

Sandwichbauteile aus Stahlblech-Deckschichten und unterschiedlichen Kernmaterialien

Autor(en): **Berner, Klaus / Stemmann, Dieter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **60 (1990)**

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-46542>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

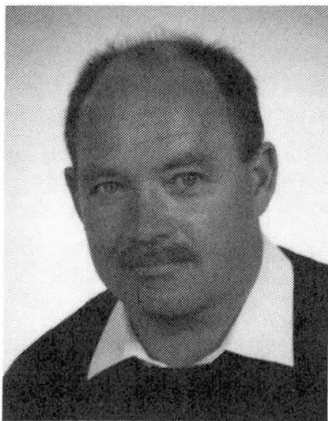
Sandwichbauteile aus Stahlblech-Deckschichten und unterschiedlichen Kernmaterialien

Sandwich-Panels with Steel Facings and Different
Core Materials

Panneaux sandwich avec parements en acier et noyaux
en matériaux différents

Klaus BERNER

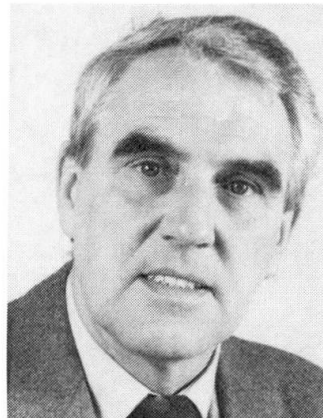
Prof. Dr. Ing.
FH Rheinland-Pfalz
Mainz, BRD



Klaus Berner, geb. 1941. Studium: Universität Karlsruhe, Diplom 1968. Promotion: Techn. Hochsch. Darmstadt. Seit 1974 wissenschaftlich tätig auf dem Gebiet der Sandwichtechnik. Mitglied im SVA „Sandwich“ beim Ifbt, Berlin und im ECCS Committee, TC7, Working group 7.4 „Sandwich-plates“.

Dieter STEMMANN

Dipl. Ing.
Hoesch Siegerlandwerke
GmbH



Dieter Stemmann, geb. 1932. Studium: Universität Karlsruhe, Diplom Bauingenieurwesen 1959. Seit 1968 Leiter Forschung und Entwicklung, Hoesch Siegerlandwerke Obmann Working group Sandwich-panel, TWG 7.4 im ECCS Technical Committee TC 7.

ZUSAMMENFASSUNG

Die dargestellten Sandwichbauteile für Wandverkleidungen und Dacheindeckungen bestehen aus Stahlblech-Deckschichten und einem schubsteifen Kern. Durch die Sandwichwirkung haben diese Bauteile eine hohe Tragfähigkeit bei gleichzeitig guter Wärmedämmung. Die Paneele sind komplett vorgefertigt, so daß eine einfache, vom Wetter unabhängige Montage möglich ist. Mit neu entwickelten Sandwichbauteilen und speziellen Kernmaterialien wurde auch eine ausreichende Feuerwiderstandsfähigkeit erreicht.

SUMMARY

The presented sandwich panels for roof and wall cladding consists of steel sheet facings and a stiff shear core. In consequence of the sandwich effect these elements have a high load bearing capacity and a good thermal insulation. The panels are prefabricated completely. The erection is therefore simple and independent of weather conditions. Newly developed sandwich panels with special core material have also an intrinsic fireproof behaviour.

RÉSUMÉ

Les panneaux sandwich présentés, destinés à la couverture et au bardage, sont constitués de parements en tôle d'acier et d'un noyau résistant au cisaillement. De par l'effet sandwich, ces éléments possèdent une capacité portante très élevée et simultanément une excellente isolation thermique. Ils sont entièrement préfabriqués et, de ce fait, leur montage est simple et indépendant des conditions météorologiques. La mise au point de ces nouveaux panneaux sandwich à noyau en matériaux spéciaux a permis d'atteindre par ailleurs une résistance au feu largement suffisante.



1. EINFÜHRUNG

Raumbildende und tragende Wand- und Dachbauteile sind wesentliche Konstruktionselemente eines Bauwerkes. Sie stellen einen erheblichen Kostenfaktor dar, der sich bei weiter wachsenden Anforderungen an die bauphysikalischen Eigenschaften (z.B. Wärmedämmung und Feuerwiderstand) vergrößern wird.

Bei den herkömmlichen Wandverkleidungen und Dacheindeckungen wird die Höhe der Kosten auch dadurch verursacht, daß sie durch nacheinanderfolgende Arbeitsvorgänge auf der Baustelle hergestellt werden.



