
Preis		150 - 250 DM/m <sup>3</sup>

Der Zweckverband Donaumoos, eine Interessenvertretung der im Raum Neuburg, Schrobenhausen und Ingolstadt ansässigen Landwirte, bemühte sich um die Entwicklung niedermoorverträglicher Bewirtschaftungskonzepte. Als solches schien die Anpflanzung des Röhrichts sowie seine Ernte im Winter auf gefrorenem Boden geeignet. Seit 1996 wurde eine Versuchspflanzung bisher zweimal abgeerntet. Das Material stand zur Dämmstoffentwicklung zur Verfügung.

Die Bewertung erfolgte an Hand der technischen Kenngröße Wärmeleitfähigkeit, über die Herstellungskosten sowie den Energiebedarf. Auch zu allen weiteren Anforderungen aus Tabelle 1 wurden normgerechte Untersuchungen durchgeführt. Lediglich beim Verhalten gegenüber Schimmel ergaben sich Mängel, so daß in dieser Hinsicht weitere Anstrengungen erforderlich sind.

### Wärmeleitfähigkeit

Um mit dem Material erste Erfahrungen zu sammeln, wurde alternativ per Hand, mit Stand- und Spezialhäckslern und mit Strohmulden ein Schüttgut hergestellt, wie es bei Zelluloseflocken bereits zum Einsatz kommt. Die für die Praxisanwendung notwendige Homogenisierung erfolgte durch Sieben, die Verdichtung durch Druckbelastung im Wärmestrom-Plattenmeßgerät [4].

Der Meßwert (nach DIN 52616) des unzerkleinerten Materials beträgt 0,060 W/mK. Dieser Wert läßt sich durch Verdichten um 0,020 W/mK verringern. Die Zerkleinerung bringt eine weitere Abnahme der Wärmeleitfähigkeit um 0,005 W/mK, so daß die niedrigsten Meßwerte bei 0,035 W/mK liegen. Das Aussieben des Feinkornanteils bewirkt eine geringe Zunahme der Wärmeleitfähigkeit (innerhalb der Meßunsicherheit 0,003 W/mK). Dies ist durch die Reduzierung der spezifischen inneren Oberfläche zu erklären. Die Ergebnisse zeigen, daß die Verfah-

rensalternativen Zerkleinern und Verdichten des Rohrkolben-Schüttgutes zu einer Verringerung von  $\lambda$  führen. Bei einer Schüttdichte von etwa 50 kg/m<sup>3</sup> ergaben sich die niedrigsten Meßwerte (Bild 2).

### Kostenrechnung

Die Kosten eines Kubikmeters eingebauten Wärmedämmstoffes setzen sich aus den Investitionen für die zur Erzeugung

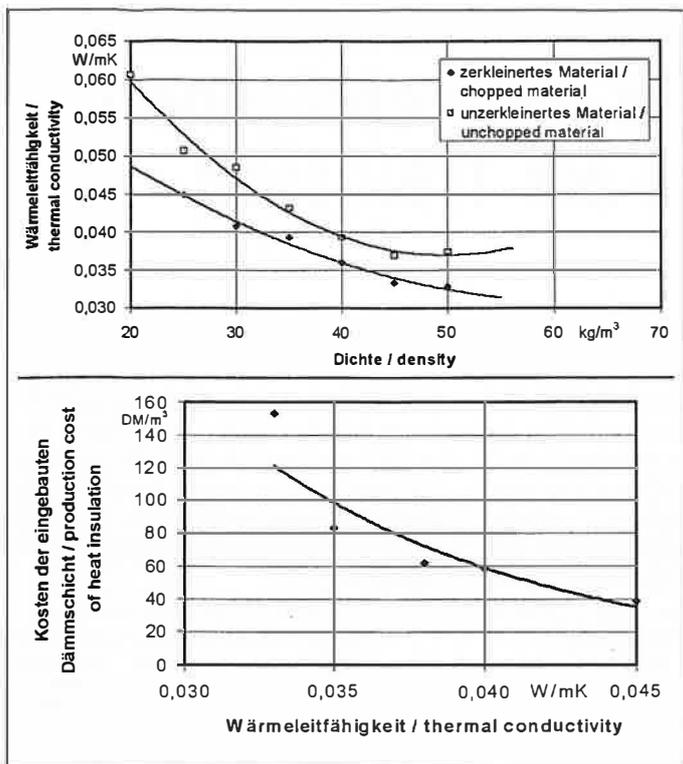


Bild 2: Veränderung der Wärmeleitfähigkeit mit der Schüttdichte für zerkleinertes und unzerkleinertes Rohrkolben-Schüttgut und Veränderung der Gesamtkosten der eingebauten Rohrkolben-Wärmedämmschicht mit der Wärmeleitfähigkeit

Fig. 2: Variation of thermal conductivity and bulk density for chopped and unchopped cattail bulk material and variation of total costs of cattail heat insulation with thermal conductivity

des Schüttgutes nötigen Maschinen und aus den Betriebskosten zusammen. Zur Ermittlung der Investitionsbeträge wurden fünfzig Spezialfirmen befragt. Sie nannten Summen von 3000 bis 14000 DM für die Zerkleinerungs- und 17000 bis 30000 DM für die Homogenisierungsgeräte. Diese Beträge wurden unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer auf den Produktionszeitraum eines Jahres und auf ein Produktionsvolumen von 4000 m<sup>3</sup>/a bezogen. Es ergibt sich die jährliche Belastung aus Kapitaldienst (Annuität), Reparaturpauschale (10 % des Anschaffungspreises) und Abschreibung (linear über die Nutzungsdauer). Bei der Schätzung der Rohstoffkosten kamen unterschiedliche Ertragsszenarien, verschiedene Bergungsvarianten und fiktive „Marktpreise“ von 0,1 bis 0,3 DM/kg zum Einsatz. Es ergab sich eine Spannweite von 4 bis 9 DM/m<sup>3</sup> und ein Mittelwert von 6,5 DM/m<sup>3</sup> als Rohstoffpreis für die weiteren Berechnungen. Hierzu sind die variablen Kosten für Energie (0,18 DM/kWh), Betriebsstoffe und direkt zuordenbarem Personal (23,25 DM/h) zu addieren, so daß die Gesamtkosten der Herstellung eines Kubikmeters ausgewiesen werden können.

