

Projektziele

Ziel des Projektes war die Entwicklung und technische Erprobung von Einblasdämmstoffen aus Hanf und Gras. Der Dämmstoff soll physikalisch und anwendungstechnisch marktgängigen Einblasdämmstoffen ebenbürtig und auch vermarktbar sein (Wirtschaftlichkeit und Ökologie).

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Vorgehen und Material

Die beteiligten Firmen haben bereits vor diesem Projekt erhebliche Arbeiten im Bereich der Zerfaserung von Hanf, Fraktionierung von Gras und Entwicklung von Pilz- und Brandschutzausrüstungen geleistet. Basierend auf diesen Erfahrungen wurden im Rahmen des Projektes die Einblasdämmstoffe weiterentwickelt. Mittels Laboruntersuchungen wurden die verschiedenen Dämmstoffe schrittweise verbessert bis eine Qualität erreicht wurde, die die Anwendung in Demonstrationsobjekten erlaubte. Teilweise gaben die Erfahrungen mit den Demonstraionsobjekten bereits wieder Anlass, die Entwicklung über den Projektzeitraum hinaus fortzusetzen, wodurch die im folgenden dargestellten Laborresultate nicht immer dem neuesten Entwicklungsstand entsprechen. Als Referenz für die Beurteilung der Marktfähigkeit, Ökologie und der technischen Eigenschaften diente der Altpapier-Einblasdämmstoff "Isofloc".

2B Gratec - Dämmstoffe aus Gras

Die 2B AG hat ein Verfahren entwickelt zur Fraktionierung von Gras in technische Fasern, in ein Proteinkonzentrat sowie in einen Energieträger (Biogas). Zur Erhöhung der Wertschöpfung dieser Verfahren wird die Nutzung der hergestellten Fasern in technischen Einsatzgebieten angestrebt, u.a. als Einblasdämmstoff.

Hanf dämmstoff

Der Anbau von Faserhanf gestaltet sich problemlos. Da in der Schweiz zur Zeit keine rationell arbeitenden Erntemaschinen vorhanden sind, wird mit leicht modifizierten Standardmaschinen aus der Futterbergung gearbeitet. Die Zerfaserung der Hanfpflanzen und die Abtrennung eines Teils der Schäben erfolgte auf einer herkömmlichen Hammermühle mit Loch- und Schlitzsieben. Durch Variation der Siebgeometrie und der Maschinenparameter wurde das entstehende Faserprodukt hinsichtlich Faserlängenverteilung, Aufschlussgrad und Schäbengehalt den Anforderungen entsprechend angepasst.

Isofloc

In sämtlichen Versuchen wurde der marktgängige aus Altpapier hergestellte Cellulosedämmstoff "Isofloc" als Standard mitgemessen.

Mischungen Hanf-Isifloc und 2B Gratec-Isifloc

Um das Einblasverhalten von Mischungen unterschiedlicher Fasern zu untersuchen, wurde eine Mischung aus 50 % Hanffasern, resp. 50 % 2B Gratec-Fasern und 50 % Isifloc-Dämmstoff manuell hergestellt. Im späteren Projektverlauf wurde ausschliesslich die Mischung Hanf-Isifloc weiterverfolgt.

Brand und Pilzschutz

Der Brandschutz der Hanffasern bestand aus Borsalzen, im Trockenverfahren aufgebracht, was der gängigen Technik bei Einblasdämmstoffen entspricht. Auf die Grasfasern (2B Gratec) wurden ebenfalls Borsalze aufgebracht. Da die Fasern im Prozess nass anfallen, ist es möglich, die Borsalze in einem Nassverfahren zu applizieren. Neben den herkömmlichen, mit Borsalzen ausgerüsteten Isifloc-Dämmstoffen, wurde eine Isifloc-Variante mit dem durch die IBF AG neu entwickelten, borfreien Brand- und Pilzschutzmittel Saveware® behandelt. Das Saveware® BS-System unterscheidet sich prinzipiell von Boratapplikationen. Es wird in flüssiger Form auf die trockenen Fasern kondensiert, was zu einer Beaufschlagung der Fasern mit dem boratfreien Brandschutzmittel und seinen Wirksubstanzen führt. Dies bewirkt bei den applizierten Dämmstoffen zu einer markanten Reduktion des spezifischen Gewichts, reduzierter Staubemission

