

PRÜFBERICHT NR. 43-FP-2010

Saint-Gobain Isover Austria AG

Isover Vario KM

Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH

IBO Produktprüfung

Folgeprüfung

Bericht Nr. 43-FP-2010

Saint-Gobain Isover Austria AG
Prager Straße 77
A-2000 Stockerau

Isover Vario KM

In Abwägung aller verfügbaren Informationen verleiht das Österreichische Institut für Baubiologie und -ökologie den obengenannten Produkten das IBO-Prüfzeichen. Diese Produkte dürfen bis zur nächsten Folgeprüfung als „vom Österreichischen Institut für Baubiologie und -ökologie geprüft“ bezeichnet werden.



Erstprüfung

01.11.2006

Nächste Folgeprüfung

01.02.2011

DI FH Astrid Scharnhorst
IBO-Projektleitung

DI. Dr. Karl Torghele
IBO-Institutsleitung

Alle in diesem Prüfbericht enthaltenen Angaben, Daten, Ergebnisse usw. wurden von den Autoren nach bestem Wissen erstellt. Dennoch sind inhaltliche Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher übernehmen die Autoren und das IBO keine Haftung für etwaige inhaltliche Unrichtigkeiten.

GESAMTBEWERTUNG	7
GRUNDLAGEN	11
PRODUKTBEACHTUNG	21
A Produktbeschreibung	21
A.1. Aufbau und allgemeine Charakteristik	21
A.2. Zusammensetzung	21
B Rohstoffe	21
B.1. Polyamid	21
B.2. Schmierstoffe	26
B.3. Zusatzstoffe	26
B.4. Hilfsstoffe	26
C Produktion	26
C.1. Herstellungsverfahren	26
C.2. Energieaufwand	27
C.3. Bewertete Umweltkennzahlen ISOVER Vario KM	28
C.4. Abgabe von Stoffen bei der Produktion	28
C.5. Produktionsabfälle	28
D Vertrieb	29
D.1. Transport und Auslieferform	29
D.2. Produktinformation durch die Firma	30
E Funktion und Anwendung	30
E.1. Anforderungen an den Feuchteschutz	30
E.2. Variable Dampfbremsen	34
E.3. Einbau und Verarbeitung ISOVER Vario KM	38
F Nutzungsphase	39
F.1. Technische Eigenschaften	39
F.2. Brandverhalten	40
F.3. Toxikologie	40
G Verwertung	40
G.1. Wiederverwendung	40
G.2. Stoffliche Verwertung (Recycling)	40
G.3. Energetische Verwertung	41
H Entsorgung	41
H.1. Thermische Entsorgung	41
H.2. Deponierung	41
LITERATUR UND ANDERE UNTERLAGEN	43
MATERIALUNTERSUCHUNGEN	45

GESAMTBEWERTUNG

Produktbeschreibung

Die Klimamembran ISOVER Vario KM besteht aus Polyamid und wird als Dampfbremse mit Rücktrocknungseffekt für den Feuchteschutz von Holzrahmenkonstruktionen - darunter sind gedämmte Wand-, Decken- und Dachkonstruktionen (Kalt- und Warmdächer) in Neubau und Sanierung zu verstehen - eingesetzt. ISOVER Vario KM wird bei den oben genannten Konstruktionen raumseitig als Dampfbremse vollflächig mit luftdicht verklebten Überlappungen und Anschlüssen verlegt.

Die Klimamembran ist nach DIN 4102 in die Brennbarkeitsklasse B1 – schwer entflammbar eingestuft und hat eine variable äquivalente Luftschichtdicke s_d von 0,2 - 5 m. Die Folie ist ca. 0,05 mm stark und 2 m breit. Die Bahnen sind 30 m lang und werden auf Kartonrollen gewickelt vertrieben.

Ökologische und baubiologische Gesamtschau

Der entscheidende ökologische Vorteil von ISOVER Vario KM, der zur insgesamt positiven Beurteilung eines Produkts aus nichterneuerbaren Rohstoffen führt, ist die gute Eignung des Produktes zur Ausführung diffusionsoffener Konstruktionen, die insgesamt eine Reihe von baubiologischen und ökologischen Vorteilen im Vergleich zu konventionellen Konstruktionen bieten:

- Diffusionsoffene und luftdichte Konstruktionen mit variabler Dampfbremse gewährleisten einen geringen Kondensatanfall bei gleichzeitig sehr hoher Austrocknungskapazität, sodass auf vorbeugenden chemischen Pilzschutz verzichtet werden kann, sowie eine große Sicherheit bei außerplanmäßigem, übermäßigem Feuchteintrag.
- Darüber hinaus eignen sich die Konstruktionen sehr gut zum Einsatz erneuerbarer Dämmstoffe. Bei Ausführung von dampfdiffusionsoffen Warmdachkonstruktionen können zudem höhere Dämmstoffdicken als bei hinterlüfteten Konstruktionen eingebaut werden.
- Die luftundurchlässige Ausführung, d.h. die Verklebung der Überlappungen bzw. Stöße der Klimamembran mit Klebebändern, bringt darüber hinaus Sicherheit gegen Wasserdampfkongvektion und damit auch gegen Energieverluste und schließt unkontrollierbaren Insektenbefall auch unter widrigen Umständen sicher aus.

Weitere günstige Bedingungen aus ökologischer Sicht stellen dar:

- Die geringe Menge an ISOVER Vario KM pro m² Dachfläche (pro m² Dachfläche werden weniger als 10 g Folie benötigt) führt u.a. zu guten Ökobilanzergebnissen im Vergleich zu anderen Dampfbremsen.
- Im Produkt konnten weder Schwermetalle noch Halogene nachgewiesen werden.
- In der Prüfkammer zeigte das Produkt ein sehr günstiges Bild. Das Produkt führt daher zu keiner gesundheitlichen Beeinträchtigung der Nutzer.
- Das Produkt besteht aus sortenreinem Polyamid 6 und weist daher ein sehr gutes chemisch-stoffliches und thermisches Verwertungspotential.

Trotz des gravierenden ökologischen Nachteils, dass ISOVER Vario KM ein 100 %iges Erdölprodukt mit all den damit verbundenen schwerwiegenden Umweltbelastungen ist, ist unter Berücksichtigung der ökologischen und baubiologischen Vorteile dieses Produktes eine insgesamt positive Beurteilung möglich. Nach derzeitigem Stand des Wissens kann dies von vergleichbaren, jedoch produktionsökologisch günstigeren Produkten nicht geleistet werden.

Aufforderungen an den Hersteller

- Es sollte geprüft werden, ob die Umweltbelastungen durch LKW-Transporte von den Produktionsstätten zum Vertrieb durch eine Umstellung auf Bahntransporte reduziert werden können.
- Es sollte geprüft werden, ob die Verpackung aus PE-Folie durch ein Material aus erneuerbaren Rohstoffen ersetzt werden kann.
- Ein realistisches Sammelkonzept nach dem Rückbau sollte im Sinne einer Verantwortung für das Produkt über den gesamten Lebenszyklus erstellt werden.
- Die Hilfsstoffe für den Einbau (Klebebänder und Dichtstoff) waren nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Dennoch sollten auch diese Produkte weitestgehend baubiologisch und bauökologisch optimiert werden.

Empfehlungen an die Konsumentinnen und Konsumenten

- Um die variable Funktionsweise der Dampfbremse zu gewährleisten, ist neben der Verlegung mit 3 cm Durchhang vor allem auf eine sorgfältige, luftdichte Ausführung der Überlappungen und Anschlüsse zu achten.

- In diesem Sinne sind auch weitere Maßnahmen im Dachausbau, wie z. B. das Anbringen von Montagelattung und Ausbauplatten auf der Innenseite der Konstruktion, mit großer Sorgfalt vorzunehmen, um nachträgliche Beschädigungen der Dampfbremse in jedem Fall zu vermeiden.
- Bei Dachsanierungen von außen sollte, sofern die Verlegung der Folie über die Außenseite des Sparrens erfolgt, sichergestellt sein, dass die Holzsparren nicht mit Holzschutzmittel imprägniert sind.

GRUNDLAGEN

Allgemeines zum IBO-Prüfzeichen

Im Rahmen der Prüfung durch das Österreichische Institut für Baubiologie und -ökologie (IBO) werden an ein Produkt Anforderungen aus ganzheitlicher Sicht gestellt. Das bedeutet, die Welt als vernetztes System zu begreifen und Querbezüge zu anderen Fachbereichen zu erkennen und zu beachten. Einzelne Anforderungen zu perfektionieren, wenn dabei andere wichtige Eigenschaften unbeachtet blieben oder gar verloren gingen, ist daher nicht vorrangig. Dies gilt für das Bauen und Wohnen im Allgemeinen, sowie für Materialien des Bauwesens im Besonderen.

Ein Baustoff hat Auswirkungen auf das Raumklima, auf Luft- und Feuchtwerte im Raum, auf die thermische Behaglichkeit, auf die Raumluftqualität und auf die menschliche Psyche. Daneben hat der Baustoff Auswirkungen in der Arbeitswelt (Herstellung und Verarbeitung) und auf die Umwelt (bei Erzeugung, Verteilung, Abbau und Deponierung). Nicht zuletzt hat sich die Gestaltung eines Bauobjektes an den Möglichkeiten eines Baustoffes zu orientieren.

Ziel des vorliegenden Prüfberichtes ist es, möglichst viele der für das Gebäude und vor allem für seine Bewohner wichtigen Anforderungen an das Produkt zu erfassen, zu gewichten und in einer Zusammenschau zu bewerten. Voraussetzung für eine positive Beurteilung eines Produkts durch das IBO ist es, dass möglichst keine dieser Anforderungen unerfüllt bleibt.

Gesamturteil

Die regelmäßige baubiologische und -ökologische Prüfung von Produkten ermöglicht dem Konsumenten bei der Beurteilung von Produkten, stets auf den aktuellsten Kenntnisstand des IBO zurückzugreifen.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Prüfungen der Gebrauchstauglichkeit wird bei der baubiologischen Produktprüfung die Auswirkung des Produkts auf Mensch und Natur bei Herstellung, Anwendung und Entsorgung mit einbezogen.

Der vorliegende Prüfbericht sammelt das am IBO verfügbare Expertenwissen und fasst dieses unter Abwägung der Einzelfaktoren zu einem Gesamturteil zusammen. Damit kann der Konsument auf einen Blick den Status des Produkts abschätzen und bei Bedarf den Prüfbericht zur Beantwortung offener Fragen heranziehen. Hinweise an den Konsumenten sind bei den

jeweiligen Punkten extra ausgewiesen und dienen als Ratschläge zum richtigen Gebrauch des Produkts.

Weiterentwicklung

Technische Produktionsprozesse und die dabei entstehenden Produkte können in unserer vernetzten Welt nicht mehr isoliert betrachtet werden. Das sich stets weiterentwickelnde Wissen über gesundheitliche und ökologische Zusammenhänge von Einzelfaktoren kompliziert die Betrachtungen weiter.

Das IBO versucht mit seinen Teilprüfungen und ihrer Zusammenschau in Form des vorgelegten Prüfberichts diesen Faktoren gerecht zu werden.

Durch die IBO-Prüfung kann der Produzent früher als andere mögliche Auswirkungen erkennen und seine Produkte und Produktionsprozesse so einem schrittweisen Optimierungsprozess unterwerfen. Die positiv abgeschlossene Prüfung bedeutet nicht zuletzt eine Hervorhebung des Produkts, in Verbindung mit dem IBO-Prüfzeichen, zur besseren Information des Konsumenten.

Prüfinhalte

Ökologie

Eine gesunde Umwelt ist die Basis eines gesunden Lebens und damit auch die Voraussetzung für ein gesundes Wohnen. Zurzeit ist unsere Umwelt jedoch in einem derart hohen Maß belastet, dass das ökologische Gleichgewicht in verschiedenen Bereichen bereits verloren geht. Es ist daher ein dringendes Gebot, auch im Bereich des Bauwesens die Belastungen zu minimieren. Dies betrifft die Bereiche der Rohstoffgewinnung (Abbau), der Produktion, des Transports, der Verarbeitung, der Rückführung in den Kreislauf der Natur oder der Abfallverwertung (Recycling) mit deren Auswirkungen auf Mensch, Luft, Wasser, Boden, Energieverbrauch und Landschaft.

Folgende **Leitlinien** werden vom IBO vorgegeben:

- Verwendung von Materialien, für die heute bereits schonende Recyclingverfahren bekannt sind oder die einfach in die Naturkreisläufe zurückgeführt werden können;
- Bevorzugung von Materialien, für deren Herstellung wenig Energieaufwand erforderlich ist;
- Verzicht auf Materialien, bei denen ein hohes Gesundheitsrisiko für die

berufsmäßig damit beschäftigten Arbeiter bekannt oder zu vermuten ist (s.a. Toxikologie);

- Verzicht auf Materialien, bei deren Produktion Ultragifte verwendet werden oder anfallen;
- Bevorzugung einheimischer Materialien (u.a. wegen der geringeren Transportbelastung)
- umweltbewusster Transport sowie Verpackung
- Verzicht auf Materialien, die auf Bauschutt-Deponien durch Ausschwemmung (z.B. von Schwermetallen) eine wesentliche Grundwasserbelastung bewirken können.
- Bevorzugung von Materialien, die einen systematischen Rückbau am Ende der Nutzungsphase erlauben.
- Bevorzugung von Materialien, die einfacher Konstruktionen bedürfen und geringen Errichtungs- und Wartungsaufwand mit sich bringen.
- Bevorzugung von Materialien, welche zur Verringerung des Energieverbrauchs führen (Niedrigenergiehausstandard).

