

Kurzbericht über das Forschungsvorhaben

Optimierung der Konstruktion und der Herstellprozesse von hochfeuerhemmenden Holztafelementen unter sicherheitsrelevanten, technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten (Optimierung K60)

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert.

(Aktenzeichen: Z 6 – 10.08.18.7- 08.40/ II 2 – F20-08-026)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

Koordination:

Dipl.-Ing. Dirk Kruse (WKI)

Autoren:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. D. Hosser (iBMB)

Dr. Ing. Björn Kampmeier (iBMB)

Dipl.-Ing. Dirk Kruse (WKI)

Dipl.-Ing. (FH) Norbert Rüter (WKI)

Industriepartner:

Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V.

Bundesverband der Gipsindustrie e.V.

Xella Trockenbau GmbH

Knauf Gips KG

Saint-Gobain Rigips GmbH

Betreuergruppe:

Professor Dr. Klausjürgen Becker

Professor Dr. Nikolaus Nebgen

Professor Dr. Ulrich Schwarz

Braunschweig, im Dezember 2010

1 Ziel der Forschungsaufgabe

Ziel des Forschungsvorhabens war die Verbesserung der wirtschaftlichen Qualität (Prozessoptimierung) im mehrgeschossigen Holztafelbau unter dem Aspekt des Sicheren Bauens (Brandschutz). Erst mit der Novellierung der MBO im Jahr 2002 eröffnete sich dem Holzbau ein neuer Markt für Gebäude bis 13 m Höhe. Dies konnte nur erreicht werden, da in einem Forschungsvorhaben nachgewiesen wurde, dass sich bei Einhaltung bestimmter konstruktiver Vorgaben das Brandrisiko im Vergleich zu Gebäuden in nichtbrennbarer Massivbauweise nicht erhöht. Zentraler Bestandteil der konstruktiven Anforderungen ist, dass die tragende Holzstruktur durch eine nichtbrennbare Bekleidung über 60 Minuten Branddauer vor einer Entzündung geschützt wird. Die Brandschutzbekleidung muss derart dimensioniert werden, dass an der Oberfläche der Holzbauteile eine Temperatur von 270°C im Mittel nicht überschritten wird. Die Brandschutzbekleidung wird in der Regel mit metallischen Verbindungsmitteln wie Klammern oder Schrauben an der Holzkonstruktion befestigt. Auf Grund der sehr guten Wärmeleitfähigkeit von Metall wird im Brandfall die Hitze über die Verbindungsmittel in die Holzkonstruktion geleitet und bewirkt so eine deutlich schnellere Verkohlung. Dies führt zu einer Überdimensionierung der nichtbrennbaren Brandschutzbekleidung und damit zu vergleichsweise unwirtschaftlichen Konstruktionen. Andere Verbindungstechniken wie Klebungen wären hinsichtlich der Wärmeleitfähigkeit deutlich besser geeignet, werden aber wegen der Kombination Holz - mineralischer Plattenwerkstoff allgemein als kritisch angesehen. Ein Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, aufgrund der positiven Ergebnisse anderer Untersuchungen mit Klebeverbindungen die metallischen Verbindungsmittel durch Klebefugen zu ersetzen und so deutlich wirtschaftlichere Lösungen für die Brandschutzbekleidung zu finden. Neben der Möglichkeit der Verklebung wurden ebenfalls verschiedene konventionelle Verbindungsmittel auf ihre Wärmeleitfähigkeit untersucht. Dabei wurden Montagetechniken erarbeitet, die eine überdeckte Befestigung der Brandschutzbekleidung ermöglichen. Im Zuge dieser Untersuchung wurde durch eine brandschutztechnische Risikoanalyse zudem geklärt, ob punktuelle Verkohlungen im Schraubenbereich tolerierbar sind.

Weitererhin sollten wirtschaftliche Anschlussdetails insbesondere für Konsollasten entwickelt werden.

2 Zulässige Verfärbung im Bereich des Verbindungsmittels

Im Brandfall besteht der höchste Wärmeeintrag bei einer Wandkonstruktion aus Holz über die Verbindungsmittel, mit denen die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung auf der Holzkonstruktion befestigt wird. Diese kritischen Punkte sind für die gesamte Brandschutzbekleidung bemessungsentscheidend, wenn auch hier über die gesamte Feuerwiderstandsdauer eine Verkohlung ausgeschlossen werden soll. Diese Anforderung führt dazu, dass bei einer klassifizierten K₂60-Bekleidung, bestehend aus 2 x 18 mm GKF-Platten, zur 60. Minute auf der Holzoberfläche im Mittel nur eine Temperatur von etwa 140 °C vorliegt. Die Anforderung „keine Verkohlung“ wird allerdings europaweit von den Prüfanstalten unterschiedlich interpretiert, es werden also keine einheitlichen Prüfkriterien angewendet.

