



**Dach- und Wandkonstruktionen aus Stahl**

<b>1   Einführung</b>	Seite 03	<b>8   Planungs- und Ausführungsbeispiele</b>	Seite 32
<b>2   Eigenschaften der Werkstoffe</b>	Seite 04	<b>8.1   Dachsysteme</b>	Seite 32
<b>2.1   Nachhaltigkeit im Metallleichtbau</b>	Seite 04	<b>8.2   Wandsysteme</b>	Seite 32
<b>2.2   Stahl</b>	Seite 04	<b>8.3   Konstruktionsdetails</b>	Seite 34
<b>2.3   Polyurethan-Hartschaum</b>	Seite 04		
<b>2.4   Mineralwolle</b>	Seite 05	<b>9   Ausblick</b>	Seite 41
<b>2.5   Materialien zur Herstellung der Luftdichtheit</b>	Seite 06		
<b>3   Profilbleche aus Stahl</b>	Seite 06	<b>10   Projektbeispiele für Dach- und Wandkonstruktionen aus Stahl</b>	Seite 42
<b>3.1   Baurechtliche Regelungen und Anforderungen</b>	Seite 06		
<b>3.2   Herstellung und Liefergrößen</b>	Seite 06	<b>11   Normen, Verordnungen, Literatur</b>	Seite 45
<b>3.3   Trapezprofile für Dach- und Wandkonstruktionen</b>	Seite 06	<b>11.1   Normen</b>	Seite 45
<b>3.4   Deckschalen im Dachbereich</b>	Seite 07	<b>11.2   Verordnungen</b>	Seite 45
<b>3.5   Stahlkassettensprofile</b>	Seite 08	<b>11.3   Literatur</b>	Seite 46
<b>3.6   Paneele</b>	Seite 09		
<b>3.7   Vorbemessung einschaliger Profiltafeln</b>	Seite 09	<b>Impressum:</b>	
<b>4   Sandwichelemente</b>	Seite 11	Dach- und Wandkonstruktionen aus Stahl	
<b>4.1   Baurechtliche Regelungen und Anforderungen</b>	Seite 11	Nr. B 405	
<b>4.2   Allgemeines</b>	Seite 11	Herausgeber:	
<b>4.3   Fertigung und Lieferabmessungen</b>	Seite 13	bauforumstahl e.V.   Sohnstraße 65   40237 Düsseldorf	
<b>4.4   Bemessungsgrundlagen</b>	Seite 13	Postfach 10 48 42   40039 Düsseldorf	
<b>4.5   Brandverhalten</b>	Seite 14	T: +49(0)211.6707.828   F: +49(0)211.6707.829	
<b>4.6   Montage von Sandwichelementen</b>	Seite 14	zentrale@bauforumstahl.de   www.bauforumstahl.de	
<b>4.7   Wärme- und Feuchteschutz</b>	Seite 14	www.facebook.com/bauforumstahl   www.stahlbauverbindet.de	
<b>4.8   Schallschutz</b>	Seite 15		
<b>5   Dauerhaftigkeit und Korrosionsschutzanforderungen</b>	Seite 16	Januar 2015 (überarbeiteter Nachdruck)	
<b>5.1   Baurechtliche Grundlagen</b>	Seite 16	Ein Nachdruck dieser Publikation – auch auszugsweise – ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers bei deutlicher Quellenangabe gestattet.	
<b>5.2   Metallische Überzüge</b>	Seite 18	Die zugrunde liegenden Informationen wurden mit größter Sorgfalt recherchiert und redaktionell bearbeitet. Eine Haftung ist jedoch ausgeschlossen.	
<b>5.3   Organische Beschichtungen (Duplex-Systeme)</b>	Seite 20	Autoren:	
<b>5.4   Planungshilfen bei der Auswahl von Korrosionsschutzsystemen</b>	Seite 20	Prof. Dr.-Ing. Karsten Tichelmann	
<b>5.5   Qualitätssicherung</b>	Seite 21	Vincent Wellan, M.Sc.	
<b>6   Güteüberwachung</b>	Seite 22	Dennis Werkmeister, B.A.-Ing.	
<b>7   Verbindungssysteme und Befestigungselemente</b>	Seite 22	Titelbild:	
<b>7.1   Baurechtliche Regelungen und Anforderungen</b>	Seite 22	Tri center Perpignan, Architekt: L. Arsène Henry Jr	
<b>7.2   Verbindungselemente für Trapez-, Kassettens- und Wellprofile</b>	Seite 22		
<b>7.3   Typen der Verbindungselemente</b>	Seite 22		
<b>7.4   Verbindungs- und Befestigungselemente für Sandwichelemente</b>	Seite 23		
<b>7.5   Unterkonstruktionen von Dach- und Wandsystemen</b>	Seite 24		