Als Grundlage dienen die Antworten auf unseren Fragebogen, ergänzt durch Werkbesuche, Literaturrecherchen und Stichproben. Über tatsächliche Umweltbeeinträchtigungen von einzelnen Verursachern wie Industrie und Gewerbe existieren in Österreich und den EG-Ländern nur äußerst lückenhafte Informationen. Daher erfolgt im Rahmen der baubiologischen Produktprüfung die Beurteilung eines Baustoffes nach ökologischen Gesichtspunkten durch Bewertungen von eingesetztem Roh- und Hilfsmaterial, von grob abgeschätztem Energieeinsatz und Emissionen (bei Gewinnung, Produktion, Vertrieb, Einsatz von zugehörigen Materialien) und von der Recyclierbarkeit im weitesten Sinne (Zerfall in die Ausgangsstoffe). Es können damit nur Richtlinien aufgezeigt werden.

Bauphysikalische und technische Eigenschaften

Die Erfüllung von normgemäßen Anforderungen hinsichtlich einer ausreichenden Qualität der technologischen Eigenschaften ist der Ausgangspunkt einer baubiologischen Beurteilung.

Für beste baubiologische Qualität sind auch die für den jeweiligen Einsatzzweck erforderlichen technologischen Eigenschaften zu beurteilen.

Die Produkte werden aufgrund der zur Verfügung gestellten Herstellerangaben (Prospekte) und Prüfzeugnisse in bauphysikalischer Hinsicht

beurteilt. Dabei werden insbesondere jene bauphysikalischen Eigenschaften beleuchtet, die in baubiologischer Hinsicht wesentlich sind. Ebenso sind nicht nur die Produkte selbst, sondern auch das Informationsmaterial des Herstellers auf einwandfreie Information des Interessenten zu prüfen.

Thermisches Verhalten und Energiebedarf

Neben der einfachen Aufgabe, in Innenräumen erzeugte Wärme möglichst nicht an die Umgebung abzugeben (die Wärmedämmung des Gebäudes), werden in der Bauphysik verschiedene dynamische Parameter herangezogen, um die thermische Behaglichkeit in Innenräumen zu beurteilen.

Die Wärmedämmung wird im statischen Fall durch den k-Wert angegeben. Dieser wird in den einschlägigen Normen, Bauordnungen und Förderungsrichtlinien vorgeschrieben und ist dementsprechend von allen Teilen der gesamten Wandkonstruktion einzuhalten.

Als Maß für die Behaglichkeit der Bewohner ist jedoch zusätzlich heranzuziehen:

- die sommerliche **Überwärmungsneigung** – im Sommer sollten gewisse Innenraumtemperaturen nicht überschritten werden. Die Wärmespeicherkapazität der Gesamtkonstruktion muss deshalb einen bestimmten Mittelwert erreichen, um die überschüssige Wärme aufnehmen zu können.
- die **Auskühlungsneigung** – die Wärmespeicherkapazität und Wärmeleitfähigkeit sollen so bemessen sein, dass bei Ausfall der Heizung im Winter das Bauwerk nicht sofort auskühlt, sondern die Wärme nur nach und nach, vorzugsweise an die Innenräume abgegeben wird.
- Der Heizenergiebedarf trifft eine Aussage über den Energiebedarf bei ansonst gleichem thermischen Verhalten.

Sorption, Desorption und Wasserdampfdiffusionsfähigkeit

Oberflächen im Innenbereich tragen zur Erhaltung und Regulierung des Raumklimas wesentlich bei. Holz und alle anderen offenporigen, saugfähigen Materialien absorbieren Wasserdampf bei einer vorübergehend hohen Raumluftkonzentration und geben ihn bei Lufttrockenheit wieder ab. Zusätzlich kann dabei auch eine gewisse Menge an Luftschadstoffen gebunden werden.

Die Wasserdampfdiffusionsfähigkeit von Außenwänden soll durch zusätzlich aufgebrachte Schichten (Dämmschichten, Putze, Mauerfarben) möglichst wenig behindert werden.

Toxizität

Menschen der Industrienationen halten sich durchschnittlich 80 - 90% ihrer Zeit in umbauten Räumen, also in Innenräumen wie Wohnungen, Schulen, Büros und Arbeitsräumen auf.

Mit der zunehmenden Chemisierung des Arbeitsfeldes und des Alltags hat sich auch die Luftqualität in den Innenräumen laufend verschlechtert. Für den Arbeitsplatz sind die MAK-Werte (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) erarbeitet worden. Für die Wohnräume hingegen, in denen man viel mehr Zeit verbringt, gibt es – bis auf ganz wenige Ausnahmen – noch keine gesetzlich festgelegten Höchstmengen oder Grenzwerte für Schadstoffe in der Raumluft. Die Beschaffenheit der Luft in Wohn- und sonstigen Aufenthaltsräumen wird wesentlich von der Art der Baustoffe und Einrichtungsgegenstände mitbestimmt.

- Die MAK-Werte sind deutlich zu unterschreiten.
- Es dürfen keine Cancerogene oder Ultragifte verwendet werden.
- Es sollen weder unter normalen Bedingungen noch im Brandfall gesundheits- oder umweltschädliche Stoffe in nennenswertem Maß abgegeben werden.

Radioaktivität

Der Mensch und seine Umwelt sind seit jeher einer natürlichen Grundstrahlung ausgesetzt. Dazu gesellt sich die zivilisatorische Strahlenbelastung, die durch die technische und medizinische Anwendung ionisierender Strahlung, aber auch durch die Verwendung verschiedener Baumaterialien hervorgerufen wird.

Die natürliche Strahlenbelastung des Menschen ist durch die terrestrische und kosmische Umgebungsstrahlung, sowie durch die Aufnahme natürlicher radioaktiver Stoffe in den Körper bedingt. Messungen haben ergeben, dass besonders durch den verschiedenen hohen Gehalt an radioaktiven Stoffen im Boden der einzelnen Landesteile erhebliche Unterschiede in der natürlichen Strahlenbelastung bestehen. Diese ortsgebundene Strahlenbelastung kann durch die Verwendung von

Baustoffen mit erhöhtem Gehalt an radioaktiven Stoffen zusätzlich gesteigert werden.

Um zusätzliche – aber vermeidbare – Strahlenbelastungen durch Baustoffe und Einrichtungsgegenstände erst gar nicht entstehen zu lassen, dürfen diese Produkte nur eine minimale Eigenradioaktivität aufweisen.

Ebenso wichtig wie die radioaktive Eigenstrahlung ist die Tatsache, dass aus Boden und Baustoffen das radioaktive Gas Radon an die Raumluft abgegeben werden kann. Durch Einatmen kommt es zu einer erhöhten Strahlenbelastung der Lunge.

Die Radongaskonzentration in Innenräumen ist abhängig von den Baustoffen, der Luftwechselrate, aber auch von der Beschaffenheit des Standorts. Um diese zusätzliche Radongasbelastung zu minimieren, ist neben der Wahl von Baumaterialien mit geringer Radongasemanation für ausreichende Luftwechselzahlen (0,5 - 1 /h) zu sorgen.

Elektrostatik

Wir leben in einem natürlichen elektrischen Feld, das durch die umgebende Atmosphäre in Form von elektromagnetischen Feldern und Luftionen an uns vermittelt wird. Technisch hergestellte Produkte, also auch Baustoffe und Einrichtungsgegenstände, können dieses natürliche elektrische Umfeld verändern.

Um dies zu vermeiden sind folgende Richtlinien einzuhalten:

Die Vermeidung starker elektrostatischer Aufladungen durch Auswahl geeigneter Materialien. Der Grenzwert der Aufladung liegt bei 500 V/m, gemessen in 20 cm Abstand;

Für ausreichende relative Luftfeuchte (45-65 %) im Innenraum ist zu sorgen, da diese die elektrostatische Aufladung dämpft;

Ausreichende natürliche Belüftung zur weitgehenden Erhaltung der natürlichen Ionenkonzentration (Luftwechselzahl größer als 0,5/h).

Elektrischer Leitwert, Elektrischer Widerstand

Metalle haben einen hohen elektrischen Leitwert (= geringen elektrischen Widerstand), sie sind gute Leiter für elektrischen Strom. Durch die frei beweglichen Elektronen in Metallen können elektromagnetische Felder ankoppeln und in der Folge wieder abgestrahlt werden.

Materialien mit geringem Leitwert (= hohem elektrischen Widerstand) werden als Isolatoren bezeichnet. Sie können nur niederfrequente

elektromagnetische Felder wie ein Kondensator durch Polarisation vorübergehend aufnehmen, für hochfrequente Strahlung sind sie weitgehend durchlässig.

Ideale Baustoffe sollen einen relativ hohen elektrischen Widerstand (= geringen Leitwert) aufweisen, ohne jedoch Isolatoren zu sein. Ideale Widerstandswerte liegen im Bereich von 10 - 10.000 M Ω /m. Dabei sind zwei Extremfälle zu beachten:

Je höher der Widerstand der verwendeten Materialien, umso mehr muss auf die Abschirmung und / oder Vermeidung technischer elektromagnetischer Felder Wert gelegt werden.

Je geringer der elektrische Widerstand, umso besser muss der betreffende Bauteil, zur Vermeidung des Ankoppelns elektromagnetischer Felder, geerdet werden.

Produktinformation durch den Hersteller

- Ausreichende, sachliche und klare Produkt- und Anwendungsinformation ist die Voraussetzung für optimale Entscheidungen von Seiten des Konsumenten.
- Undifferenzierte Werbeaussagen oder ungenaue oder fehlende Stoffgruppenbezeichnungen (z.B. "Füllstoffe") behindern jedoch sein Recht auf umfassende Information über die angebotenen Waren und Dienstleistungen.

Das bedeutet insbesondere:

- klare und eindeutige Deklaration der Inhaltsstoffe;
- klare und eindeutige Angaben zu den Verpackungsmaterialien;
- Beschreibung der Eigenschaften des Produkts in Hinblick auf
- technologische Qualitäten;
- den sinnvollen Einsatzbereich;
- die Eignung für besondere Personengruppen (etwa Kinder, Alte, Behinderte, Allergiker, ...);
- vollständige Angaben über
- Einschränkungen bei der Anwendung, etwa aus gesundheitlicher Sicht;
- mögliche Nebenwirkungen von Inhaltsstoffen;
- Gefahren bei der Verarbeitung;
- Risikogruppen bezüglich spezieller Inhaltsstoffe;
- Hinweise zur umweltschonenden Entsorgung der Reststoffe;

- der Leergebinde;
- des Verpackungsmaterials;
- des Abbruchmaterials;
- Informationsblätter für den interessierten Verbraucher über
- baubiologisch richtige Verarbeitung;
- Angabe baubiologisch geeigneter Hilfsmaterialien bei der Verarbeitung;
- umweltbewusste Verwendung und Entsorgung.

Prüfmethoden

Ökologie

Als Grundlage dienen die Antworten auf unseren Fragebogen, ergänzt durch Werkbesuche, Literaturrecherchen und Stichproben.

Über tatsächliche Umweltbeeinträchtigungen von einzelnen Verursachern wie Industrie und Gewerbe existieren in Österreich und den EG-Ländern nur äußerst lückenhafte Informationen. Daher erfolgt

im Rahmen der baubiologischen Produktprüfung die Beurteilung eines Baustoffes nach ökologischen Gesichtspunkten durch Bewertungen von eingesetztem Roh- und Hilfsmaterial, von grob abgeschätztem Energieeinsatz und Emissionen (bei Gewinnung, Produktion, Vertrieb, Einsatz von zugehörigen Materialien) und von der Recyclierbarkeit im weitesten Sinne (Zerfall in die Ausgangsstoffe). Es können damit nur Richtlinien aufgezeigt werden.

Bauphysikalische Eigenschaften

Die Produkte werden aufgrund der zur Verfügung gestellten Herstellerangaben (Prospekte) und Prüfzeugnisse in bauphysikalischer Hinsicht beurteilt. Dabei werden insbesondere jene bauphysikalischen Eigenschaften beleuchtet, die in baubiologischer Hinsicht wesentlich sind. Ebenso sind nicht nur die Produkte selbst, sondern auch das Informationsmaterial des Herstellers auf einwandfreie Information des Interessenten zu prüfen.

Thermisches Verhalten und Energiebedarf

Zur Simulation werden die Angaben der Firma und der vorliegenden Gutachten über die Wärmeleitfähigkeit sowie Standardwerte verwendet.

