Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 49 (1986)

Artikel: Brandsicherheit bei Dächern und Wänden aus Stahltrapezprofilen
Autor: Witte, Horst / Klingsch, Wolfram
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-38331

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

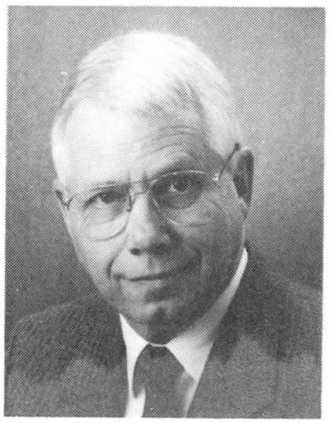
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Brandsicherheit bei Dächern und Wänden aus Stahltrapezprofilen

Fire Safety for Roofs and Walls of Corrugated Sheet Steel

Sécurité contre l'incendie de toitures et façades en tôle d'acier profilée

Horst WITTE
Dr.-Ing.
INSTRUCT
Wiesbaden, BR Deutschland



Horst Witte, geb. 1928, Studium Bauingenieurwesen bis 1955, Promotion 1959. Tätigkeit im Stahlbau, in der stahlerzeugenden und stahlverarbeitenden Industrie, Leiter der Forschung in einem Konzern, einige Jahre Lehrbeauftragter, seit 1980 eigene Gesellschaft für Forschung und Entwicklung.

Wolfram KLINGSCH
Prof. Dr.
Bergische Universität
Wuppertal, BR Deutschland

Wolfram Klingsch, geb. 1944, Studium Bauingenieurwesen bis 1970, Promotion 1975, praktische Tätigkeit als beratender Ingenieur, Lehrbeauftragter, seit 1982 Inhaber des Lehrstuhls für Baustofftechnologie und Brandschutz an der Bergischen Universität Wuppertal.

ZUSAMMENFASSUNG

Dächer und Wände aus Stahltrapezprofilen können brandsicher ausgeführt werden. Die Rückwirkung von Dach und Wand auf das Brandgeschehen wird beschrieben. Die raumabschliessende Wirkung unter Brandtemperaturen hängt von der Befestigung ab.

SUMMARY

Roofs and walls of corrugated sheet steel can be made fire proof. The interaction between roofs and walls and the fire is described. The room enclosing function in the case of fire depends on the strength of the connections.

RÉSUMÉ

Les toitures et façades en tôle d'acier profilée peuvent être construites résistantes au feu. On décrit dans cette contribution la réaction de toitures et façades légères face au feu. La fonction enveloppe en cas d'incendie dépend de la résistance des assemblages.

1. EINLEITUNG

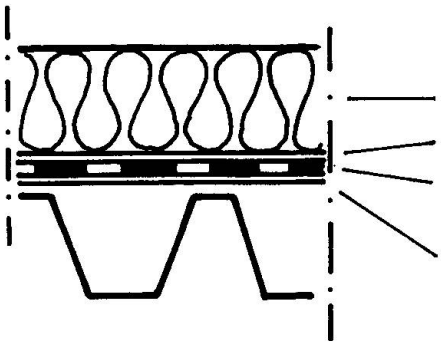
Dächer und Wände werden in der Bundesrepublik Deutschland in erster Linie als raumabschließende Bauteile für Industriebauten, Lagergebäude und Supermärkte eingesetzt. Bauaufsichtliche Anforderungen für eine Feuerwiderstandsklasse bei nichttragenden Bauteilen werden in der Regel nicht gestellt. Die Forderung nach Sicherheit gegen Flugfeuer und strahlende Wärme, d.h. gegen Brandeinwirkung von außen werden von allen marktüblichen Stahltrapezdächern erfüllt. Speziell für Dächer aus einschaligen, wärmegedämmten Stahltrapezprofilen hat die Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes Empfehlungen erarbeitet /1/, die sich auf Forschungsarbeiten stützen /2/.

