

Strukturanalyse und die Untersuchung des Brandverhaltens des ausgeschäumten Textils FabricFoam©

Julia Becker¹, Anouk Godelet¹ and Valmira Musliji¹

¹Frankfurt University of applied sciences, Master Sustainable Structures

In der Baubranche übernimmt der Leichtbau eine immer größer werdende Rolle. In diesem Zusammenhang wird vermehrt nach neuartigen Leichtbaumaterialien gesucht, die eine Optimierung der Bauweise ermöglichen könnten.

Auf Basis des Abstandstextils FabricFoam© soll ein textiles, multifunktionales Leichtwandelement entwickelt werden. Aktueller „best practice“-Verbund ist das Ausschäumen mit PU-Schaum.

Im Rahmen des Forschungsprojektes FabricFoam© wird das Abstandstextil in Verbindung mit verschiedenen Füllmaterialien auf seine bauphysikalischen und statischen Eigenschaften erforscht. Dafür werden folgende Materialien untersucht und miteinander verglichen: Spritzkork, 1K PU-Schaum, 2K PU-Schaum, SMX-Schaum und Textil ohne Füllung.

Es wird angenommen, dass die Füllwerkstoffe in Verbindung mit dem Abstandstextil bessere Eigenschaften aufweisen, als die Ausgangsmaterialien isoliert betrachtet.

Hauptuntersuchungspunkte sind einerseits die Struktur der neuen Verbundmaterialien, sowie das jeweilige Brandverhalten. Aufgrund der neuartigen Zusammensetzung, gibt es keine standardisierten Prüfverfahren. Bestehende Prüfverfahren sind im Vorfeld auf das neue Material zu adaptieren und anzupassen.

Anhand der ermittelten Versuchsergebnisse wird ein Datenblatt mit den Materialkenngrößen erstellt. Der qualitative Vergleich zwischen allen Materialien und deren Eigenschaften wird dadurch gewährt.

1 Einleitung

Das Themengebiet des Leichtbaus findet in vielen Bereichen wie beispielsweise der Automobilbranche oder der Luft- und Raumfahrt Anwendung. Aber auch der Hochbau schätzt die vielfältigen Vorteile, die mit der Konstruktion des Leichtbaus einhergehen. Diese sind z.B. Gewichtsreduzierung, Funktionsverbesserung und -erweiterung und neue Designmöglichkeiten.

Im Rahmen des Forschungsprojektes FabricFoam© sollen ausgeschäumte Abstandstextilien auf ihre bauphysikalischen und mechanischen Kennwerte hin getestet werden, da diesbezüglich bisher keine Daten vorliegen. Es wird untersucht, in wie weit diese für die vorgesehene Funktion als Fassadenelement geeignet sind.

Für die Versuche wurde das Abstandstextil mit drei unterschiedlichen Materialien ausgeschäumt: 1K PU-Schaum, 2K PU-Schaum und SMX-Schaum. Diese Schäume kommen aus der Bauindustrie und werden für die Abdichtung und Luftisolierung von beispielsweise Fenstern verwendet.

Daher besitzen alle drei Werkstoffe die Eigenschaft zu Quellen und anschließend auszuhärten. Sie unterscheiden sich jedoch in der Quellintensität, Färbung, Porengröße, Fließeigenschaft, Aushärtungsdauer, chemische Zusammensetzung und Steifigkeit in ausgehärteter Form.

Auch das Abstandstextil, welches ursprünglich aus dem Bereich der Matratzenindustrie stammt, wird einer neuen Funktion zugeführt. Dieses Paper beschreibt im Folgenden die Methoden zur Bestimmung des Brandverhaltens und der Struktur des Materials. Außerdem werden die Ergebnisse ausgewertet und in Zusammenarbeit mit den anderen Forschungsgruppen wird ein Datenblatt erstellt.

2 Grundlagen | Verwandte Arbeiten

Heutzutage finden geschäumte Polyurethane in der Technik ein sehr breites Anwendungsfeld. Dieses reicht von Materialien zur thermischen Isolation über Anwendungen in der Akustik bis hin zur Körperschallisolation von Maschinen und im Schienenverkehr. Die Eigenschaften von geschäumtem Material hängen neben den Eigenschaften der Polymermatrix zu einem sehr großen Teil auch von seiner Porenstruktur ab. Um Rückschlüsse, parallel verlaufender Testreihen, auf das getestete Material anstellen zu können, wurde in dieser Versuchsreihe die Struktur der Verbundmaterialien näher untersucht. Anhand der Struktur eines Stoffes lassen sich oftmals

physikalische Eigenschaften verstehen und Forschungsergebnisse besser in Verbindung setzen. Daher wurden Proben aus den mit unterschiedlichen Materialien ausgeschäumten Textil und dem frei ausgeschäumten Schaum entnommen und unter einem Nikon Eclipse LV100 Mikroskop mit 5-facher Vergrößerung betrachtet und visuell ausgewertet.

Ziel des Forschungsprojektes FabricFoam© ist die Herstellung eines alternativen, leichten Baumaterials. Materialien, die im Leichtbau eingesetzt werden, sind oftmals kritischer bezüglich des spezifischen Brandverhaltens gegenüber massiveren Baustoffen. Daher wurden die Verbundmaterialien auch auf dessen Brandeigenschaften untersucht. Da es sich um neuartige Materialien, ohne spezifische Funktion handelt, unterliegen die Versuche keinen DIN-Vorschriften. Dennoch wurde sich bei den Versuchen an denen der deutschen DIN 4102 und der europäischen DIN EN 13501 orientiert.

3 Methode | Analyse

3.1 Methode der Mikroskopie

In der folgenden Untersuchung wurden die Verbundmaterialien mittels digitaler Bildanalyse von mikroskopischen 2D-Aufnahmen untersucht. Mittels eines Nikon Eclipse LV100 Mikroskop wurden dünne Materialscheiben durchleuchtet. Basis für die bildanalytische Auswertung ist eine kontrastreiche Abbildung der Porenstruktur. Daher kam ein spezieller Polarisationsfilter zum Einsatz, wodurch die transparenten und teils stark durchsichtigen Poren gut erkennbar gemacht werden konnten. Anhand der Bildverarbeitungssoftware (NIS-Elements) wurden diese so aufbereitet, sodass durch die Verrechnung mehrerer Aufnahmen, Auswertungsmaterial mit einem sehr guten Schärfegrad hergestellt werden konnten. Bei der gesamten Testreihe liegt ein besonderes Augenmerk auf dem Vergleich des Verbundmaterials mit den Ausgangsmaterialien. Entsprechend, ging eine eingehende Untersuchung der Porenstruktur des Schaumwerkstoffes voraus. Anschließend wurden die Ergebnisse der optischen Analyse der Strukturen der ausgeschäumten Abstandstextilen untereinander und mit denen der reinen Schäume verglichen. (siehe **Abb. 1.**)

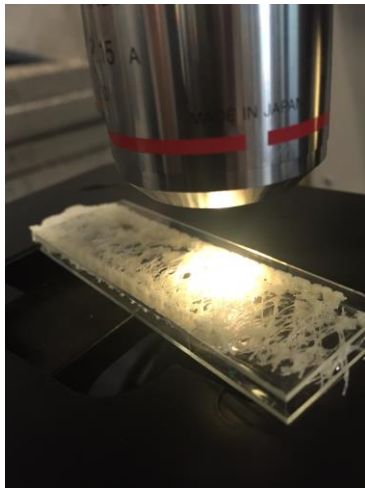


Abb. 1. Probenausschnitt Textil mit SMX

3.1.1 Ergebnisse der Mikroskopie

Bei der Betrachtung aller Proben liegt in den meisten Fällen eine homogene Zufallsstruktur von mehr oder weniger runden Poren vor. Im direkten Vergleich zeigt das mit PU-Schaum ausgeschäumte Textil, gegenüber dem mit SMX-Schaum ausgeschäumten Textil, eine gleichmäßigere Verteilung des Schaumes im Textil auf. Zudem weisen die Zellen des 1K-PU-Schaumes im Vergleich zum 2K-PU-Schaum und SMX-Schaum eine überwiegend abgerundete Form auf.