und erhöhter Sicherheit sowohl im Brand- als auch im Pilzschutz durch Verhinderung des Ausrieselns der Boratkörner und dadurch erhöhter Regelmässigkeit in der Präsenz der Schutzwirkung. Um die im folgenden beschriebenen Brand- und Pilzprüfungen zu bestehen, musste sowohl für die Ausrüstung von 2B Gratec mit Borsalzen als auch von Isofloc mit Saveware® die Applikationstechnik angepasst werden.

Ergebnisse

Prüfung des Brandverhaltens

Bei den im Projekt entwickelten Dämmstoffen wurde das Brandverhalten mittels Radiant Panel Test untersucht. Alle Proben erreichten damit einen Brennbarkeitsgrad, welcher der Brandkennziffer 4/5 entsprechen würde (schwer brennbar). Der 2B Gratec-Dämmstoff wurde zusätzlich am Schweizerischen Institut zur Förderung der Sicherheit nach der "Wegleitung für Feuerpolizeivorschriften: Baustoffe und Bauteile" der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) geprüft, wo die Brandkennziffer 5.2 erreicht wurde.

Mischungen verschiedener Dämmstoffe wurden jeweils erst nach der Brand- und Pilzschutzausrüstung der Einzelkomponenten hergestellt.

Prüfung der Schimmelpilzresistenz

Die Pilzprüfung wurde nach ISO 846 A mit 8 definierten Pilzen durchgeführt. Die Dämmstoffproben wurden mit einer Suspension, bestehend aus diesen Pilzen beimpft, und während 6 Wochen inkubiert. Der Pilzbewuchs der Proben wurde nach ISO 846 bonitiert. Sämtliche geprüften Materialien zeigten bei diesem bewusst streng angelegten Test in den ersten Versuchen eine schlechte Pilzresistenz, selbst die isofloc-Referenz schnitt nur wenig besser ab. Nur bei Hanfdämmstoffen mit wenig Schäben (unbehandelt) zeigte sich eine natürlich vorhandene Pilzresistenz. Die mit Saveware® behandelten Proben zeigten zu Beginn eine schlechtere Pilzresistenz, da sich das Pilzbehandlungsmittel während der Applikation zusammen mit dem Brandschutzmittel neutralisierte. Aufgrund dieser Resultate wurde die Saveware-Rezeptur angepasst. Die Wiederholung der Versuche attestierte dann auch den mit Saveware® ausgerüsteten Einblasdämmstoffen eine gute Pilzresistenz.

Pilotobjekt

Als geeignetes Demonstrationsobjekt, das mit den neuen Dämmstoffen isoliert werden konnte, bot sich die Westwand der Prüfhalle II der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT) in Ettenhausen an. Es wurden fünf Wandsegmente mit den Dämmstoffen Isofloc Standard, Isofloc/Hanf, Hanf, 2B Gratec und eine Isofloc-Variante mit neuartiger Pilz- und Brandschutzausrüstung (Saveware®) eingeblasen. Die Bestimmung der eingeblasenen Dämmstoffmengen erfolgte über Rückwägen des nicht verbrauchten Materials. Die Einblasdichte wurde über das geometrisch ermittelte Segmentvolumen (2.41 m³) berechnet (Abbildung 1, S. 5).

Setzungsverhalten

Die im Pilotprojekt eingeblasenen Materialien setzten sich sehr unterschiedlich. Während isofloc, Hanf-isofloc und isofloc mit saveware® stabil blieben, musste bei Hanf eine Setzung von rund 5 cm und bei Gratec A sogar eine Setzung um 20-30 cm bei einer Füllhöhe von rund 2m festgestellt werden. Als Folge davon wurde der Grasdämmstoff verbessert und die Variante Gratec Typ B entwickelt, die den Nachteil der Setzung nicht mehr aufweisen sollte.