Dächer und Wände aus Stahl bestehen aus mehreren Schalen und Schichten mit unterschiedlicher Funktion. Das profilierte Stahlblech dient als tragende Schicht, bei der Verwendung als Außenhaut auch als regendichte Wetterhaut. Zur Wärmedämmung dienen Kunststoffhartschäume, Mineralfaserdämmstoffe, Schaumglasplatten u.a., d.h. brennbare und nichtbrennbare Stoffe. Für die Dampf- und Winddichtigkeit werden Dampfsperren und Luftsperren aus brennbaren oder nichtbrennbaren Folien, oft auf bituminösen Trägerbahnen eingesetzt. Die äußere Haut besteht bei Wänden in der Regel aus Metallprofilen, beim Dach neben der metallischen Dachdeckung auch aus Kunststoffbahnen oder Bitumendachbahnen. Während früher allein das Brandverhalten der einzelnen Baustoffe beachtet und geprüft wurde, setzt sich jetzt die Erkenntnis durch, daß das Zusammenwirken der Stoffe andere Eigenschaften zeigt als das Verhalten der Baustoffe allein /2,3/.

2. MASSNAHMEN FÜR DIE BRANDSICHERHEIT

Eine der wichtigsten Forderungen an Dächer und Wände aus Stahltrapezprofilen ist die Verhinderung der Brandfortleitung. Die beste Maßnahme gegen die Brandausbreitung innerhalb der Bauteile ist die Verwendung nichtbrennbarer Baustoffe. Wenn dazu aber eine brennbare oder schmelzende und brennend herabtropfende Dampfsperre verwendet wird, so ist der positive Effekt der nichtbrennbaren Dämmschicht wirkungslos (Bild 1 nach /4/).

Eine brennbare Dampfsperre sollte entweder vermieden werden, oder es ist eine Schicht mit möglichst geringer brennbarer Mas-



Brandlast	Fire load density	MJ/m^2	%
Wärmedämmung	Insulation	72	42
Klebeschicht	Adhesive	25	
Dampfsperre (Dachpappe)	Vapour barrier (Roofing felt)	50	58
Klebeschicht	Adhesive	25	
Summe	Total	172	100