Markant ist auch, dass sich bei allen Proben der reinen Schäume eine geringere Zelldichte, als bei den Proben vom ausgeschäumten Textil bildet. Bei der genaueren Betrachtung des Verbundes der Schäume mit dem Textil an den Abstandsfasern, ist deutlich zu erkennen, dass sich der 1K-PU Schaum problemlos um die Fasern fügen, und eine homogene Struktur bildet. Wohingegen die Zellen bei dem 2K-PU und SMX-Schaum direkt an den Fasern ein verzerrtes Zellenbild aufweisen. Zudem ist bei diesen Proben ein höherer Anteil an Bruchstellen zu verzeichnen.

3.2 Methode zur Untersuchung des Brandverhaltens

Mit dem Kleinbrenner Test B2 wurden Versuchsreihen zum Brandverhalten des ausgeschäumten Abstandstextils erstellt. Die Abmessungen der Proben, die Beflammungszeit von 15 Sekunden, sowie die Flächen- und Kantenbeflammung, wurden exakt wie in der DIN 4102-1 vorgeschrieben, eingehalten. Lediglich nur drei bis vier Proben, anstatt wie verlangt fünf, wurden getestet.

3.2.1 Ergebnisse der Brandnachweise

Bei der Prüfung im Brennkasten, welche nach der DIN 4102-1 durchgeführt wurde, erfüllten alle Proben die Anforderungen der Klasse B2.

Die Entzündungszeitpunkte sämtlicher Testversuche der Verbundmaterialien, lagen im Durchschnitt, hinsichtlich der Flächenbeflammung, bei acht Sekunden und der Kantenbeflammung bei drei Sekunden. Bei der Kantenbeflammung liegt die durchschnittliche Flammhöhe bei 10 cm. Die maximale Grenze von 150 mm wurde bei keiner Probe überschritten.

Demgegenüber fallen die Ergebnisse beim reinen Textil (siehe **Abb. 1.**) oder Schaum (siehe **Abb. 3.**), bezüglich der Entzündbarkeit und Flammhöhe, deutlich schlechter aus. Besonderes Merkmal ist sicherlich auch das brennende Abtropfen bzw. dass das Textil an der Hitzequelle wegschmilzt.

Der SMX-Schaum ist, verglichen mit den anderen Schäumen, allerdings kritischer zu betrachten. Nicht nur die Entwicklung einer größeren Flamme, sondern auch die längere Nachbrenndauer und schnellere Entflammbarkeit begründen dies.



Abb. 1. Verbundmaterial

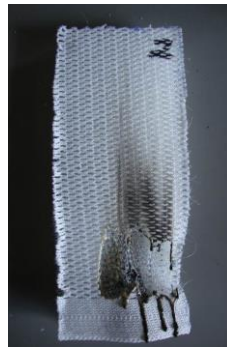


Abb. 2. reines Textil



Abb. 3. reiner SMX-Schaum

4 Ergebnisse | Ergebnisdiskussion

Grundsätzlich wurde festgestellt, dass das Porenbild beim ausgeschäumten Textil wesentlich kleiner ist. Die Ausbildung der Zellstruktur erscheint im Verbund gedrungener, als die der isoliert betrachteten Ausgangsmaterialien. Es zeigte sich, dass mit zunehmendem Druck die Zellen immer runder wurden. Dies ist deutlich zu erkennen in dem Längen- zu Breitenverhältnis der Einzelporen. Auffallend sind auch die vermehrten Bruchstellen in den Zellstrukturen.

Außerdem weisen alle Schäume eine sehr gute Haftbarkeit an den Fasern auf.

Bei den Brandversuchen bestand der Schaum beinzeln, als auch im Verbund mit dem FabricFoam©, den B2-Test nach DIN 4102 bei der

Flächenbeflammung als auch bei der Kantenbeflammung. Im direkten Vergleich zeigt das Verbundmaterial jedoch bessere Eigenschaften. Wo der SMX Schaum bei der B2-Prüfung noch mit dem Zusatz „brennend abtropfend“ abschloss, weißt das Verbundmaterial diese Eigenschaft nichtmehr auf. Nach DIN 4102 sind alle Schäume auch im Verbund weiterhin in die BK2 einzuordnen. Im Durchschnitt weist das Verbundmaterial bessere Eigenschaften auf, als die einzelnen Komponenten isoliert betrachtet.

4 Zusammenfassung | Ausblick

Das Verbundmaterial FabricFoam©, wurde visuell auf seine Struktur unter dem Mikroskop analysiert, sowie auf das Brandverhalten getestet und dokumentiert.

Das hier vorgestellte Verfahren basiert auf der mikroskopischen Analyse eines ebenen Schnittes. Auf Grund fehlender Werkzeuge, war es nicht möglich einen geraden Schnitt des Materials zu gewährleisten.

Des Weiteren konnten die Ränder des Verbundmaterials nicht unter dem Mikroskop betrachtet werden. Sie wiesen eine sehr dichte Struktur auf, die mit den vorhandenen Werkzeugen nicht erfasst werden konnte.

Wir empfehlen die Untersuchung der Randbereiche mithilfe eines dafür geeigneten Mikroskops.

Ein weiteres kritisches Problem, könnte die Optimierung der Probenherstellung sein. Die manuelle Anfertigung ist sehr aufwendig und ungenau. Außerdem kann durch diese Methode nicht gewährleistet werden, dass alle Proben unter den gleichen Bedingungen hergestellt werden.

Aus ökologischer Sicht, empfehlen wir noch weitere Ausgangsmaterialien, die in dieser Hinsicht besser einzustufen sind, im Verbund mit dem FabricFoam©, zu testen. Korkschaum, Holzschaum, Pilzhartschaum können hierfür verwendet werden.

Trotz der guten Ergebnisse der Brandversuche, sollte eine weitere Testreihe nach dem FAR-Verfahren durchgeführt werden. Hier sahen wir das Textil in Kombination mit dem SMX-Schaum als sehr kritisch an, weil dieser brennend abtropfte.

Ein Brandnachweis mit den vorgegebenen Randbedingungen, wie z.B. die Probengröße, sollte dabei dringend eingehalten werden.

ANHANG 1 – HERSTELLUNG PROBEN

HERSTELLUNG DER PROBEN

In der Testreihe sollen die biophysikalischen Eigenschaften analysiert werden. Um eine Vergleichbarkeit und Verknüpfung der Eigenschaften zu gewährleisten ist die Verwendung von einheitlich geschäumter FabricFoam© Teststücken essentiell. Bereits in vorherigen Testreihen stellte die homogene Ausschäumung des Textils ein Hauptproblem dar. So wurde in den ersten Versuchen das Textil freiausgeschäumt. Die so ausgeschäumten Textilien wiesen jedoch zu starke Unterschiede in dem Ausschäumungsgrad auf. Schaum nimmt immer den Weg des geringsten Widerstandes. Daher wurden erneut Proben hergestellt, bei denen die Proben mithilfe einer Schalung ausgeschäumt wurden. Dadurch konnte ein unkontrolliertes Ausschäumen außerhalb des Textils vermieden werden.

GETESTETE SCHÄUME

1K PU-Schaum

Der Einkomponenten-Montageschaum wird in der Regel als Ortschaum im Bauwesen zur Abdichtung, Isolierung und Dämmung verwendet.

Beim Ausschäumen reagiert das Polyurethan mit weiteren Komponenten, die sich in der praxisbewährten Dose befinden, mit der Luftfeuchtigkeit, oder der Feuchtigkeit des Untergrundes.

Bei dieser Reaktion wird Kohlendioxid gebildet, welches den Schaum aufquillen lässt.

Auffallend ist dabei die sehr klebrige Eigenschaft des 1K PU-Schaums. Daher eignet er sich sehr gut zur Montage von Türzargen, Fenstern usw. Nach ca. 10 Minuten wird dieser klebefrei und kann nach weiteren 40-50 Minuten geschnitten werden. Seine volle Belastbarkeit erhält der Schaum schon nach fünf Stunden aushärten.