**bauen im wertstoffkreislauf 3R**  
**reduce reuse recycle bauen im**  
**wertstoffkreislauf 3R reduce re**



## 1 | Einführung

Die architektonischen Qualitäten sowie der hohe thermische Komfort in Stahlhallen mit hochgedämmten Dach- und Fassadensystemen in Stahlbauweise bilden die Grundlage für Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit und Gesamtbehaglichkeit der Nutzer. Für Dach- und Außenwandkonstruktionen von Stahlhallen stehen eine Vielzahl von Materialien und Systemen sowie architektonischen Gestaltungsmöglichkeiten zur Verfügung.

Auch industrielle Produktionsstätten und Hallenbauwerke sind gestaltprägend für die Umwelt und tragen baukulturelle Verantwortung. Die Erscheinung stellt einen direkten Bezug zwischen Öffentlichkeit im regionalen Umfeld und dem Gebäude her. Baukulturelle Qualitäten erzeugen Lebensqualität und Standortvorteile, bei denen die hochwertigen Gestaltungsmöglichkeiten von Dach- und Wandsystemen in Stahlbauweise einen wesentlichen Beitrag leisten können.

Dabei werden Industriebauten zugleich Imageträger, bei den die architektonische Aussagekraft keine Frage der Größe oder von Kosten ist. Die freie Formgebung, Profilierung und Strukturierung der Oberflächen sowie die flexible Integration von transparenten Flächen und Verglasungen ermöglichen individuelle Gestaltungslösungen.

Aber auch die Anforderungen an die Qualität und die Eigenschaften hinsichtlich der Nachhaltigkeit steigen an industriellen Gebäuden und Produktionsstätten. Hierbei kommen Stahlhallen eine besondere Bedeutung und Zukunftsfähigkeit zu. Neben der primären Tragkonstruktion von Hallen eignet sich Stahl auch im Besonderen für hochgedämmte und vorfertigte Fassaden- und Dachsysteme. In diesen Systemen steckt ein großes Potenzial der Nachhaltigkeit sowie ökonomischer und technologischer Eigenschaften.

Die Planung und Realisierung von Stahlhallen stellen eine anspruchsvolle und chancenreiche Aufgabe für Architekten, Ingenieure und Stahlbauunternehmen dar, die gleichzeitig eine breite Möglichkeit der Individualisierung und Entwicklung von Alleinstellungsmerkmalen ermöglicht. Die vorliegende Dokumentation 609 unterstützt Planer und Ausführende mit Lösungen von Dach- und Wandkonstruktionen im Hallenbau. Die dargestellten Konstruktionen und Systeme lassen sich auch auf die Sanierung und Ergänzungsbaumaßnahmen von vorhandenen Hallensystemen anwenden und sind somit auch für die Sanierung wie kaum eine andere Bauweise geeignet. Die grundlegende Konstruktions- und Funktionsprinzipien dieser Bauweise werden ausführlich beschrieben.

Univ. Prof. Dr.-Ing. Karsten Ulrich Tichelmann  
Technische Universität Darmstadt  
Fachbereich Architektur  
Tragwerksentwicklung & Bauphysik

