

# Diplomarbeit

## Kurzfassung

Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst  
Fachhochschule Hildesheim  
Fakultät Bauwesen  
Fachrichtung Holzbauingenieurwesen

**Florian Eichhorn**

Mat.-Nr. 353951  
Hildesheim

Thema:  
Bewertung von Systemkomponenten von  
Fassadensandwichenelementen unter besonderer  
Berücksichtigung der Festigkeitseigenschaften

SS 2008

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer
2. Prüfer: Dipl.- Ing. Karsten Tanz bzw. Dipl.- Ing. Peter Steben

## Aufgabenstellung

Bewertung von Systemkomponenten von Fassadensandwichelementen unter besonderer Berücksichtigung der Festigkeitseigenschaften

Neben Betrachtungen zu konstruktiven Befestigungsoptionen, dem architektonischen Erscheinungsbild sowie den bauphysikalischen Eigenschaften sind für vorgegebene Systemansätze, für ein in Entwicklung befindliches Fassadensystem, insbesondere Untersuchungen zu den statischen Eigenschaften von Kernmaterial sowie den Deck- und Laminierschichten durchzuführen.

Im Ergebnis sind die Eigenschaftsprofile für Decklagen, Klebeverbindungen, Dämmmaterialien und Befestigungselemente zu formulieren sowie prüftechnische Anforderungen abzuleiten.

Unter Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse sind geeignete Systemlösungen zu spezifizieren und hinsichtlich der ermittelten Prüfkriterien zu bewerten.

Notwendige Verbindungsmittel zur Elementmontage sind gemäß Anforderungen festzulegen und zu bemustern. Der im Rahmen der Bearbeitung zu realisierende Prüfungsumfang wird in Abhängigkeit von den laufenden Untersuchungsergebnissen präzisiert.

Für die vorgeschlagenen Referenzlösungen sind Gebrauchsmuster für Prüf- und Bewertungszwecke herzustellen. Die hierzu notwendigen Materialien werden bereitgestellt.

Im Rahmen der Bearbeitung wurden folgende Teilleistungen erwartet:

Theoretischer Teil (20%):

- Kurzzusammenstellung der gesetzlichen und statischen Anforderungen an Fassaden und deren Übertragbarkeit auf die betrachteten Fassadensysteme
- Beschreibung der Befestigungsvarianten für hinterlüftete und direkt befestigte Fassaden sowie deren Lastabtragungsverhalten
- Formulierung von Eigenschaftsprofilen für Decklagen, Klebeverbindungen, Dämmmaterialien und Befestigungselemente sowie Ableitung der prüftechnischen Anforderungen

Praktischer Teil (80%):

- Detaillierung der Rastermaße für Fertighäuser (Modularisierung) am Beispiel eines Hausentwurfes des Fertighausherstellers Haacke (zeichnerische Planung – Cadwork)
- Erläuterung der Handhabung und Praktikabilität der großformatigen Elemente im Montagebau (Versuchsstand)
- Fertigung von Gebrauchsmustern für Prüf- und Bewertungszwecke für Kombinationen aus:
  - Sperrholz- und Dreischichtplatten
  - Dämmstoffe Polystyrol, Mineralfaser (Steinwolle, druckfest) sowie Polyurethanschaum
- Durchführung und Bewertung von Festigkeitsprüfungen für Einzelkomponenten sowie im System

## **Statische Anforderungen**

Fassadensandwichelemente bzw. Außenwandbekleidungen sollen bauphysikalische und statische Aufgaben erfüllen. Des Weiteren übernehmen sie die Funktion eines Gestaltungselementes für architektonische Gesichtspunkte. Aus den Umwelteinflüssen werden Fassadenelemente belastet durch Regen, Regen und Windeinwirkung, stark wechselnde Außentemperaturen und vor allem durch Sonneneinstrahlung (besonders UV – Strahlung). Die Fassade soll die Aufgabe übernehmen die eben genannten Umwelteinflüsse abzdämpfen und abzuwehren. Die Fassadensandwichelemente sollen alle Brandschutzanforderungen erfüllen. Die Fassade muss ausreichend bemessen und so durchkonstruiert werden, damit sie allen Anforderungen gerecht wird. Sehr häufig werden hinterlüftete und nicht tragende Fassaden nach DIN 18516 – 1 ausgebildet. Die Unterkonstruktion und die Befestigung solcher Fassaden und ihrer Bauteile werden im Wesentlichen durch ihr Eigengewicht beansprucht. Diese müssen zudem alle Windlasten in die tragenden Wandbauteile weiterleiten.