Bild 1 Brandlast im Dach

Fig. 1 Fire load density in the roof

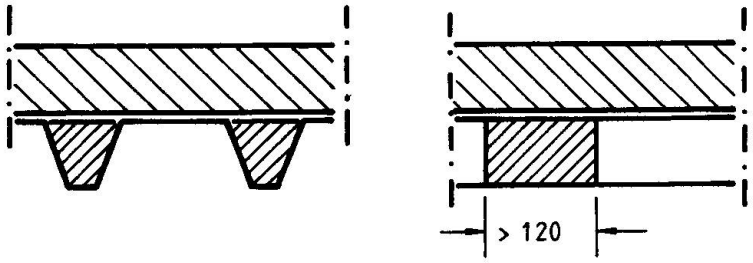


Bild 2 Abschotten der Sicken

Fig. 2 Barrier in the profiled sheet

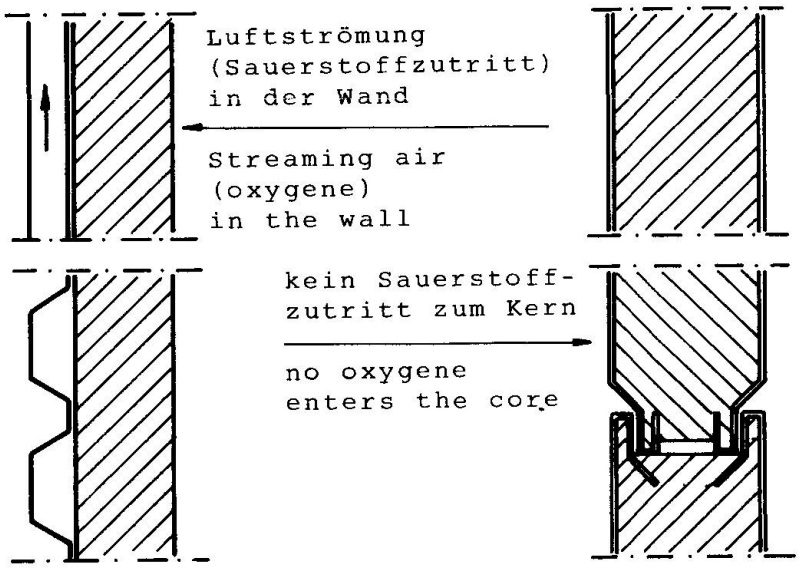


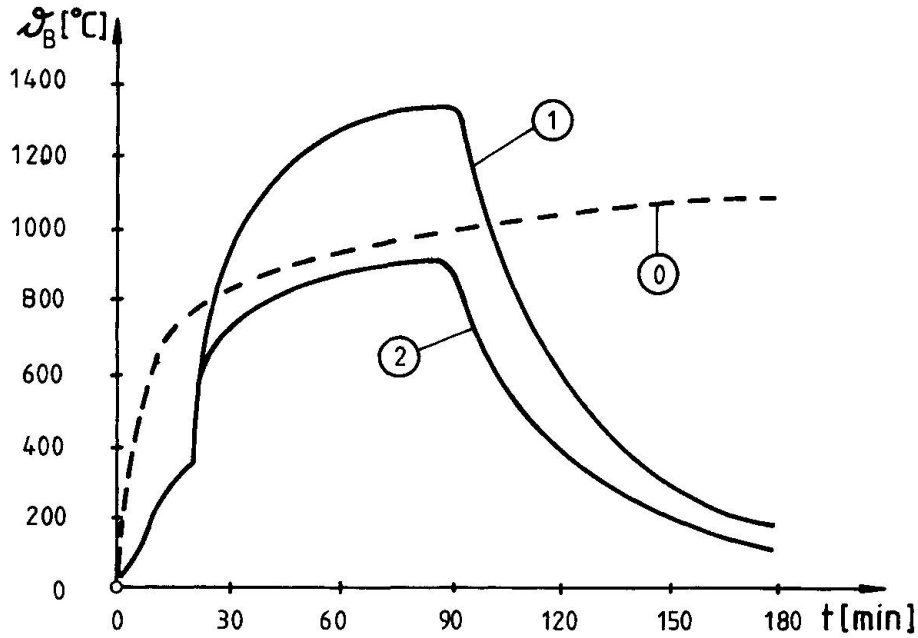
Bild 3 Sauerstoff-Zutritt in der Wandkonstruktion

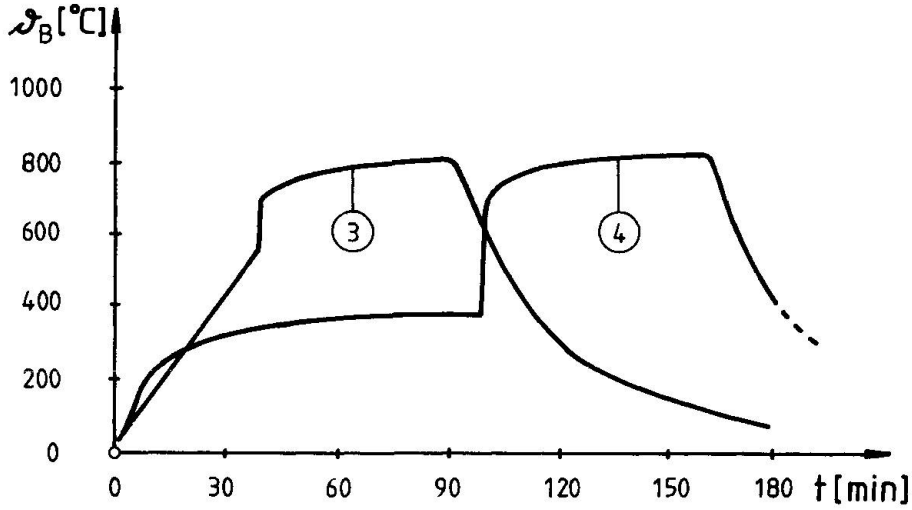
Fig. 3 Oxygene-ventilation in the wall-structure