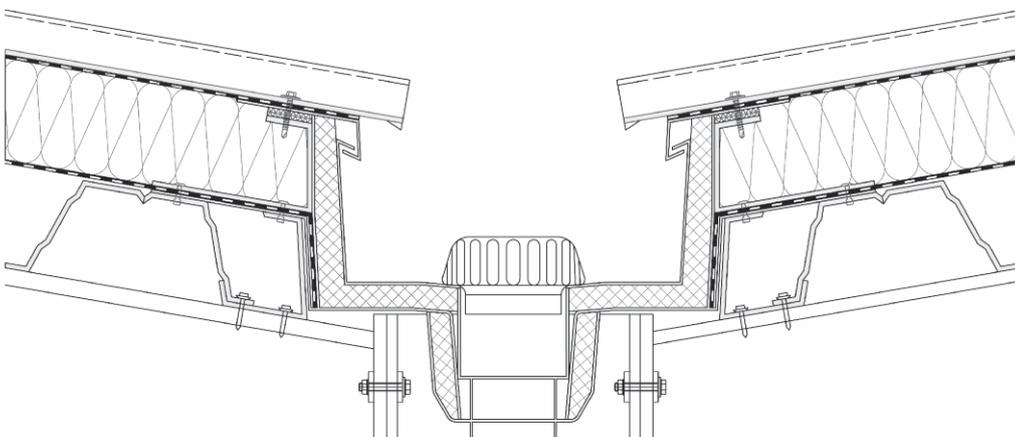


Bild 1:  
Fachgerechte Planung von hochgedämmten Dach- und Fassadensystemen in Stahlleichtbauweise

## 2 | Eigenschaften der Werkstoffe

### 2.1 | Nachhaltigkeit im Metalleichtbau

Die Errichtung und Nutzung von Gebäuden ist weltweit für nahezu 40 % des Energieverbrauchs und des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes verantwortlich. Das gesamte Abfallaufkommen besteht zu über 50 % aus Bauschutt und mehr als die Hälfte der weltweit abgebauten Rohstoffe werden für das Bauen genutzt.

Anhand dieser Zahlen wird deutlich, dass alle am Bau beteiligten zu nachhaltigem Handeln verpflichtet sind.

Das Konzept des nachhaltigen Bauens bezieht sich dabei auf den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes, d.h. von der Planung über die Errichtung, Nutzung und Instandhaltung bis hin zum Rückbau. Tabelle 1 zeigt die 5 Lebenszyklusphasen, die bei einer Ökobilanzierung von Bauprodukten und Gebäuden berücksichtigt werden müssen.

Aufgrund der langen Lebensdauer von Gebäuden ist im Allgemeinen der Aufwand für die Nutzung und Erhaltung eines Gebäudes erheblich höher als der Aufwand für die Errichtung. Daher ist das energieeffiziente Bauen ein wichtiger Teilaspekt der Nachhaltigkeit von Gebäuden.

Bei der Ökobilanzierung von Bauprodukten kann oftmals keine allgemeingültige Aussage über die Bau- und Nutzungsphase (Phase 2 und 3) gemacht werden, da sich viele verschiedene Einsatzmöglichkeiten für die Produkte anbieten. Die Auswirkungen auf die Ökobilanzierung hängen in diesen Phasen maßgeblich von der späteren Verwendung bzw. der Funktion des Bauteils, der Gebäudekonzeption und den verwendeten Baugeräten ab. Diese Daten stehen bei der Herstellung des Produkts meist nicht zur Verfügung und können daher nur bedingt berücksichtigt werden.

Für die Produktphase und das Recycling (Phase 1 und 5) ist jedoch eine allgemeine Darstellung der Stoffströme möglich und in Bild 2 für den Baustoff Stahl dargestellt.

Ein großer Vorteil von Stahl- und Stahleleichtbau-Konstruktionen ist, dass sie am Ende des Nutzungszeitraumes mit geringem Aufwand demontiert und zu nahezu 100% wiederverwertet werden können. Stahl kann dabei beliebig oft ohne Qualitätsverluste recycelt werden. Hierbei wird für die Herstellung neuer

Produkte und Bauteile deutlich weniger Energie benötigt als für die Primärproduktion im Hochofen, was Stahlschrott weltweit zu einem gefragten Rohstoff macht.

Oft können Stahlbauteile nach dem Lebensende eines Gebäudes ganz oder in Teilen direkt wieder verwendet werden. Dadurch kann im Vergleich zum Recycling nochmals Energie eingespart werden, da das erneute Einschmelzen des Stahls nicht erforderlich ist.

### 2.2 | Stahl

Für die Erzeugung von Profiltafeln, Formteilen und Deckschalen für Sandwichelemente wird Stahl verwendet, der für die Kaltverformung geeignet ist. Die Streckgrenze dieses Stahls liegt im Regelfall zwischen 280 und 350 N/mm<sup>2</sup>.

Für die Herstellung von Trapez-, Kassetten- und Wellprofilen werden Bleche mit einer Dicke zwischen 0,63 und 1,50 mm verwendet. Deckschalen für Sandwichelemente weisen meist eine Dicke zwischen 0,40 und 0,75 mm auf. Die bevorzugte Lieferform für die Stahlbleche sind Bänder, die zu Coils aufgerollt werden.

