

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

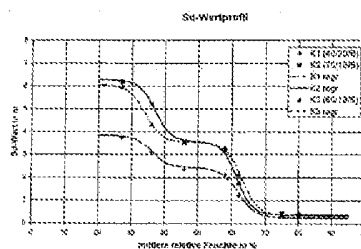
(21) Anmeldenummer: GM 61/2013 (51) Int. Cl.: **E04B 1/64** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 10.12.2010 **E04B 1/62** (2006.01)
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.02.2014 **E04D 12/00** (2006.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2014

(60) Abzweigung aus EP 10795941.3
(30) Priorität:
10.12.2009 DE 102009057707 beansprucht.
(56) Entgegenhaltungen:
WO 9633321 A1
DE 202004019654 U1
WO 2009043515 A1

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
Saint-Gobain Isover
92400 Courbevoie (FR)
(72) Erfinder:
Dorn Rainer Dr.
76448 Durmersheim (DE)
Boge Birgit
68199 Mannheim (DE)
Kasper Franz-Josef Dr.
68526 Ladenburg (DE)
(74) Vertreter:
GIBLER & POTHS PATENTANWÄLTE OG
WIEN

(54) **Feuchteadaptive Dampfbremse, insbesondere für den Einsatz zur Wärmedämmung von Gebäuden, sowie Verfahren zur Herstellung einer solchen Dampfbremse**

(57) Bei einer feuchteadaptiven Dampfbremse, insbesondere für den Einsatz zur Wärmedämmung von Gebäuden, ist die Dampfbremse aus einem Material gebildet, welches bei einer Feuchte von 45 bis 58 % im Wesentlichen plateauartig innerhalb eines Bereichs von sd-Werten von 2 bis 5 m diffusionsäquivalenter Luftschichtdicke verläuft.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine feuchteadaptive Dampfbremse gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Herstellverfahren für eine solche Dampfbremse.

[0002] Feuchteadaptive Dampfbremsen zeichnen sich dadurch aus, dass sich der Wasserdampf-Diffusionswiderstand der Dampfbremse abhängig von der Feuchtigkeit ändert und zwar derart, dass sich der Wasserdampf-Diffusionswiderstand mit Zunahme der die Dampfbremse umgebenden Feuchte abnimmt. Der Wasserdampf-Diffusionswiderstand wird hierbei üblicherweise nach DIN EN ISO 12572: 2001 gemessen.

[0003] Derartige Dampfbremsen werden vornehmlich für den Einsatz zur Herstellung der Luftdichtheit von Gebäuden verwendet und zwar maßgeblich in Zusammenhang mit Wärmedämmsystemen für Gebäude. Für die Wärmedämmung von Gebäuden, insbesondere Dächern werden in der Regel diffusionsoffene Unterspannbahnen unterhalb der etwa durch Ziegel gebildeten Bedachung, darunter eine Wärmedämmschicht, etwa aus Mineralwolle, schließlich eine Dampfbremse und darunter eine Verkleidung verwendet. Mit dem Einsatz einer Dampfbremse werden vornehmlich zwei Absichten verfolgt. Zum Einen soll die Luftdichtheit des Daches sichergestellt werden, um das Eindringen von kalter Außenluft in den Gebäudeinnenraum sowie das Entweichen warmer Raumluft aus dem Gebäude zu verhindern, wodurch Wärmeenergieverluste sowie bauwerkschädigende, konvektive Feuchteinträge vermeidbar sind. Zum zweiten soll die Dampfbremse eine gewisse Sperrwirkung gegen Wasserdampfdiffusion aufweisen, um unerwünschten Feuchteeintrag in die Baukonstruktion zu vermeiden.

[0004] Durch die Verwendung so genannter feuchteadaptiver Dampfbremsen, die in der Regel als Folie vorliegen, wird in Folge der feuchteadaptiven Charakteristik einer solchen Folie das Eindringen von Feuchtigkeit im Winter verhindert, indem unter winterlichen und damit trockenen Feuchteverhältnissen die Dampfbremse weitgehend schließt. Wenn bei stärkerer Wärmeeinstrahlung im Sommer und damit unter gegenüber Winterbedingungen feuchteren Bedingungen die Feuchtigkeit aus der Holzkonstruktion beispielsweise eines Daches tritt, reagiert die Dampfbremsfolie in Folge der vergleichsweise hohen die Dampfbremse umgebenden Feuchte, in dem sie aufgrund Verringerung des Wasserdampf-Diffusionswiderstands sozusagen öffnet, so dass eine entsprechende Austrocknung gewährleistet wird.

[0005] Als Material für feuchteadaptive Dampfbremsfolien wird häufig Polyamid verwendet (vergleiche DE 195 14 420 C1). Bei dieser Folie verringert sich der Wasserdampf-Diffusionswiderstand mit zunehmender mittlerer Umgebungsfeuchte. Hierbei sind die feuchteadaptiven Eigenschaften dieser bekannten folienartigen Dampfbremse so eingestellt, dass diese bei einer mittleren Feuchte der die Dampfbremse umgebenden Atmosphäre von 30 bis 50 % einen Wasserdampf-Diffusionswiderstand (s_{dF} -Wert) von 2-5m diffusionsäquivalente Luftschichtdicke und bei einer Feuchte der Umgebung im Bereich von 60-80 % einen Wasserdampf-Diffusionswiderstand (s_{dF} -Wert) aufweist, der kleiner als 1m ist. Dies hat zur Folge, dass eine derartige Dampfbremse zur Winterzeit, bei der in der Regel trockene Verhältnisse vorliegen und die relative Feuchte der die Dampfbremse umgebenden Atmosphäre im Wesentlichen im Bereich von 30 bis 50 % liegt, die Dampfbremse insoweit bremsend wirkt, als in Folge des vergleichsweise hohen Wasserdampf-Diffusionswiderstands die Dampfbremse schließt, also nur wenig Wasserdampf durch die Folie hindurch diffundieren kann. Dadurch wird verhindert, dass nennenswert Feuchte aus dem Innenraum von Gebäuden durch die Folie nach außen beispielsweise in eine Holzkonstruktion eines Gebäudedaches und/oder einer Wand gelangt, wo sich die Feuchte dann niederschlägt und schließlich zu Fäulnis und zur Schimmelbildung führen kann.