Für das Rohmaterial und die Prozessschritte Zerkleinern und Trennen ist, je nach angewandtem Verfahren, mit Kosten in Höhe von 14 bis 31 DM/m<sup>3</sup> zu rechnen. Die Verarbeitung des Schüttgutes zur Wärmedämmschicht erfordert eine der angestrebten Wärmedämmwirkung entsprechende Verdichtung, die

Kosten von 12 bis 37 DM/m<sup>3</sup> verursacht. Aus der Darstellung der Veränderung der Gesamtkosten für 1 m<sup>3</sup> eingebaute Wärmedämmschicht (Bild 2) ist zu entnehmen, daß die Kosten mit abnehmendem  $\lambda$  deutlich zunehmen. Die Kosten von 40 DM/m<sup>3</sup> für ein  $\lambda$  von 0,045 W/mK können als Minimum angesehen werden, da Dämmstoffe mit höherer Wärmeleitfähigkeit aus anwendungstechnischen Gründen nicht interessant sind.

### Ökologische Bewertung

Die ökologische Bewertung umfaßt meßbare Größen wie Energiebedarf und nicht quantifizierbare Aspekte. Umweltwirkungen gehen auf allen Stufen des Lebenszyklusses von dem Produkt aus. So sind die Auswirkungen des Anbaus und der Ernte von Rohrkolben auf Fauna, Flora, Boden und Wasserhaushalt des Ökosystems ebenso zu berücksichtigen wie Umweltwirkungen bei der Herstellung der Dämmung (Energiebedarf, Einsatz von Chemikalien zur Imprägnierung, Staubbelastung beim Einbau). Auch die Nutzung als Dämmstoff (Schädlingsresistenz) und die Entsorgung (Kompostierung?) sind unter ökologischen Gesichtspunkten kritisch zu hinterfragen, da jede Maßnahme der Imprägnierung stets im Widerspruch zum Anspruch an das „ökologische“ Produkt steht.

### Energetische Bewertung

Um exemplarisch eine quantifizierbare Größe zu untersuchen, wurde der Energiebedarf zur Herstellung der Dämmstoff-

fe berechnet, der sich aus dem Energiebedarf der Aufbereitungsverfahren und dem beim Anbau der Rohstoffe erforderlichen Energiebedarf ergibt.

Der Energieverbrauch der Zerkleinerungs- und Trennverfahren bewegt sich zwischen 4 und 11 MJ/m<sup>3</sup>. Der Energiebedarf der Verdichtung hängt von ihrem Grad ab. Bei einer Verdichtung von 50 %, wie sie für Dachflächen zu empfehlen ist, werden 2,5 MJ/m<sup>3</sup> benötigt. Der Primärenergieinput beim Anbau der Pflanze wurde nicht eigens berechnet. Unterstellt man jedoch einen Bedarf von 20000 MJ/ha, wie er bei landwirtschaftlichen Kulturen üblich ist [5], und einen Ertrag von 100 m<sup>3</sup>/ha (das entspricht 5 t/ha), so ergibt sich ein Primärenergieinput von 200 MJ/m<sup>3</sup> für den Rohstoff und etwa 15 MJ/m<sup>3</sup> für die Verarbeitung. Diese Werte liegen im Vergleich zum Herstellungs-Energiebedarf von Mineralfaser-Dämmstoffen mit 1800 MJ/m<sup>3</sup> und Hartschäumen mit 2500 MJ/m<sup>3</sup> [6] äußerst niedrig.

### Schlußfolgerungen

Wie die Ergebnisse zeigen, ist die Schüttung aus Rohrkolbenpartikeln anderen Dämmstoffen hinsichtlich Wärmeleitfähigkeit und Herstellungskosten / Verkaufspreis vergleichbar. Der Energieaufwand zur Herstellung der biogenen Wärmedämmstoffe ist deutlich geringer als bei vergleichbaren konventionellen Wärmedämmstoffen.

In den untersuchten Aspekten ist der Wärmedämmstoff aus Rohrkolben also durchaus eine Alternative zu herkömmlichen Materialien. Die weitere Dämmstoffentwicklung muß sich nun auf die Verarbeitung am Anwendungsort und das Langzeitverhalten im Bauwerk konzentrieren. Dies führt derzeit ein auf „ökologische“ Dämmstoffe spezialisierter Handwerksbetrieb durch. Gleichzeitig erfolgen umfangreiche Untersuchungen der ökologischen Wirkungen des Rohrkolbenanbaus durch die Landesanstalt für Bodenproduktion und Pflanzenbau, Sachgebiet Moorkunde, München.

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 98 106 erhältlich.

### Schlüsselwörter

Wärmedämmstoffe, biologische Dämmstoffe, Wärmeleitfähigkeit, Herstellungskosten

### Keywords

Heat insulators, biological insulators, thermal conductivity, production costs