2K PU-Schaum

Im Vergleich zum 1K-PU-Schaum, benötigt der Zweikomponenten Polyurethanschaum (2K) zur Aushärtung keine Feuchtigkeit, erzielt eine höhere Festigkeit und härtet schneller aus. Vor Gebrauch werden durch ein Dehnen an der Dose und heftiges Schütteln werden die zwei Hauptkomponenten gemischt. Durch diese chemische Reaktion härtet der Schaum nach dem Aussprühen unter Entwicklung von Abwärme schneller aus.

SMX Schaum

Dieser selbstexpandierende Schaum ist neu in Deutschland. Analog klassischer PU-Schäume ist dieser Schaum auch selbstexpandierend und für das Dämmen und Füllen von Löchern, Hohlräumen geeignet. Der Unterschied zu klassischen PU-Schäumen ist, dass der SMX-Schaum kein gesundheitsgefährdendes Isocyanat (0%) enthält. Somit gibt es keine Risiken bei Hautkontakt. Der Schaum kommt aus der Bauindustrie und wird hauptsächlich zum Abdichten von Fugen verwendet.

SMX® Schaum ist nach Aushärtung elastisch, wesentlich weicher als klassische PU-Schäume.

Herstellerangaben Soudal

Spritzkork

Dieses Material ist ein einkomponentiger, lösungsmittelfreier Isolierstoff auf Basis einer Acryldispersion und Korkgranulat. Es ist ein hochwertiges Alternativprodukt auf Naturbasis zu den üblichen Abdichtungsschäumen in der Bauindustrie, das bei der Aushärtung keine chemischen Substanzen freisetzt.

AUSSCHÄUMUNG

Mit Hilfe von OSB-Platten wurde eine Schalung angefertigt, in der bereits das passgerechte Textil mit Schnittlöchern eingelegt ist. Diese Schalung besaß in regelmäßigen Abständen, einseitig Einspritzlöcher, durch den der Schaum in immer gleichlangen Intervallen hineingespritzt wurde. Die Einspritzdauer wurde empirisch auf 5 Sekunden festgelegt. Um ein Anhaften der Schäume an die Schalung zu vermeiden wurden die Schalungsinenseiten mit einer eingeölkten Folie ausgelegt.

Der Einkomponenten-Montageschaum wies im Vergleich zum SMX einen größeren Ausbreitungsradius vor. Daher konnte die Einspritzdauer pro Loch, von sieben Sekunden auf fünf Sekunden reduziert werden.

Nach ca. 10 – 15 Minuten Erhärtung, wurde das entstandene Verbundmaterial aus der Schalung entnommen. Mit Hilfe der Folien, ließen sich die Muster problemlos aus der Schalung entfernen. Schon nach 24 Stunden Trocknung an der Luft, konnten die vollständig ausgehärteten Materialien in die für unseren Versuch bestimmten Maße zurechtgeschnitten werden.



Abb. 1 Löcher werden in Textil geschnitten


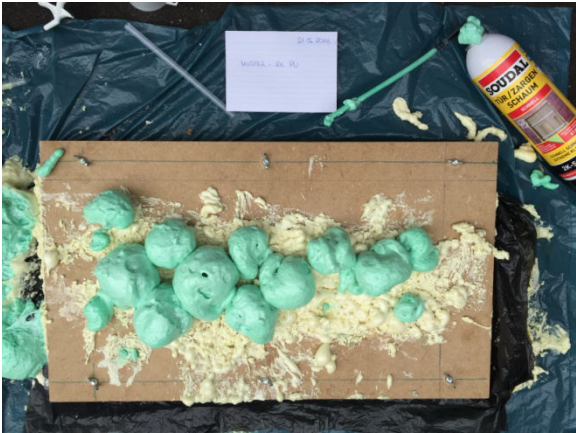


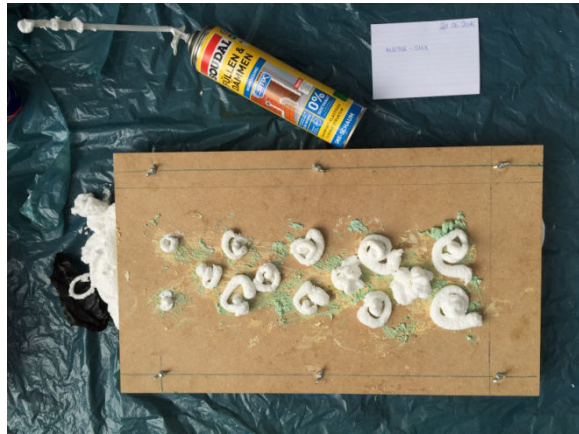
Abb. 2 Schaum in die Löcher einspritzen



Abb. 3 Gespritzter Schaum quillt aus Löchern

VERGLEICH DER SCHÄUME

	<p>1K – PU -Schaum</p> <p>Auf dem nebenstehenden Bild ist die Intensität der Quellreaktion deutlich sichtbar.</p> <p>Im Vergleich zu den anderen getesteten Schäumen ist klar erkennbar, dass der 1K PU-Schaum ein deutlich größeres Volumen einnimmt, als der 2K-PU-Schaum oder der SMX-Schaum. (Siehe dazu, Bilder unten)</p> <p>In Verbindung mit dem Abstandstextil, entwickelt der gelbliche Schaum eine mäßige Stabilität und weist selbst ausgehärtet ein gewisses Maß an Flexibilität auf.</p>
	<p>2K – PU -Schaum</p> <p>Beim herstellenden der Probe des 2K-PU-Schaum fällt nicht nur die besonders blaue Färbung des Schaumes auf, sondern dass dieser beim Ausschäumen warm wird. Dies ist sicherlich auf die chemische Reaktion von 2 Stoffen zurückzuführen.</p> <p>Im Vergleich zu den anderen getesteten Schäumen weist der 2K PU-Schaum die kürzeste Aushärtungsdauer und die höchste Festigkeit auf. Bereits beim Ausschäumungsprozess wies der Schaum eine zähflüssigere Materialität auf, weshalb er sich schwerfälliger in dem dicht gewebten Textil verteilen ließ. Aufgrund dieser Eigenschaft wurde im Vergleich zu den anderen Schäumen mehr Schaummasse für die gleiche Menge Probenmaterial benötigt.</p>



SMX-Schaum

Auf dem nebenstehenden Bild ist deutlich erkennbar, dass der Schaum im Vergleich zu den PU-Schäumen weniger intensiv nachquillt. Diese Eigenschaft führte dazu, dass das Abstandstextil bei diesen Proben nicht an allen Stellen über die volle Textilhöhe ausgeschäumt war.

Zudem ist der Schaum nach Aushärtung elastisch, wesentlich weicher als die getesteten PU-Schäume. Im direkten Vergleich zu den PU-Schäumen, wies der SMX-Schaum eine stark geringere Klebeeigenschaft während der Verarbeitung auf.



Spritzkork

Der Spritzkork weist eine relativ grobe Körnung bei der Verarbeitung auf. Aufgrund dieser Eigenschaft ließ sich das Material nicht in das feinmaschige Abstandstextil einbringen. Daher konnten die Testungen mit dem Spritzkork nicht durchgeführt werden.

ANHANG 2 – STRUKTUR

METHODE

Die Proben wurden mit einer Kreissäge mittig aus dem Testmaterial entnommen. Bei den reinen Schaummaterialien konnten die Proben problemlos auf eine Stärke von 2mm und eine Länge von 10 cm geschnitten werden. Problematischer war die Herstellung der Proben des ausgeschäumten Verbundmaterials FabricFoam©, das sich aufgrund der einzelnen Fasern schwieriger und ungenauer schneiden lies.