[0006] Unter feuchten Bedingungen, wie Sie insbesondere in Sommermonaten vorherrschen, wird aufgrund des verringerten Diffusionswiderstands hingegen ein Hindurchdiffundieren der Feuchte ermöglicht. Dies hat zur Folge, dass nunmehr Feuchtigkeit aus der Holzkonstruktion abgeführt werden kann, also ein Austrocknen ermöglicht wird, so dass Schäden insbesondere an der Holzkonstruktion vermieden werden können.

[0007] Schließlich sind weitere Dampfbremsfolien im Mehrschichtenaufbau mit feuchteadaptiver

Charakteristik bekannt (DE 20 2004 019 654 U1 bzw. DE 101 11 319 A1), die bei einer relativen Umgebungsfeuchte von 30 bis 50 % ein Wasserdampf-Diffusionswiderstand s_d von 5m diffusionsäquivalenter Luftschichtdicke und darüber und bei einer relativen Umgebungsfeuchte von 60 bis 80 % ein Wasserdampf-Diffusionswiderstand s_d von kleiner 0,5m diffusionsäquivalenter Luftschichtdicke aufweisen. Bei derartigen bekannten feuchteadaptiven Dampfbremssfolien verändert sich der Wasserdampf-Diffusionswiderstand, aufgetragen über der mittleren bzw. relativen Feuchte in Art einer S-Kurve mit einlaufendem S-Schenkel ausgehend von höheren Wasserdampf-Diffusionswiderstandswerten bei geringerer Feuchte in Richtung auslaufender S-Schenkel mit verringerten Diffusionswiderstandswerten bei höherer, die Dampfbremse umgebender Feuchte.

[0008] Bekanntermaßen lässt sich der Kurvenverlauf-Diffusionswiderstand über Feuchte der feuchteadaptiven Dampfbremsen über die Formel $S_d = D \times \mu$ einstellen, wobei D die Dicke der Dampfbremse angibt und μ einen materialabhängigen Parameter der Dampfbremse darstellt. Damit ist zwar eine Veränderung des feuchteadaptiven Charakters einer Dampfbremse über eine entsprechende Dickeneinstellung möglich, indem also die Dicke der Dampfbremssfolie entsprechend erhöht oder verringert wird, was aber nichts am S-Kurvenverlauf ändert, sondern nur zur einer Verschiebung der S-Kurve längs der Ordinate führt. Dies würde bei einer Vergrößerung der Dicke der Dampfbremse zu einer entsprechenden Erhöhung des S_d -Werts sowohl unter trockenen Bedingungen im Winter wie auch unter feuchten Bedingungen im Sommer führen, was in einem solchen Falle aber für Sommerverhältnisse zu einer Verschlechterung der Eigenschaften der Dampfbremse aufgrund des damit verminderten Austrocknungsverhaltens führen würde. Einer Verminderung der Dicke der Dampfbremssfolie, die üblicherweise in Dicken im Bereich von 20 μ m bis 80 μ m vorliegen, sind jedoch aus Gründen der Festigkeit und Stabilität Grenzen gesetzt.

[0009] Zwar haben sich die bekannten Dampfbremssfolien für normale Verhältnisse bewährt, das sind insbesondere trockene Umgebungsbedingungen, wie sie im Allgemeinen in Büros vorherrschen, sowie unter normalen Feuchteverhältnissen, wie sie insbesondere in Wohngebäuden vorherrschen, jedoch ist das Verhalten der bekannten Dampfbremssfolien unter erhöhter Feuchtelast insbesondere unter kälteren Witterungsbedingungen durchaus problematisch. Eine erhöhte Feuchtelast liegt insbesondere in Räumen, wie Großküchen, Kantinen und dergleichen aber auch in Wohn- und Büroräumen vor, in denen viel Pflanzen und/oder Aquarien und dergleichen untergebracht sind. Eine erhöhte Feuchtelast liegt insbesondere aber auch bei Neubauten und bei der Renovierung von Altbauten in Folge Mörtelauftrags oder Estricharbeiten vor. Aufgrund moderner Baumaterialien und neuer Bauverfahren werden derartige Baumaßnahmen mehr und mehr auch in der kälteren Jahreszeit, insbesondere in den Monaten Oktober bis März vorgenommen, in Zeiten also, wo die Umgebungsfeuchte sich auf einen relativ trockenen Wert einpendelt, bei dem an sich die Dampfbremssfolien unter solchen normalen Bedingungen schließen. Beim Auftreten einer Feuchtelast, insbesondere bei Vornahme von Baumaßnahmen in der kälteren Jahreszeit, kann es jedoch bei konventionellen Dampfbremsen aufgrund der sich dadurch einstellenden Umgebungsfeuchte an der Dampfbremssfolie zu einem Öffnen der Folie und damit zu einem weitgehend unbehinderten Eintrag der Feuchte durch die Dampfbremssfolie in die Holzkonstruktion kommen, was in bestimmtem Umfang außerordentlich kritisch ist und zu Schäden in der Holzkonstruktion in Folge Schimmelbildung und dergleichen führen kann.