Sämtliche Firmenangaben sind durch einschlägige Prüfzeugnisse staatlicher Prüfanstalten abgesichert.

Das IBO zieht für die Bewertung ein Modell eines sogenannten "Niedrigenergiehauses" heran (zweigeschossiges Einfamilienhaus, 130 m², mit südseitig optimierten Fensterflächen, der derzeitiger IBO-Richtwert für den Energiebedarf beträgt 40 kWh/m² und Jahr bezogen auf die Nett Nutzfläche). Die Prüfung erfolgt am Beispiel des angenommenen Musterhauses durch eine dynamische Simulationsrechnung für ein dem langjährigen Durchschnitt entsprechendes Referenzjahr (meteorologische Daten in Stundenschritten für Standort Wien).

Die Untersuchungen werden am Modell eines als Testobjekt definierten Normalgeschoßes mit Hilfe einer dynamischen Computersimulation durchgeführt. Die folgenden Annahmen werden für das zugrunde gelegte Normalgeschoß getroffen: Nutzfläche 65m², Geschosshöhe 2,5 m, je eine Außenwand nach N, O, S, W orientiert, Gesamtfläche der Fensteröffnungen 8,125 m² inkl. 25% Rahmenanteil, davon 40% nach S orientiert, Geschosse oberhalb und unterhalb des betrachteten Normalgeschoßes sind gleich konditioniert wie das betrachtete Geschoss.

Durch die angegebene Definition des Normalgeschoßes wird sichergestellt, dass nur Außenbauteile zu Wärmeverlusten führen.

Weitere Annahmen und Voraussetzungen: Lüftung mit mindestens 0,5 Luftwechsel pro Stunde, Abluft-Wärmerückgewinnung 50%, Lufttemperatur im Innenraum in der Heizperiode 22°C, innere Wärmequellen (Bewohner, Beleuchtung, Geräte) werden nicht berücksichtigt.

IBO Kriterien

Mit der Hilfe von instationärer Computer-Simulation am Normalgeschoß des IBO-Standardhauses werden die Auswirkungen von Außenwänden aus dem geprüften Material auf den spezifischen Energiebedarf, auf das Wärmedämmverhältnis $e_{\Delta'}$ sowie die Differenz zwischen Raumlufttemperatur und Innenoberflächentemperatur in der Heizperiode (IBO - Richtwert der für die maximale thermische Behaglichkeit zulässigen maximalen Temperaturdifferenz $T_{diff} = 1,5 \text{ °C}$ bei tiefen Außentemperaturen) berechnet.

Definition: Das Wärmedämmverhältnis $e_{\Delta'}$ gibt das in Prozenten ausgedrückte Verhältnis des Wärmeverlusts durch die Außenwand des IBO-Niedrigenergiehauses zu dem tatsächlichen Wärmeverlust durch die geprüfte Außenwand an. Werte von $e_{\Delta'} > 100\%$ bedeuten geringere Energie-

verluste als die des IBO-Niedrigenergiehauses, Werte $e_{\Delta}' < 100\%$ bedeuten gegenüber einem Niedrigenergiehaus erhöhte Wärmeverluste.

Der Konsument kann nun auf einen Blick den Anteil des geprüften Materials an der für ein Niedrigenergiehaus notwendigen Wärmedämmung erkennen. Anzustreben ist ein möglichst hoher Anteil des geprüften Materials an der Wärmedämmung (e_{Δ}' nahe 100 %) für das Niedrigenergiehaus.

Neben dem Energiebedarf wird die sommerliche Überwärmungsneigung beurteilt. Der IBO-Richtwert für die maximale Innenraumtemperatur im Sommer beträgt $T_{\text{innen}} 26^{\circ}\text{C}$.

Unter dem Begriff Dämmstoff-Äquivalent wird im Weiteren ein fiktiver Dämmstoff verstanden, von dem nur die technischen Daten angenommen werden, ohne auf das Material Rücksicht zu nehmen. Das hier betrachtete Dämmstoff-Äquivalent hat einen λ -Wert von 0,042 W/mK.

Technologische Eigenschaften

Die Erfüllung von normgemäßen Anforderungen hinsichtlich einer ausreichenden Qualität der technologischen Eigenschaften sind der Ausgangspunkt einer baubiologischen Beurteilung. Für beste baubiologische Qualität sind auch die für den jeweiligen Einsatzzweck erforderlichen technologischen Eigenschaften zu beurteilen.

PRODUKTBETRACHTUNG

A Produktbeschreibung

A.1. Aufbau und allgemeine Charakteristik

Die Klimamembran ISOVER Vario KM besteht aus Polyamid und wird als Dampfbremse mit Rücktrocknungseffekt für den Feuchteschutz von Holzrahmenkonstruktionen - darunter sind gedämmte Wand-, Decken- und Dachkonstruktionen (Kalt- und Warmdächer) in Neubau und Sanierung zu verstehen - eingesetzt. Vario KM wird bei den oben genannten Konstruktionen raumseitig als Dampfbremse vollflächig mit luftdicht verklebten Überlappungen und Anschlüssen verlegt.

Die Klimamembran ist nach DIN 4102 in die Brennbarkeitsklasse B1 – schwer entflammbar eingestuft und hat eine variable äquivalente Luftschichtdicke s_d von 0,2 - 5 m. Die Folie ist ca. 0,05 mm stark und 2 m breit. Die Bahnen sind 30 m lang und werden auf Karton- bzw. Kunststoffrollen gewickelt vertrieben.

A.2. Zusammensetzung

Mit der Firma Saint-Gobain Isover Austria GmbH, Stockerau, wurde ein Geheimhaltungsabkommen abgeschlossen. Informationen, welche Firmengeheimnisse berühren, wurden bei der Produktprüfung verwendet, jedoch nicht im Prüfbericht veröffentlicht.

ISOVER Vario KM setzt sich aus folgenden Materialien zusammen:

- Polyamid (PA 6)
- Wachse als Schmierstoffe

B Rohstoffe

B.1. Polyamid

Eigenschaften

Polyamid ist ein thermoplastischer Kunststoff. Die Basistypen von PA werden für die technischen Anwendungen zur Erzielung eines bestimmten Eigenschaftsprofils durch Zusätze modifiziert. Polyamid zeichnet sich unter anderem durch die Fähigkeit Wasser einzulagern aus.

Allgemeine Eigenschaften		Einheit	Richtwert	Prüfnorm
Schmelztemperatur ²⁾	DSC	°C	125	ISO 3146-C
Volumenfließindex MVI	275°C/5 kg	m ³ /10 min	Ca. 75	ISO 1133
Dichte		g/cm ³	1,18	ISO 1183
Feuchtigkeitsaufnahme	23 °C/50 % r.F.	2	%	i.A. DIN 53495
Wasseraufnahme	23 °C/gesätt.	~7	%	DIN 53495
Glanz	60 °C	160	-	DIN 67530
Schrumpf ¹⁾		-	%	EMS
Mechanisch Eigenschaften ²⁾		Einheit	Richtwert	Prüfnorm
Zug-E-Modul	1 mm/min	N/mm ²	3400	ISO 527
Streckspannung	100 mm/min	N/mm ²	75	ISO 1184
Streckdehnung	100 mm/min	%	5	ISO 1184
Reißfestigkeit	100 mm/min	N/mm ²	80	ISO 1184
Reißdehnung	100 mm/min	%	250	ISO 1184
Weiterreißwiderstand	100 mm/min	N/mm	130	DIN 53363
Durchstossarbeit	4,5 m/s	N/m	0,1	DIN 53363
Schädigungskraft	4,5 m/s	N	20	DIN 53363
Schädigungsverformung	4,5 m/s	Mm	3	DIN 53363
Gelboflexetest	900 Zyklen	Löcher/ m ²	-	EMS
Barriere Eigenschaften (50 µm Folien)		Einheit	Richtwert	Prüfnorm
O ₂ -Durchlässigkeit	23 °C/0 % r.F.	cm ³ /cm ²	30	ASTM D 395
	23 °C/85 % r.F.	dbar	10	
CO ₂ -Durchlässigkeit	23 °C/0 % r.F.	cm ³ /cm ²	90	EMS
	23 °C/85 % r.F.	dbar	40	
N ₂ -Durchlässigkeit	23 °C/0 % r.F.	cm ³ /cm ² dbar	10	DIN 53380
Wasserdampfdurchlässigkeit	23 °C/85 % r.F.	cm ³ /cm ² dbar	7	DIN 53122

Allgemeine, mechanische und Barriereigenschaften von PA 6 laut technischem Datenblatt des Herstellers Folog AG

¹⁾ 80 µm Folie auf 160 µm Ionomer biaxiale Reckung bei 70 °C (Reckverhältnis 2:1), anschließender Schrumpf in Wasser bei 86 °C

²⁾ Zug-E-Modul an konditionierten DIN-S3-Prüfstäben gemessen, sonstige Eigenschaften an 50 µm Folie

³⁾ Glasumwandlungstemperatur

Herstellung

Das PA-Granulat wird von der Firma EMS CHEMIE AG aus Domat, Schweiz bezogen [SDB PA 6]. Fallweise könnten auch andere Lieferanten zum Zuge kommen. Da aber bereits eine geringe Änderung in den Zusatzstoffen Probleme in der Produktion verursacht, wird dies wenn möglich vermieden. Der Transport des Granulats erfolgt in Silowägen.

Polyamid wird als Granulat oder Film in chemisch-technischen Prozessen in der Raffinerie insbesondere aus dem Basismaterial Erdöl, aber auch Erdgas hergestellt. Im Wesentlichen sind folgende Schritte zur Herstellung erforderlich:

- Förderung und Transport von Rohöl.
- Die Herstellungskette beginnt bei der Naphtha-Fraktion des Erdöls, aus der im Steamcracker die Grundstoffe Propen und - über eine Reihe von Zwischenstufen - Benzol gewonnen werden. Im Baubereich wird Propen auch für die Herstellung von Polypropylenfolien, Benzol u. a. als Ausgangsstoff für Polystyrol-Schäume eingesetzt.
- Durch Alkylieren von Propen mit Benzol (Friedel-Crafts-Alkylierung) entsteht Cumolhydroperoxid, welches mittels Hock'scher Phenolsynthese in Aceton und Phenol zerfällt. Über einen weiteren Zwischenschritt erhält man das Ausgangsmonomer für die Herstellung von PA 6: Caprolactam [Elias 2001]
- Bei PA 6 handelt es sich um aliphatisches AB-Polyamid, welches durch hydrolytische bzw. anionische Polymerisation von Lactamen entsteht. In [Elias 2001] wird die Produktion von Polyamid wie folgt beschrieben: "ε-Caprolactam CL wird mit Wasserdampf unter Stickstoff in einem Schmelztank aufgeschmolzen, wobei ein Teil des CL zur ω-Aminosäure hydrolysiert. Anschließend wird die Schmelze in einem geheizten Mischer mit Wasser zu einer (80-90) % Lösung von CL gemischt und Essigsäure als Regulator zugegeben. Nach einer Zugabe von TiO₂ wird im Reaktor bei 260 °C hydrolytisch polymerisiert, wobei Wasserdampf entweicht. Die Schmelze des entstandenen PA 6 wird in einem Verdampfer (Evaporator) befördert, wo die wasserlösliche Fraktion über Kopf abgezogen wird. Die Fraktionen werden dann in einem Vakuumsystem in Wasser(dampf) und Extrahierbares (Monomere, Oligomere) zerlegt, wobei letztere zurückgeführt werden. Die PA 6-Schmelze wird mit einem Wärmestabilisator versehen und den Produktionsvorrichtungen der Weiterverarbeitung (Extruder, Spinnvorrichtung etc.) zugeführt."

Bei der oben genannten Polykondensationsreaktion handelt es sich um ein sehr anfälliges Herstellungsverfahren, das große Sorgfalt erfordert. So müssen zum Beispiel die Nebenprodukte permanent abgeführt werden (Abdestillieren), um zu verhindern, dass die Reaktion bereits bei sehr niedrigen Molekulargewichten aus thermodynamischen Gründen stoppt. Das Verfahren kann unter anderem auch durch Verunreinigungen, unerwartete Nebenreaktionen oder ein ungünstiges Gleichgewicht

behindert werden. Polykondensationen erfordern daher extrem reine Substanzen, saubere Reaktionen mit sehr hoher Ausbeute und gute Reaktionsraten sowie eine exakte Balance der funktionalen Gruppen. [TU-Dresden 2006]

Zwischen den einzelnen Herstellungsschritten sind z.T. bedeutsame Transportwege zu bewerkstelligen, die per Schiff, Pipeline, etc. abgewickelt werden.