- Schaum in reiner Form (ausgeschäumt in der Schalung)
- Schaum in Verbindung mit dem Abstandstextil (ausgeschäumt in der Schalung)

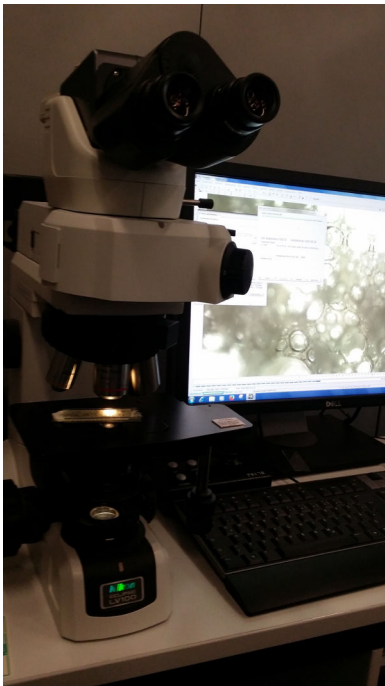


Abb. 1 Nikon Eclipse LV100 Mikroskop

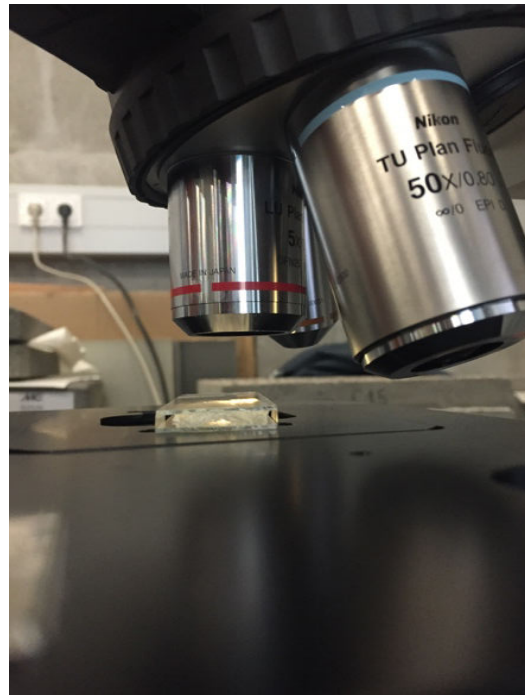
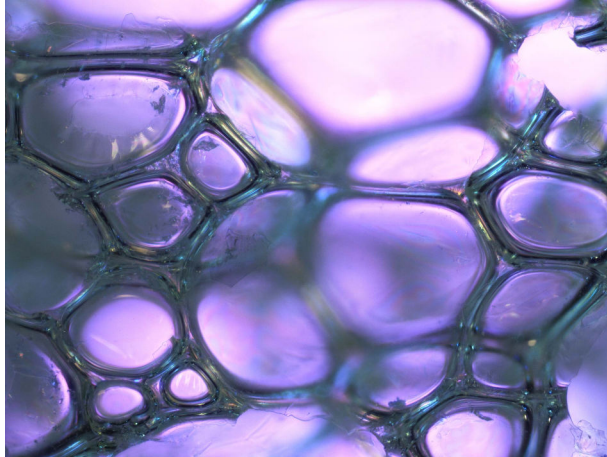


Abb. 2 5-fach Vergrößerung

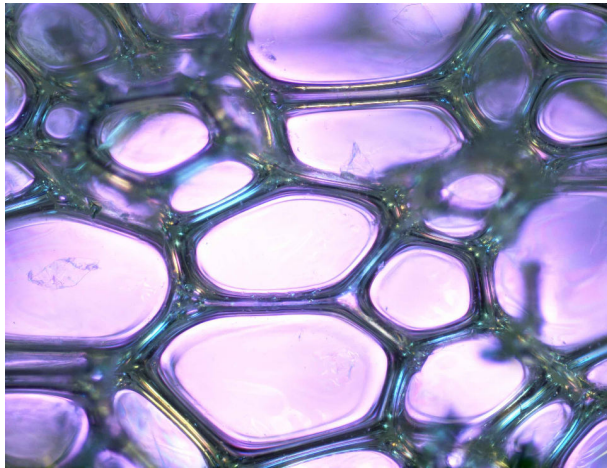
ERGEBNISSE

Die folgenden Ergebnisse konnten mit dem Programm NIS-Element-D durch 5-fach Fokussierung am Mikroskop festgestellt.



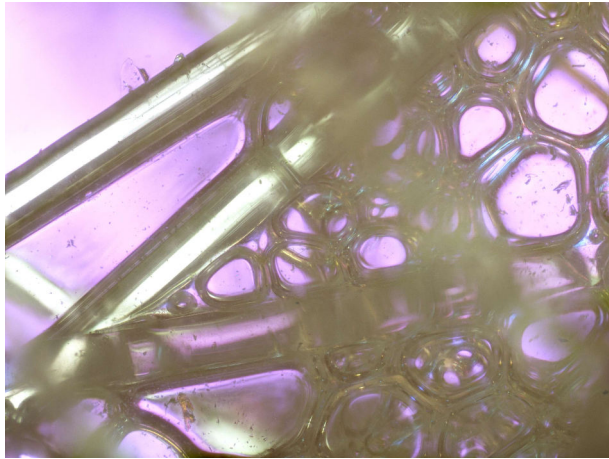
1K PU-Schaum (ausgeschäumt in Schalung)

Die einzelnen Poren des Schaumes haben überwiegend eine abgerundete Form, die jedoch in ihren Größen eine Unregelmäßigkeit aufweisen. Einige Poren sind stark ausgeweitet, sodass die Stabilität der Porenstege nachlässt und vereinzelt Brüche in der Struktur entstehen. Daraus lässt sich die mäßige Flexibilität nach der Aushärtung herleiten.



Die Stege der Porenansammlungen variieren in ihrer Breite nur sehr gering, so dass diese Unterschiede kaum erkennbar sind. Es ist auszuschließen, dass die Stegbreite sich den Porengrößen anpasst. Des Weiteren war bei der 50-fachen Fokussierung zu erkennen, dass die Stege keinen Vollkörper bilden. Es sind hohle Stege aus einer hauchdünnen Ummantelung.

Auch im Vergleichsbild weist, die doch intakte Struktur des Schaums, an einigen Stellen Porosität auf. Das starke und vor allem schnelle Aufquellen des Schaums, kann ein Zeichen für die immer wieder aufkehrenden Bruchstellen sein.

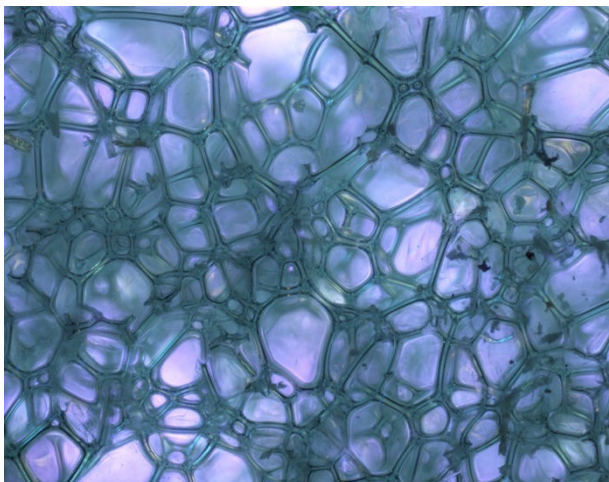
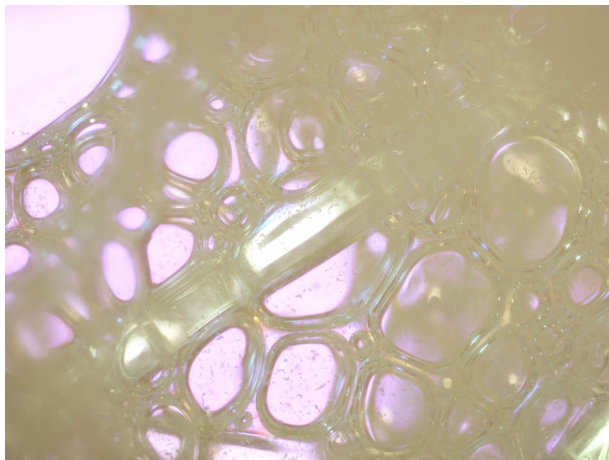


1K PU-Schaum mit Textil (ausgeschäumt in Schalung)

Bei näherer Betrachtung des Verbundmaterials, lässt sich die intakte Struktur des Schaums feststellen. Im Vergleich zum reinen Montageschaum, sind in denen uns vorliegenden Ausschnitten, keine Bruchstellen in der Anordnung der Poren zu sehen. Auch die Größenunterschiede der Poren sind nicht so auffallend, wie vorab beschrieben.