[0010] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Dampfbremse sowie ein Herstellverfahren für eine solche Dampfbremse vorzuschlagen, die den vorher geschilderten Bedingungen insbesondere in kalter Jahreszeit Rechnung trägt, d.h. bei hoher Feuchtebelastung einen kritischen Austrag von Feuchte durch die Dampfbremssfolie im Wesentlichen verhindert.

[0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 enthaltenen Maßnahmen gelöst, wobei zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung durch die in den Unteransprüchen enthaltenen Merkmale gekennzeichnet sind.

[0012] Nach Maßgabe der Erfindung zeichnet sich die bevorzugt als Folie vorliegende Dampfbremse dadurch aus, dass diese aus einem Material gebildet ist, welches ein dreiteiliges Feuch-

teprofil aufweist, nämlich ab einer mittleren relativen Feuchte von 75%, vorzugsweise von 70% und darüber einen s_d -Wert kleiner 1m, vorzugsweise kleiner 0,8m diffusionsäquivalenter Luftschichtdicke, dann bei abnehmender mittlerer Feuchte in einem Bereich von 45 bis 58 %, vorzugsweise in einem Bereich von 40 bis 58 % einen im Wesentlichen plateauartigen bzw. angenähert plateauartigen Verlauf des s_d -Wert aufweist, wobei über diesen Bereich ein unterer s_d -Wert von 2 m und ein oberer s_d -Wert von 5 m nicht überschritten wird und die Differenz zwischen dem unteren und dem oberen Ist s_d -Wert 1 m in diesem Bereich nicht übersteigt. Bei weiter abnehmender Feuchte in einem Bereich von 20 bis 30%, vorzugsweise 20 bis 35 % weist die Dampfbremse einen s_d -Wert auf, der mindestens 0,5m oberhalb des oberen Ist s_d -Werts im plateauartigen Mittelbereich beträgt.

[0013] Damit weist die Dampfbremssfolie die aus bauphysikalischer Sicht zwingend kleine Sperrwirkung im Bereich hoher mittlerer Feuchten größer 75%, insbesondere 75% auf, d.h. ein hohes Austrocknungsverhalten im Sommer. Zugleich wird die Dampfbremssfolie insbesondere dem Kriterium gerecht, dass bei hohen Feuchtelasten in Räumen, wie sie insbesondere in Großküchen, Kantinen und dergleichen oder bei Baumaßnahmen in kalten Jahreszeiten auftreten, zwar einen gewissen Austrag von Feuchtigkeit ermöglicht, aber gleichwohl den Austrag von Feuchte gegenüber konventionellen Dampfbremsen entsprechend reduziert, so dass ein kritischer Eintrag von Feuchte in eine Holzkonstruktion und dergleichen in solchen Situationen vermieden wird. Unter hoher Feuchtelast öffnet also die Dampfbremssfolie mit zunehmender Feuchte im angegebenen Bereich von 45 bis 58% bzw. 40 bis 58 %, jedoch geht die Veränderung des s_d -Wertes in diesem Feuchtebereich nur in einem geringeren Maße als bei konventionellen Dampfbremssfolien vorstatten, so dass im angegebenen Bereich eine gewisse Haltephase der Veränderung der s_d -Werte der Dampfbremssfolie auftritt, dergestalt, dass sich die s_d -Werte der Dampfbremssfolie in diesem Bereich nur allmählich verändern, im Übrigen jedoch im Prinzip nahezu bzw. angenähert im Wesentlichen konstante Verhältnisse bezüglich des s_d -Werts in diesem Bereich gewährleistet werden. Bevorzugt weist die Kurve des s_d -Werts über die Feuchte im Bereich von 45 bis 58%, vorzugsweise von 40 bis 58 % einen im Wesentlichen plateauartigen Verlauf auf, d.h. die Veränderung des s_d -Werts in diesem Bereich wird über einen längeren, durch die erhöhte Feuchtelast bestimmten Zeitraum hin gering gehalten, so dass einerseits eine gewisse gewünschte Sperrwirkung der Dampfbremssfolie erhalten bleibt und gleichwohl bei übermäßigem Feuchteeintrag ein gewisses Hindurchdiffundieren von Feuchte möglich ist, ohne dass jedoch ein kritischer Feuchteaustrag erreicht wird, wie es bei üblichen Dampfbremssfolien bei derartigen Feuchtebelastungen der Fall wäre.

[0014] Der übliche Verlauf der s_d -Werte über die Feuchtwerte konventioneller Dampfbremssfolien spiegelt sich in einem im Wesentlichen S-förmigen Kurvenverlauf wider, wohingegen bei der erfindungsgemäßen Dampfbremssfolie bevorzugt der Kurvenverlauf in Art einer Doppel-S-Kurve vorliegt, wobei der auslaufende Bereich der S-Kurve im trockenen Bereich mit dem einlaufenden Wert der S-Kurve für den feuchten Bereich zusammenfällt und im Bereich einer Feuchte von 45 bis 58% bzw. 40 bis 58 % der Kurvenverlauf nahezu konstant bzw. im Wesentlichen plateauartig, d.h. nur mit einer geringen Änderung der s_d -Werte erfolgt. In einer zweckmäßigen Ausführungsform der Erfindung verändert sich der Verlauf der Kurve innerhalb des im Wesentlichen plateauartigen Bereichs um einen s_d -Differenzwert entsprechend der Differenz des s_d -Werts der Kurve beim Einfahren in die Feuchte von 45 % gegenüber dem s_d -Wert beim Ausfahren der Kurve bei einer Feuchte von 58 % um maximal 0,6m, bevorzugt maximal 0,4m diffusionsäquivalenter Luftschichtdicke. D.h., die Dampfbremssfolie verändert ihren s_d -Wert innerhalb dieses Bereichs nur graduell, so dass eine entsprechende Haltephase erreicht wird, in der die Dampfbremssfolie noch weitgehend sperrt, jedoch einen gewissen Feuchteaustrag ermöglicht innerhalb der oben bereits genannten Parameter. Bevorzugt liegt der plateauartige Verlauf der Kurve der s_d -Werte über der Feuchte innerhalb eines Bereichs von 3 bis 5 m diffusionsäquivalenter Luftschichtdicke.