Produktionsökologie

Das spezifische Herstellungsverfahren des PA 6 ist dem IBO nicht bekannt. In [ecoinvent 2004] wird durch die Herstellung von PA verursachter energetischer und nichtenergetischer Ressourcenverbrauch, sowie die dabei freigesetzten Emissionen in Luft, Wasser und Boden quantifiziert. Die wichtigsten, akkumulierten Umweltbelastungen sind in der Gesamtbewertung angegeben. Alle oben genannten Herstellungsschritte tragen zumindest zu einigen Umweltbelastungen in relevantem Ausmaß bei:

- Bereits die **Exploration** führt insbesondere durch die verwendeten Bohrchemikalien für die Probebohrungen sowie je nach landschaftlichen Voraussetzungen zu verhältnismäßig starken Emissionen insbesondere ins Abwasser wie in den Boden. Die Trefferquote ist darüber hinaus nicht sehr hoch. Umweltbelastungen und Störfallrisiken unterscheiden sich jedoch stark nach dem angewandten Verfahren, den Qualitätsstandards der zuständigen Firma sowie der geografischen Lage.
- Für die **Förderung** des Rohöls ist je nach Lage und Qualität des Rohöls sowie dem angewandten Verfahren eine Vielzahl an teilweise toxikologisch relevanten Chemikalien notwendig, die je nach Bohrstelle (On- und Offshore) z.T. in Wasser und Boden freigesetzt werden. Ebenso entstehen Emissionen durch Leckagen oder Abfackeln. Je nach Menge des mitproduzierten Formationswassers können unterschiedlich starke Emissionen in Oberflächengewässern entstehen.
- Der **Transport** des Rohöls führt durch Tankerunfälle oder durch die Reinigung der Tankschiffe immer wieder zu Umweltkatastrophen in lokalem und regionalem Ausmaß.
- Die **Raffination** des Rohöls und die **Herstellung** von PA 6 sind energieintensive Prozesse, in denen eine Reihe ökologisch bedenklicher Betriebsmittel und Hilfsstoffe eingesetzt, sowie eine Reihe

umweltrelevanter prozess- und energiebedingter Emissionen in Luft, Wasser und Boden freigesetzt werden. Das Störfallrisiko ist je nach dem Sicherheitsstandard der Anlage unterschiedlich hoch. In modernen Anlagen sind die diffusen Emissionen von Benzol und Propen minimiert. Dadurch sind die auf die Produkteinheit bezogenen Emissionen relativ gering. Aus den riesigen absolut umgesetzten Chemikalienmengen resultiert aber eine lokal hohe Schadstoffmenge, die besonders zur sommerlichen Ozonbildung beiträgt.

Insgesamt handelt es sich bei der Polyamid-Herstellung um eine Prozesskette, die einen hohen Ressourcenverbrauch und hohe Umweltbelastungen verursacht sowie teilweise ein beträchtliches Störfallrisiko besitzt. Unter den gegebenen Umständen ist es positiv zu bewerten, dass die Herstellung des verwendeten Granulats von der Raffination bis zum lieferfertigen Produkt durch die EMS CHEMIE AG ausschließlich an einem Standort erfolgt. Das Risiko weiterer Umweltbelastungen durch Transporte zwischen einzelnen Produktionsstandorten entfällt somit.

Produktionstoxikologie

Das Endprodukt PA 6 ist toxikologisch unbedenklich. Aller Erfahrung und vorliegenden Informationen nach ist PA 6 nicht gesundheitsschädlich, sachgemäße Handhabung vorausgesetzt. Im Brandfall können bei Temperaturen über 250 °C Emissionen unter anderem von Kohlenmonoxyd und Cyanwasserstoff (Blausäure) auftreten. Als mögliche gefährliche Zersetzungsprodukte werden für die oben genannten Brandbedingungen Depolymerisation und Freisetzen der Ausgangsmonomere genannt. Die Bildung weiterer Zerfalls- und Oxidationsprodukte hängt von den jeweiligen Brandbedingungen ab. Darüber hinaus sollten Brandschutt und verunreinigtes Löschwasser entsprechend gesetzlicher Richtlinien entsorgt werden. [SDB PA 6]

Die Herstellungskette ist mit einer Reihe toxikologisch problematischer Zwischenprodukte (siehe Herstellung) verbunden:

- Das Ausgangsmonomer Caprolactam ist laut MAK- und BAT-Werte-Liste [MAK2005] eingestuft in Gruppe C „MAK-Werte und Schwangerschaft“. Dies bedeutet, dass eine Einhaltung des MAK-Wertes von 5 mg/m³ gemessen als einatembare Fraktion gewährleistet sein muss, um ein Risiko der Fruchtschädigung auszuschließen.
- Benzol ist nachweislich erbgutschädigend und krebserzeugend

(Kategorie 1 Krebserzeugender Arbeitsstoffe).

- Phenol ist zwar vermutlich nicht selbst krebserregend, jedoch kokarzinogen. Aus toxikologischer Sicht muss Phenol als giftig eingestuft werden. Phenolintoxikation entsteht durch Angriff auf Haut und Schleimhäute sowie Augen, wobei schwere Schäden durch das Absterben einzelner Hautpartien verursacht werden können. In weiterer Folge können Langzeitschädigungen von Leber und Nieren auftreten.

B.2. Schmierstoffe

Bei den Schmierstoffen handelt es sich um Wachse, die als Gleitmittel eingesetzt werden. Die Schmierstoffe sind bereits im Vorprodukt, dem PA 6 Granulat, enthalten. Weiteres ist dem Hersteller nicht bekannt.

B.3. Zusatzstoffe

Die Zusatzstoffe sind dem Hersteller Folag AG nicht bekannt, jedoch werden laut Auskunft der Geschäftsführung keine UV-Stabilisatoren oder Flammschutzmittel verwendet.

B.4. Hilfsstoffe

Neben den o.g. bereits im Granulat enthaltenen Einsatzstoffen, wird während der Produktion Öl in sehr geringen Mengen im Bereich von 0,000043 kg pro kg Fertigprodukt zugesetzt. Zur Kühlung verwendetes Wasser wird in einem geschlossenen Kreislauf geführt.

C Produktion

C.1. Herstellungsverfahren

Die Herstellung der ISOVER Vario KM erfolgt durch die Folag AG, Sempach, CH und MF-Folien, Kempten, D. Die Folag AG produziert neben diverser anderer Kunststofffolien im Auftrag der Saint Gobain Isover Austria GmbH die Klimamembran ISOVER Vario KM in einer Charge. Der Produktionsprozess konnte im Rahmen eines Werkbesuchs hier wie folgt beobachtet werden:

PA 6 wird in Form von Granulat, versehen mit Schmierstoffen und Zusatzstoffen, vom Zulieferer bereitgestellt. Die Zusatzstoffe sind dem Hersteller nicht bekannt, jedoch werden laut Auskunft der Geschäftsführung keine UV-Stabilisatoren oder Flammschutzmittel verwendet. Bei den Schmierstoffen handelt es sich um Wachse, die als

Gleitmittel eingesetzt werden. Hauptlieferant ist die EMS CHEMIE AG aus Domat/Ems, Schweiz. Fallweise könnten auch andere Lieferanten zum Zuge kommen. Da aber bereits eine geringe Änderung in den Zusatzstoffen Probleme in der Produktion verursacht, wird dies wenn möglich vermieden.

Das in Silolastwägen angelieferte Granulat wird in der Folienblasanlage über einen Trichter zugeführt. Anschließend gelangt das Material in einen Extruder, einen beheizten Zylinder, in dem das aufgeschmolzene Granulat bis zu einer Ringdüse transportiert wird. Der Druck ist hier abhängig vom zu verarbeitenden Material und der Anlagenausführung und liegt in etwa bei 600 bar. Gängige Verarbeitungstemperaturen reichen von 150 °C (LDPE) bis ca. 250 °C (HDPE). Die Schmelze wird mit Luft zu einem Schmelzschlauch vertikal aufgeblasen und an der äußeren Seite gleichmäßig abgekühlt. Gegebenenfalls wird bei großen Anlagen der Schlauch auch von innen gekühlt. Die im unteren Bereich einströmende kalte Luft steigt weiter nach oben und wird in einer Höhe von etwa 4 m durch ein Rohr in der Blase wieder abgesaugt. Die Blasenform ist von Material, Werkzeug und Kühlung abhängig, die Folienstärke und -breite können den Erfordernissen entsprechend festgelegt werden, da es möglich ist im Blaskopf bis zu sieben Folienschichten übereinander zu legen. Der Folienschlauch wird mittels Gummiwalzen flach abgezogen und aufgewickelt. Durch die Abzugsgeschwindigkeit wird die Dicke der Folie festgelegt. Die endgültige Folienstärke wird noch im thermoplastischen Bereich des Kunststoffes bestimmt.

Die Folie wird auf Rollen gewickelt und mit PE-Folie ummantelt. Die verpackte Ware wird auf Paletten in einem automatischen Hochregallager bis zur Auslieferung gelagert.

Die Folag AG hält die Vorgaben der Schweizer Gesetzgebung ein, die ASA Richtlinien werden durch das EKAS überprüft. Zusätzlich wurde zusammen mit der SUVA ein Sicherheitsaudit erstellt. Für das Granulat gibt es vom Lieferanten ein Qualitätszertifikat. Das Werk selbst ist ISO 9001:2000 zertifiziert und führt regelmäßige interne Qualitätskontrollen der technischen Daten durch.

C.2. Energieaufwand

Stromlieferant ist die CKW Centralschweizerische Kraftwerke AG. Weiters wird Diesel unter anderem für den Staplertransport der Produkte auf dem Werksgelände benötigt. Ein eigenes Blockheizkraftwerk wird derzeit nur zu Kühlzwecken genutzt.

Energie	Strom CKW [kWh]	Diesel [l]
Menge pro kg Fertigprodukt	0,57	0,0019
Gesamtverbrauch Produktpalette	8.000.000	26000

Energieverbrauch von ISOVER Vario KM; Herstellerangaben

C.3. Bewertete Umweltkennzahlen ISOVER Vario KM

In den untenstehenden Tabellen sind die Umweltindikatoren Treibhauspotential (GWP), Versauerungspotential (AP) und Bedarf an nicht erneuerbarer Energie (PEI n.e.) während des Lebenszyklus (bis zum Werktor) einer Polyethylen-Dampfbremse sowie von ISOVER Vario KM dargestellt. Die höchsten Umweltbelastungen entstehen bei beiden Produkten in der Rohstoffbereitstellung. Dieses Ergebnis spiegelt die großen Transportdistanzen, die aufwendige Raffination des Rohöls sowie seine Weiterverarbeitung zu den jeweiligen Vorprodukten wieder. Der hohe Primärenergie-Aufwand und das hohe Treibhauspotential erklären sich aus der Nutzung des fossilen Energieträgers Erdöl als Grundrohstoff. Die im Vergleich zu einer Polyethylen-Dampfbremse höheren Versauerungswerte ergeben sich aus den speziellen Rohstoff- und Energieinputs.

	PEI n.e. (MJ/m ²)	GWP (g CO ₂ -Äquiv./m ²)	AP (g SO ₂ -Äquiv./m ²)
Rohstoffbereitstellung	7,67	562,1	1,82
Produktion	0,37	18,8	0,08
Transport LKW	0,03	1,60	0,01
Summe Vario KM, 0,06 kg/m ²	8,07	582,4	1,91
Summe Dampfbremse PE, 980 kg/m ² , d = 0,05 mm	18,31	499,8	4,95

Umweltkategorien von ISOVER Vario KM im Vergleich mit einer Referenzdampfbremse aus Polyethylen, Quelle: Basisdaten: SimaPro; IBO-Baustofftabelle 2008, Stand 12/2009

Der Primärenergieaufwand und die Versauerung einer Polyethylen-Dampfbremse sind im Vergleich zum Produkt ISOVER Vario KM mehr als doppelt so hoch.

C.4. Abgabe von Stoffen bei der Produktion

Gesetzlich sind keinerlei Emissionsmessungen vorgeschrieben. Falls Emissionen auftreten, werden diese in die Halle abgegeben.

Beim Werkbesuch war in den Produktionshallen ein starker Kerzenwachsgeruch auffällig. Ursache ist das dem PA 6 Granulat beigemischte Schmiermittel/Wachs, das beim Aufschmelzen im Extruder die wahrgenommenen Gerüche freisetzt.

C.5. Produktionsabfälle

Da es sich bei Vario KM um einen Reinstoff handelt, können die anfallenden PA-Abfälle problemlos zum Ausgangsgranulat gemischt und somit zu 100 % wiederverwertet werden. Durch den auf die Folie aufgedruckten blassen grauen Schriftzug kann allerdings bei häufiger Beimischung zum reinen Granulat nach gewisser Zeit eine Einfärbung des Produktes auftreten. Daher werden alternativ dazu auch Folienabfälle zu Kunststoffrollenkernen recycelt, auf die die fertigen Folien aufgewickelt werden. Bei diesem Verwertungsprozess handelt es sich um Downcycling, die Rückführung der Abfälle in den Produktionsprozess ist daher nach Möglichkeit vorzuziehen. In äußerst geringen Mengen fällt darüber hinaus Treiböl an.