Ein Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, die Anforderungen hinsichtlich der Verkohlung bzw. Verfärbung im Bereich metallischer Verbindungsmittel unter Beachtung der Schutzziele der Brandschutzbekleidung zu konkretisieren.

Es musste daher die Frage geklärt werden, was eine Verkohlung im Sinne der Muster-Holzbaurichtlinie und der Prüfnorm DIN EN 14135 darstellt und was lediglich als eine Verfärbung betrachtet werden kann.

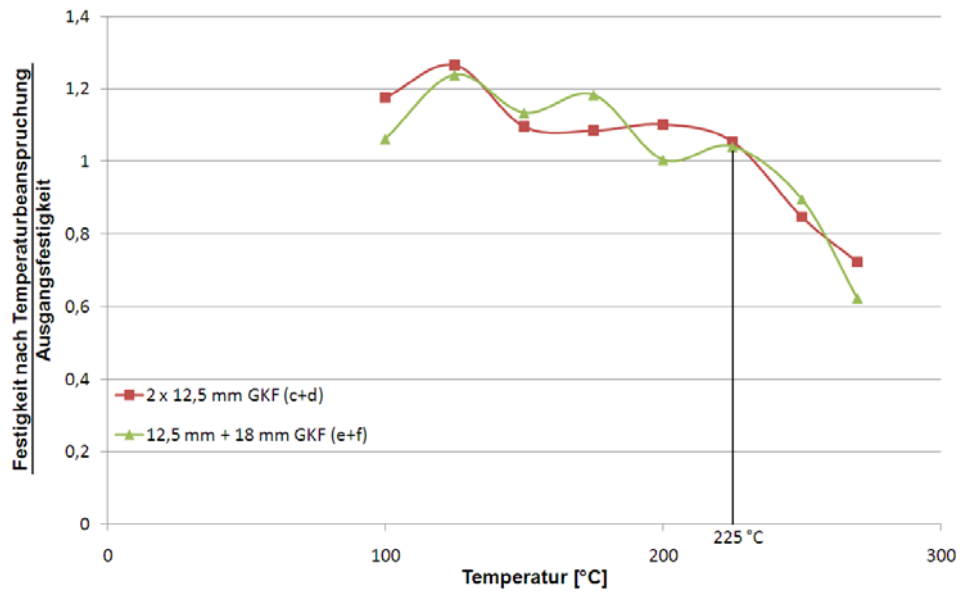


Abbildung 1: Temperaturabhängiger Schraubenauszugswiderstand

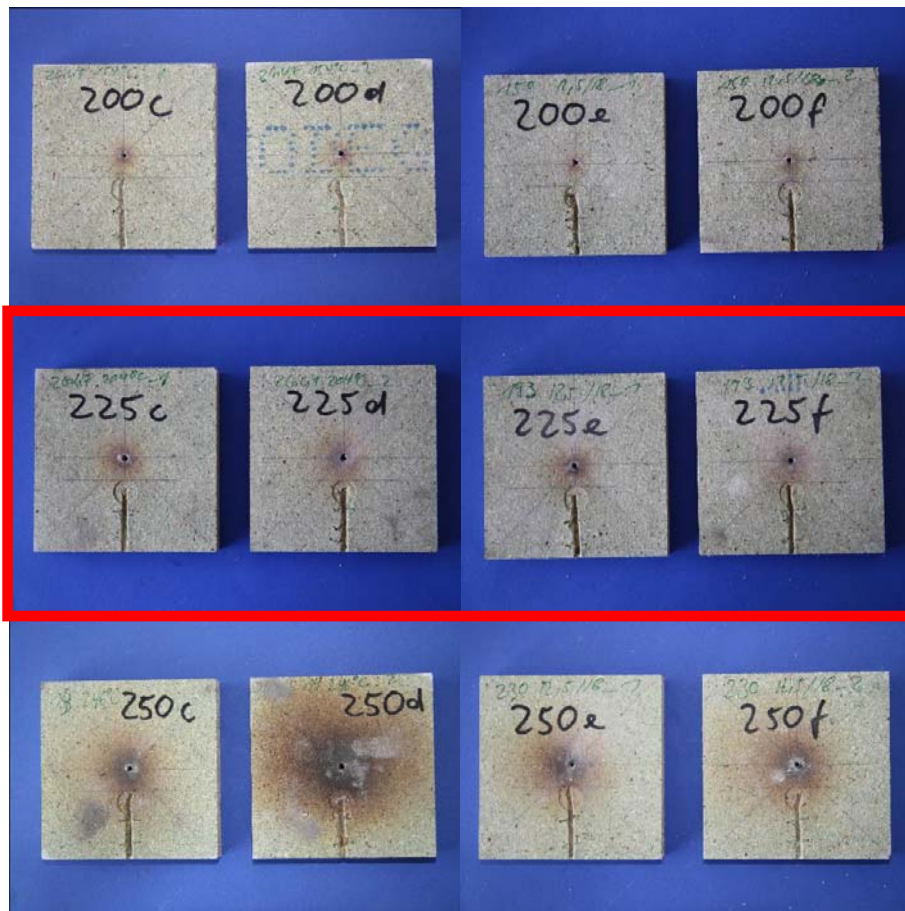


Abbildung 2: Verfärbungen im Bereich der Schrauben bei unterschiedlichen Temperaturen

Die nachfolgenden Angaben zu metallischen Verbindungsmitteln gelten nur in Verbindung mit einer Brandschutzbekleidung, die in der ungestörten Fläche das Temperaturkriterium einhält und keine Verkohlung aufweist. Weiterhin muss sichergestellt sein, dass die Verbindungsmittel in einem Abstand stehen, bei dem sich die Verfärbungsflächen nicht gegenseitig beeinflussen.

Die Untersuchungen sind mit dem aus brandschutztechnischer Sicht ungünstigsten Verbindungsmitteln, der Schraube, durchgeführt worden. Die in der Praxis häufiger verwendeten Klammern weisen einen geringeren Schaftdurchmesser auf, besitzen somit eine geringere Wärmeleitung und sind daher letztendlich als günstiger einzustufen. Dies bedeutet, dass die Untersuchungsergebnisse, auf der sicheren Seite liegend, ebenfalls für Klammern gelten. Eine Klammer, bestehend aus zwei Schenkeln, ist dabei als ein Verbindungsmittel anzusehen. Die Angaben beziehen sich nur auf metallische Verbindungsmittel mit einem Schaftdurchmesser < 4mm, da größere Durchmesser nicht untersucht wurden.