[0015] Nach einer zweckmäßigen Maßgabe der Erfindung liegt das die Feuchteadaptivität der Dampfbremse bestimmende Material in einer einzigen Schicht oder Lage vor, die insgesamt aus diesem Material gebildet ist, im Unterschied zu konventionellen Dampfbremssfolien, bei

denen die Feuchteadaptivität durch mehrere übereinander angeordnete Lagen einer Dampfbremssfolie bestimmt ist.

[0016] Der plateauartige Kurvenverlauf der s_d -Werte bzw. die beschriebene Haltephase mit einer nur geringen Veränderung der s_d -Werte im Feuchtebereich von 45 bis 58 % bzw. 40 bis 58 % wird durch Beigabe eines Zuschlagstoffs zum Basismaterial der Dampfbremssfolie erreicht, wobei die Zumischung 10 bis 20%, vorzugsweise 15 bis 20%, (Gewichtsprozent) gegenüber dem übrigen Material der Dampfbremssfolie beträgt. Das Basismaterial der Dampfbremssfolie ist bevorzugt Polyamid, wobei als bevorzugter Zusatzstoff modifizierte Polyolefine, insbesondere ein gepropftes Polyethylencopolymer verwendet wird. Solche gepropften Polyethylencopolymere werden von verschiedenen Herstellern, angeboten. Als besonderes geeignet haben sich die unter den Markennamen Bynel® von der Firma Du Pont vertriebenen Typen herausgestellt. Ein weiterer bevorzugter Zusatzstoff sind Polyethylenpolyacrylsäurecopolymere, die ebenfalls von verschiedenen Herstellern angeboten werden. Als besonders geeignet haben sich die unter den Markennamen Surlyn® von der Firma Du Pont vertriebenen Typen herausgestellt.

[0017] Die für die Feuchteadaptivität der Dampfbremssfolie verantwortliche Schicht zeichnet sich durch eine homogene Schichtstruktur aus, die maßgeblich bedingt ist durch eine chemische Vermischung eines Compounds aus dem in Granulatform vorliegenden Polyamid und dem ebenfalls in Granulatform vorliegenden Zusatzstoff durch Aufschmelzen des Granulatgemisches, wobei aus dieser Schmelze aus Polyamid und Zusatzstoff Granulate geformt werden, aus denen dann die Dampfbremssfolie extrudiert oder durch ein Blasverfahren hergestellt wird. Hierbei ist es zweckmäßig, dass der Zusatzstoff in Form von Nanopartikeln innerhalb des Ausgangsgranulats des Zusatzstoffes vorliegt.

[0018] Nach Maßgabe der Erfindung lassen sich Dampfbremssfolien mit dieser beschriebenen Feuchteadaptivität in einem Dickenbereich von insbesondere 40 bis 80µm, vorzugsweise 50 bis 70µm herstellen. Im Rahmen der Erfindung liegt es, dass diese einschichtige Dampfbremssfolie, was den Feuchteadaptivitätscharakter anbelangt, durch weitere geeignete Lagen ergänzt wird, die entweder zur Verstärkung der Folie oder zur Beeinflussung anderer Eigenschaften der Dampfbremssfolie je nach Anwendungsfall vorgesehen sind.

[0019] Ein zweckmäßiges Verfahren zur Herstellung einer solchen Dampfbremssfolie zeichnet sich dadurch aus, dass ausgehend von Granulaten aus Polyamid und einem in Granulatform vorliegenden Zusatzstoff, insbesondere Polyethylen, ein Compound durch Mischen gebildet wird. Dieser Compound aus in Granulatform vorliegenden Rohstoffen wird in einem geeigneten Mischungsverhältnis in einem Extruder aufgeschmolzen, ggf. unter Zugabe von weiteren Hilfsstoffen wie beispielsweise Homogenisierungsmitteln, mit dem Ziel, eine homogene Schmelze aus den oben genannten Ausgangsstoffen zu schaffen. Aus der homogenen Schmelze wird ein Mischgranulat erzeugt. Dieses Mischgranulat wird in einem davon unabhängigen Prozessschritt in einem Extrusionsverfahren oder einem Blasverfahren zu einer erfindungsgemäßen einschichtigen Dampfbremssfolie oder Monofolie weiterverarbeitet. Eine derart hergestellte Dampfbremssfolie zeichnet sich durch eine weitgehend homogene Struktur aus. Alternativ können die Ausgangsstoffe auch in einem geeigneten Extruder direkt und zu einer entsprechenden Monofolie weiterverarbeitet werden. Das Alternativverfahren ist aufgrund des nicht erforderlichen Vorcompoundierens aus wirtschaftlicher Sicht bevorzugt, die geforderte Homogenisierung der Schmelze wird jedoch in der Produktionsrealität nur schwer in gewünschtem Maße sichergestellt.

[0020] Die nach diesem Verfahren erzeugte Monofolie kann in an sich bekannten Kaschierverfahren mit weiteren Schichten, insbesondere zur Verbesserung ihrer mechanischen Eigenschaften versehen werden. Diese zusätzlichen Schichten haben bevorzugt keine Auswirkungen auf den erfindungsgemäßen feuchteadaptive Charakter der Folie, der von der Monofolie bestimmt ist.