### 2.3 | Polyurethan-Hartschaum

Polyurethan-(PUR-)Hartschaum entsteht durch die Vermischung der flüssigen Rohstoffe Polyisocyanat und Polyol (Polyadditionsreaktion). Weitere Komponenten bei der chemischen Reaktion sind Aktivatoren und Zusatzmittel, die zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit und zur Stabilisierung der Matrix dienen.

Diese Komponenten des PUR-Hartschaums sind sorgfältig auf die jeweilige Anwendung abgestimmt und ermöglichen die Herstellung eines Baustoffs mit gleichbleibenden chemischen und physikalischen Eigenschaften.

Um die gewünschte feinporige Matrix und Rohdichte zu erzielen, wird die chemische Reaktion mit einem Treibmittel unterstützt. Das Treibmittel wird der Reaktion in flüssiger Form zugeführt, verdampft durch die Wärme der exothermen Reaktion und schäumt das Gemisch auf. Durch diese Treibmittel erhält der PUR-Hartschaum u. a. seine hervorragenden Wärmedämmeigenschaften.

1. Produktphase (vor der Errichtung des Gebäudes)	2. Bauphase	3. Nutzungsphase	4. Nutzungsende des Gebäudes	5. Nutzungsende des Produkts (nach dem Nutzungs- ende des Gebäudes)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rohstoffabbau</li> <li>• Transport</li> <li>• Herstellung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transport</li> <li>• Bau- und Installationsstadium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung</li> <li>• Instandhaltung</li> <li>• Reparatur</li> <li>• Ersatz/Erneuerung</li> <li>• Betrieb</li> <li>• betrieblicher Wasserverbrauch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbau und Abriss</li> <li>• Transport</li> <li>• Abfallaufbereitung</li> <li>• Lagerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederverwendung</li> <li>• Verwertung/ Recycling</li> </ul>