Sie unterscheiden sich in ihren Größen nur sehr gering. Die Durchdringung der einzelnen Kunststofffasern, stellt kein Hindernis für den Schaum da. Er schmiegt sich problemlos um diese und bildet eine homogene Struktur.

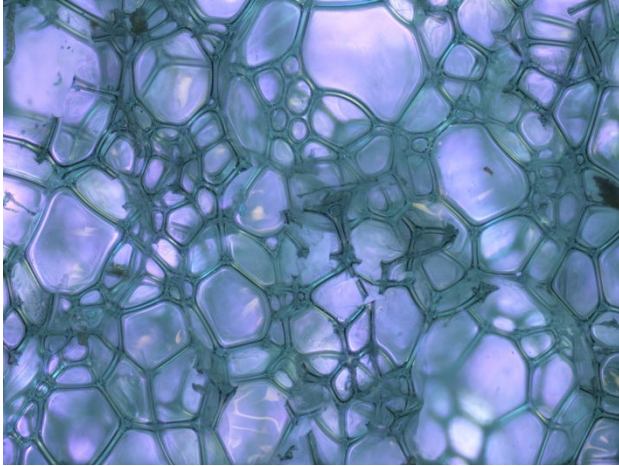
Deutlich zu erkennen ist jedoch, dass sich der Schaum nicht vollflächig verteilt. Es entstehen mittelgroße aber auch größere Poren. Dies könnte damit zu tun haben, dass der Schaum sich eine stabile Fläche zum Haften sucht, welche hier die Fasern darstellen.



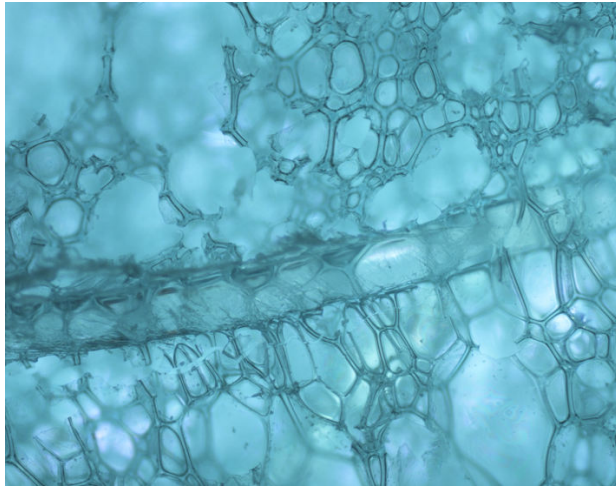
2K PU-Schaum (ausgeschäumt in Schalung)

Das Material zeigt eine typische schaumstoffartige Struktur auf, maßgeblich hierfür ist eine wabenähnliche Porenbildung die von einer hauchdünnen Ummantelung umgeben ist.

Die einzelnen Poren des 2K-PU-Schaums haben überwiegend eine kantige Form, die in ihren Größen eine Unregelmäßigkeit - eine Art Sammlungspunkte - aufweisen. Es handelt sich hierbei um einen geschlossenzelligen Schaumstoff, d.h. die Wände zwischen den einzelnen Zellen sind komplett geschlossen.



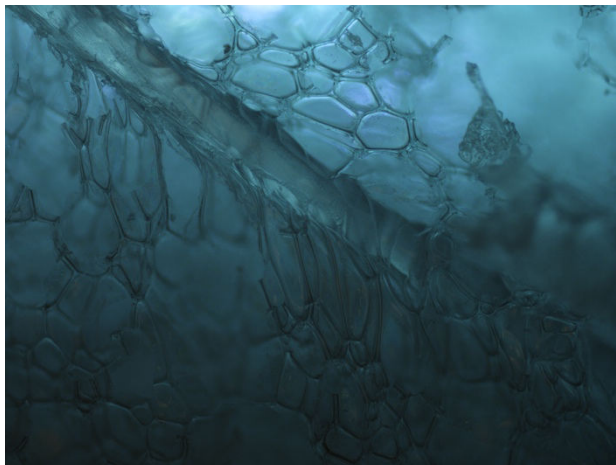
Bei einigen Poren sind vereinzelt Bruchstellen erkennbar. Dies lässt auf das starke und schnelle Aufquellen sowie einer schnellen Festigkeit nach der Aushärtung herführen.

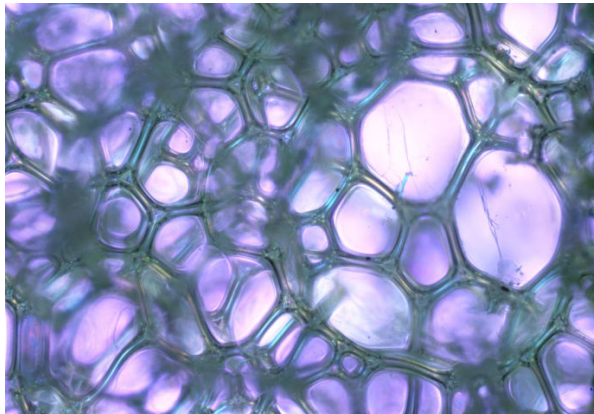
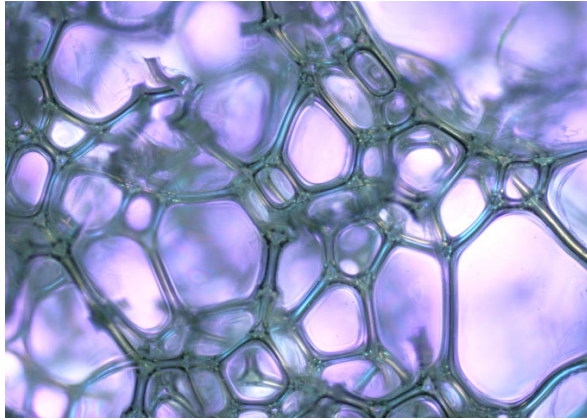


2K PU-Schaum mit Textil (ausgeschäumt in Schalung)

Wie oben beschrieben, bildet sich eine typische schaumstoffartige Struktur und unterschiedlich große Poren haben sich gebildet.

Erkennbar hier ist vor allem, dass oberhalb der Faser die Poren „gleichmäßig“ kantig sind. Unterhalb der Faser verzerrern sich diese und zeigen viele Bruchstellen auf. Dies ist möglicherweise auf den Druck der Ausschäumung zurückzuführen und die Poren sich hier nicht so weit entfalten konnten. Ein dichteres, jedoch nicht mehr geschlossenes Zellenbild ist hier ablesbar.

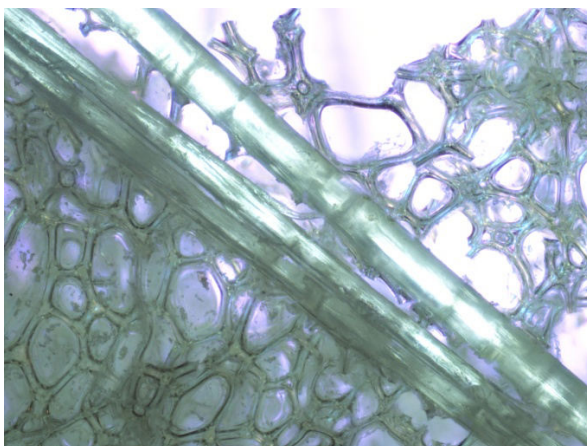
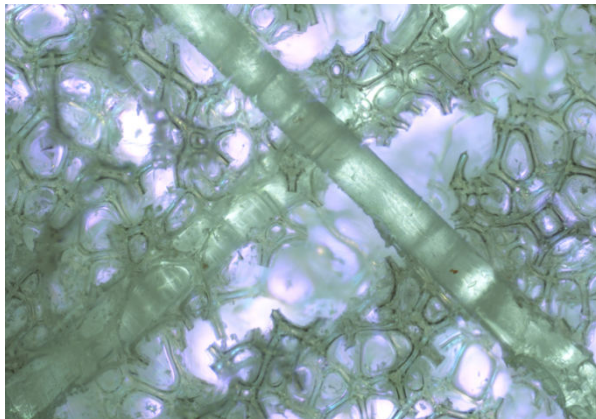




SMX-Schaum (ausgeschäumt in Schalung)

Das Material zeigt eine typische schaumstoffartige Struktur auf, Maßgeblich hierfür sind die von einem Grundmaterial eingeschlossenen Hohlräume, die sich bei dem SMX Schaum klar ausgebildet haben.