Die Folag AG hat bezüglich der Abfälle einen Vertrag mit der Firma Interseroh abgeschlossen. Darüber hinaus fallen geringe Mengen an Verpackungstoffen aus Karton und Holz als Abfall an.

Abfälle	Karton [kg]	Holz [kg]
Menge pro kg Fertigprodukt	0,005	0,0004
Gesamtverbrauch Produktpalette	70480	5570

Verpackungsabfälle von ISOVER Vario KM

D Vertrieb

D.1. Transport und Auslieferform

ISOVER Vario KM wird, auf Karton- oder Kunststoffrollen gewickelt, auf Euro-Paletten (überwiegend Mehrweg, Zukauf gebrauchter Paletten siehe Tabelle) à 70 Einzelrollen verpackt. Die Überverpackung besteht aus Karton mit Befestigungsbändern. Die einzelnen Rollen sind mit halogen- und weichmacherfreier PE-Folie ummantelt. Es sollte jedoch geprüft werden, ob die Verpackung aus PE-Folie nicht durch ein Material aus erneuerbaren Rohstoffen ersetzt werden kann. Die Auslieferung auf Europaletten erfolgt im Radius von ca. 1000 km und wird ausschließlich per LKW durchgeführt.

Verpackung	Karton [kg]	Umreifung [kg]	gebr. Europaletten [Stk]
Menge pro kg Fertigprodukt	0,0015	0,00022	0,00014
Gesamtverbrauch Produktpalette	20800	3036	2000

Verpackungstoffe von ISOVER Vario KM

D.2. Produktinformation durch die Firma

Das zur Verfügung gestellte Werbematerial kann im Allgemeinen als informativ und gut bezeichnet werden.

E Funktion und Anwendung

E.1 Anforderungen an den Feuchteschutz

Feuchteschutzplanung

Im Sinne einer allumfassenden Feuchteschutzplanung ist es unerlässlich vorab die tatsächliche Feuchte- und Temperaturbeanspruchung des jeweiligen Bauteils/Gebäudes zu untersuchen. Hierbei kann unterschieden werden zwischen statischer und dynamischer Feuchtelast.

Wechselnde Feuchtelast in Form vorherrschender Klima- und Witterungsverhältnisse ist im Hochbau die wesentliche Beanspruchung. Die Lebensdauer eines Gebäudes wird von diesen Bedingungen stark beeinflusst, da durch sie Bauteilschädigungen und Materialspannungen hervorgerufen werden können.

Allseitiges dampfdichtes Abdichten von Bauteilen war lange Zeit gängige Praxis im Feuchteschutz. Unvermeidbare Feuchteinträge während und nach der Bauphase zum Beispiel durch Feuchtezufuhr über einbindende Bauteile, konvektive Wasserdampfeinträge durch kleinere Fehlstellen der Dampfsperren oder auch Bauteilfeuchte durch den Einbau feuchter Baustoffe führten jedoch mangels Austrocknungsmöglichkeiten häufig auch zu größeren Bauschäden. Diffusionsoffene Konstruktionen können daher die günstigere Lösung, insbesondere auch im Sanierungsfall darstellen.

[Künzel 01/03]

In diesem Zusammenhang haben sich auch die Definition und Klassifizierung von Bauteilschichten im Hinblick auf ihre Wasserdampfdurchlässigkeit geändert. Die Begriffe "Dampfbremse" und "Dampfsperre" werden nun ersetzt durch Bezeichnungen, die sich am s_d -Wert orientieren. Dabei sind Schichten mit:

- $s_d < 0,5$ m diffusionsoffen,
- $0,5 \text{ m} < s_d < 1500$ m diffusionshemmend und
- $s_d > 1500$ m diffusionsdicht

Luftdichte diffusionsoffene Konstruktionen

Die Feuchteschutzplanung konzentriert sich inzwischen darauf, Konstruktionen zwar nach wie vor wie oben beschrieben luftdicht, jedoch nicht dampfdicht, sondern möglichst diffusionsoffen auszubilden. Dies gewährleistet ein hohes Austrocknungspotential und somit eine verhältnismäßig hohe Sicherheit gegenüber außerplanmäßigem Feuchteeintrag in der Bau- und Nutzungsphase.

Problematik und Vermeidung von Wasserdampfkonnektion:

Wasserdampfkonnektion bezeichnet den Transport von Wasserdampf durch das Strömen von Raumluft in Außenbauteile bei raumseitig nicht luftdichter Ausbildung. So gelangt im Winter warme und absolut gesehen feuchtere Raumluft in kalte Bereiche des Bauteilquerschnitts, die Taupunkttemperatur kann dort unterschritten werden und erhebliche Mengen an Tauwasser fallen an.

Aus diesem Grund ist im Bereich der raumseitigen Bauteiloberfläche eine dauerhaft luftdichte Schicht anzuordnen. Weiters ist auf den luftdichten Anschluss an andere Bauteile sowie Durchdringungen der luftdichten Schicht durch Schächte, Kabel, Rohre, etc. zu achten. [Schulze 2005]

Problematik und Vermeidung von Wasserdampfdiffusion:

Grundsätzlich sollen die Dampfdiffusionswiderstände von innen nach außen abnehmen, die Dimensionierung erfolgt z.B. gemäß ÖNORM B 8110-2. Dampfdiffusion wird in verträglichem Maße, nämlich unter der Voraussetzung zugelassen, dass rechnerisch:

- die laut Norm zulässigen Tauwassermassen W_T eingehalten werden
- die geforderten Mindestwerte von Verdunstungsmassen W_V eingehalten werden und

die während der kalten Jahreszeit ausgefallenen Tauwassermassen W_T als Verdunstungsmasse W_V wieder abgeführt werden können [Schulze 2005]

Konstruktionen mit variablen Dampfbremsen

Konstruktionen können mit variablen Dampfbremsen luftdicht und diffusionsoffen ausgebildet werden. Dabei sind zusammenfassend insbesondere folgende Punkte (siehe auch Kapitel E.3.) zu beachten:

- Luftdichte Ausführung der Folienstöße mittels Überlappung oder Verklebung

- Ebenfalls luftdichte Anschlüsse an Durchbrüche und einbindende Bauteile
- Anordnung einer luftdichten Schicht auch auf der Außenseite der Konstruktion

Der Vorteil einer luftdichten diffusionsoffenen Konstruktion mit variabler Dampfbremse im Vergleich zu anderen dampfbremsenden Folien liegt insbesondere im hohen Austrocknungspotential. Dies hat direkt auch positive Auswirkungen auf die Wärmebilanz einer Konstruktion und trägt somit zur Senkung des Energieverbrauchs bei.

Baulicher Holzschutz

Die allgemeine Feuchteschutzplanung sollte auch auf den Holzschutz eingehen. Holz kann gerade wegen seiner pflanzlichen Herkunft von bestimmten holzerstörenden Schadorganismen und holzverfärbenden Pilzen beschädigt und zerstört werden. In der Baupraxis werden meist chemische Holzschutzmittel zur Vorbeugung gegen diese Schädigungen eingesetzt, in der Regel Gemische und Emulsionen verschiedener Wirkstoffe (Insektizide, Fungizide, Eindringhilfen und Bindemittel, Lösemittel) die ein bedeutendes ökologisches Problem darstellen, wie z. B. Materialverluste und die damit verbundene Kontamination des Bodens und des Grundwassers bei der Verarbeitung. So betragen die Verluste beim Streichen ca. 10-20 %, beim Spritzen ca. 20-50 % [Zwiener/Mötzl 2006]. Weiters sei auf die eingeschränkte Wiederverwendbarkeit (Innenräume bzw. thermische Verwertung) von behandeltem Holz hingewiesen.

Eine bewährte Werterhaltung in Form des baulichen Holzschutzes findet in der Normung seit jeher besondere Beachtung, in Österreich gelten die ÖNORMEN B 3801 bis 3804 "Holzschutz im Hochbau", in Deutschland gilt die DIN 68800. Im Wesentlichen sind folgende Bedingungen ausschlaggebend:

- Gewährleistung eines trockenen Bauholzes
- Rasche Austrocknung des Holzes vor Einbau mit Dämmstoffen und zuverlässiger Schutz vor Durchnässung
- Verhinderung des Eindringens von Insekten mittels insektenundurchlässiger Abdeckungen

Auf chemischen Holzschutz kann laut ÖNORM B 3802-2 verzichtet werden, wenn der Anwendungsbereich des Holzes und die damit verbundene Beanspruchung eine Zuordnung in die Gefährdungsklasse 0 erlaubt. Diese

Einstufung ist laut ÖNORM B 3804 unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- Innen und Außen luftdichte Ebenen, Vermeidung von Feuchteintrag durch direkte Bewitterung oder angrenzende feuchtigkeitsführende Bauteile, Einhaltung von ÖNORM B 8110 Teil 2
- Diffusionsoffene Konstruktionen für schnelle Austrocknung bei außerplanmäßigem Feuchtigkeitsanfall
- Vermeidung des Befalls mit holzerstörenden Insekten durch insektenundurchlässige Abdeckungen

In ÖNORM B 3804 werden zudem auch Anforderungen an Herstellung, Transport, Lagerung und Einbau gestellt, die durch interne wie externe Qualitätssicherung gewährleistet werden müssen. Weiters gelten die Bestimmung von ÖNORM B 3804 nur, wenn die Raumluftfeuchten der angrenzenden Räume unterhalb 70 % über längere Zeit liegen. Dies ist bei üblichen Nutzungen der Fall.

Als Teil einer diffusionsoffenen Konstruktion kann ISOVER Vario KM (innenliegend, luftdicht abschließend) durch das erhöhte Austrocknungspotential im Sommer und die gute dampfbremsende Wirkung im Winter in Hinblick auf die oben genannten Anforderungen einen guten Beitrag zum baulichen Holzschutz liefern.

Relevante Normen

DIN 68800-2:1996 05 Holzschutz - Teil 2:

Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau

DIN 4108-2:2003 07 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN 4108-3:2001 07 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung

ÖNORM B 3802-1: 1995 12 01 Holzschutz im Hochbau –
Baulicher Schutz des Holzes

ÖNORM B 3804 Holzschutz im Hochbau - Gebäude, errichtet aus vorgefertigten Holzbauteilen - Voraussetzung für die Reduktion von chemischen Holzschutzmaßnahmen

ÖNORM B 8110-2:2003 07 01 Wärmeschutz im Hochbau - Teil 2:
Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz

ÖNORM EN ISO 12572: 2001 01 01 Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit (ISO 12572:2001)

ÖNORM EN ISO 13788:2002 01 01 Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren (ISO 13788:2001)

E.2 Variable Dampfbremsen

Variable Dampfbremsen wie ISOVER Vario KM ändern den Dampfdiffusionswiderstand in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt der Dampfbremse. Charakteristisch für variable Dampfbremsen aus Polyamid ist die Fähigkeit zwischen seinen langkettigen Polymermolekülen Wassermoleküle einzulagern. Die Funktion und Wirkung von ISOVER Vario KM variiert abhängig von der Umgebungsfeuchte und –temperatur zwischen s_a -Werten von 4 m im „trockenen“ und 0,1 m im „feuchten“ Zustand (Kondensatbildung, Kontakt mit feuchten Bauteilen).

Funktionsweise Winter

Grundsätzlich ist im Winter mit verhältnismäßig trockener Außenluft und geringer absoluter Luftfeuchtigkeit auch der Raumluft (50 % oder weniger) zu rechnen. Innerhalb der Konstruktion ist ein Dampfdruckabfall in der Umgebung der Dampfbremse und an ihrer Außenseite eine relative Feuchte zu beobachten, die deutlich unter der Raumluftfeuchte liegt. Insgesamt ist die Umgebungsfeuchte im Vergleich zum Sommer geringer, die Folie weist daher ein maximal geschlossenes Gefüge auf, wirkt diffusionshemmend und hat eine gute Sperrwirkung gegenüber der Wohnfeuchte.

Funktionsweise Sommer

Höhere Luftfeuchtigkeit der Außenluft und der Raumluftfeuchte in Aufenthaltsräumen (60 % und mehr) und zusätzliche Feuchte aus austrocknenden Bauteilen bewirken, dass sich Wassermoleküle in der Dampfbremse einlagern. Damit wird gleichzeitig die Struktur der Dampfbremse gelockert, so dass sie diffusionsoffener wird und Feuchte aus der Konstruktion in Richtung der Innenräume ausdiffundieren kann.

Einsatzmöglichkeiten im Vergleich / Fallbeispiele

Folgende Versuchsbeispiele, durchgeführt und dokumentiert vom Fraunhofer Institut für Bauphysik (FIB), verdeutlichen Einsatzmöglichkeiten und Wirkungsweisen variabler Dampfbremsen im Vergleich zu anderen diffusionshemmenden/-sperrenden Folien und Papieren.