Zur Untersuchung, ob eine Verkohlung mit einer dauerhaften Schädigung der Holzsubstanz verbunden ist oder nur eine Verfärbung vorliegt, wurden Schraubenauszugsversuche durchgeführt. Als kritische Temperatur haben sich 225 °C, gemessen in 5 mm Entfernung zum Verbindungsmittel, herausgestellt (Abbildung 1). Es wird daher vorgeschlagen, das 225 °C zuzuordnende Verfärbungsbild gemäß Abbildung 2 als maximal zulässige Verfärbung im Bereich eines Verbindungsmittels zu akzeptieren. Damit bietet sich ein erhebliches Optimierungspotenzial für brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen, die zukünftig mit geringeren Dicken ausgeführt werden können.

3 Verklebungen

Eine Möglichkeit die Dicke der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung zu reduzieren, bieten Verklebungen. Werden die Gipsplatten auf das Holzständerwerk geklebt, könnten die stiftförmigen, metallischen Verbindungsmittel wegfallen. Klebefugen sind jedoch zur schubfesten Verbindung von Gipsplatten auf dem Holzständerwerk aussteifender Bauteile unter Brandbeanspruchung nicht geeignet. Im Brandfall erfolgt eine feuchtebedingte Durchweichung des Materials, sodass die Tragfähigkeit der Klebefuge bereits frühzeitig absinkt und die Verbindung versagt. Die Anordnung einer Dampfbremse verlagert das feuchtigkeitsbedingte Versagen lediglich in eine andere Ebene, kann aber das frühzeitige Schubversagen nicht verhindern. Eine weitere Untersuchung der Klebetechnik für diesen Anwendungsfall erscheint nach aktuellem Stand nicht sinnvoll.