Abb.1: Montage von Sandwich-Dachbauteilen

Technisch und wirtschaftlich interessante Alternativen zu diesen herkömmlichen, baustellenkomplettierten Systemen sind Sandwichbauteile, die als Wand- und Dachbauteile - in der Fabrik vorgefertigt - auf der Baustelle nur noch verlegt und befestigt werden müssen (Abb. 1 u. 2).

2. SANDWICHBAUTEILE MIT PUR-HARTSCHAUMKERN

Die am häufigsten verwendeten Sandwichbauteile im Bauwesen sind Stahlfeinblech/Polyurethanhartschaum-(PUR)-Sandwichplatten, die sich seit mehr als 15 Jahren als Wand- und Dachbauteile vorwiegend im Industriebau durchsetzen und großtechnisch in kontinuierlichen Fertigungslinien hergestellt werden.

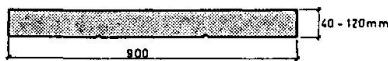
Stahlfeinblech/Polyurethanhartschaum-Sandwichtragwerke bestehen im allgemeinen aus einer oberen und einer unteren Deckschicht aus Stahlfeinblech mit Blechstär-



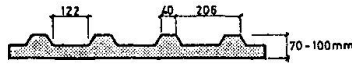
Abb.2: Montage von Sandwich-Wandbauteilen

ken zwischen 0,5 und 1,0 mm und einer Kernschicht aus Polyurethanhartschaum mit einem Raumgewicht zwischen 40 und 60 kg/m³/l/.

Ebene Sandwichbauteile



Sandwichbauteile mit profilierter Deckschicht



Profil-Sandwichbauteile

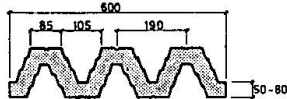


Abb.3: PUR-Sandwich-Querschnitte

Durch die Verwendung von Deckblechen mit verschiedenen Geometrien entstehen Querschnitte für ebene, profilierte oder Profil-Sandwichbauteile (Abb. 3).

2.1 Sandwich-Wirkungsweise

Ein wesentlicher Vorteil dieser einfach und daher kostengünstig zu montierenden Sandwichtragwerke besteht darin, daß im Sinne des "integrierten Bauens" die PUR-Hartschaumkernschicht nicht nur als hervorragende Wärmedämmung wirkt, sondern durch Aussteifung der Deckbleche und einer Mitwirkung im Verbund erheblich die Steifigkeit und Tragfähigkeit der Bauteile erhöht.

So wird z.B. bei Sandwich-Bauteilen das druckbeanspruchte Deckblech (das obere bei positiven Biegemomenten) durch eine elastische Bettung auf der Kernschicht sehr wirkungsvoll ausgesteift (Abb. 4).

Ebene Deckbleche

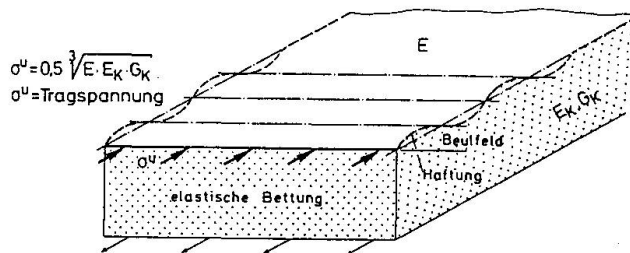
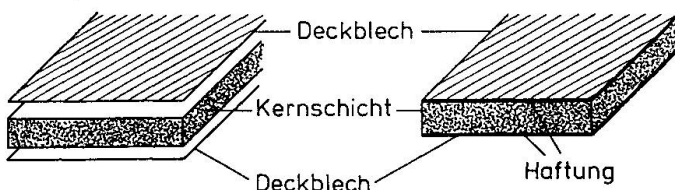


Abb.4: Elastische Bettung der druckbeanspruchten Deckbleche auf der Kernschicht

Bei ausreichend schubfester Verbindung der einzelnen Schichten miteinander wird außerdem bei solchen Sandwichtragwerken eine Verbundwirkung erreicht (Abb.5).

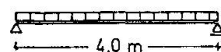
ohne Verbund

mit Verbund



Traglast ≈ 0

Traglast $p^u = 1,8 \text{ KN/m}^2$



z.B. : Deckbleche : $t = 0,5 \text{ mm}$
 Kern : PUR, $R_G = 50 \text{ kg/m}^3$
 $d = 60 \text{ mm}$
 Baubreite : 1,0 m, Kurzzeitbelastung

Abb. 5: Verbundwirkung durch Haftung zwischen Deckschicht und schubsteifem Kern

Wegen der Verwendung von Kunststoff als Kernschicht, der sich hinsichtlich der Herstellung und der bautechnischen Anforderungen so günstig verhält, sind bei der Beurteilung der Tragfähigkeit des Sandwichtragwerkes und damit bei der Bemessung jedoch eine Reihe von Besonderheiten zu beachten.