Dachsanierung/nachträglicher Dachausbau

Da bei Dachsanierungen zumeist der darunter liegende Raum unbeeinträchtigt bleiben soll, wird hier oftmals von außen zunächst die Eindeckung samt Unterkonstruktion und anschließend die Wärmedämmung entfernt. In weiterer Folge können dann Dampfbremse und Wärmedämmung neu in den Sparrenzwischenräumen verlegt werden. Grundsätzlich sollte dabei die kalte Sparrenaußenseite nicht von der Dampfbremse abgedeckt werden. Die Dampfbremse müsste dann an den Seitenflächen der Sparren verklebt werden, langfristig ist aber so keine Luftdichtheit der Konstruktion zu gewährleisten. Aus Gründen der Montage und Luftdichtheit wäre daher wiederum die Führung über die Sparrenaußenseite anzuraten. Im Vergleich zu einer Dampfbremse aus PE-Folie, bei welcher ein Teil der in der Konstruktion vorhandenen Feuchte nach innen austrocknet und der Rest Richtung Sparrenaußenseite diffundiert, ist beim Einbau einer variable Dampfbremse aus Polyamid zu beobachten, dass nach zügiger Austrocknung in beide Richtungen lediglich vorübergehend eine höhere Feuchte innerhalb der raumseitigen Schalung zu beobachten ist, welche jedoch langfristig abgebaut wird.

Fazit: Die an der Sparrenaußenseite anfallende Feuchte kann im Fall der PE-Folie nicht nach außen abgeführt werden und führt unter Umständen zu Schimmelpilzbildung. Dies kann für die PA-Folie nahezu ausgeschlossen werden, da ein Ausdiffundieren in Richtung der Außenluft sehr wohl möglich ist. Für die Sparreninnenseite kann in beiden Fällen von einer schnellen Austrocknung und einer Annäherung an die vorherrschende Raumluftfeuchte ausgegangen werden. [Künzel 2000]

Fachwerksanierung

Auswirkungen hochwärmedämmender Ausfachungen auf das Feuchteverhalten der Konstruktion bei Fachwerksanierungen (Freilandversuchs):

Eine 16 cm dicke Holzriegelkonstruktion mit 12 cm Mineralfaser Ausfachung und armiertem Grundputz und Kratzputz bzw. Keramikriemchen (U-Wert der Konstruktion $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) wurde zwecks

Tauwasser vermeiden raumseitig mit unterschiedlichen Dampfbremsen unter einer Innenbekleidung aus Gipskarton-Platten versehen.

In zwei Versuchsreihen (1: PE-Dampfsperre; 2: Riemchen + PA-Folie; Putz + Natronkraftpapier mit $s_{d,2m}$) konnte beobachtet werden, dass die Holzfeuchte im Bereich der Innenoberfläche in allen Fällen nahezu gleich war. Jedoch trat bei der ersten Versuchsreihe im Bereich der Riemchen eine deutlich höhere Holzfeuchte (bis zu 4 M-%) auf. Im Vergleich zum Putz war beim Ersatz der PE-Folie durch Natronkraftpapier keine signifikante Veränderung der mittleren Feuchtesituation festzustellen. Der Einbau der PA-Folie löste zunächst einen kurzen Feuchteanstieg durch Umverteilung der höheren Feuchte an der Riegelinnenseite aus. Langfristig war hingegen eine geringere Holzfeuchte an der Außenoberfläche durch verbesserte Austrocknungsbedingungen das Ergebnis. [Künzel 1996]

Unbelüftetes Blechdach

Unbelüftete Dachkonstruktionen haben grundsätzlich sowohl aus konstruktiver und wirtschaftlicher Sicht, als auch aus bauphysikalischen Gründen einige Vorteile. Blecheindeckungen sind jedoch gesondert zu betrachten, da sie einen sehr hohen Dampfdiffusionswiderstand aufweisen und Feuchte damit kaum nach Außen entweichen kann. Übliche Vorgehensweise wäre die Anordnung einer raumseitigen dichten Dampfsperre in Verbindung mit trockener Lagerung der Wärmedämmung. Die Problematik besteht nun darin, dass Holz und Holzwerkstoffe allein im lufttrockenen Zustand vergleichsweise große Mengen Wasser gespeichert halten, die im Sommer unter der Blecheindeckung an die umgebenden Bauteile zwischen den beiden diffusionssperrenden Schichten abgegeben werden. Folglich ist also eine nicht unerhebliche Menge an Feuchtigkeit in der Konstruktion eingeschlossen, die aufgrund der sperrenden Schichten nicht ausdiffundieren kann und sich im ungünstigen Fall an kälteren Bauteiloberflächen zumeist an der Innenseite niederschlägt.

Im Freilandversuch wurde die Wirkung unterschiedlicher diffusionshemmender Schichten (Natronkraftpapier, PE-Folie und PA-Folie) auf der Innenseite eines unbelüfteten Sparrendach mit Mineralwolldämmung WLG 040 und Blecheindeckung getestet. In weiterer Folge wurden das Natronkraftpapier und die PE-Folie entfernt und die feuchteadaptive Folie aus Polyamid sowohl mit Gipskarton- als auch mit Spanplattenbekleidung untersucht. Abschließende Aussage der Versuchsreihe ist, dass aufgrund der hohen Feuchtebelastung im untersuchten Dachaufbau die diffusionshemmende Wirkung des Natronkraftpapiers unumkehrbar beeinträchtigt wird und somit

Feuchteschäden auftreten können. Im Vergleich dazu sind Dampfbremsen mit einem S_d -Wert von ca. 2 m unter der Bedingung für außen dampfdichte Dächer geeignet, dass sie langfristig ihre Diffusionseigenschaften behalten, resistent gegen Schimmelpilzbildung sind und nicht besonders ungünstige Verhältnisse vorliegen. Insgesamt zeigt sich aber lediglich beim Einbau einer PA-Folie im ersten wie auch im zweiten Versuchsaufbau eine günstige Austrocknung der betrachteten Konstruktion. [Künzel 1998]

Generell können auf der Außenseite dampfdichte Steildächer laut IPB unter folgenden Bedingungen ausgeführt werden:

- flachgeneigte Dächer unter 20 °
- steilgeneigte Dächer ohne ausgeprägte Nordausrichtung und ohne längerfristige Verschattung durch umgebende Bebauung
- nachweislich geringe Feuchtelast im ausgebauten Dachgeschoss (Büro- oder Schlafräume; nicht empfehlenswert für Neubauten)

Die Feuchtesicherheit der Konstruktion kann durch den Einsatz feuchteadaptiver Dampfbremsen dabei noch gefördert werden. [Künzel 2000]

Leichte Außenwandelemente

Ebenfalls untersucht wurde der Einfluss variabler Dampfbremsen auf leichte Außenwandkonstruktionen aus Holz anhand gerahmter Leichtbauelemente, eingebaut in die frei bewitterte Fassade einer Testhalle. Einem geringen Anstieg der Feuchte innerhalb der Konstruktion in den Wintermonaten durch eintretende Raumlufftfeuchte folgte eine sehr schnelle Austrocknung der Elemente bereits im Frühjahr. Insgesamt wurde durch den Trocknungsprozess mehr Feuchte abgegeben, als zuvor zugeführt wurde. Die abgeführte Wassermenge betrug das 4-fache der im Vergleich zur DIN 4108 rechnerisch überhaupt zulässigen Tauwassermenge. Die im gleichen Versuchsaufbau ebenfalls untersuchte kapillaraktive Dampfbremse bewirkte hingegen einen nahezu konstanten Feuchtegehalt in den Wintermonaten, allerdings begann die Austrocknung erst zu Beginn des Sommers, so dass am Ende der Austrocknungsperiode noch etwa 60 % der anfänglichen Bauteilfeuchte enthalten waren. [Künzel 01/03]

E.3 Einbau und Verarbeitung ISOVER Vario KM

Einsatzgebiete

Die Vario KM Klimamembran wird als Dampfbremse mit Rücktrocknungseffekt für den Feuchteschutz von Holzriegelkonstruktionen jeglicher Art (z. B. Dachausbau, Holzriegelwände) eingesetzt. Ausdrücklich nicht empfohlen ist der Einsatz in öffentlichen Schwimmhallen, Großküchen und Produktionsstätten mit einer konstanten (24 Stunden) relativen Luftfeuchte über 65 % und permanenten Raumtemperaturen von mehr als 23 °C.

Einbau

ISOVER Vario KM ist eine atmungsaktive Klimamembran mit variablem S_d -Wert von 0,2 – 5 m, welche als Dampfbremse und Wind- bzw. Luftsperrschicht in belüfteten und nicht belüfteten Dächern (nach DIN 4108) dient. Sie ist besonders für den Einsatz bei Konstruktionen mit Schalung, bei möglicher erhöhter eingebauter Holzfeuchte sowie bei Sichtfachwerk-Außenwänden geeignet. Vario KM wird bei den oben genannten Konstruktionen raumseitig als Dampfbremse vollflächig mit luftdicht verklebten Überlappungen und Anschlüssen verlegt.

Die Folie wird im Abstand von etwa 20 cm an die Holzkonstruktion getackert, dabei ist unbedingt auf 3 cm Durchhang zu achten. Folienstöße müssen 10 – 15 cm überlappen und abschließend luftdicht verklebt werden. Bei Verlegung über Metallschienen wird Vario KM mittels Doppelklebeband montiert. Entsprechendes Klebeband (Vario KB1 und KB 2) wird von der Firma mit angeboten. Die Anschlüsse an Durchbrüche (Kamin, Rohre) und einbindende Bauteile (Innenwände) sind unbedingt luftdicht auszuführen. Hierfür steht mit Vario DS ein Dichtstoff mit dauerhaft elastischem Klebeverhalten zur Verfügung. Vario DS ist gelb eingefärbt, dies lässt Fehlstellen in Form von Luftblasen etc. leichter erkennen und erleichtert somit die Verarbeitung im Sinne einer luftdichten Verbindung mit der Klimamembran.

Hilfsstoffe

Für die Verarbeitung von ISOVER Vario KM stehen folgende Produkte zur Verfügung, die jedoch nicht Gegenstand der IBO-Produktprüfung sind.

ISOVER Vario KB 1 und Vario KB 2

Für die luftdichte Stoß-Verklebung der einzelnen Vario KM-Bahnen wird mit Vario KB 1 ein einseitiges, breites Klebeband mit extrem hoher Klebkraft angeboten. Trägermaterial für den Kleber aus modifiziertem lösemittelfreiem Acrylat ist ein Spezialpapier mit PE-Beschichtung. Vario KB 2 ist ein doppelseitiges, schmales Klebeband mit einem Spezialvlies als Trägermaterial zur überlappenden Verklebung der Klimamembran.

Das Klebeband kann verwendet werden auf PE-, PA- und Aluminiumfolien, sowie auf Kraftpapier, Metall und harten Holzwerkstoffen. Voraussetzung für die einwandfreie Verarbeitung ist ein trockener, staub- und fettfreier Untergrund. Vario KB 1 ist ab -10 °C verarbeitbar, Vario KB 2 ab 0 °C . Beide sind temperaturbeständig von -30 °C bis $+100\text{ °C}$.

ISOVER Vario DS

Zur dauerhaft elastischen und luftdichten Ausführung aller Anschlüsse an Bauteile, z. B. Giebelwand, Pfette, Fenster, etc. bietet der Hersteller einen speziellen Dichtstoff in Kartuschen und PE-Schläuchen für die Verwendung in Spritzpistolen an. Der Dichtstoff auf Basis einer gelb eingefärbten Acryldispersion ist laut Hersteller frei von Lösungsmitteln, Isocyanaten, PVC, Schwermetallen und Halogenen und zudem geruchsneutral. Laut [SDB DS] sind keine gefährlichen Inhaltsstoffe enthalten.

ISOVER Vario DS	
Euro-/Baustoffklasse	E (normal entflammbar)
Härtungsgeschwindigkeit	ca. 2mm/h (24 h bei $23\text{ °C}/50\text{ % rel. Luftf.}$)
Zugfestigkeit	$\geq 0,11\text{ N/mm}^2$
Lagerbeständigkeit	24 Monate (Lagertemp. $+5\text{ °C}$ bis $+40\text{ °C}$)
Temperaturbeständigkeit	-40 °C bis $+100\text{ °C}$
Verarbeitungstemperatur	-5 °C bis $+50\text{ °C}$

Produkteigenschaften von ISOVER Vario DS

F Nutzungsphase

F.1 Technische Eigenschaften

ISOVER Vario KM	
Rohdichte	113 kg/m^3
Dicke	0,05 mm
Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d	$0,2 - 5\text{ m}^{(1)}$
Baustoffklasse	B1
Abmessungen	Rolle 3000*200 cm

Produkteigenschaften von ISOVER Vario KM

⁽¹⁾ Der variable s_d -Wert der Isover Vario KM kann nur mit einem dynamischen Berechnungsprogramm erfasst werden (z.B. gemäß Literaturangabe [10] in DIN 4108-3: 2001-07). Deshalb wurde vom Fraunhofer Institut Holzkirchen festgelegt, dass bei der Berechnung nach einem statischen Verfahren (DIN 4108-3: 2001-07 Punkt 4.2. bzw. A 6.2, z.B. Verf. nach Glaser) mit einem festen s_d -Wert von 2,5 m für die Isover Vario KM zu rechnen ist.