Die Verklebung der äußeren Lage einer Brandschutzbekleidung auf der inneren Lage (Abbildung 3) hat Potenzial. Diese Klebefuge wird lediglich durch das Eigengewicht der Gipsplatte beansprucht. Vielversprechend war die vollflächige Verklebung mittels Ansetzgips. Durch die Verklebung erscheint die Herstellung einer 2 x 15 mm dicken K₂60-Bekleidung prinzipiell möglich (Abbildung 4). Zur abschließenden Beurteilung, einschließlich der Auswirkungen temperaturbedingter Zwängungen und des Rissverhaltens, sind jedoch Brandversuche im Realmaßstab erforderlich.

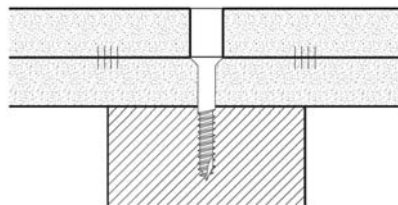


Abbildung 3: Verklebung der zweiten Plattenlage auf der ersten und Versenken des Verbindungsmittels

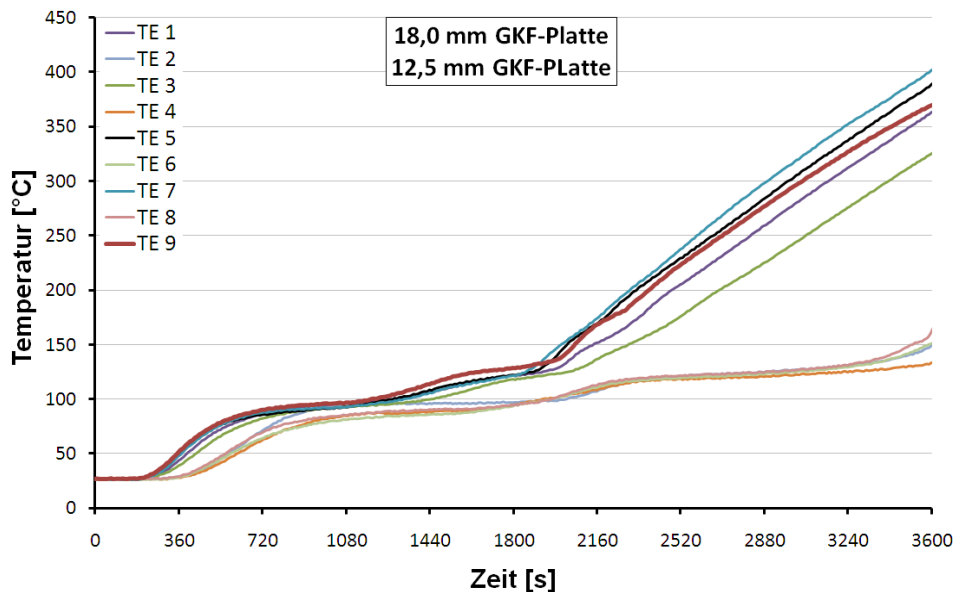


Abbildung 4: Temperaturentwicklung bei 18 mm + 12,5 mm GKF-Platten

4 Untersuchung des Brandverhaltens bei Konsollasten

Gebäude bestehen per Definition nur aus einem Tragwerk, Trennwänden und umhüllenden Bauteilen. Diese Elemente werden dementsprechend in der Baugesetzgebung geregelt. Ein Gebäudes muss aber der Nutzung entsprechend, mit einer Inneneinrichtung ausgestattet werden. Hier liegt ein zentrales Problem im mehrgeschossigen Holzbau. Die hochfeuerhemmenden Wände sind mit einer zweilagigen Bekleidung aus Gipsplatten gekapselt. Durchdringungen sind nur unter bestimmten konstruktiven Auflagen möglich. Nicht geregelt ist die Anbringung von Konsollasten an diesen Wänden. Klassische Konsollasten sind z. B. Küchenschränke im Wohnungsbau oder Regale bzw. Aktenschränke im Büro- und Verwaltungsbau. Die Versuche zeigen gute Ansätze, durch die Anordnung eines Stahlblechs oder einer Federschiene Konsollasten an hochfeuerhemmenden Bauteilen zu verankern, ohne dass die Schutzwirkung der Brandschutzbekleidung negativ beeinflusst wird. Die Durchführung metallischer Verbindungsmittel mit einem großen Durchmesser durch beide Lagen der Brandschutzbekleidung direkt ins Holz sollte verhindert werden. Dies ist möglich, wenn die Schrauben in einem Stahlblech bzw. einer Federschiene angeordnet werden. Die Anordnung eines Stahlblechs innerhalb der Brandschutzbekleidung bewirkt zudem, dass die Temperaturen auf der Rückseite der Brandschutzbekleidung reduziert werden. Dies ist auf die Behinderung des Wasserdampfdurchtritts zurückzuführen. Aus den Ergebnissen können folgende konstruktive Regelungen für hochfeuerhemmende Wände, die planmäßig der Anbringung von Konsollasten dienen, abgeleitet werden.