se zu verwenden. Abschottungen der Sicken mit nichtbrennbarem Material bilden Barrieren gegen die Brandweiterleitung (Bild 2). Mindestens an Brandwänden ist eine Abschottung vorzusehen. Die Brandfortleitung auf der Dachoberseite kann durch eine Bekiesung (5 cm), einen Brandschutzanstrich auf der bituminösen Dachhaut oder Anordnung einer Brandschutzbahn verhindert werden. Bei einer nichtbrennbaren Dachhaut aus Metallprofilen, d.h. beim zweischaligen Dachaufbau erübrigen sich solche Maßnahmen. Da ein Brand in starkem Maße von der Sauerstoffzufuhr abhängt, sind die Ventilationsbedingungen im Bauteil zu beachten. Bei einer Sandwichwand verhindern die Deckschichten aus Stahl den Luft- und Sauerstoffzutritt. Die Brandfortleitung ist trotz der brennbaren Kernschicht gering. Ein Polyurethanschaum, der ohne Deckschichten normalentflammbar ist (B 2 nach DIN 4102), wird zwischen Stahldeckschichten zum schwerentflammbaren Baustoff (B 3). Diese Anordnung ist in Bild 3 dargestellt.

3. INTERAKTION ZWISCHEN BRAND UND BAUTEILEN

Bei experimentellen und rechnerischen Brandschutzuntersuchungen wird in der Regel die Temperatureinwirkung auf das Bauteil untersucht. Als Maß der Temperaturbeaufschlagung dient normalerweise die Einheitstemperaturzeitkurve nach ISO 834 (DIN 4102). oder bei differenzierteren Analysen eine Temperaturkurve für einen sog. natürlichen Brand. Der Einfluß der Umfassungsbauteile auf die Brandtemperatur wurde von Schneider /5/ untersucht. Eine Weiterführung dieser Forschungsarbeit erfolgt zur Zeit durch ein vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördertes Forschungsprojekt /6/. Dort wird in Brandraumsimulationsanalysen auch die Veränderung des thermischen Verhaltens der Bauteile im Brand untersucht. Bild 4 zeigt ein Beispiel : Halle 30 x 30 x 6 m, Brandlast 30 kg Holz pro m^2, Dach und Wand aus Stahltrapezprofilen mit einer Dämmschicht, die einer 80 mm dicken Polystyrolschicht entspricht. Der berechnete Temperaturverlauf ist in Bild 4 dargestellt und zwar in Kurve (1) bei der Annahme einer konstant wirksam bleibenden Wärmedämmung. In Kurve (2) ist berücksichtigt, daß ab 300°C keine Wärmedämmung mehr vorhanden ist. Bei verschwindender Wärmedämmung erfolgt demnach bei diesem Beispiel eine Temperaturentlastung in der Spitze um





Kurve		curve	
0	ETK	0	ISO 834
1	bei nicht brennbarer Wärmedämmung	1	with non combustible insulation
2	bei verschwindender Wärmedämmung	2	with lost insulation
3	bei offenen Fenstern	3	with open windows
4	mit Fenstern, die ab 250 °C zerspringen	4	with windows, which are destroyed at 250 °C

Bild 4 Temperatur-Zeit-Kurven

Fig. 4 Temperature-time-curves

ca.450 K. Eine andere "Antwort" der Bauteile auf die Brandeinwirkung ist das Öffnen von Wand- oder Dachflächen. Fenster zerspringen, Lichtkuppeln schmelzen. Bild 4 zeigt Ergebnisse aus einer Simulationsrechnung für eine Halle 40 x 40 x 8 m mit einer Wärmedämmung, die sich im Brand zersetzt und mit Fensteröffnungen von 80 m^2. In Kurve (3) sind die Fenster bei Brandbeginn bereits offen, Kurve (4) zeigt den Temperaturverlauf, wenn sich die Fenster bei 250^{0}C öffnen. Dieser Fall zeigt eine zeitliche Verschiebung der Temperaturkurve. Die Höhe der maximalen Temperatur bleibt davon unbeeinflußt.
Die Ergebnisse sind hier aus der laufenden Forschung beispielhaft dargestellt. Eine Verallgemeinerung dieser Kurven ist nicht möglich.