Tabelle 1: Lebenszyklusphasen von Bauprodukten und Gebäuden

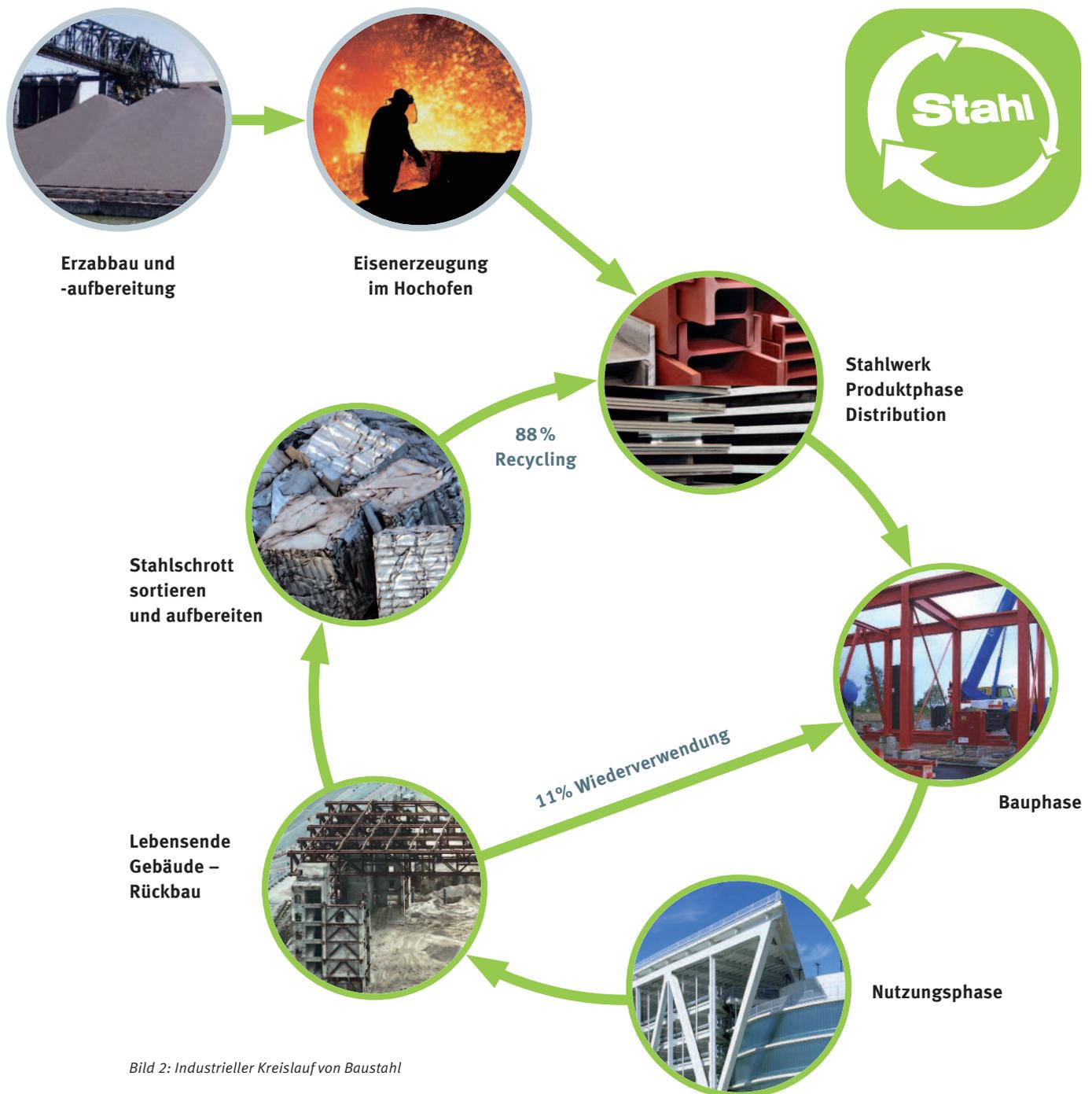


Bild 2: Industrieller Kreislauf von Baustahl

Weitere Vorzüge von PUR-Hartschaum sind neben der guten Wärmedämmung die Alterungsbeständigkeit sowie die Schimmel- und Fäulnisresistenz.

## 2.4 | Mineralwolle

Mineralfaserdämmstoffe sind die in Europa am weitesten verbreiteten Dämmstoffe mit einem sehr breiten Anwendungsspektrum von der Dachdämmung über Wärmedämmverbundsysteme bis hin zum Einsatz als Stützkern in Stahl-Sandwichelementen.

Die Herstellung von Mineralwolle erfolgt in einem kontinuierlichen Verfahren. Das Ausgangsmaterial ist verflüssigtes Gestein,

wobei die einzelnen mineralischen Fasern bei der Produktion parallel zur den Plattenoberflächen abgelagert werden. Um Mineralwolle als Stützkern in Sandwichelementen verwenden zu können, müssen aus Stabilitätsgründen die Fasern jedoch senkrecht zu den Stahlblech-Deckschalen stehen. Hierzu werden die Dämmstoffplatten in Lamellen mit der gewünschten Dicke des fertigen Sandwichelements geschnitten und um 90° gedreht zwischen den Deckschalen des Elements eingebaut.

Mineralfaserdämmstoffe weisen ein sehr defensives Brandverhalten auf. Sie sind nach DIN 4102 als nichtbrennbar klassifiziert und setzen im Brandfall keine toxischen Rauchgase frei. Zudem sind Dämmstoffplatten aus Mineralwolle sehr alterungsbeständig.

## 2.5 | Materialien zur Herstellung der Luftdichtheit

Zur Herstellung der Luftdichtheit werden im Regelfall komprimierbare Dichtungsbänder, Profillfüller und Dichtstoffe wie zum Beispiel Acrylat, Silikon, Polyurethan-Ortschaum sowie bituminöse Emulsionen verwendet. Im Bereich des Metallleichtbaus haben sich aufgrund ihrer Langlebigkeit und einfachen Verarbeitbarkeit insbesondere die Produktgruppen der Fugenbänder und Profillfüller bewährt.

### Fugenbänder

Zur Herstellung von Fugen- bzw. Dichtbändern werden Verbundwerkstoffe auf Polyurethanbasis verwendet, die mit einem wasserabweisenden Kunstharzpolymer aus Acrylaten, Chlorparaffinen oder Neopren imprägniert werden.

Anschließend wird das fertige Produkt vorkomprimiert und aufgerollt. Bei der Verarbeitung wird das vorkomprimierte Dichtband auf ein Bauteil aufgeklebt und das andere Bauteil dagegen gesetzt. Das Fugenband dehnt sich dann auf sein ursprüngliches unkomprimiertes Maß aus und dichtet somit die Fuge ab. Um eine dauerhafte Kompression und damit Abdichtung der Fuge sicherzustellen, muss zwischen den abzudichtenden Bauteilen ein Anpressdruck vorhanden sein, der beispielsweise durch eine Verschraubung der Bauteile untereinander hergestellt werden kann.