4.1 Befestigung auf dem Ständer

Eine Befestigung von Konsollasten auf dem Ständer mittels Schrauben, die die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung durchdringen, ist nur zulässig, wenn der Durchmesser der Schrauben begrenzt wird. Es darf nur der Schraubentyp verwendet werden, der für die Befestigung der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung gemäß DIN EN 13501 geprüft wurde. Kleinere Abmessungen sind zulässig.

Schrauben müssen untereinander einen Abstand von mindestens 5 cm einhalten.

4.2 Befestigung in der Gipsbekleidung (Feld)

Eine Befestigung von Konsollasten im Feld ist unter folgenden Randbedingungen zulässig:

- Es dürfen Kunststoffdübel verwendet werden, die im Brandfall frühzeitig ausschmelzen. Die Befestigungspunkte müssen einen Abstand von 5 cm zum brennbaren Ständer halten.
- Es dürfen Klappdübel in Verbindung mit brennbaren Möbelsystemen, die im Brandfall nach relativ kurzer Brandbeanspruchung von der Wand abfallen (z. B. übliche Küchenmöbel aus bis zu 16 mm Holzwerkstoffplatten), verwendet werden. Die Befestigungspunkte müssen einen Abstand von 10 cm zum brennbaren Ständer halten.
- Bei Verwendung von Klappdübeln in Verbindung mit nicht-brennbaren Möbelsystemen, z. B. Metallregale o. Ä., ist die Last zu begrenzen. Die zulässige Last ist für die jeweilige Konstruktion zu ermitteln.

Für 2 x 18 mm GF- Platte wurde eine zulässige Zuglast von 300 N ermittelt (vgl. Kapitel 4).

4.3 Befestigung in Massivholzkonstruktionen / Holzwerkstoffen

Die Befestigung von Konsollasten durch die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung in Massivholzkonstruktionen oder Holzwerkstoffplatten darf ausschließlich mit Holzschrauben erfolgen, die für die Befestigung der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung geprüft sind. Kleinere Abmessungen sind zulässig.

Schrauben müssen untereinander einen Abstand von mind. 5 cm einhalten.

Die Verwendung von Klappdübeln o. Ä. in Verbindung mit Holzwerkstoffplatten ist nicht zulässig.

4.4 Sonderkonstruktionen für Konsollasten

Mit den nachstehend aufgeführten Konstruktionen ist nach heutigem Kenntnisstand eine auch unter brandschutztechnischen Gesichtspunkten sichere Befestigung von Konsollasten möglich.