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit der eingeblasenen Dämmstoffe wurde 2 Monate nach dem Einblasen (2B Gratec Qualität B: 1 Woche) direkt im unten beschriebenen Pilotobjekt in der Dämmwand gemessen. Die Messungen erfolgten 1 m über Boden mit der 9 cm langen Sonde von der Halleninnenseite her an 5 Messstellen pro Dämmstoff.

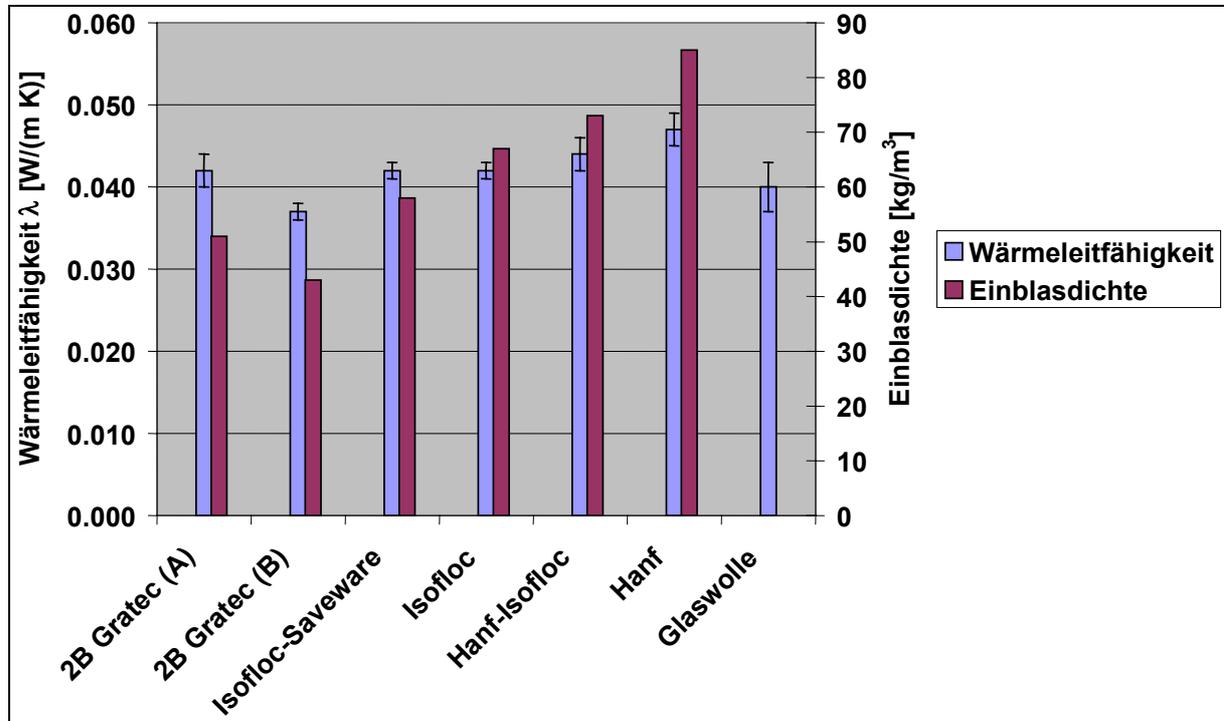


Abbildung 1: Wärmeleitfähigkeit und Einblasdichte der entwickelten Dämmstoffe direkt am Bauobjekt gemessen. Die Glaswollendämmung am selben Objekt dient als Vergleich.