2.2 Bemessung

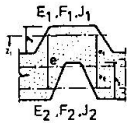
So muß die gegenseitige Verschiebung der Deckbleche infolge Schubverformung der



Differentialgleichungen des elastischen Verbundes

$$\delta''(x) - \left(\frac{k}{I}\right)^2 \cdot \delta(x) = -\frac{eQ(x)}{i^2 \cdot B_i}$$

$$w''(x) - \frac{1-i^2}{e} \cdot \delta'(x) = -\frac{M(x)}{B_i}$$



Näherungslösung für sinusförmige Belastung $q(x) = q_0 \sin \frac{\pi \cdot x}{L}$ für Einfeldträger

$$B_w = E_1 \cdot J_1 + E_2 \cdot J_2 + \gamma \cdot e^2 \cdot \frac{E_1 \cdot F_1 \cdot E_2 \cdot F_2}{E_1 \cdot F_1 + E_2 \cdot F_2} ; \gamma = \frac{1}{K+1}$$

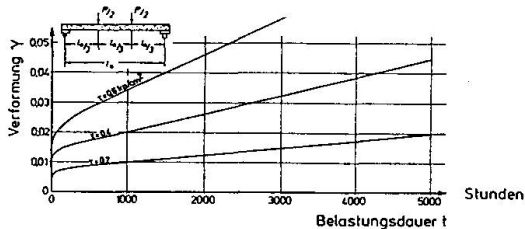
$$K = \frac{\pi^2 E_1 \cdot F_1 \cdot E_2 \cdot F_2}{L^2 \cdot \frac{m}{n} \cdot G (E_1 \cdot F_1 + E_2 \cdot F_2)} ; \frac{m}{n} \cdot G \text{ Kernfedersteifigkeit}$$

z.B.: Spannung im oberen Deckblech

$$\sigma = \frac{M(x)}{B_w E_1} \cdot (\gamma \cdot e_1 + z_1)$$

Genauere Lösung mit FE- oder Differenzen-Methode

Abb.6: Theorie des elastischen Verbundes



Versuchskörper: ebene Sandwichbalken mit Stahldeckschichten
Kontinuierlich geschäumt, Mittleres Raumgewicht: ca. 50 kg/m³

Abb. 7: Kriechverhalten des PUR-Hartschaums unter Schubbeanspruchung

Bezeichnungen:

- S_L: Schnittgrößen aus äußeren Lasten (z.B. Schnee)
- γ_L: zugehöriger Sicherheitsbeiwert
- S_T: Schnittgrößen aus Zwängung infolge Temperatur
- γ_T: zugehöriger Sicherheitsbeiwert
- S_K: Langzeiteinfluß auf die Teilschnittgrößen
- γ_K: zugehöriger Sicherheitsbeiwert
- R_F: Widerstandsbeiwert, z.B. Trag- oder Knitterspannung

Gebrauchsfähigkeitsnachweis

$$\gamma \cdot (S_L + S_T + S_K) \leq R_F$$

$$\gamma = 1,1$$

Tragsicherheitsnachweis

Wandelemente	$\gamma_L = 1,85 \text{ stat. bestimmt}$ $\gamma_L = 2,0 \text{ stat. unbestimmt}$
$\gamma_L \cdot S_L + \gamma_T \cdot S_T \leq R_F$	
Dachelemente	$\gamma_T = 1,3$ $\gamma_K = 1,15$
$\gamma_L \cdot S_L + \gamma_T \cdot S_T + \gamma_K \cdot S_K \leq R_F$	

Abb.8: Bemessung

Kernschicht berücksichtigt werden.

Es ist somit die Theorie des elastischen Verbundes (Abb.6) anzuwenden/2/. Da Polyurethan-Hartschäume hochpolymere Kunststoffe sind, die ihrem mechanischen Verhalten nach den viskoelastischen Werkstoffen zugeordnet werden, wird ihr Trag- und Verformungsverhalten durch eine ausgeprägte Zeitabhängigkeit bestimmt, d.h. sie kriechen (Abb. 7).