4. STANDFESTIGKEIT DER STAHLTRAPEZPROFILE

Wenn im Brandfall die tragende Unterkonstruktion ihre Standfestigkeit behält, so gibt es für die Stahltrapezprofile zwei Verhaltensmöglichkeiten: Sie lösen sich von ihren Endauflagern und hängen herab (Gardinen-Effekt) oder sie bleiben an ihren Enden mit dem Auflager verbunden (Matten-Effekt). Dies ist in Bild 5 gezeigt.

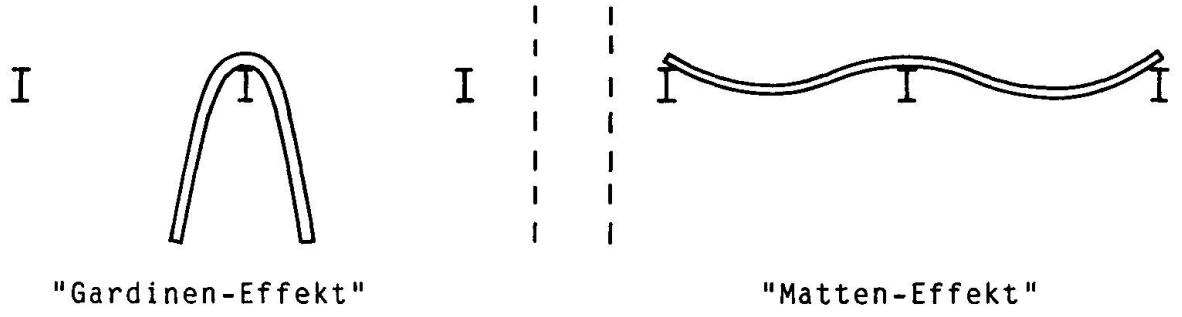


Bild 5 Versagensarten von Stahltrapezprofilen im Brand
Fig. 5 Failure of corrugated sheets in a roof

In beiden Fällen haben sie zwar ihre normale Gebrauchsfähigkeit verloren, im letzteren Fall behalten sie aber ihre raumabschließende Wirkung und können die Verbreitung offener Flammen nach außen verhindern. Welcher Effekt im Brandfall erwünscht ist, hängt von der jeweiligen Situation ab. Die nachfolgende Traganalyse soll dem mit dem Brandschutzentwurf befaßten Ingenieur die Möglichkeit geben, brandschutzgerecht zu konstruieren (Brandschutz nach Maß).

Nach Witte /7/ entsteht bei unverschieblichen Auflagern für das biegesteife Stahltrapezprofil die Horizontalkraft H nach Bild 6.

$$H = \varkappa_E E_0 \cdot A \left[\left(\frac{4}{\pi^5} \frac{q \cdot l^4}{\varkappa_E \cdot E_0 \cdot J \, (1+\alpha)} \right)^2 \cdot \frac{8}{3\, l^2} - \alpha \cdot \vartheta - \frac{8}{l} \right] .$$

Hierin sind

A die Querschnittsfläche des Trapezprofiles,

J das Biegeträgheitsmoment des Profiles,

E_0 der Elastizitätsmodul unter Normaltemperatur,

$\varkappa_E$ der Abminderungsfaktor für E_0 unter Brandtemperaturen,

ϑ die Brandraumtemperatur, in diesem Fall gleich der Temperatur des Stahltrapezprofiles,

α der Temperaturausdehnungskoeffizient für Stahl.