Bei bis zu 8m hohen Gebäuden können vorgehängte, hinterlüftete Fassaden oder direkt befestigte, aus Holzwerkstoffplatten mit Dämmkern wie die zu untersuchenden Holzsandwichelemente ohne einen statischen Nachweis verbaut werden. Erst bei Höhen von Gebäuden über 8m werden statische Nachweise zwingend nötig.

Es muss vor allem darauf geachtet werden, dass bei den Holzsandwichelementen keine Gefährdung der Öffentlichkeit durch herabfallende oder sich lösende Fassadenelemente gegeben ist. Die Holzkaschierungen der Sandwichelemente dürfen bedingt durch den zu erwartenden Windsog und die daraus resultierenden mechanischen Beanspruchungen nicht zerstört werden oder an den Befestigungspunkten ausreißen. Bei den direkt befestigten Fassadenelementen ist sicherzustellen, dass die Verbindungsmittel, die die Holzsandwichelemente mit der tragenden Wand verbinden nicht versagen können. Bei belüfteten Fassadenelementen bzw. hinterlüfteten Fassaden-

elementen ist sicherzustellen, dass die Verbindungsmittel, die Lattung und wenn vorhanden die Konterlattung und die Befestigung in der Außenwand nicht versagen können. Beanspruchungen, die durch Zwang entstehen infolge Quellen und Schwinden, sowie Formänderungen aufgrund von Temperatureinflüssen dürfen an Verbindungs- und Befestigungsstellen keine Schädigungen in der Bekleidung oder Unterkonstruktion verursachen. Fassadenbauteile müssen leicht zu warten sein und sollten ohne große Mühe ausgetauscht werden können. Im Bereich von Bewegungsfugen im Bauwerk müssen in der Unterkonstruktion und in der Bekleidung die gleichen Bewegungen möglich sein. Es müssen ferner Verankerungsmöglichkeiten vorgesehen werden, wenn Standgerüste erforderlich sind für Ausbesserungs- und Nacharbeiten.

Die Lastannahmen für die Bemessung einer Fassade sind in der DIN – 18516 Teil 1 aufgeführt. Im Allgemeinen müssen für die Fassaden und die zu untersuchenden Holzsandwichelemente folgende Beanspruchungen berücksichtigt werden:

- Eigenlast nach DIN 1055-1
- Windlast, Wechselbeanspruchung aus Winddruck und Windsog nach DIN 1055-4
- Schnee- und Eisbelastung nach DIN 1055-5
- Zwängungen aus Temperaturänderungen, Quellen und Schwinden
- Sonderlasten aus Leuchtreklamen, Sonnenschutzvorrichtungen, Gerüstankern oder Solarelementen.

## **Beschreibung der Befestigungsvarianten**

### Hinterlüftete Fassaden

Die folgende Beschreibung und Erläuterung hat nur informativen Charakter, da das Sandwichelement nur direkt auf die tragende Wand montiert werden kann, da sonst der Dämmkern im Element keinen Sinn machen würde. Das zu untersuchende Sandwichelement soll schließlich den Wärmedurchgang zusätzlich verringern und mithelfen die Gebäudehülle besser zu dämmen.

Für eine sehr kostengünstige Unterkonstruktion eignen sich einfach Holzlaten in unterschiedlichen Querschnittsabmessungen, die auf eine Holzkonstruktion genagelt, geschraubt oder an eine massive Wand gedübelt werden. Gängige Abmessungen für Grundlattung und Traglattung sind 24x48 mm, 30x50 mm oder 40x60 mm. Das Holz für die Unterkonstruktion muss der Sortierklasse S 10 oder MS 10 nach DIN 4074-1 entsprechen und darf beim Einbau nicht mehr als 20% Holzfeuchte aufweisen. Die Unterkonstruktion und ihr Abstand wird gewählt nach der Dimension, der Befestigungsart und dem Gewicht der gewählten Fassadenplatte bzw. Fassadenbekleidung. Sie wird außerdem ausgesucht nach den zu erwartenden Windbelastungen und den daraus entstehenden Druck- und Sogbeanspruchungen. Neben häufig verwendeten Unterkonstruktionen aus Holz gibt es auf dem Markt eine Vielzahl von geeigneten feuerverzinkten, metallischen und Aluminiumunterkonstruktionen für die Aufhängung von großformatigen Fassadenplatten. Diese Unterkonstruktionen werden unterschieden nach der Befestigungsart, ob sie geklemmt, genietet oder geschraubt werden. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Form der Konstruktionsprofile. Die technische Eignung und Standsicherheit der Unterkonstruktionssysteme ist in der Regel an Hand der beigefügten bzw. vorliegenden technischen Baubestimmungen rechnerisch nachzuweisen.