### Profillfüller

Profillfüller sind an die Profilform angepasste Bänder, die zum Abdichten von Trapez- und Wellprofiltafeln im Stahlleichtbau eingesetzt werden. Sie finden insbesondere im Dachbereich, beispielsweise zur First- und Traufabdichtung, sowie bei Lichtkuppel- und RWA-Anschlüssen ihre Anwendung.

Profillfüller bestehen meist aus Polyethylen-Weichschaumstoff, der zur Verbesserung des Brandverhaltens mit feuerhemmenden Zusatzkomponenten versehen ist.

Im Gegensatz zu den Fugenbändern ist das Schaumstoffgefüge bei Profillfüllern geschlossenzellig. Um die Licht- und UV-Beständigkeit der Profillfüller zu erhöhen, kann eine Aluminiumbeschichtung aufgebracht werden.

## 3 | Profilbleche aus Stahl

### 3.1 | Baurechtliche Regelungen und Anforderungen

Die baurechtlichen Randbedingungen für Stahltrapezprofile wurden bisher in DIN 18807 Teil 1–3 festgelegt. Teil 1–2 der DIN 18807 wurden jedoch im Jahr 2012 zurückgezogen und durch den Eurocode 3 (DIN EN 1993-1–3 bzw. EC 3, Teil 1–3) in Verbindung mit dem Nationalen Anhang (DIN EN 1993-1–3/NA) ersetzt.

Die baurechtlichen Randbedingungen für Well- und Pfannenblech sind in DIN 59231:2003-11 festgelegt.

### 3.2 | Herstellung und Liefergrößen

Stahltrapez- und Kassettenprofile werden seit Beginn der 1960er Jahre in Deutschland in kontinuierlich arbeitenden Rollformanlagen durch Kaltumformung hergestellt. Die Profilierung erfolgt stufenweise mittels einer Vielzahl an hintereinander liegenden Walzenpaaren mit einer Durchlaufgeschwindigkeit von bis zu 75 m/min. Das Ausgangsmaterial ist meist ein oberflächenveredeltes Feinblech mit Blechdicken zwischen 0,63 und 1,5 mm, das eine Bandeinlaufbreite zwischen 1.100 und 1.500 mm aufweist. Je nach Anlagentyp werden die Profile vor der Umformung im flachen Zustand oder nach der Profilierung mit einer Profilschere auf die gewünschte Länge zugeschnitten.

### 3.3 | Trapezprofile für Dach- und Wandkonstruktionen

In Bild 3 sind die Begriffe zur Beschreibung von Stahltrapezprofil-Querschnitten dargestellt. Die Bezeichnungen für die Querschnitte sind an den Stahlbau angelehnt, d. h. die Stahltrapezprofiltafeln haben Ober- und Untergurte, die durch Stege miteinander verbunden sind. Zusätzliche Einprägungen in den Gurten und Stegen werden als Sicken bezeichnet.

Stahltrapezprofiltafeln können in Positiv- und Negativlage verlegt werden. Man spricht von Positivlage, wenn der breitere Gurt außen liegt und der schmalere Gurt zur Unterkonstruktion hin ausgerichtet ist. Die Lagebezeichnung ist beispielhaft in Bild 4 dargestellt.