Wenn der Querschnitt bei steigender Temperatur plastiziert, bleibt nach dem Verlust der Biegesteifigkeit die Seilwirkung des Trapezprofiles (Matteneffekt). Dann trägt das Profil nur durch die Zugkraft H mit

$$\frac{H^3}{\varkappa_E \cdot E_0 \cdot A} + \left(1{,}2 \cdot 10^{-5} \cdot \vartheta + \frac{a}{l}\right) H^2 = \frac{q \cdot l^2}{24} ,$$

mit der Bedingung $H \leqq \beta_s(\vartheta) \cdot A$.

β_s ist die temperaturabhängige Streckgrenze.

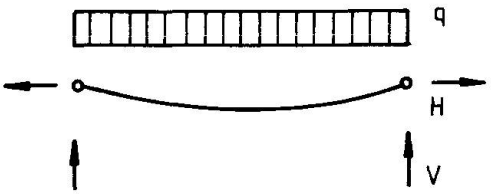


Bild 6 Tragwirkung von Trapezprofilen im Brand

Fig. 6 Load bearing system in the case of fire

Für die nachstehende Analyse werden die temperaturabhängigen Werkstoffgesetze für die Streckgrenze und den Elastizitätsmodul angewandt, die für Walzstahl St 37 ermittelt wurden. Die für Stahltrapezprofile, d.h. dünnwandige kaltverformte Bleche gültigen Gesetze bedürfen noch eines Nachweises.

Unterstellt man, daß im Katastrophenfall Brand nur noch das Eigengewicht als Belastung wirkt, so liegt der Auslastungsgrad der Tra-

pezprofile bei $\varkappa$ = 0,08 bis 0,09, d.h. die Profile haben nur noch den 0,08 bis 0,09-fachen Anteil der Bemessungslast zu tragen. Eine Auswertung der o.g. Formeln für 2 Profile (Profil 40/183 und Profil 160/250) hat ergeben, daß die Versagenstemperaturen für die Profile oberhalb von 850°C liegen, wenn die Auflagerkräfte aufgenommen werden können. Wenn die Tragfähigkeit der Stahltrapezprofile bis 850°C (in bestimmten Fällen noch höher) erhalten bleiben soll, muß die Auflagerbefestigung die gleiche Tragfähigkeit besitzen. Über die Tragfähigkeit von Schrauben (z.B. Bohrschrauben) liegen noch keine gesicherten Werte vor. Eine Abschätzung ergibt, daß bei Stahlschrauben Auslastungsgrade für die Stahltrapezprofile von 0,05 bis 0,15 erreicht werden können. Werkstoffe mit niedrigeren Schmelzpunkten oder Dächer mit höheren Nutzlastanteilen führen zu dem vorgenannten Gardinen-Effekt.

Literatur

/1/ VFDB, Empfehlungen für eine Begrenzung der Brandübertragung bei einschaligen, wärmegedämmten Stahltrapezprofilen, VFDB 33(1984) Heft 4, Verlag Kohlhammer, Stuttgart

/2/ BREIN,D.,SEEGER,P.G., Brandversuche an wärmegedämmten Stahltrapezprofildächern, Forschungsstelle für Brandschutztechnik an der TU Karlsruhe, 1982

/3/ HERTEL,H., Neue Prüfgrundsätze für schwerentflammbare und nichtbrennbare Baustoffe, Bauphysik 7(1985), Ernst & Sohn, Berlin

/4/ FEDEROLF,S., Was lehren uns die Brandfälle und die Versuche?, VFDB 27(1978), Heft 4, Verlag Kohlhammer, Stuttgart

/5/ SCHNEIDER,U., Einfluß der Umfassungsbauteile auf die Brandentwicklung in Industriehallen, Studiengesellschaft für Anwendungstechnik (Hrsg.), BMFT BAU 6004/Akt.1.2, Düsseldorf 1982

/6/ HÖNIG,O.,KLINGSCH,W.,WITTE,H., Interaktion Brand-Konstruktion bei eingeschossigen Hallen, Studiengesellschaft für Anwendungstechnik, BMFT BAU 6004/Akt.3.5, erscheint 1986

/7/ WITTE,H., Versagen von Stahltrapezprofilen unter Brandbelastung, noch unveröffentlicht