Es handelt sich hierbei um einen geschlossenzelligen Schaumstoff, d.h. die Wände zwischen den einzelnen Zellen sind komplett geschlossen.



SMX-Schaum mit Textil (ausgeschäumt in Schalung)

Wie oben beschrieben bildet sich eine typische schaumstoffartige Struktur.

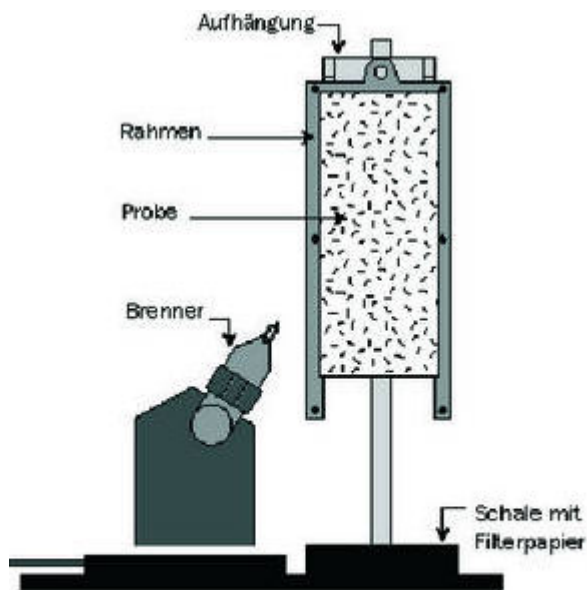
Durch die Ausschäumung im Textil ist jedoch klar erkennbar, dass sich die Poren nicht so weit entfalten können. Es entsteht ein dichteres Zellenbild, welches durch die Fasern des Fabric Foam© unterbrochen werden. Des Weiteren wurden an alle untersuchten Proben Bruchstellen in der Zellenstruktur festgestellt. D.h. ein geschlossenes Zellenbild ist nicht mehr vorhanden.

ANHANG 3 - BRANDVERHALTEN

METHODE

Der Brandschutz spielt im Bauwesen eine große Rolle. Der reine Schaum ist normal entflammbar. Ziel dieser Versuchsreihe ist es, das Brandverhalten der unterschiedlichen Schäume (1K PU-Schaum, 2K PU-Schaum und SMX-Schaum) in Verbindung mit dem Abstandstextil zu testen.

Kleinbrenner Test nach DIN 4102 B2



Das Brandverhalten nach DIN 4102 zum Einfordern der Brandklasse der ausgeschäumten FabricFoam© Proben, wurde in dem Brandversuchslabor der Firma Exova in Frankfurt Höchst durchgeführt. Die deutsche Norm wird hauptsächlich zur Beurteilung des Brandverhaltens von Baustoffen herangezogen. Danach wird unterteilt in nicht brennbare (**Klasse A1 und A2**) und brennbare (**B1, B2, B3**) Materialien.

Damit das Material den Test besteht und in die **Klasse B2 "normal entflammbar"** nach DIN 4102-1 eingestuft werden kann, soll die Flammaustreibung - nach Entfernen der Zündquelle – innerhalb von 20 Sekunden unter der max. Flammhöhe von 150 mm liegen.

Kleinbrenner (B2)

Abb. 1 <http://www.hs-schaumstoff.de/informationen/technische-informationen/brandmethoden.html>

Bei der Prüfung, im sogenannten Kleinbrenner Test, wird das Brandverhalten mittels der Flächen- und Kantenbeflammung nachgewiesen. Der Probekörper wird vertikal aufgehängt (190 x 90 mm) und 15 Sekunden lang einer 20 mm hohen Flamme, 4 cm oberhalb der Probenunterkante, ausgesetzt. Dafür werden jeweils 5 Proben getestet, wobei bei keiner der 5 Proben eine max. Flammhöhe von 150 mm erreicht werden darf. Nach Entfernen der Zündquelle werden Nachbrenndauer, Flammhöhe und Zerstörungsgrad der Oberfläche gemessen. Der Nachweis wird, nach dem in der DIN 50 050 beschriebenen Brandversuch, an einem Brennkasten durchgeführt.

Zusätzlich können die Materialien auf deren Verhalten bei Kantenbeflammung nach der DIN 4102 getestet. Die Kante eines Materials ist in der Regel anfälliger in Bezug auf das Brandverhalten und stellt daher eine noch kritischere Prüfung des Materials dar.

Für die Prüfungen wurden je Ausführung 3-4 Proben - 190 mm x 90mm – für die Kantenbeflammung sowie für die Flächenbeflammung hergestellt. Alle Prüfungen erfolgten in freihängender Anordnung.

FAR 25.853

Das FAR- Standard Verfahren wird für die Ausstattungen von Linienflugzeugen, Privatjets oder Sportmaschinen durchgeführt und ist eine amerikanische Testmethode. Hierbei wird der Probekörper, in Abhängigkeit des Anwendungszweckes, entweder 12 Sekunden oder 60 Sekunden mit einer Bunsenbrenner Flamme (800 C°) vertikal beflammt. Die Flamme muss nach 15 Sekunden selbst verlöschen und darf sich nicht weiter als 203 mm ausbreiten.

Bei dieser Prüfung wurden die Probekörper - 190 x 90 mm - vertikal aufgehängt. Anderes als beim FAR Standard-Verfahren, wurde jede Probe während 30 Sekunden (nicht 12 oder 60 Sek) beflammt.

ERGEBNISSE

B2 Test nach DIN 4102

Die folgenden Ergebnisse, welche anhand des Kleinbrenntest nach DIN 4102 B2 durchgeführt wurden, sehen wie folgt aus. Jeder Test wurde mittels 3-4 Proben durchgeführt.



1K PU-Schaum mit Textil (ausgeschäumt in Schalung)

Der 1K PU-Schaum wurde vom Hersteller bereits auf dessen Brandverhalten getestet und mit der Brandklasse B2 nach DIN 4102 deklariert.

Die Endzündungszeitpunkte der Testversuche lagen bei der Flächenbeflammung im Durchschnitt bei 11 Sekunden und bei der Kantenbeflammung bei ungefähr 3 Sekunden. Nach bereits wenigen Sekunden erlosch, die im Vergleich zum SMX, eher geringe Flamme von selbst.

Die Kantenbeflammung ist hierbei kritischer zu betrachten, da diese im direkten Vergleich zur Flächenbeflammung, eine durchschnittliche Kantenhöhe von 9 cm erreicht. Auch durch eine stärkere Flammenbildung und längere Nachbrennzeit, werden die vorgeschriebenen 150 mm nicht erreicht. Die Beflammung der Vorder- und Rückseite hatte keinen Einfluss auf das Brandverhalten, welches keine Auffälligkeiten.

Somit wird der Einkomponenten-Montageschaum einzeln und im Verbund mit dem FabricFoam© in die Brandschutzklasse B2 eingestuft und ist, in Betrachtung auf das Brandverhalten, für den Einsatz im Bauwesen geeignet.



2K PU-Schaum mit Textil (ausgeschäumt in Schalung)

Der 2K PU-Schaum wurde vom Hersteller bereits auf dessen Brandverhalten getestet und mit der Brandklasse B2 nach DIN 4102 deklariert.

Ähnlich wie beim 1K PU-Schaum liegen die Endzündungszeitpunkte der Testversuche bei der Flächenbeflammung im Durchschnitt bei 8 Sekunden und bei der Kantenbeflammung bei 3 Sekunden. Nach bereits wenigen Sekunden erlosch die eher geringintensive Flamme von selbst.