[0021] Das Mischungsverhältnis von Polyamid und Zusatzstoff wird mit Blickpunkt auf die gewünschte adaptive Feuchtecharakteristik eingestellt. Hierbei hat sich in praktischen Versuchen herausgestellt, dass in Abhängigkeit vom individuellen Zusatzstoff, der einer Polyamidbasis zugegeben wird, eine Zumischung des Zusatzstoffes zu Polyamidbasis in Höhe von 7 bis 25%

vorteilhaft ist und zwar sowohl für die Erzielung der gewünschten adaptiven Feuchtencharakteristik gemäß Erfindung wie auch in Bezug auf die Herstellbarkeit der Folie. Insbesondere bevorzugt ist eine Zumischung des Zusatzstoffes im Bereich von 10 bis 20%, insbesondere 14 bis 18%, wobei sehr gute Ergebnisse bei einer Zumischung im Bereich von 15 bis 18% erzielt wurden. Die Obergrenzen der Zumischung des Zusatzstoffes liegen stoffbedingt im Bereich von etwa 20 bis 25 Gewichts-%, wobei mit Blickpunkt auf die Herstellbarkeit der erfindungsgemäßen Folie ein Grenzwert von 25 Gewichts-% nicht überschritten werden soll und die Herstellbarkeit der Folie umso besser ist, je mehr sich die obere Bereichsgrenze nach unten in Richtung 20% und darunter verschiebt.

[0022] Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der einzigen Figur erläutert, welche ein Diagramm von Kurvenverläufen von vier erfindungsgemäßen Dampfbremsfolien bezüglich der s_d -Werte über die mittlere relative Feuchte, d.h. die Umgebungsfeuchte um die Dampfbremsfolie darstellt.

[0023] Die Kurvenverläufe K1, K2, K3 und K4 zeigen vier Dampfbremsfolien, die jeweils einlagig und aus Polyamid hier mit dem Zuschlagstoff Bynel® 4157 mit 20 Gewichts-%, und einer Dicke von 40 μm (K1: 40 μm /20%/B), einem Zuschlagstoffgehalt von 15 Gewichts-% Bynel bei einer Schichtdicke von 70 μm (K2: 70 μm /15%/B), einem Zuschlagstoffgehalt von 18 Gewichts-% Surlyn® 1605 bei einer Schichtdicke von 60 μm (K3: 60 μm /18%/S) bzw. hier mit dem Zuschlagstoff EVOH Type H171B (Hersteller EVAL Europa) von 15 Gewichts-% bei einer Schichtdicke von 50 μm (K4: 50 μm /15%/EVOH) bestehen.

[0024] Bezüglich der einfachen Herstellbarkeit lagen die Obergrenzen für Bynel 4157 bei etwa 22 Gewichts-%, für Surlyn 1605 bei etwa 20 Gewichts-% und für EVOH Type H171B bei etwa 20 Gewichts-%.

[0025] Ersichtlich ist die Feuchteadaptivität der Dampfbremse durch drei Bereiche definiert, die jeweils für sich einen rechteckförmigen Rahmen bestimmen. Ab einer Feuchte von 75% wird ein Rechteckbereich I mit s_d -Werten kleiner 1m diffusionsäquivalenter Luftschichtdicke aufgespannt. Im Feuchtebereich von 45 bis 58 % sind s_d -Werte im Bereich von 2 bis etwa 4,3 m diffusionsäquivalenter Luftschichtdicke vorgegeben, was zu einem aufgespannten Rechteck für den Bereich II führt, innerhalb dessen ein zweites Rechteck aufgespannt ist, welches der Differenz von höchstens 1m diffusionsäquivalenter Luftschichtdicke zwischen dem unteren Istwert und dem oberen Istwert im Bereich II Rechnung trägt. Bei trockener, niedriger Feuchte in einem Bereich von 20 bis 30 % liegen die s_d -Werte der Dampfbremsfolie in einem s_d -Wertebereich, dessen Untergrenze wenigstens 0,5m oberhalb des oberen Istwerts im Bereich II beträgt, wodurch ein nach oben offener schraffierter Rechteckbereich III aufgespannt wird.

[0026] Das Feuchteprofil der Kurve K wird von über die Abszisse verteilten Meßpunkten aufgespannt, wobei die Messung entsprechend der DIN EN ISO 12572: 2001 durchgeführt wird. In Versuchsreihen hat sich herausgestellt, dass zu einer genauen Bestimmung eines einzelnen Meßpunkts im Umschlagsbereich, d.h. bei einem steileren Kurvenverlauf bei bekannten feuchteadaptiven Dampfbremsen mit einem Einzel-S-Kurven-Verlauf bei mittleren Feuchten von ca. 35 bis 65% ein nur geringer Gradient zwischen den an den beiden Seiten der Dampfbremse anliegenden Feuchten eingestellt werden sollte, aus dem die mittlere Feuchte durch Mittelwertbildung bestimmt wird. Zu große Gradienten führen zu Verfälschungen der Messwerte, die sich in zu geringen s_d -Werten bemerkbar machen. Wie üblich wird eine Feuchte durch ein Salz oder Wasser, die andere Seite durch die Einstellung einer regelbaren Klimakammer vorgegeben.

[0027] Tabelle 1 fasst die Feuchteinstellungen und die Messwerte für die erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele K1, K2, K3 und K4 zusammen.