Thermografische Untersuchungen

Für die thermographischen Aufnahmen der FAT-Prüfhalle wurde die Halle während 3 Tagen auf 28 °C geheizt. Die Aufnahmen erfolgten ohne Sonneneinstrahlung von der Hallenaussenseite her bei einer Aussentemperatur von 2.4 °C. Das in **Abbildung 2** exemplarisch dargestellte Thermogramm des ersten Segmentes der wärmegeprägten FAT-Prüfhalle weist ein sehr homogenes Dämbild auf. Die Thermogramme der Wandsegmente mit den Dämmstoffen Hanf/Isofloc, Isofloc und Isofloc Saveware® zeigen vergleichbare Bilder. Die fein aufgelösten relativen Temperaturunterschiede innerhalb eines Thermogrammes dürfen nicht als exakte absolute Temperatur betrachtet werden, da keine Kalibrierung vorgenommen wurde.

Ökologischer Vergleich

Zur kombinierten Berechnung der Wirtschaftlichkeit, der Ökobilanz sowie sozialer Konsequenzen wurde dem Projektteam der Einsatz des Berechnungsmodells S-E-E-Tool vorgeschlagen. Die auf dem Markt zueinander konkurrierenden Firmen des Projektteams waren aufgrund der dazu nötigen Preisgabe von firmenspezifischen Daten nicht bereit, das Tool einzusetzen. Daher konnte bezüglich Ökologie nur eine grobe Bewertung erstellt werden. Die Aussagen basieren v.a. auf Erfahrungswerten und Publikatio-

nen[1], welche im Rahmen anderer Projekte erhoben wurden, in welchen die Ausgangsmaterialien Hanf, Gras, Altpapier bewertet worden sind. Zu folgenden Punkten lassen sich Aussagen treffen:

Produktion

Für die ökologische Bewertung spielt der Material- und Energieeinsatz zur Erstellung des Endproduktes eine entscheidende Rolle. Bei landwirtschaftlich produzierten Rohstoffen wirkt sich daher die Intensität der Feldbestellung stark aus. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Anbau von Hanf als Ackerfrucht pro hergestellter Dämmstoffeinheit einen höheren Aufwand (Traktorstunden, Saatgut, Dünger etc.) benötigt als die Produktion von Gras.