Aus Holzwerkstoffen bestehende Fassadenbekleidungen werden häufig sichtbar durch Nageln oder Schrauben direkt auf der Unterkonstruktion befestigt. Bei solchen sichtbaren Befestigungsweisen schreiben die anerkannten Regeln der Technik und die ATV DIN 18334 Schrauben und Nägel, die Verbindungsmittel also, aus nicht rostendem Stahl vor. Die Mindestabstände der Befestigungsmittel richten sich nach der Holzwerkstoffart und Abmessung, Dimension, der verwendeten Fassadenbeplankung sowie Vorbohrung oder nicht vorgebohrten Verbindungen. Bei einer sichtbaren Befestigung der Fassadenelemente ist besonders auf gleichmäßige Verbindungsmittelabstände zu achten, um den Ansprüchen des optischen Erscheinungsbildes und der Architektur gerecht zu werden. Es lässt sich bei einer sichtbaren Befestigung leider nicht vermeiden, dass bereits beschichtete Plattenoberflächen verletzt werden, weshalb diese zumindest im Bereich der Befestigungsmittel nachbehandelt werden sollten. Schrauben dürfen nur soweit angezogen werden, dass die Platten zwängungsfrei befestigt sind. Sie sollen leicht in die Platte versenkt sein oder eben auf der Fassadenplattenoberfläche ansitzen. Um eine Befeuchtung bzw. Durchfeuchtung im Bereich der Befestigungsmittel zu verhindern, ist es zu empfehlen bei einer sichtbaren Verschraubung von Holzwerkstoffplatten dichtende Unterlegscheiben aus beispielsweise Neopren zu verwenden. Eine Alternative ist, die Schrauben leicht zu versenken, zu verspachteln und nachzubehandeln, was jedoch nur bei deckenden Anstrichen möglich ist und bei Lasuren nicht durchführbar ist.

Eine elegantere Befestigungsmethode ist die verdeckte Befestigung von der Rückseite der Holzwerkstoffplatten. Eine solche verdeckte Befestigung von der Plattenrückseite ist bei ausreichender Plattendicke vorausgesetzt ohne weiteres möglich, erfordert aber einen höheren Montageaufwand. Die nicht zu sehenden Befestigungsmittel werden durch die Fassadenplatten vor Witterungseinflüssen gut geschützt. Bei der Montage solcher nicht sichtbarer Befestigungssysteme muss darauf geachtet werden, dass die Verbindungsmittel nicht zu tief eingebracht werden und dann die äußere Deckschicht ver-

letzen. Auch hier gibt es auf dem Markt spezielle Befestigungssysteme für eine verdeckte Befestigung von Fassadenholzwerkstoffplatten.

Eine Befestigung durch Verklebung wäre auch noch denkbar. Solche Klebstoffverbindungen können kostengünstig, mit wenigem technischem Aufwand und mit geringem Montageaufwand hergestellt werden. In der Praxis hat der Einsatz von Klebstoffen eher eine untergeordnete Rolle, wenn es um die Befestigung von Fassadenverkleidungen geht. Die bisher nicht genau erfasste Verformung der verklebten Bauteile unter andauernder Spannung, nur geringe Langzeiterfahrungen und vor allem die schlechte Demontierbarkeit bzw. nachträgliche Änderungen sind Fakten, die nicht für einen Einsatz von Montageklebern sprechen. Sind dennoch Verklebungen notwendig sollte der Kleber elastisch sein und er sollte nicht durch Witterungseinflüsse zur Versprödung neigen. Bei der Verklebung muss darauf geachtet werden, dass alle notwendigen Umgebungsbedingungen eingehalten werden. Es darf weder zu feucht noch zu trocken sein, die Umgebungstemperatur darf nicht zu kalt oder zu warm sein, um eine optimale Verklebung zu garantieren. Stäube in hoher Konzentration in der Luft sind ebenfalls zu vermeiden. Die maximal vorgeschriebenen Plattenabmessungen dürfen nicht überschritten werden, so dass die Fassadenplatten ungehindert arbeiten können