F.2 Brandverhalten

Die Klimamembran ist nach DIN 4102 in die Brennbarkeitsklasse B1 – schwer entflammbar eingestuft. Bei üblichen Umgebungs- und Anwendungstemperaturen ist mit keiner Abgabe von organischen flüchtigen Substanzen zu rechnen. Jedoch können bei hohen Temperaturen Dämpfe und/oder Aerosole entstehen, die Augen und Atemwege reizen können.

F.3 Toxikologie

Untersuchung von Vario KM auf den Gehalt an Schwermetallen

Eine Materialprobe wurde auf den Gehalt an Metallen und Metalloiden untersucht. Hinsichtlich der gemessenen Werte ist das untersuchte Probenmaterial - Vario KM als unbedenklich einzustufen. Sämtliche Messwerte lagen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze.

Untersuchung von Vario KM auf Abgasung von flüchtigen Kohlenwasserstoffen

Eine Materialprobe wurde auf Abgasung flüchtiger Kohlenwasserstoffe untersucht. Es waren keinerlei Stoffe nachweisbar, lediglich Caprolactam - Ausgangsmonomer des Polykondensationsprozesses zur Polyamidherstellung- war bei einer frischen Probe in geringen Mengen (Faktor 1000 unter MAK-Wert) nachweisbar. Hinsichtlich der gemessenen Werte ist das untersuchte Probenmaterial Vario KM insgesamt als unbedenklich einzustufen.

G Verwertung

G.1. Wiederverwendung

Nach der Nutzung (im Normalfall Jahrzehnte) ist davon auszugehen, dass die ISOVER Vario KM Klimamembran durch Immissionen stark verschmutzt ist und deutliche Gebrauchsspuren (Schmutz, Klebestellen, ...) aufweist. Eine Wiederverwendung als Dampfbremse ist daher nur in seltenen Fällen möglich.

G.2. Stoffliche Verwertung (Recycling)

Sortenreines Polyamid kann aber sehr gut stofflich verwertet werden. Mit Hilfe von Phosphorsäure kann das PA 6 zu seinem Monomeren, dem Caprolactam, abgebaut und damit einem rohstofflichen Recycling zugeführt werden [Braun 2001]. Dieses Verfahren wird vor allem bei reinem Polyamid

6 mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand angewandt. So existieren heute bereits mehrere Verwertungsanlagen in Europa und den USA, die Polyamid-Teppichböden chemisch-stofflich zu neuem Polyamid verwerten können. Es ist davon auszugehen, dass für reine Polyamid-Dampfbremsen bei geringem Verschmutzungsgrad vergleichbare Verwertungspotentiale bestehen. Da ISOVER Vario KM erst seit wenigen Jahren auf dem Markt ist, beschränkt sich der Anfall von Recyclingmaterial bislang auf Verarbeitungsreste. Ein Sammelsystem wurde bislang noch nicht eingerichtet.

G.3. Energetische Verwertung

Unter den heutigen technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen stellt die Aufbereitung von Polyamid-Dampfbremsen zu Sekundärbrennstoffen eine gute Verwertung dar. Polyamid besitzt einen hohen Heizwert, vergleichbar mit fossilen Energieträgern. Die Verbrennung von ISOVER Vario KM ist im Vergleich zu anderen Kunststoffen relativ schadstoffarm, da das Produkt keine Schwermetalle oder Halogene enthält und Polyamid ausschließlich aus Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff besteht. ISOVER Vario KM kann als Sekundärbrennstoff beispielsweise fossile Brennstoffe in Kraftwerken, Zementwerken oder weiteren Produktionsstätten mit hohem thermischen Energiebedarf ersetzen.

H Entsorgung

H.1. Thermische Entsorgung

Derzeit wird der größte Teil der Produkte wahrscheinlich in Müllverbrennungsanlagen beseitigt. Wird die dabei anfallende Energie nicht genutzt, tragen die dabei entstehenden CO₂-Emissionen in schwerwiegender Weise zum Treibhauseffekt bei.

H.2. Deponierung

ISOVER Vario KM ist biologisch nicht abbaubar. Es enthält keine Stoffe, die in Wasser löslich sind, eine Deponierung wäre daher prinzipiell unbedenklich. Die Deponierung von organischen Abfällen ist mit der Deponieverordnung (BGBl. 1996/164) in Österreich jedoch nur mehr in Form von Verunreinigungen erlaubt. Aufgrund der guten thermischen und stofflichen Verwertung sollte von einer Deponierung abgesehen werden.

LITERATUR UND ANDERE UNTERLAGEN

- Braun 2001** Dietrich Braun, Rainer Disselhoff, Christian Guckel, Gerhard Illing; Deutsches Kunststoff Institut, Völzing-Ring: Rohstoffliches Recycling von glasfaserverstärktem Polyamid 6, Willey Inter Science Volume 73, Issue 3, Pages 183-190
- ecoinvent 2004** Ecoinvent centre: ecoinvent data v1.1. Final reports ecoinvent 2000 No. 1-15. Swiss Centre for Life Cycle inventories, Dübendorf, 2004 CD-ROM.
- Elias 1999** Elias, Hans-Georg, Makromoleküle, Bd. 1 Chemische Struktur und Synthesen, Weinheim, 1999
- Elias 2001** Elias, Hans-Georg, Makromoleküle, Bd. 3 Industrielle Polymere und Synthesen, Weinheim, 2001
- Elias 2003** Elias, Hans-Georg, Makromoleküle, Bd. 4 Anwendung von Polymeren, Weinheim, 2003
- Indikator 2006** Indikator GmbH, Wuppertal;
Analysebericht zur Untersuchung auf Schwermetalle, 18.07.2006
Analysebericht zur Untersuchung auf AOX/EOX, 01.08.2006
- MA 39 2001** Verwendung der Dampfbremse Difunorm Vario im Holzrahmenbau, MA 39, 2001
- MAK 2005** Deutsche Forschungsgemeinschaft, MAK- und BAT-Werte-Liste 2005, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Stoffe, Mitteilung 41, Weinheim, 2005
- Prüfzeugnis** Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis Nr. P-BWU03-I-16.5.135, Otto-Graf-Institut, Universität Stuttgart
- Künzel 1996** Dr. – Ing. Hartwig M. Künzel, Feuchtesichere Altbausanierung mit neuartiger Dampfbremse, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Sonderdruck aus BBauBL 45 (1996), H. 10. S. 798-801
- Künzel 1998** Hartwig M. Künzel, Theo Großkinsky, Feuchtesicherheit unbelüfteter Blechdächer; auf die Dampfbremse kommt es an!, wksb 43. Jahrgang (1998), Heft 42, Seite 22-27
- Künzel 2000** A. Holm, H. M. Künzel, Feuchtetechnisches Verhalten von Holzsparren bei einer Dachsanierung von außen, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, IBP-Mitteilung 370
- Künzel 01/03** Hartwig M. Künzel, Richtiger Einsatz von Dampfbremsen bei der Altbausanierung, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, WTA-Journal 01/03 S.6-25
- Ökoinventare 1995** Baustoffdaten – Ökoinventare; Institut für Industrielle Bauproduktion (ifib), Universität Karlsruhe (TH); Lehrstuhl für Bauklimatik und Bauökologie, Hochschule für Architektur und Bauwesen (HAB) Weimar; Institut für

	Energietechnik (ESU), Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich; M. Holliner, Holliger Energie Bern; Karlsruhe/Weimar/Zürich Dezember 1995
Schulze 2005	Schulze, Horst, Holzbau: Wände - Decken - Bauprodukte - Dächer - Konstruktionen - Bauphysik - Holzschutz, Stuttgart, 2005
SDB DS	EG-Sicherheitsdatenblatt nach TRGS 220 für ISOVER Vario DS System Dichtstoff, Stand 19.03.2003
SDB PA 6	Sicherheitsdatenblatt gemäß 91/155/EWG, Grilon F 47 NL Natur 6020, EMS-GRIVORY, Stand 05.07.2005
TU-Dresden 2006	Synthesefaserstoffe, Vorlesung 11, Polykondensation, Stand 05/2006

MATERIALUNTERSUCHUNGEN

Untersuchung von Vario KM auf den Gehalt an Schwermetallen

Eine Probe von Vario KM wurde am 18.07.2006 von Indikator GmbH auf den Gehalt an Schwermetallen untersucht. Nach Homogenisierung des Probenmaterials erfolgte der Totalaufschluss in der Mikrowelle in Hochdruckgefäßen mit Salpetersäure.

Das Analyseprinzip lautet wie folgt: Quantitative Bestimmung der einzelnen Elemente gemäß DIN 38406-E29 „Bestimmung von 61 Elementen durch ICP-MS. Verwendung von Yttrium und Rhenium als Interne Standards; Kalibrierung des ICP-MS mittels Multielementstandards (simple linear)

Element	Vario KM Messwert in mg/kg	Bestimmungs- grenz in mg/kg
As	< 0,2	0,2
Cd	< 0,1	0,1
Co	< 0,2	0,2
Cr	< 1	1
Cu	< 1	1
Hg	< 0,1	0,1
Ni	< 1	1
Pb	< 0,5	0,5
Sb	< 0,1	0,1
Sn	< 1	1
Tl	< 0,1	0,1
Zn	< 2	2

Ergebnisse der Materialuntersuchung auf Schwermetalle [Indikator2006]

Hinsichtlich der gemessenen Schwermetall-Gehalte ist das untersuchte Probenmaterial - Vario KM als unbelastet einzustufen. Sämtliche Messwerte lagen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze.

Untersuchung von Vario KM auf AOX und EOX

Eine Probe von Vario KM wurde am 01.08.2006 von Indikator GmbH auf organische Halogenverbindungen (AOX/EOX) untersucht.

Probenvorbereitung und Analyseprinzip AOX: Die Probe wird mit Reinstwasser in der Soxhlet-Apparatur eluiert. Anschließend Binden der organischen Halogene an Aktivkohle und microcoulometrische Bestimmung des Halogengehaltes.

Probenvorbereitung und Analyseprinzip EOX: Die Probe wird mit Kieselgel gereinigt, dann folgt die Extraktion mit Essigester. anschließend wird das

Extrakt im Sauerstoffstrom verbrannt und mittels Microcoulometrie der Halogengehalt bestimmt.

	Messwert in mg/kg	Bestimmungsgrenz in mg/kg
AOX	< 0,5	0,5
EOX	< 2	2

Ergebnisse der Materialuntersuchung auf organische Halogenverbindungen [Indikator2006]

Hinsichtlich der gemessenen Halogengehalte ist das untersuchte Probenmaterial - Vario KM als unbedenklich einzustufen. Die Messwerte lagen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Es konnten im untersuchten Probematerial Vario KM keine Halogene nachgewiesen werden.

Untersuchung von ISOVER Vario KM auf Abgasung von flüchtigen Kohlenwasserstoffen

Prüfbedingungen:

Das vom IBO während des Werkbesuchs bei der Produktionsfirma Folog AG in Sempach am 12.06.2006 entnommene Probenmaterial ISOVER Vario KM wurde vom eco-Umweltinstitut Köln am 17.08.2006 einer Emissionsanalyse unterzogen. Untersucht wurden im einzelnen VOC-Einzelsubstanzen/TVOC, WVOC und SVOC. Die Prüfkammerbedingungen entsprachen DIN EN ISO 16000-9 mit abweichender rel. Feuchte von 45 %. Die Beladung betrug $1 \text{ m}^2 / \text{m}^3$, die Luftwechselrate $0,5 \text{ h}^{-1}$. Die Luftprobenentnahme erfolgte nach 3 Tagen. Die anschließende Analyse wurde nach DIN ISO 16000-6 durchgeführt, die Bestimmungsgrenze lag bei $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

VOC_{3d}/TVOC_{3d}¹: Flüchtige organische Verbindungen (VOC), Prüfkammer, Luftprobennahme nach 3 Tagen

VOC_{3d}: Identifizierte und kalibrierte Stoffe gem. NIK-Liste/AgBB¹ substanzspezifisch berechnet ($c_{\text{id,sub}}$):

Stoff	Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SER ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$
1 Aromatische Kohlenwasserstoffe		
Toluol	n.n. ²	n.n.
Ethylbenzol	n.n.	n.n.
p-Xylol	n.n.	n.n.
m-Xylol	n.n.	n.n.