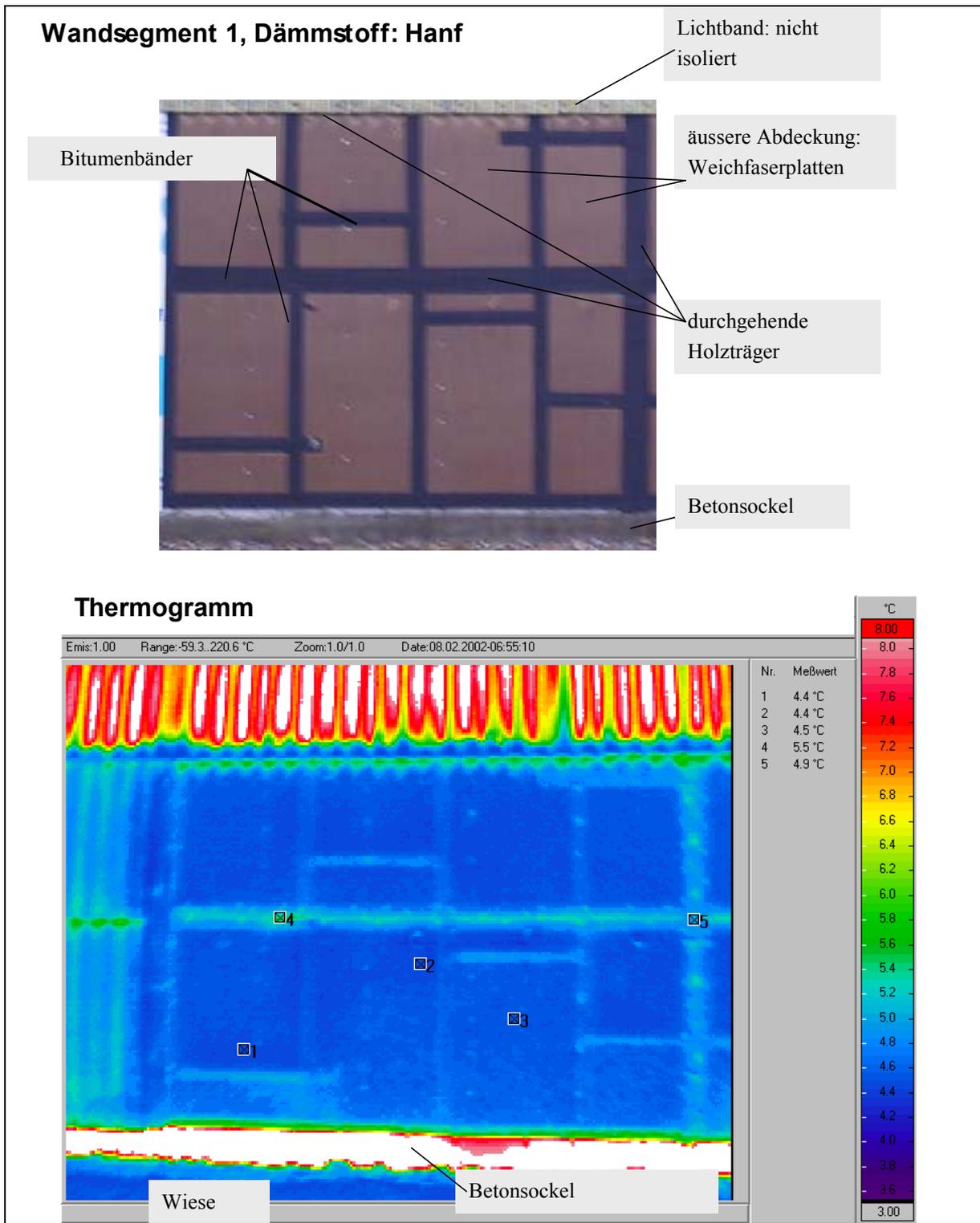


Abbildung 2: Wandaussenansicht (oben) des mit dem Hanfdämmstoff isolierten Segmentes nach Entfernung der Eternitabdeckung mit dazugehörigem Thermogramm (unten), welches ein sehr homogenes Dämmbild nachweist. Deutlich sind die Balken der Wandkonstruktion zu erkennen.

Die Faserproduktion aus Altpapier wird in Ökobilanzen als wenig umweltbelastend eingestuft. Vergleicht man die Umweltbelastungspunkte (UBP97) aus der Literatur[2], entspricht die Umweltbelastung durch den Einsatz von Altpapier im Maximum derjenigen eines extensiv produzierten Agrarproduktes.

Aufbereitung/Ausrüstung

Die Inhaltsstoffe von Saveware® erreichen einzeln betrachtet eine Umweltbelastungszahl, die gleich bzw. bis 10 mal geringer ist als diejenige von Borax oder Borsäure. Insgesamt ist damit die Herstellung von Saveware® weniger umweltbelastend als die Herstellung von Borax bzw. Borsäure.

Entsorgung

Die bei der Verbrennung entstehenden Emissionen sowie die Ascherückstände fallen bei allen untersuchten Dämmstoffen ähnlich gering aus.

Staubemissionen

Bei der Verarbeitung fallen die starken Staubemissionen bei Hanf auf. Obwohl dieser Staub keine schädigende Menge lungengängiger (PM10) Partikel enthält, ist doch zumindest eine Reizung der Atemwege für die Verarbeiter nicht auszuschliessen.

Die festgestellten Aussagen erlauben keine umfassende ökologische Beurteilung. Es lassen sich daraus keine schlagkräftigen Argumente ableiten, die den landwirtschaftlich produzierten Dämmstoffen klare ökologische Vor- oder Nachteile gegenüber den auf Altpapier basierenden Cellulosedämmstoffen zuweisen.