#### Direkt befestigte Fassaden

Diese Befestigungsvariante kommt bei dem zu untersuchenden Holzsandwichelement zur Ausführung. Denn eine Hinterlüftung würde den Dämmkern des Elementes überflüssig machen. Anders als bei hinterlüfteten Fassaden bildet die äußere Oberfläche des Sandwichelementes bzw. die Außenkante gleichzeitig die Regen- und die Winddichtheitsebene.

Eine nicht sichtbare Befestigungsvariante gestaltet sich äußerst schwierig oder ist kaum durchführbar. Daher muss auf eine sichtbare Befestigungsvariante zurückgegriffen werden.

Aufgrund der Tiefe der Sandwichelemente von 142 mm kann weder genagelt noch geklammert werden. Die Entscheidung fällt also auf eine sichtbare Verschraubung als Befestigungsvariante.

Bei der Verschraubung und deren Nachbehandlung um die Holzwerkstoffplatten und ihre Beschichtung zu schützen muss ebenso vorgegangen werden wie bei den hinterlüfteten Fassaden.

Die Lastabtragung bei der direkt befestigten Fassade erfolgt nicht erst über eine Unterkonstruktion sondern findet direkt in die tragenden Holztafeln statt. Um eine Einwirkung von Momenten auf die Schrauben und ein Abscheren der Verbindungsmittel zu vermeiden sollten die Holzsandwichelemente an ihrer inneren Kaschierungstafel auf eine gut befestigte Sockelleiste aufgelagert werden. So ist gewährleistet, dass nur Zugkräfte in der Schraube wirken, gedingt durch Windsogkräfte, die diese schließlich am besten aufnehmen kann.

Eine Verklebung der Sandwichelemente mit den tragenden Holztafeln kommt auch hier bei der direkt befestigten Fassade nicht zum Einsatz um nachträgliche Änderungen und eine einfache Demontierbarkeit zu gewährleisten.

## **Formulierung von Eigenschaftsprofilen für Decklagen, Klebeverbindungen, Dämmmaterialien und Befestigungselemente sowie Ableitung der prüftechnischen Anforderungen**

Die Decklagen bzw. Kaschierungen des Sandwichelementes sollen wenig arbeiten, also quellen und schrumpfen. Dies wird nur erreicht durch abgesperrte Holzwerkstoffplatten wie Dreischichtplatte, Baufurniersperrholz oder Furnierschichtholz. Durch eine geringe Holzfeuchte, die auch durch eine geeignete Beschichtung oder Anstrich gehalten werden kann wird das Stehvermögen der Sandwichelemente und ihrer Kaschierungen sichergestellt. Da die Forderung gilt, so wenig wie möglich, oder besser gar keine Horizontalfugen auszubilden, eignet sich die Furnierschichtholzplatte aufgrund ihrer am Markt erhältlichen Abmessungen am besten. Durch die lieferbare Standardlänge von 12000 mm oder maximale Länge von 25000 mm können die Elemente vom Sockel bis zur Traufe in einem durchgeführt werden ohne auch nur eine Horizontalfuge ausführen zu müssen.

Aus Kostengründen soll für die Kaschierung als Holzart entweder Fichte oder Buche belmadurbehandelt Verwendung finden.

Aus technischen aber auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten soll das Sandwichelement mit Polyurethanklebern hergestellt werden, die die Kaschierungen mit den unterschiedlichen Dämmkernen kraftschlüssig verbinden sollen. Eine andere Fügungsart neben dem Kleben macht bei der Erstellung von Sandwichelementen keinen Sinn.

Für die Dämmmaterialien wurden Polystyrol, Polyurethan und Mineralfaserdämmung (druckfest) ausgewählt und untersucht. Die Anforderungen an die Dämmstoffe sind: kostengünstig sein, hohe Wärmedämmeigenschaften, ausreichende Festigkeitseigenschaften (Haftzugfestigkeit und Scherfestigkeit) und gute brandschutztechnische Eigenschaften.