Die Kantenbeflammung erreicht hier, genau wie beim Einkomponentenschaum eine durchschnittliche Kantenhöhe von 9 cm, wodurch die 150 mm nicht erreicht wurden.

Somit wird der Schaum einzeln als auch im Verbund mit dem Abstandstextil in die Brandschutzklasse B2 eingestuft. Das Produkt ist, hinsichtlich des Brandverhaltens, für den Einsatz im Bauwesen geeignet,

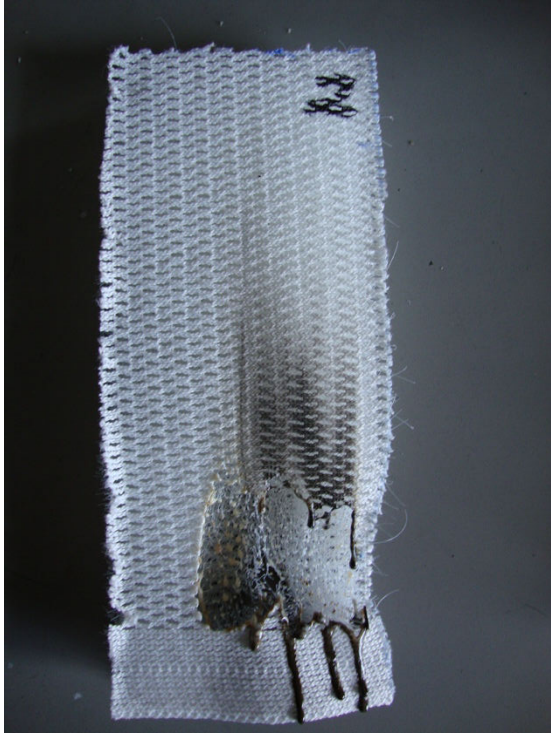


SMX-PU-Schaum mit Textil (ausgeschäumt in Schalung)

Der SMX-Schaum wurde vom Hersteller bereits auf dessen Brandverhalten getestet und mit der Brandklasse B2 nach DIN 4102 deklariert.

Entsprechendes Ergebnis liefert auch die Testung im Brandlabor. Der Schaum bestand demnach einzeln als auch im Verbund mit dem FabricFoam© den B2-Test nach DIN 4102 bei der Flächen- und Kantenbeflammung. Im direkten Vergleich zeigt das Verbundmaterial jedoch bessere Eigenschaften. Bei der B2-Prüfung, wo der SMX-Schaum mit dem Zusatz „brennend Abtropfend“ nicht so gut abschloss, weißt das Verbundmaterial diese Eigenschaft nicht mehr auf.

Dieses Produkt ist, in Betrachtung auf das Brandverhalten, für den Einsatz im Bauwesen geeignet.



Nur Textil

Anders als im Verbund, fallen die Ergebnisse bei der Flächen- und Kantenbeflammung des Textils nicht so gut aus.

Besonderes Merkmal ist sicherlich das brennende Abtropfen bzw. dass das Textil an der Hitzequelle schmilzt.

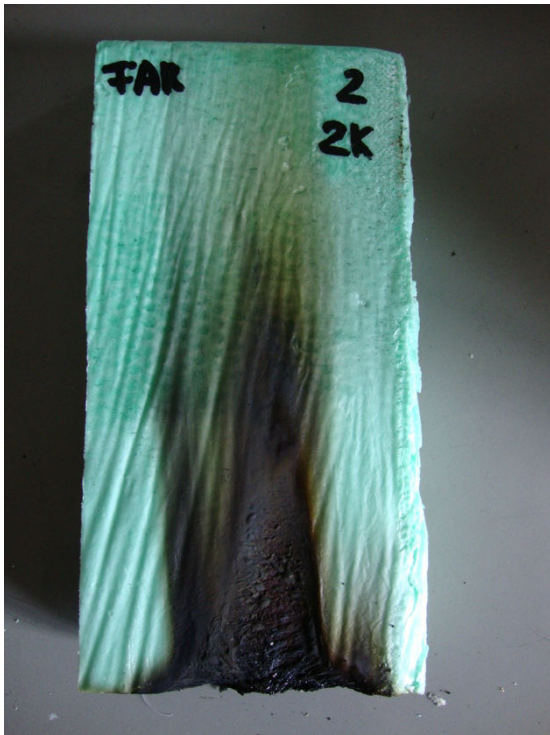
Vertikaltest nach FAR-Standard



1K PU-Schaum mit Textil (ausgeschäumt in Schalung)

Das Verbundmaterial weist hier ein gutes Brandverhalten auf.

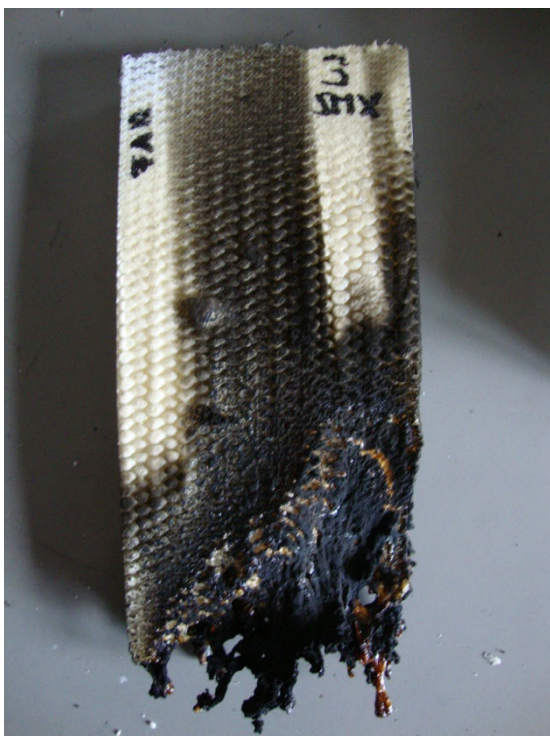
Das Textil entzündete sich durch die Bunsenbrenner Flamme bereits nach einer Sekunde und brannte deutlich länger nach als bei der B2-Prüfung. Durch die Benutzung eines Bunsenbrenners, der deutlich mehr Energie aufweist als eine kleine Streichholzflamme, der überwiegend für die Flugzeugindustrie genutzt wird, abgibt.



**2K PU-Schaum mit Textil
(ausgeschäumt in Schalung)**

Das Verbundmaterial zeigt, genau wie im oberen Test, auf ein gutes Brandverhalten hin.

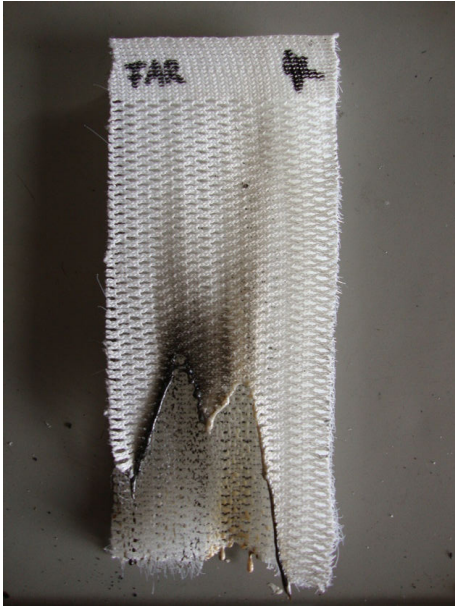
Das Textil entzündete sich durch die Bunsenbrenner Flamme bereits nach einer Sekunde und brannte deutlich länger nach als bei der B2-Prüfung. Bei der Kantenhöhe wurden 10 cm erreicht – ähnlich wie beim B2 Test.



**SMX-Schaum mit Textil
(ausgeschäumt in Schalung)**

Anders als bei beiden oben beschriebenen Proben, erzielt dieses Verbundmaterial ein deutlich schlechteres Brandverhalten.