Tabelle 1: Feuchtebedingungen für s_d -Wert-Messung und s_d -Werte in m

Salz	Klima- kammer	Mittel wert	K1 s_d - Wert [m]	K2 s_d - Wert [m]	K3 s_d - Wert [m]	K4 s_d - Wert [m]
Kieselgel: 2%	26%	14%	-	-	-	9,75
Kieselgel: 2%	40%	21%	-	-	-	8,94
Kieselgel: 2%	53%	27,5%	3,77	6,20	5,96	7,16
Magnesiumnitrat-6- Hydrat: 53%	20%	36,5 %	3,10	5,20	4,33	5,67
Magnesiumnitrat-6- Hydrat: 53%	40%	46,5%	2,36	3,58	3,54	3,85
Magnesiumnitrat-6- Hydrat: 53%	62%	57,5%	2,12	3,18	3,3	3,25
Natriumchlorid: 75%	50%	62,5%	1,22	1,75	2,15	2,74
Wasser: 100%	50%	75%	0,33	0,47	0,4	1,84
Wasser: 100%	60%	80%	0,25	0,38	0,34	0,24

[0028] Der Verlauf der Kurven K1, K2, K3 und K4 kann mit einem Doppel-S-Profil beschrieben werden, wobei der auslaufende Schenkel der Kurve im trockenen Feuchtebereich innerhalb des Bereichs II in den einlaufenden Schenkel der S-Kurve für den feuchteren Abschnitt übergeht und ersichtlich innerhalb des Bereichs II nur eine graduelle Verringerung der s_d -Werte stattfindet, so dass es zu einer gewissen Haltephase und damit angenähert zu einem quasi konstanten Verlauf mit plateauartigem Charakter kommt und sich innerhalb dieses Feuchtebereichs die s_d -Werte nur graduell verändern, d.h. die Tendenz in Richtung des Öffnens der Dampfbremsfolie im Bereich II entsprechend reduziert ist. Zur Bestätigung des Doppel-S-Verlaufs wurden für das Ausführungsbeispiel K4 zusätzlich weitere Meßpunkte bei niedrigen mittleren Feuchten von 14% bzw. 21 % ermittelt.

[0029] Eine Doppel-S-Kurve wird mathematisch durch folgende Gleichung beschrieben:

$$y(x) = \frac{A1}{1 + e^{B1 \cdot (x-C1)}} + \frac{A2}{1 + e^{B2 \cdot (x-C2)}} + D$$

[0030] Die Parameter A1/A2 stehen für die Spreizung der beiden einzelnen S-Kurven zwischen minimalem und maximalem Ordinatenwert, B1/B2 geben die Spreizung des Umschlagbereiches an, d.h. die Steilheit der S-Kurve, C1/C2 definieren die Lage des Wendepunktes der S-Kurven, D den unteren Grenzwert.

[0031] Unter Verwendung der Methode der kleinsten Quadrate für die Regression ergibt sich:

$$S = \sum_{i=1}^n [y_i(x_i) - y(x_i)]^2 \longrightarrow \min$$

$$\frac{dS}{dA1 \dots D} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n \left[[y_i(x_i) - y(x_i)] \cdot \frac{dy}{dA1 \dots D} \right] = 0, \text{ mit}$$

$$\frac{dy}{dA1} = \frac{1}{1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)}} \text{ und } \frac{dy}{dA2} = \frac{1}{1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)}}$$

$$\frac{dy}{dB1} = \frac{-1}{(1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)})^2} \cdot (x_i - C1) \cdot e^{B1 \cdot (x_i - C1)} \text{ und } \frac{dy}{dB2} = \frac{-1}{(1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)})^2} \cdot (x_i - C2) \cdot e^{B2 \cdot (x_i - C2)}$$

$$\frac{dy}{dD} = 1$$

[0032] Eingesetzt ergeben sich somit 7 Gleichungen für die Bestimmung der Kurvenparameter A1 bis D

$$1) \sum_{i=1}^n \left[\left[y_i(x_i) - \left(\frac{A1}{1+e^{B1 \cdot (x_i-C1)}} + \frac{A2}{1+e^{B2 \cdot (x_i-C2)}} + D \right) \right] \cdot \frac{1}{1+e^{B1 \cdot (x_i-C1)}} \right] = 0$$

$$2) \sum_{i=1}^n \left[\left[y_i(x_i) - \left(\frac{A1}{1+e^{B1 \cdot (x_i-C1)}} + \frac{A2}{1+e^{B2 \cdot (x_i-C2)}} + D \right) \right] \cdot \frac{1}{1+e^{B2 \cdot (x_i-C2)}} \right] = 0$$

$$3) \sum_{i=1}^n \left[\left[y_i(x_i) - \left(\frac{A1}{1+e^{B1 \cdot (x_i-C1)}} + \frac{A2}{1+e^{B2 \cdot (x_i-C2)}} + D \right) \right] \cdot \frac{1}{(1+e^{B1 \cdot (x_i-C1)})^2} \cdot (x_i - C1) \cdot e^{B1 \cdot (x_i-C1)} \right] = 0$$

$$4) \sum_{i=1}^n \left[\left[y_i(x_i) - \left(\frac{A1}{1+e^{B1 \cdot (x_i-C1)}} + \frac{A2}{1+e^{B2 \cdot (x_i-C2)}} + D \right) \right] \cdot \frac{1}{(1+e^{B2 \cdot (x_i-C2)})^2} \cdot (x_i - C2) \cdot e^{B2 \cdot (x_i-C2)} \right] = 0$$

$$5) \sum_{i=1}^n \left[\left[y_i(x_i) - \left(\frac{A1}{1+e^{B1 \cdot (x_i-C1)}} + \frac{A2}{1+e^{B2 \cdot (x_i-C2)}} + D \right) \right] \cdot \frac{1}{(1+e^{B1 \cdot (x_i-C1)})^2} \cdot B1 \cdot e^{B1 \cdot (x_i-C1)} \right] = 0$$

$$6) \sum_{i=1}^n \left[\left[y_i(x_i) - \left(\frac{A1}{1+e^{B1 \cdot (x_i-C1)}} + \frac{A2}{1+e^{B2 \cdot (x_i-C2)}} + D \right) \right] \cdot \frac{1}{(1+e^{B2 \cdot (x_i-C2)})^2} \cdot B2 \cdot e^{B2 \cdot (x_i-C2)} \right] = 0$$

$$7) \sum_{i=1}^n \left[y_i(x_i) - \left(\frac{A1}{1+e^{B1 \cdot (x_i-C1)}} + \frac{A2}{1+e^{B2 \cdot (x_i-C2)}} + D \right) \right] = 0$$

[0033] Dieses Gleichungssystem ist nicht geschlossen lösbar. Üblicherweise wird es mit einem iterativen Verfahren ausgehend von geeigneten Startwerten berechnet.