Zur Befestigung werden 180 mm – 200 mm, nicht rostende Spax-Schrauben verwendet. Da die Sandwichelemente auf einer Sockelleiste aufgelagert werden sollen, ist die Beanspruchung der Schrauben nicht auf Abscheren sondern nur auf Zugkräfte ausgerichtet.

### **Detailierung der Rastermaße für Fertighäuser (Modularisierung) am Beispiel eines Hausentwurfes des Fertighausherstellers Haacke (zeichnerische Planung – Cadwork)**

Die Firma Holzbau Haacke arbeitet mit einem Raster von 1,25 m an das das zu untersuchende Holzsandwichelement angepasst werden soll. Dies ist wiederum leicht zu bewerkstelligen, da die Lieferbreite der oben erwähnten Furnierschichtholzplatten 2500 mm betragen. Es können also Elemente mit einer Breite von 0,625 m oder von 1,25 m angefertigt werden.

## **Erläuterung der Handhabung und Praktikabilität der großformatigen Elemente im Montagebau (Versuchsstand)**

Die Elemente wiegen je nach Holzart und Dämmstofftyp sowie ihrer Breite (0,625 m oder 1,25 m) zwischen 100 und 310 kg. Die leichteren Elemente können durch zwei Facharbeiter bewegt werden, die größeren bedürfen eines Kraneinsatzes um montiert zu werden.

Der Einsatz solcher Elemente macht Sinn, damit die Fassade der Stadtvilla aber auch anderer Haustypen so schnell wie möglich geschlossen werden kann. Nur durch den Einsatz von großformatigen vorgefertigten Elementen ist es heutzutage möglich ein Haus an einem oder zwei Tagen vollständig zu richten. Das soll auch für seine Fassade gelten.

## **Fertigung von Gebrauchsmustern für Prüf- und Bewertungszwecke**

In der Holzbaufirma Haacke wurden Prüfkörper für Haftzugfestigkeiten und Scherfestigkeiten angefertigt. Das dazu benötigte Material wurde von Baustoffhändlern und von der Firma Haacke bereitgestellt. Die ebenfalls benötigten Maschinen für den Zuschnitt der Prüfkörper wurden ebenfalls von der Firma Haacke zur Verfügung gestellt. Unter Zuhilfenahme von selbst angefertigten Vorrichtungen wurden 170 Prüfkörper durch Verkleben erstellt. Diese wurden dann von Celle nach Wolfenbüttel transportiert, um sie dort auf Festigkeitseigenschaften zu überprüfen.

## **Durchführung und Bewertung von Festigkeitsprüfungen für Einzelkomponenten sowie im System**

Unterteilung der Untersuchungen in: Ziel (Absicht), Vorgehensweise und Resultate (sowie deren Auswirkungen und Bewertungen).

### **Ziel:**

Ziel der Untersuchungen ist es herauszufinden, welche Materialien im Einzelnen aber auch in ihrer Kombination untereinander am besten geeignet sind um später bei der Produktion der Holzfassadensandwichelemente zum Einsatz zu kommen.

### **Vorgehensweise:**

Zunächst wurde festgelegt wie viele Kombinationen mit welchen Materialien geprüft werden sollten. Die zur Verfügung stehende Zeit betrug 2 Monate, so dass die Prüfungen auch nicht zu umfangreich werden durften. Außerdem wurden die Prüfungen in Haftzugfestigkeitsprüfungen (Windsog) und in Scherfestigkeitsprüfungen (Eigengewicht) unterteilt.

Für die Haftzugfestigkeitsprüfungen wurden folgende Materialkombinationen beschlossen:

Kaschierung aus Sperrholz (Fichte), Dämmstoff Polystyrol und Mineralfaser (druckfest), 2 Kleberarten (Kleiberit, apripur 509 und Weiss, cosmopur 810), Auftragsarten (Flächenauftrag, Raupenauftrag 5mm breite Raupen alle 2 cm angeordnet R2, Raupenauftrag 5mm breite Raupen alle 3 cm angeordnet R3). Zusätzlich Prüfkörper mit Kernschicht aus Polyurethan einmal ausgeführt aus Kernschaum und zum anderen ausgeführt aus Formschaum.

Kaschierung aus Dreischichtplatte (Fichte), Dämmstoff Polystyrol und Mineralfaser (druckfest), 2 Kleberarten (Kleiberit, apripur 509 und Weiss, cosmopur 810), Auftragsarten (Flächenauftrag, Raupenauftrag 5mm breite Raupen alle 2 cm angeordnet R2).