Wirtschaftlichkeit

Mischung Hanf/Isoloc

Die Mischung Hanf/Isoloc kommt in der Herstellung teurer als die reinen Dämmstoffe, da zwei separate Aufschlussverfahren für Altpapier und für Hanf durchgeführt werden müssen. Ausserdem kommt der Aufwand für die Herstellung der Mischung hinzu. Zusätzlich zu diesem Mehraufwand stellte sich heraus, dass wegen des Setzungsverhaltens eine etwas höhere Einblasdichte gewählt werden muss, was zu einer geringfügig höheren Wärmeleitfähigkeit führt und mehr Materialverbrauch pro isoliertem Volumen mit sich zieht. Das Produkt ist technisch dem Konkurrenzprodukt Isoloc unterlegen und ist zudem teurer. Dies ohne nachweislich ökologische Vorteile. Aus den dargelegten Gründen wird das Marktpotential der Mischung Hanf/Isoloc als sehr gering eingestuft.

Hanf

Die Untersuchungen am reinen Hanfdämmstoff haben gezeigt, dass trotz der gewählten sehr hohen Einblasdichte die Setzungssicherheit nicht gegeben ist. Mit der hohen Einblasdichte geht auch eine erhöhte Wärmeleitfähigkeit einher. Ausserdem neigt das Produkt zu Brückenbildungen beim Einblasen, was manuelles Nachstopfen bei den Dämmarbeiten erfordert. Das Faserprodukt kann noch nicht als ausgereift bezeichnet werden. Das Aufschlussverfahren muss so modifiziert werden, dass ein Faserprodukt entsteht, das ein besseres Einblasverhalten bei erhöhter Setzungssicherheit gewährleistet. Daher kann der hier entwickelte Hanfdämmstoff zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht als praxis- und marktreif für die grosstechnische Anwendung gelten. Diesen Ergebnissen entsprechend wurde noch kein Demonstrationsobjekt evaluiert.

Isoloc mit IBF Saveware® System

Wie bereits angeführt stellt das Saveware® eine konsequente Entwicklung für Dämmstoffe auf biogener Basis dar, welche dem Bedürfnis des Marktes nach boratfreiem, umweltverträglichem Brand- und Pilzschutz entspricht. Das System ist nicht nur bei zellulosehaltigen Dämmstoffen wirksam, sondern eignet sich auch für alle schüttbaren Faser-, Flocken- oder Spänedämmstoffe, die in ökosensitiven Bereichen zum Einsatz kommen. Kostentechnisch liegt Saveware® im Bereich konventioneller Brandschutzadditive (Borax / Borsäure etc.). Bei ganzheitlicher Betrachtung (Produktion, Produkteigenschaft, Einsatz und Marketing) lassen sich Vorteile für den Hersteller und den Endkunden realisieren.

2B Gratec

Mit dem Fraktionierungsverfahren der 2B AG fallen bei der Herstellung von 2B Gratec-Fasern auch ein Proteinkonzentrat sowie ein Energieträger an. Die Herstellkosten können je nach Marktlage auf die verschiedenen Produkte abgewälzt werden. Dank der niedrigen Einblasdichte der 2B-Gratec-Qualität B und der damit verbundenen niedrigen Wärmeleitfähigkeit reduziert sich für dieselbe Dämmwirkung im Vergleich zu den anderen untersuchten Einblasdämmstoffen die benötigte Dämmstoffmenge. Voraussetzung dazu ist eine gute Setzungssicherheit des Produktes, die noch nicht abschliessend beurteilt werden kann. Der neue 2B Gratec-Dämmstoff wurde bereits in mehreren Gebäudeisolationen eingesetzt.

Volkswirtschaftliche Beurteilung

Um die Perspektiven des Landwirts, der Dämmstoffproduzenten sowie die volkswirtschaftliche Bedeutung im Rahmen der untersuchten Dämmstoffmaterialien zu vergleichen, wurden fünf Varianten verglichen:

Aus Sicht des Bauern ist trotz der Anbau-Beiträge allenfalls nur die Grasproduktion für Dämmstoffe eine wirtschaftlich interessante Alternative. Hanf müsste entweder stärker bezuschusst werden oder einen höheren Preis erzielen. Beides ist aufgrund der ökologischen Beurteilung nicht wahrscheinlich. Altpapierdämmstoff beansprucht keine Bundesbeiträge wie die landwirtschaftlich produzierten Dämmstoffe, bietet aber auch keine Alternative für die Landwirtschaft.