Für die drei Kurven K1, K2 und K3 ergeben sich als „best fit“ folgende Werte:

	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D
K1	3,5	2,0	0,20	0,48	25	62	0,29
K2	6,3	3,2	0,23	0,44	25	62	0,36
K3	2,5	3,2	0,4	0,41	34	63	0,35
K4	6,7	3,3	0,15	0,5	30	62	0,2
Iterationsschritt	0,1	0,1	0,01	0,01	0,5	0,5	0,01

[0034] Wie die Ausführungsbeispiele belegen, lässt sich der Verlauf der Kurve K natürlich durch die Schichtdicke und eine entsprechende Beimischung des Zusatzstoffes beeinflussen, wobei, wie bereits oben ausgeführt, vorzugsweise Bynel®, z.B. Bynel® 4157, oder Surlyn®, z. B. Surlyn® 1605, oder EVOH, z.B. H171B verwendet wird.

[0035] Hergestellt wurden die Dampfbremsfolien K1 und K2 aus einer Granulatmischung aus Polyamid mit etwa 15% bzw. 20% Bynel® 4157, wobei diese Granulatmischung aufgeschmolzen und aus der Schmelze wiederum ein Granulat aus einem Mix aus Polyamid und Bynel® 4157 gebildet wird. Aus diesem Granulat wurde dann eine Dampfbremsfolie mit einer Dicke von 70µm bzw 40 µm durch herkömmliche Extrusion in einem Extruder hergestellt. Die Herstellung der Dampfbremsfolie K3 erfolgte in analoger Weise mit Zugabe von 18% Surlyn® 1605. Es wurde eine Produktdicke von 60 µm erzeugt. Die Dampfbremsfolie K4 wurde über eine Mi-

schung von Polyamid mit Zugabe von 15% EVOH H171B in einem Extruder mit angeschlossener Schlitzdüse hergestellt. Es wurde eine Produktdicke von 50 µm erzeugt.

[0036] In allen Ausführungsbeispielen wurde ein Polyamid 6 eingesetzt, und zwar der Typ B40L (Hersteller BASF).

[0037] Praktische Versuche haben gezeigt, dass die erfindungsgemäßen Dampfbremsfolien insbesondere unter feuchten Verhältnissen, wie sie bei Baumaßnahmen im Rahmen von Neubauten oder Renovierungsarbeiten vorliegen, im kritischen Feuchtebereich von 45 bis 60% noch eine erwünschte Sperrwirkung entfaltet und sich in dem angegebenen Bereich nur geringfügig öffnet, so dass über eine längere Zeitdauer ein weitgehend gleichmäßiger und für die Holzkonstruktion nicht schädigender Feuchteaustrag durch die Dampfbremsfolie stattfindet.