Bei der Dreischichtplatte wurde aus Zeitgründen auf den Dämmstoff Polyurethan und auf die Auftragsart R3 verzichtet. Für die Haftzugproben wurden insgesamt 110 Prüfkörper angefertigt. Das deshalb, weil die DIN 1607 (Haftzugfestigkeitsprüfnorm) vorschreibt, das pro Prüfkombination 5 Probekörper anzufertigen sind.

Für die Scherfestigkeitsprüfungen wurden folgende Materialkombinationen beschlossen:

Kaschierung aus Sperrholz (Fichte), Dämmstoff Polystyrol und Mineralfaser (druckfest), 2 Kleberarten (Kleiberit, apripur 509 und Weiss, cosmopur 810), Auftragsarten (Flächenauftrag, Raupenauftrag 5mm breite Raupen alle 2 cm angeordnet R2, Raupenauftrag 5mm breite Raupen alle 3 cm angeordnet R3). Auf den Kerndämmstoff Polyurethan wurde ebenfalls aus Zeitgründen ganz verzichtet.

Für die Scherfestigkeitsproben wurden insgesamt 60 Prüfkörper angefertigt. Das deshalb, weil die DIN 12090 (Scherfestigkeitsprüfnorm) vorschreibt, das pro Prüfkombination auch 5 Probekörper anzufertigen sind.

Nachdem die Probekörper mit Hilfe einer Vorrichtung verklebt und ausgehärtet waren konnte mit den Festigkeitsversuchen begonnen werden.

Geprüft wurde jeweils bis zum Bruch und damit bis zur Zerstörung des Materialgefüges.

Zur Verfügung stand eine Universal-Prüfmaschine der Firma INSTRON mit einer maximalen Prüfkraft von 10 kN. Die Maschine war jedoch schon bei einer Kraft von 5 kN abgeriegelt. Die Prüfungen wurden zügig durchgeführt, innerhalb von drei Tagen, und die Ergebnisse von einem mit der Prüfmaschine gekoppelten Computer aufgezeichnet.

### **Resultate (sowie deren Auswirkungen und Bewertungen):**

Zunächst wurden alle Ergebnisse für einen besseren Vergleich tabellarisch zusammengestellt. Eine Tabelle eigens für die Haftzugversuche und eine Tabelle nur für die Scherfestigkeitsversuche. Verglichen wurden Maximale Kraft bei Bruch, Spannung bei Maximalkraft und Verformung bei Maximalkraft. Außerdem wurde auch noch die Standartabweichung aufgezeichnet und ausgewertet.

Grob zusammengefasst wurde festgestellt, dass die Polyurethanproben bei den Haftzugversuchen die besten Festigkeitseigenschaften aufwiesen. Die nächst höheren Festigkeiten erzielten die Probekörper mit Polystyrol als Dämmkern, schlechte Festigkeitseigenschaften waren bei der Mineralfaserdämmung zu beobachten. Die Auftragsart hatte nur einen geringen bis gar keinen Einfluss auf die Festigkeit, da alle Materialbrüche in der Dämmebene stattfanden. Der Materialbruch war weder in der Holzkaschierung noch in der Klebefuge eingetreten. Die Festigkeiten von Polystyrol und Polyurethan sind in etwa doppelt so hoch wie die der Mineralfaserdämmung. Aus Kostengründen und aus der Sicht einer höheren Belastbarkeit wäre es sinnvoll auf Polystyrol (PS) oder Polyurethan (PUR) zurückzugreifen. Wenn sich durch Berechnungen ergeben würde (Windbelastung und Eigengewicht), dass die Festigkeiten der Mineralfaserdämmung (Mifa) ausreichend sind für das Holzsandwichelement sollte aus brandschutztechnischer Sicht mit Mifa gearbeitet werden.

Für die Scherfestigkeitsversuche wurden was die Festigkeit angeht ähnliche Beobachtungen gemacht. Auch hier lagen die Festigkeiten von PS in etwa beim Doppelten von der Mifa. Es wurde beobachtet, dass die Mineralfaserdämmung sowohl bei den Haftzugfestigkeitsuntersuchungen als auch bei den Scherfestigkeitsuntersuchungen eine wesentlich höhere Streuung und damit ein wesentlich ungleichmäßigeres Materialverhalten aufwies.