Da durchlaufende Sandwichbauteile vom System und profilierte zusätzlich innerlich statisch unbestimmte Tragwerke sind, erzeugen unterschiedliche Deckblechtemperaturen - außen z.B. bei Sonneneinstrahlung bis zu 80°C, innen durch die gute Wärmedämmung 20°C - zusätzliche Beanspruchungen, die bei der Bemessung zu berücksichtigen sind.

Die praktische Bemessung von Sandwichplatten wird unter Berücksichtigung der genannten Besonderheiten durchgeführt. Es sind sowohl der Gebrauchsfähigkeitsnachweis als auch die Tragsicherheitsnachweise zu führen (Abb.8)/1/.

In der BRD erfolgt die Bemessung auf der Grundlage von Zulassungen des Instituts für Bautechnik, Berlin. Für die praxisnahe Anwendung stehen typengeprüfte Stützweiten- oder Belastungstabellen zur Verfügung. Wesentlich ist aber, daß auch im Rahmen der "European Convention for Constructional Steelwork" (ECCS) seit mehreren Jahren europäische Empfehlungen für Sandwich-Bauteile vorbereitet werden. Diese Empfehlungen können dann Grundlage für gleichwertige Bemessung von Sandwichbauteilen im europäischen Bereich sein /3/.

3. SANDWICHBAUTEILE MIT MINERALWOLLKERN

Zu einem Leistungsbild für Bauteile gehört auch eine Abschätzung des Verhaltens im Katastrophenfall Brand. Hier kann man natürlich bei Sandwichbauteilen mit organischen Kernschichten (PUR) keine Wunder erwarten.

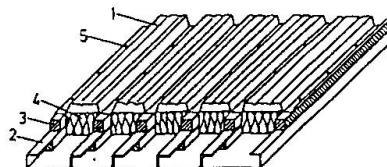
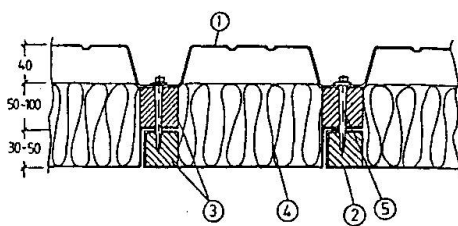
Dacheindeckungen aus nichtbrennbaren Materialien und Trapezblechen werden deshalb z.Zt. meist nur in doppelschaliger Ausbildung, d.h. Außen- und Innenschale aus Trapez- oder Stehfalzblech und lose eingelegter Isolierung aus Mineralwolle, eingesetzt.

Nichtbrennbare Wandbauteile werden in letzter Zeit auch als Sandwichbauteile mit Mineralwollkern bereits großtechnisch eingesetzt. Der relativ feste Kern, mit Fasern die senkrecht zu den Deckschichten verlaufen, ist schubsteif verklebt mit den Deckschichten, so daß ein ähnliches Tragverhalten besteht wie bei den PUR-Sandwichbauteilen.

Hierbei ist aber zu beachten, daß die Bauteile zwar als nicht brennbar eingestuft werden, aber keine Feuerwiderstandsklasse erreichen, da unter Brandbeanspruchung das tragende Blech frühzeitig versagt.

Bei den doppelschaligen Ausführungen kann eine Verbundtragwirkung nicht ausgenützt werden, da keine schubsteife Verbindung zwischen der oberen und unteren Deckschicht vorhanden ist, wie es z.B. bei den PUR-Sandwichbauteilen durch die selbstklebende Verbindung der Polyurethan-Hartschaum-Kernschicht mit den Deckschichten der Fall ist.

Dacheindeckungen, die neben dem Vorteil einer Verbundtragwirkung auch den Anforderungen des Wärmeschutzes und vorallem des Brandschutzes genügen, wurden im Rahmen einer Reihe von Forschungsvorhaben, die an der Technischen Hochschule Darmstadt durchgeführt wurden, untersucht /4/,/5/.



- ① Stahltrapezblech
- ② Stahlprofilblech (Siding)
- ③ Fasersilikatsteg
- ④ Steinwolle
- ⑤ Rostfreie, selbstfurchende Schrauben.