¹ Niedrigste interessierende Konzentration; Stoffliste, erstellt von einer Arbeitsgruppe des AgBB: Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten

² n.n. = nicht nachweisbar; Bestimmungsgrenze $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

o-Xylol	n.n.	n.n.
Isopropylbenzol	n.n.	n.n.
n-Propylbenzol	n.n.	n.n.
1,3,5-Trimethylbenzol	n.n.	n.n.
1,2,4-Trimethylbenzol	n.n.	n.n.
1,2,3-Trimethylbenzol	n.n.	n.n.
2-Ethyltoluol	n.n.	n.n.
1-Isopropyl-4-methylbenzol	n.n.	n.n.
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	n.n.	n.n.
n-Butylbenzol	n.n.	n.n.
1,3-Diisopropylbenzol	n.n.	n.n.
1,4-Diisopropylbenzol	n.n.	n.n.
Phenylloctan	n.n.	n.n.
4-Phenylcyclohexen	n.n.	n.n.
Styrol	n.n.	n.n.
Phenylacetylen	n.n.	n.n.
2-Phenylpropen	n.n.	n.n.
Vinyltoluol	n.n.	n.n.
Naphthalin	n.n.	n.n.
Inden	n.n.	n.n.
2 Gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe		
n-Hexan	n.n.	n.n.
Cyclohexan	n.n.	n.n.
Methylcyclohexan	n.n.	n.n.
1,4-Dimethylcyclohexan	n.n.	n.n.
n-Heptan	n.n.	n.n.
n-Octan	n.n.	n.n.
n-Nonan	n.n.	n.n.
n-Decan	n.n.	n.n.
n-Undecan	n.n.	n.n.
n-Dodecan	n.n.	n.n.
n-Tridecan	n.n.	n.n.
n-Tetradecan	n.n.	n.n.
n-Pentadecan	n.n.	n.n.
n-Hexadecan	n.n.	n.n.
3 Terpene		
δ -3-Caren	n.n.	n.n.
α -Pinen	n.n.	n.n.
β -Pinen	n.n.	n.n.
Limonen	n.n.	n.n.
4 Aliphatische Alkohole und Ether		
tert-Butanol	n.n.	n.n.
2-Methyl-1-propanol	n.n.	n.n.
1-Butanol	n.n.	n.n.
1-Pentanol	n.n.	n.n.

1-Hexanol	n.n.	n.n.
Cyclohexanon	n.n.	n.n.
2-Ethyl-1-hexanol	n.n.	n.n.
1-Octanol	n.n.	n.n.
4-Hydroxy-4-methyl-pentan-2-on	n.n.	n.n.
1-Heptanol	n.n.	n.n.
1-Nonanol	n.n.	n.n.
1-Decanol	n.n.	n.n.
5 Aromatische Alkohole (Phenole)		
Phenol	n.n.	n.n.
BHT (2,6-di-tert-butyl-4-ethylphenol)	n.n.	n.n.
Benzylalkohol	n.n.	n.n.
6 Glykole, Glykolether, Glykolester		
Propylenglykol (1,2-Dihydroxypropan)	n.n.	n.n.
Ethylenglykol (Ethandiol)	n.n.	n.n.
Ethylenglykolmonobutylether	n.n.	n.n.
Diethylenglykol	n.n.	n.n.
Diethylenglykol-monobutylether	n.n.	n.n.
2-Phenoxyethanol	n.n.	n.n.
Ethylencarbonat	n.n.	n.n.
1-Methoxy-2-propanol	n.n.	n.n.
Glykolsäurebutylester	n.n.	n.n.
Butyldiglykolacetat	n.n.	n.n.
Dipropylenglykolmono-methylether	n.n.	n.n.
2-Methoxyethanol	n.n.	n.n.
2-Ethoxyethanol	n.n.	n.n.
2-Propoxyethanol	n.n.	n.n.
2-Methylethoxyethanol	n.n.	n.n.
2-Hexoxyethanol	n.n.	n.n.
1,2-Dimethoxyethan	n.n.	n.n.
1,2-Diethoxyethan	n.n.	n.n.
2-Methoxyethylacetat	n.n.	n.n.
2-Ethoxyethylacetat	n.n.	n.n.
2-Butoxyethylacetat	n.n.	n.n.
2-(2-Hexoxyethoxy)-ethanol	n.n.	n.n.
1-Methoxy-2-(2-methoxy-ethoxy)-ethan	n.n.	n.n.
Propylenglykol-di-acetat	n.n.	n.n.
Dipropylenglykol	n.n.	n.n.
Dipropylenglykolmonomethyletheracetat	n.n.	n.n.
Dipropylenglykolmono-n-propylether	n.n.	n.n.
Dipropylenglykolmono-t-butylether	n.n.	n.n.
1,4-Butandiol	n.n.	n.n.
Tripropylenglykolmonomethylether	n.n.	n.n.
Triethylenglykoldimethylether	n.n.	n.n.
1,2-Propylenglykoldimethylether	n.n.	n.n.

7 Aldehyde

Pentanal	n.n.	n.n.
Hexanal	n.n.	n.n.
Heptanal	n.n.	n.n.
2-Ethylhexanal	n.n.	n.n.
Octanal	n.n.	n.n.
Nonanal	n.n.	n.n.
Decanal	n.n.	n.n.
2-Butenal	n.n.	n.n.
2-Pentenal	n.n.	n.n.
2-Hexenal	n.n.	n.n.
2-Heptenal	n.n.	n.n.
2-Octenal	n.n.	n.n.
2-Nonenal	n.n.	n.n.
2-Decenal	n.n.	n.n.
2-Undecenal	n.n.	n.n.
Furfural	n.n.	n.n.
Glutaraldehyd	n.n.	n.n.
Benzaldehyd	n.n.	n.n.

8 Ketone

Ethylmethylketon	n.n.	n.n.
3-Methyl-2-butanon	n.n.	n.n.
Methylisobutylketon	n.n.	n.n.
Cyclopentanon	n.n.	n.n.
Cyclohexanon	n.n.	n.n.
2-Methylcyclopentanon	n.n.	n.n.
2-Methylcyclohexanon	n.n.	n.n.
Acetophenon	n.n.	n.n.
1-Hydroxyaceton	n.n.	n.n.

9 Säuren

Essigsäure	n.n.	n.n.
Propionsäure	n.n.	n.n.
Isobuttersäure	n.n.	n.n.
Buttersäure	n.n.	n.n.
Pivalinsäure	n.n.	n.n.
n-Valeriansäure	n.n.	n.n.
n-Caprinsäure	n.n.	n.n.
n-Heptansäure	n.n.	n.n.
n-Octansäure	n.n.	n.n.
2-Ethylhexansäure	n.n.	n.n.

10 Ester und Lactone

Isopropylacetat	n.n.	n.n.
Propylacetat	n.n.	n.n.
2-Methoxy-1-methylethylacetat	n.n.	n.n.
n-Butylformiat	n.n.	n.n.

Methylmethacrylat	n.n.	n.n.
Isobutylacetat	n.n.	n.n.
1-Butylacetat	n.n.	n.n.
2-Ethylhexylacetat	n.n.	n.n.
Methylacrylat	n.n.	n.n.
Ethylacrylat	n.n.	n.n.
n-Butylacrylat	n.n.	n.n.
2-Ethylhexylacrylat	n.n.	n.n.
Adipinsäuredimethylester	n.n.	n.n.
Fumarsäuredibutylester	n.n.	n.n.
Bernsteinsäuredimethylester	n.n.	n.n.
Glutarsäuredimethylester	n.n.	n.n.
Hexandioldiacrylat	n.n.	n.n.
Maleinsäuredibutylester	n.n.	n.n.
Butyrolacton	n.n.	n.n.
11 Chlorierte Kohlenwasserstoffe		
Tetrachlorethen	n.n.	n.n.
12 Andere		
1,4-Dioxan	n.n.	n.n.
Caprolactam	9	5
N-Methyl-2-pyrrolidon	n.n.	n.n.
Octamethylcyclotetrasiloxan	n.n.	n.n.
Methenamin	n.n.	n.n.
2-Butanonoxim	n.n.	n.n.
Tributylphosphat	n.n.	n.n.
Triethylphosphat	n.n.	n.n.
5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on	n.n.	n.n.

VOC_{3d}: Weitere identifizierte und kalibrierte Stoffe in Ergänzung zur NIK-Liste/AgBB, substanzspezifisch berechnet ($c_{id,sub}$):

Stoff	Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SER _s $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$
1 Aromatische Kohlenwasserstoffe		
Benzol	n.n.	n.n.
2 Gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe		
Methylcyclopentan	n.n.	n.n.
10 Ester und Lactone		
Dimethylphthalat	n.n.	n.n.
Texanol	n.n.	n.n.
11 Chlorierte Kohlenwasserstoffe		
1,1,1-Trichlorethan	n.n.	n.n.
Trichlorethen	n.n.	n.n.
1,4-Dichlorbenzol	n.n.	n.n.
12 Andere		
Tetrahydrofuran (THF)	n.n.	n.n.
1-Decen	n.n.	n.n.
1-Octen	n.n.	n.n.
2-Pentylfuran	n.n.	n.n.

VOC_{3d}: Identifizierte und nicht kalibrierte Stoffe, berechnet als Toluoläquivalent (c_{id,tol}): Keine Stoffe nachweisbar.

VOC_{3d}: Nicht identifizierte Stoffe berechnet als Toluoläquivalent (c_{id,sub}): Keine Stoffe nachweisbar.

Σ TVOC_{3d}

Bezeichnung	Konzentration in µg/m ³	SER _a in µg/m ³ h
Σ C _{id,sub}	9	5
Σ C _{id,sub}	-	-
Σ C _{id,tol}	-	-
Σ C _{ni,tol}	-	-
TVOC _{3d}	9	5

VOC_{3d}¹⁾: Leichtflüchtige organische Verbindungen (VVO), Prüfkammer, Luftprobennahme nach 3 Tagen

VOC_{3d}: Identifizierte und kalibrierte Stoffe gem. NIK-Liste/AgBB, substanzspezifisch berechnet (c_{id,sub}):

Stoff	Konzentration in µg/m ³	SER _a in µg/m ³ h
2 Gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe		
3-Methylpentan	n.n.	n.n.
4 Aliphatische Alkohole und Ether		
1-Propanol	n.n.	n.n.
2-Propanol	n.n.	n.n.
7 Aldehyde		
Butanal	n.n.	n.n.
10 Ester und Lactone		
Methylacetat	n.n.	n.n.
Ethylacetat	n.n.	n.n.
Vinylacetat	n.n.	n.n.

VOC_{3d}: Weitere identifizierte und kalibrierte Stoffe in Ergänzung zur NIK-Liste/AgBB, substanzspezifisch berechnet (c_{id,sub})

Stoff	Konzentration in µg/m ³	SER _a in µg/m ³ h
2 Gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe		
2-Methylpentan	n.n.	n.n.

VOC_{3d}: Identifizierte und nicht kalibrierte Stoffe, berechnet als Toluoläquivalent (c_{id,tol}): Keine Stoffe nachweisbar.

VOC_{3d}: Nicht identifizierte Stoffe berechnet als Toluoläquivalent (c_{id,sub}): Keine Stoffe nachweisbar.

SVOC_{3d}¹⁾: Schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC), Prüfkammer, Luftprobennahme nach 3 Tagen

SVOC_{3d}: Identifizierte und kalibrierte Stoffe gem. NIK-Liste/AgBB, substanzspezifisch berechnet ($c_{id\ sub}$):

Stoff	Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SER _a in $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$
1 Aromatische Kohlenwasserstoffe		
1-Phenyldecan	n.n.	n.n.
1-Phenylundecan	n.n.	n.n.

SVOC_{3d}: Weitere identifizierte und kalibrierte Stoffe in Ergänzung zur NIK-Liste/AgBB, substanzspezifisch berechnet ($c_{id\ sub}$):

Stoff	Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SER _a in $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$
10 Ester und Lactone		
TXIB (Texanolisobutytrat)	n.n.	n.n.

SVOC_{3d}: Identifizierte und nicht kalibrierte Stoffe, berechnet als Toluoläquivalent ($c_{id\ tol}$): Keine Stoffe nachweisbar.

SVOC_{3d}: Nicht identifizierte Stoffe berechnet als Toluoläquivalent ($c_{id\ sub}$): Keine Stoffe nachweisbar.

Bezeichnung	Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SER _a in $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$
$\Sigma c_{id\ sub}$	-	-
$\Sigma c_{id\ sub}$	-	-
$\Sigma c_{id\ tol}$	-	-
$\Sigma c_{ni\ tol}$	-	-
ΣSVOC_{3d}	-	-

Bewertung

Die untersuchte Folie ISOVER Vario KM zeigte unter Prüfkammerbedingungen keine nachweisbare Abgasungsrate flüchtiger Kohlenwasserstoffe. Caprolactam, welches als Ausgangsmonomer für die Herstellung des PA 6 verwendet wird, war als einziger Stoff in geringen Restmengen nachweisbar. Caprolactam ist nicht karzinogen, mutagen oder reproduktionstoxisch, weist allerdings mit $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ einen vergleichsweise niedrigen MAK-Wert [MAK 2005] auf. Der gemessene Wert von $9 \text{ mg}/\text{m}^3$ liegt bereits nach drei Tagen um den Faktor 1000 unter dem MAK-Wert. Eine Messung nach 28 Tagen ergäbe vermutlich eine weitaus geringere Konzentration im Bereich der Nachweisgrenze. In diesem Sinne sind die Messergebnisse als ausgesprochen positiv für eine Kunststoffbahn anzusehen.