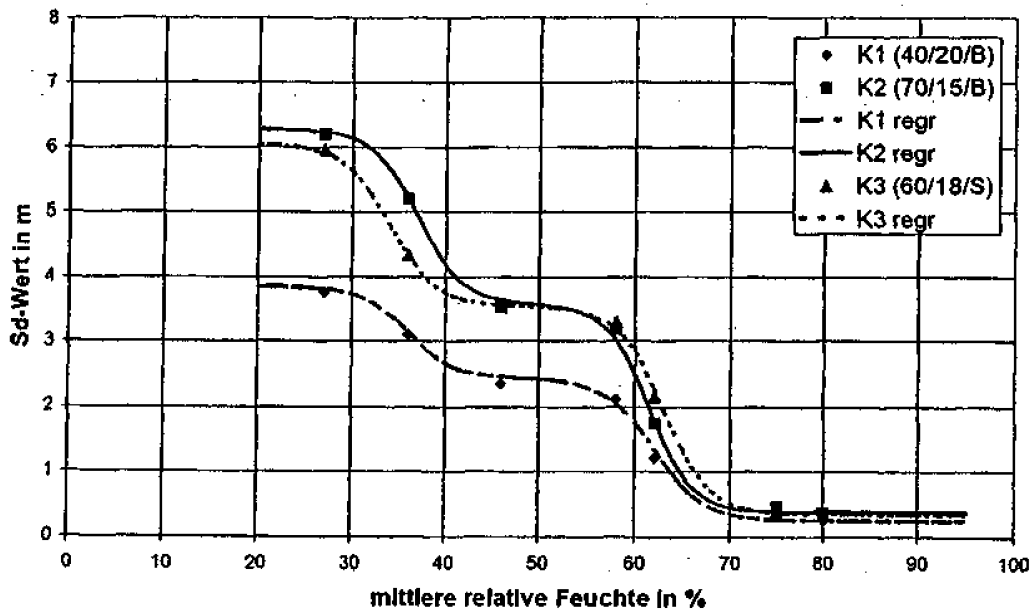
Ansprüche

1. Feuchteadaptive Dampfbremse, insbesondere für den Einsatz zur Wärmedämmung von Gebäuden, welche einen Wasserdampf- Diffusionswiderstand (sd-Wert) ausgedrückt als diffusionsäquivalente Luftschichtdicke (sd-Wert) aufweist, der mit abnehmender Feuchte der die Dampfbremse umgebenden Feuchte zunimmt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kurve der sd-Werte der Dampfbremse über die Feuchte im Wesentlichen in Art einer Doppel-S-Kurve verläuft, wobei der auslaufende Bereich der S-Kurve im trockenen Bereich mit dem einlaufenden Wert der S- Kurve für den feuchten Bereich zusammenfällt.
2. Dampfbremse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Wesentlichen im Übergangsbereich der aufeinanderfolgenden S-Kurven sich ein plateauartiger Bereich befindet.
3. Dampfbremse nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kurve des sd-Wertes über die Feuchte im Bereich von 45 bis 58%, vorzugsweise von 40 bis 58% einen im Wesentlichen plateauartigen Verlauf aufweist.
4. Dampfbremse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dampfbremse in einem Bereich (I) ab einer mittleren relativen Feuchte von 75%, vorzugsweise von 70% und darüber einen sd-Wert kleiner 1m, vorzugsweise kleiner 0,8m aufweist, und bei einer mittleren Feuchte in einem Bereich (II) von 45 bis 58%, vorzugsweise in einem Bereich von 40 bis 58% mit dem im Wesentlichen plateauartigen bzw. angenähert plateauartigen Verlauf des sd-Wertes über diesen Bereich ein unterer sd-Wert von 2 m nicht unterschritten und ein oberer sd-Wert von 5 nicht überschritten wird und die Differenz zwischen dem oberen und dem unteren Ist-sd-Wert 1 m nicht übersteigt, und bei einer mittleren Feuchte in einem Bereich (III) von 20 bis 30%, vorzugsweise 20 bis 35% einen sd-Wert aufweist, der mindestens 0,5m oberhalb des oberen Ist sd-Werts im plateauartigen Mittelbereich ist.
5. Dampfbremse nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der plateauartige Verlauf der Kurve der sd-Wert über der Feuchte innerhalb eines Bereiches (II) von 3 bis 5 m diffusionsäquivalenter Luftschichtdicke stattfindet.
6. Dampfbremse nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der Verlauf der Kurve innerhalb des im Wesentlichen plateauartigen Bereiches (II) um einen sd-Differenzwert von maximal 0,6m, bevorzugt maximal 0,4m diffusionsäquivalenter Luftschichtdicke verändert, insbesondere mit zunehmender Feuchte abnehmend vermindert.
7. Dampfbremse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die sd-Werte der Dampfbremse ab einer Feuchte von 75%, vorzugsweise einer Feuchte ab 70% und darüber kleiner 0,5m diffusionsäquivalente Luftschichtdicke betragen.
8. Dampfbremse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das die Feuchteadaptivität der Dampfbremse bestimmende Material in einer d.h. in einer einzelnen Schicht vorliegt.
9. Dampfbremse nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Material der Dampfbremse aus Polyamid mit einem beigemischten Zusatzstoff gebildet ist.
10. Dampfbremse nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das der Anteil des Zusatzstoffes am Material der Schicht 7 bis 25%, vorzugsweise 10 bis 20%, insbesondere bevorzugt 14 bis 18%, gemessen in Gewichtsprozent, beträgt.
11. Dampfbremse nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zusatzstoff durch ein modifiziertes Polyolefin, insbesondere durch ein gefropftes Polyethylenpolymer, vorzugsweise Bynel, oder durch ein Polyethylenpolyacrylsäurecopolymer, vorzugsweise Surlyn, (Markennamen von Dupont) gebildet ist.

12. Dampfbremse nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Material der Schicht zur Bildung einer im Wesentlichen homogenen Schichtstruktur aus Polyamidgranulaten und dem in Form von Granulaten vorliegendem Zusatzstoff gebildet ist, die nach Mischung zu einer folienartigen Schicht extrudiert sind.
13. Dampfbremse nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Material der Schicht zur Bildung einer im Wesentlichen homogenen Schichtstruktur aus Polyamidgranulaten und dem in Form von Granulaten vorliegendem Zusatzstoff gebildet ist, die nach Mischung zu einem Compound und Aufschmelzen des Compounds chemisch vermischt und zu Polyamid und dem Zusatzstoff enthaltendem Granulaten gebildet und schließlich zu einer folienartigen Schicht extrudiert oder geblasen sind.
14. Dampfbremse nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zusatzstoff in Form von Nanopartikeln innerhalb des Ausgangsgranulats des Zusatzstoffes vorliegt.
15. Dampfbremse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Materialschicht durch eine Folie mit einer Dicke von 40 bis 80µm, vorzugsweise einer Dicke von 50 bis 70µm gebildet ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Sd-Wertprofil



Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: E04B 1/64 (2006.01); E04B 1/62 (2006.01); E04D 12/00 (2006.01)
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: E04B 1/64 (2013.01); E04B 1/625 (2013.01); E04D 12/002 (2013.01)
Recherchierter Prüfstoﬀ (Klassifikation): E04B, E04D
Konsultierte Online-Datenbank: WPI; EPODOC; TXInn

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **22.02.2013** eingereichten Ansprüchen **1-15** erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	WO 9633321 A1 (FRAUNHOFER GES) 24. Oktober 1996 (24.10.1996) Figuren, Zusammenfassung	1-15
A	DE 202004019654 U1 (ORBITA FILM GMBH) 07. April 2005 (07.04.2005) Figuren, Zusammenfassung	1-15
A	WO 2009043515 A1 (DOERKEN ET AL.) 09. April 2009 (09.04.2009) Figuren, Zusammenfassung	1-15

Datum der Beendigung der Recherche: 09.09.2013	Seite 1 von 1	Prüfer(in): WAGNER Sascha
---	---------------	------------------------------

¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.	A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.
---	---