Var. 1/2: Befestigung der Konsollasten an einer Federschiene

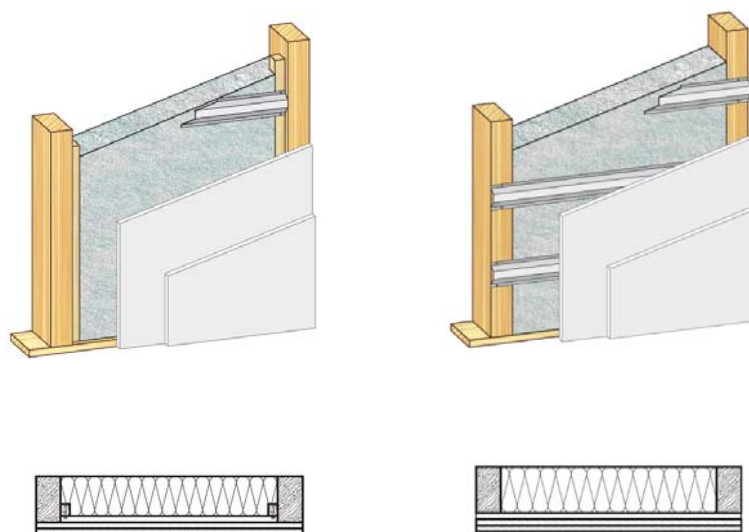


Abbildung 5: Federschiene niveaugleich mit (links) oder auf dem Holzständerwerk

In Brandversuchen wurde der Nachweis geführt, dass Konstruktionen mit Federschien, einen dünneren Plattenaufbau erlauben. Um eine K60 Klassifizierung zu erreichen, sind vermutlich 2 x 15 mm GF-Platte ausreichend. Ein Nachweis in großformatigen Brandversuchen nach DIN EN 14135 steht allerdings aus. Eine Befestigung in der Federschiene von 8 mm starken Schrauben erlaubte eine Belastung von 400 N.

Var. 3 a/b: Stahlblech (3a) oder Holzwerkstoff (3b) auf Ständerwerk.

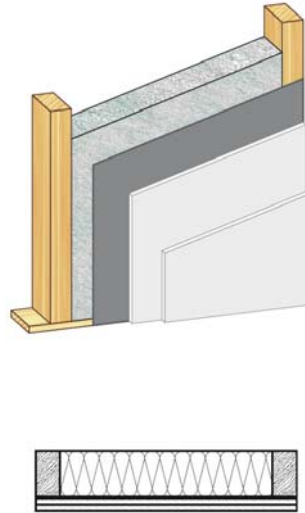


Abbildung 6: Lastabtragende Schicht auf dem Ständerwerk

Die Stahlblechtafel oder die Holzwerkstoff-Platte dient bei dieser Konstruktion als lastverteilende bzw. aussteifende Schicht.

Bei Verwendung einer Holzwerkstoff-Platte gelten die Anmerkungen von Kapitel 4.3. Bei Verwendung einer Stahlblechtafel ist der Einsatz von Klappdübeln vermutlich möglich. Mangels Versuchsdaten kann hier aber keine Empfehlung ausgesprochen werden. Die Konstruktion bietet allerdings hinsichtlich einer Optimierung der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung kein Potenzial. Aus wirtschaftlichen Gründen kann diese Konstruktion zur sicheren Aufnahme von Konsollasten daher nicht empfohlen werden.

Var. 4: Stahlblechtafel zwischen den Gipswerkstoffplatten

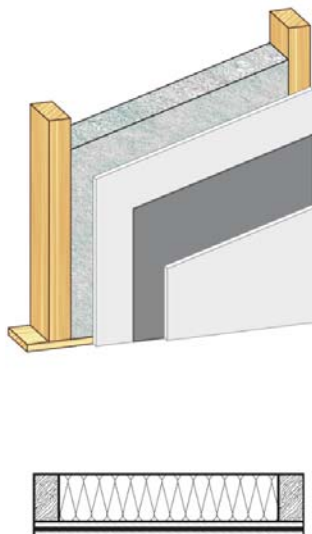


Abbildung 7: Lastabtragende Schicht zwischen den Gipswerkstoffplatten

Diese Variante ist wirtschaftlich interessant, da sie einerseits zu einer optimierten Bekleidung führt und andererseits die sichere Aufnahme von Konsollasten erlaubt.

Im Brandversuch konnte der Nachweis geführt werden, dass eine Beanspruchung mit einer Zuglast von 400 N bei einer Schraube mit einem Durchmesser von 8 mm möglich ist. Dübel brauchen nicht verwendet zu werden. Die Befestigung kann direkt verschraubt werden.

Variante 5: Vorwandinstallationsebene (ggf. auch auf Federschiene).

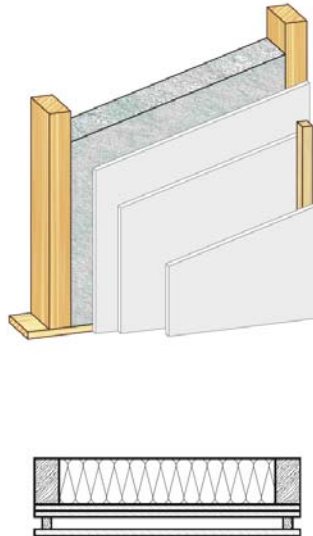


Abbildung 8: Vorwandinstallationsebene

Diese Variante ist wirtschaftlich ebenfalls interessant, da sie einerseits notwendige Installationen z. B. einer Küche aufnehmen kann. Die Befestigung der Konsollasten erfolgt in der Vorwandplatte, die nicht zur eigentlichen brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung gehört.