Das Textil entzündete sich durch die Bunsenbrenner Flamme bereits nach zwei Sekunden und musste nach einer Minute gelöscht werden. Eine erreichte Kantenhöhe von 16 cm, eine grau/schwarze Rauchentwicklung und stark brennendes Abtropfen verdeutlichen ein eher negatives Brandverhalten.



Nur Textil

Wie bereits bei der B2-Prüfung festgestellt wurde, gibt es ähnliche Ergebnisse auch bei diesem Versuch.

Generell ist festzulegen, dass alle drei Schäume in Verbindung mit dem Abstandstextil FabricFoam© ein besseres Brandverhalten aufweisen als vergleichsweise das Ausgangsmaterial alleine. Somit führt das Ausschäumen des Textils zu einer Verbesserung der Brandeigenschaften und macht dieses widerstandsfähiger. Der SMX-Schaum ist gegenüber den anderen Schäumen bezüglich des Brandverhaltens kritischer zu betrachten. Nicht nur die Entwicklung einer größeren Flamme, sondern auch die längere Nachbrenndauer und schnellere Entflammbarkeit begründen dies.

Bei der Prüfung im Brennkasten welche nach der DIN 4102-1 durchgeführt wurde, erfüllten alle Proben die Anforderungen der Klasse B2. Brennendes Abtropfen/Abfallen trat bei den jeweiligen Prüfungsreihen nur bedingt auf. Die Beflammung der Vorder- oder Rückseite hatte keinen Einfluss auf das Brandverhalten. Alle Schäume, in ihrer reinen Form, erreichten bei der Entzündbarkeit bei einer Kanten- oder Flächenbeflammung mit einer kleinen Flamme (Streichholz) das begrenzte Maß nicht. Aus den oben genannten Gründen können diese in die Baustoffklasse B2, als ein normal entflammbarer Baustoff, eingestuft und somit im Bauwesen verwendet werden.



Abb. 2 Brennkasten B2 Prüfung



Abb. 3 FAR Bunsenbrenner-Prüfgerät

Prüfung nach DIN 4102 B2 Nachweis

Beflammungsdauer = 15 Sekunden

Verhalten	Flächenbeflammung			Kantenbeflammung			
	Probe Nr. 1	Probe Nr. 2	Probe Nr. 3	Probe Nr. 1	Probe Nr. 2	Probe Nr. 3	Probe Fun
Entzündungszeitpunkt [s]	12 sec	12 sec	10 sec	3 sec	3 sec	2 sec	3 sec
Erreichen der Messmarke [150mm] innerhalb 20 Sekunden	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja
Selbstverlöschen der Flamme	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein
Nachbrenndauer (nach 15 sec Beflammung)	1 sec	1 sec	1 sec	4 sec	4 sec	0 sec	
max. Flammhöhe [mm]	5 cm	5 cm	6 cm	9 cm	9 cm	9 cm	
Rauchentwicklung (visueller Eindruck)	gering	gering	gering	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig
Brennendes Abfallen bis 20 Sekunden Zeitpunkt [s]	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Bemerkung				nach 20sec = 2sec Nachbrennzeit			

Verhalten	Flächenbeflammung			Kantenbeflammung			30 sec
	Probe Nr. 1	Probe Nr. 2	Probe Nr. 3	Probe Nr. 1	Probe Nr. 2	Probe Nr. 3	Probe Nr. 4
Entzündungszeitpunkt [s]	7 sec	13 sec	3 sec	3 sec	2 sec	3 sec	3 sec
Erreichen der Messmarke [150mm] innerhalb 20 Sekunden	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Selbstverlöschen der Flamme	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Nachbrenndauer (nach 15sec Beflammung)	15 sec	0 sec	0 sec	1 sec	4 sec	2 sec	4 sec
max. Flammhöhe [mm]	8cm	4cm	12cm	8cm	10cm	10cm	
Rauchentwicklung (visueller Eindruck)	gering	gering / schwarz	gering	gering	mäßig	gering	mäßig - innen weißen, außen schwarz
Brennendes Abfallen bis 20 Sekunden Zeitpunkt [s]	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Kommentare			mit Schaum bedeckt			mit Schaum bedeckt	

SMX-Schaum	Flächenbeflammung				Kantenbeflammung			
	Probe Nr. 1	Probe Nr. 2	Probe Nr. 3	Probe Nr. 4	Probe Nr. 1	Probe Nr. 2	Probe Nr. 3	Probe Nr. 4
Verhalten								
Entzündungszeitpunkt [s]	6 sec	3 sec	6 sec	4 sec	4 sec	2 sec	2 sec	sec
Erreichen der Messmarke [150mm] innerhalb 20 Sekunden	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Selbstverlöschen der Flamme	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Nachbrenndauer (nach 15sec Beflammung)	3 sec	0 sec	1 sec	1 sec	3 sec	6 sec	5 sec	5 sec
max. Flammhöhe [mm]	7 cm	7 cm	7 cm	6 cm	11 cm	12 cm	13 cm	14 cm
Rauchentwicklung (visueller Eindruck)	gering	gering	gering	gering	gering/mittel	mittel	mittel (schwarz/weiß)	mittel
Brennendes Abfallen bis 20 Sekunden Zeitpunkt [s]	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Kommentare		Probenrückseite	mit Schaum bedeckt	Probenrückseite		mit Schaum bedeckt		

nur Textil	Kantenbeflammung			Flächenbeflammung			nur Schaum		
	Probe Nr. 1	Probe Nr. 2	Probe Nr. 3	Probe Nr. 1 (1K-PU)	Probe Nr. 2 (2K-PU)	Probe Nr. 3 (SMX)	Probe Nr. 1 (1K-PU)	Probe Nr. 2 (2K-PU)	Probe Nr. 3 (SMX)
Verhalten									
Entzündungszeitpunkt [s]	2 sec	10 sec	10 sec (schmelzen nach 4)	0 sec	0 sec	0 sec	0 sec	0 sec	0 sec
Erreichen der Messmarke [150mm] innerhalb 20 Sekunden	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Selbstverlöschen der Flamme	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Nachbrenndauer (nach 15sec Beflammung)	3 sec	0 sec	1 sec	0 sec	2 sec	schmelzen nach 10 sec	0 sec	2 sec	schmelzen nach 10 sec
max. Flammhöhe [mm]	7cm	7cm	7cm	13cm	14cm	9cm (3,5cm breit)	13cm	14cm	9cm (3,5cm breit)
Rauchentwicklung (visueller Eindruck)	gering	gering	gering	mittel (schwarz)	mittel (schwarz)	mittel (schwarz)	mittel (schwarz)	mittel (schwarz)	mittel (schwarz)
Brennendes Abfallen bis 20 Sekunden Zeitpunkt [s]	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Bemerkung	brennendes abtropfen, Material schmilzt an Hitzequelle, keine Flamme	Rückseite - brennendes abtropfen, Material schmilzt	gering abtropfend, schmilzt an Hitzequelle seitlich weg						brennendes abtropfen

Prüfung nach FAR-Standard

Beflammungsdauer = 30 Sekunden

Flammenintensität: Bunsenbrenner

Schaum mit Textil	Kantenbeflammung			
	1K PU	2K PU	SMW	nur Textil
Verhalten	Probe Nr. 1	Probe Nr. 2	Probe Nr. 3	Probe Nr. 4
Entzündungszeitpunkt [s]	0 sec	1 sec	2 sec	0 sec
Erreichen der Messmarke [150mm] innerhalb 20 Sekunden	nein	nein	nein	nein
Selbstverlöschen der Flamme [s]	ja	ja	nein	ja
Nachbrenndauer (nach 15sec Beflammung)	13 sec	5 sec	nach 1min gelöscht	25 sec
max. Flammhöhe [mm]	13 cm	10 cm	16 cm	9 cm
Rauchentwicklung (visueller Eindruck)	mittel (weiß)	mittel (weiß)	stark (grau/schwarz)	mittel (schwarz)
Brennendes Abfallen bis 20 Sekunden Zeitpunkt [s]	nein	nein	nein	nein
Bemerkung			brennendes abtropfen (stark)	tropft sofort ab (brennend) --> auch noch nach 30 sec