Als konstruktive Lösung wurde nach umfangreichen Parameterstudien Stahlblech-Stegverbundplatten konzipiert, bei denen ein Stegwinkel mit dem unteren Deckblech mit zwischenliegenden Dämmstreifen verschraubt ist. Der Stegwinkel ist dann wiederum mit dem oberen Deckblech schubfest verbunden. (Abb. 9)

Abb. 9: Stahlblech/Siding-Stegverbundplatte

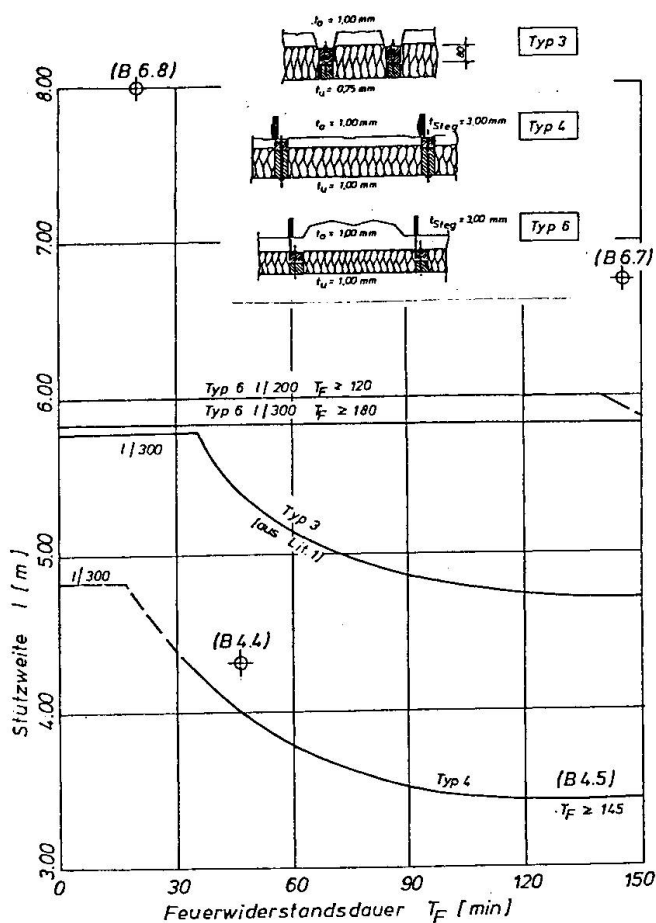


Abb.10: Bemessungsdiagramm für Dachverbundplatten, abhängig von der Feuerwiderstandsdauer (Einfeldplatten, $1,0 \text{ KN/m}^2$ Schneebel., $\max f = 1/300$)

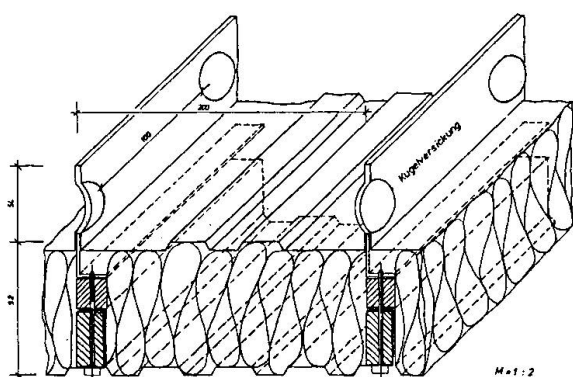


Abb.11: Dachverbundplatten mit Kugelversickung

Vor allem durch umfangreiche experimentelle Untersuchungen wurden Grundlagen für die Möglichkeit der gezielten Dimensionierung für die zu erwartenden äußeren Belastungen und die geforderten Feuerwiderstandsklassen geschaffen (Abb. 10).

Um eine absolut regenwasserdichte Ausführung zu gewährleisten wurden außerdem besondere schraubenlose Verbindungen (z.B. Kugel oder Wellenversickerung) der oberen Deckschicht mit den Stützstege konzipiert und durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen (Abb. 11).

Es kann davon ausgegangen werden, daß die im Sinne einer integrierten Bauweise geforderten Eigenschaften hinsichtlich des Tragverhaltens, der bauphysikalischen Eigenschaften und vor allem der Feuerwiderstandsfähigkeit mit solchen Verbundplatten weitgehend erreicht werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- /1/ Jungbluth, O. (Berner, K.): Verbund- u. Sandwichtragwerke, Springer-Verlag, 1986
- /2/ Berner, K.: Stahl/PUR-Sandwichtragw. unter Temperatur- u. Brandbelastung, TH Darmstadt 1978
- /3/ ECCS, European Recommendations for Sandwich Panels, TC 7, WG 7.4
- /4/ Jungbluth, O. u. Berner, K.: Feuerwiderstandsfähige Dachverbundplatten, Werkstoff u. Technik 1989
- /5/ Jungbluth, O.: Feuerwiderstandsfähige Dachverbundplatten mit unbrennbarem Stützstege u. Dämmstoffkern, BMFT-Forschungsvorhaben, 1984/1985