Schlussfolgerungen

Hanfdämmstoffe

Für die Dämmstoffanwendung bietet Hanf keine technischen Vorteile gegenüber dem Isofloc-Standard. Ebenso können im Vergleich zu Altpapierdämmstoff keine ökologischen Vorteile ausgewiesen werden und dies bei starken ökonomischen Nachteilen. Daher sind die Hanffasern für Dämmstoffe wenig prädestiniert. Dieselben Überlegungen gelten auch für die Mischung Hanf-Isofloc. Die Hanffaser bietet jedoch Eigenschaften, die Anwendungen mit höheren technischen Anforderungen und somit auch mit höherer Wertschöpfung zulassen, wie z.B. im Industrie-, Textil- oder Verbundwerkstoffsektor.

Grasdämmstoffe

Mit der Produktion von Gras für Dämmstoffe kann der Landwirt je nach Wiesentyp Stundenlöhne erreichen, die höher liegen als bei der Hanfproduktion. Aufgrund der groben ökologischen Abschätzung liegt die Umweltbelastung durch Grasdämmstoffe zwischen derjenigen der Hanfdämmstoffe und der Altpapierreferenz. Die auf die niedrigere Einblasdichte zurückzuführenden besseren Dämmeigenschaften stellen einen Vorteil unter der Bedingung dar, dass sich der eingeblasene Dämmstoff nicht setzt.

Brand- und Pilzschutzausrüstung Saveware®

Die mit Saveware® ausgerüsteten Altpapierdämmstoffe lassen sich mit etwas niedrigerer Einblasdichte verarbeiten, was sich allerdings kaum auf die Wärmeleitfähigkeit auswirkt. Es stellt aber einen Kostenvorteil dar. Aus technischer und ökologischer Sicht verbessert die Saveware-Ausrüstung den Isofloc-Dämmstoff gegenüber der mit Borsalzen ausgerüsteten Standard-Variante.

Aufgrund des schrittweisen Vorgehens und der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Produkte über das Projektende hinaus, können die Ergebnisse nicht als abschliessend betrachtet werden, sondern widerspiegeln vielmehr den jeweiligen Entwicklungsstand.

Ein ausführlicher Schlussbericht wird bis Ende Jahr verfügbar sein.

Nationale Zusammenarbeit

Der vorliegende Bericht ist ein Zusammenzug des Schlussberichtes, welcher in Zusammenarbeit mit folgenden Projektbeteiligten erarbeitet wurde:

- G. Bruggmann, EMPA St.Gallen
- P. Bühlmann, 2B AG, Dübendorf
- F. Dinkel, Carbotech AG, Basel
- M. Gass, 2B AG, Dübendorf
- P. Furrer, EMPA St.Gallen
- T. Grether, IBF Innovative Bio Fibre Corporation AG, St. Gallen
- J.-L. Hersener, Ing'büro HERSENER, Wiesendangen
- J.-P. Kaiser, EMPA St.Gallen
- A. Keller, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Ettenhausen
- B. Läderach, Läderach Agro AG, Henggart
- H. Mühlebach, EMPA Dübendorf
- K. Richter, EMPA Dübendorf
- W. Todt, LBL, Lindau
- M. Zimmermann, Programmleiter BFE

Referenzen

- [1] Wolfensberger, Dinkel et.al., **Beurteilung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz in den Jahren 1993-1996**. 1997, Im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft.
Real, M. et. al., Jahr. **Biotreibstoffe**
Dinkel, F., 2002. **Persönliche Mitteilung**
- [2] Schmidweber, A.; Dinkel, F.; **Altpapiervermarktung: Logistik/Ökobilanz**. 2001, AWEL, Kanton Zürich