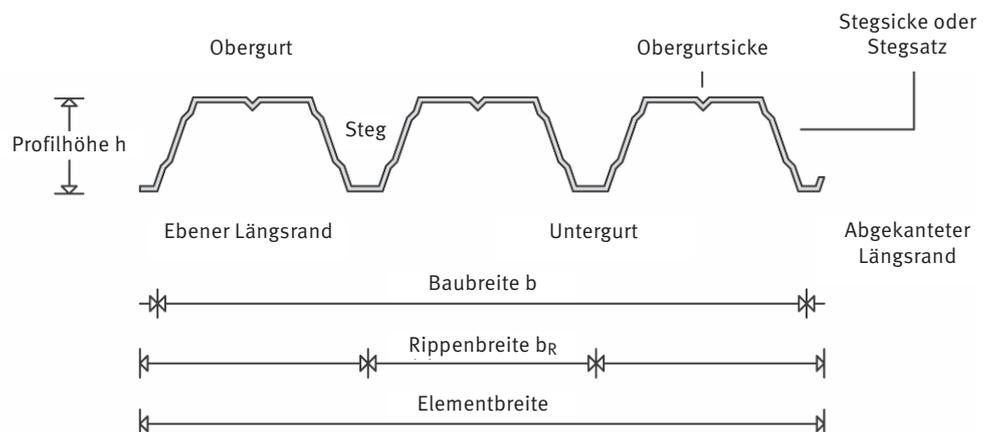
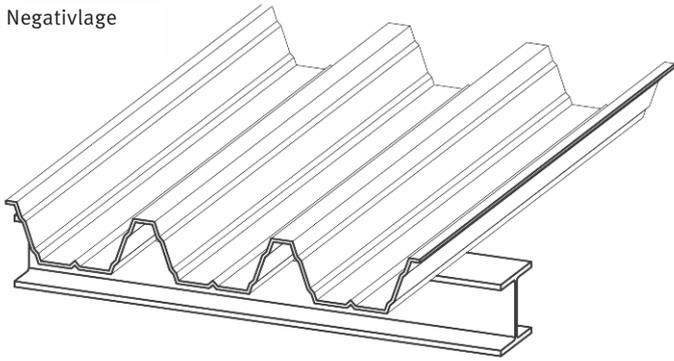


Bild 3: Querschnittsbezeichnungen an Stahltrapezprofilen nach DIN 18807-1

Negativlage



Positivlage

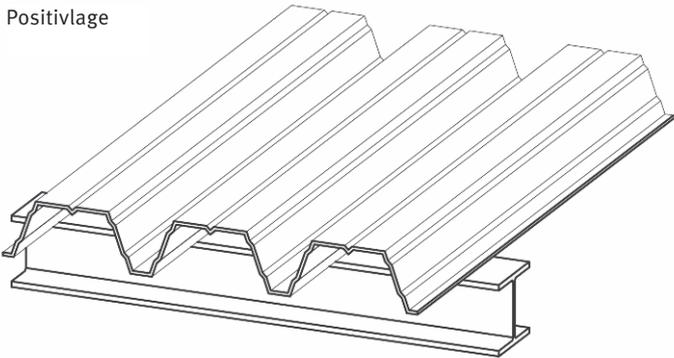


Bild 4: Lagebezeichnung bei Stahltrapezprofilen

Die Entwicklung der Trapezprofilgenerationen in den letzten Jahrzehnten ist in Bild 5 dargestellt.

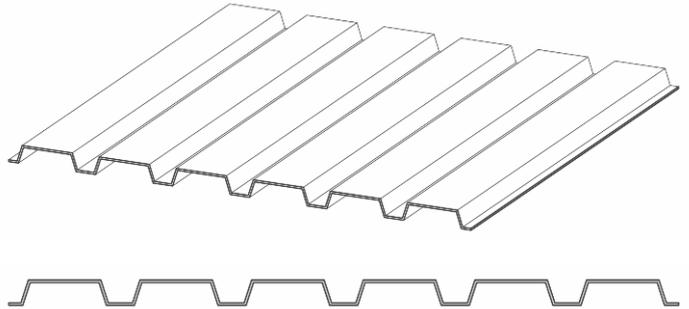
Profile der ersten Generation weisen Profilhöhen bis zu 70 mm auf und können wegen der vergleichsweise geringen statischen Nutzhöhe nur niedrige Lasten aufnehmen. Bei üblicher Belastung, z. B. durch Winddruck bzw. -sog an den Fassaden, können Spannweiten bis etwa 5,0 m überbrückt werden. Daher haben diese Trapezprofile in erster Linie eine raumabschließende Funktion.

Die zweite Profilgeneration hat zusätzliche Sicken in Längsrichtung, die zu einer erhöhten Beultragfähigkeit führen. Durch die Versteifungssicken, die höheren Stege sowie die breiteren Gurte können ohne nennenswerten Materialmehrverbrauch Spannweiten bis 7,5 m realisiert werden.

Die dritte Generation der Trapezprofile erhält in den Obergurten zusätzliche Versteifungssicken in Querrichtung, durch die das Tragvermögen der Profile im Vergleich zur zweiten Generation nochmals gesteigert wird. Dadurch können Spannweiten bis 10,0 m wirtschaftlich umgesetzt werden. Es ist zu beachten, dass bei diesen Profilen die Lastenleitung am Auflager immer über zusätzliche Stützelemente erfolgen muss, da durch die großen Spannweiten sehr hohe Lasten weiterleitet werden müssen.

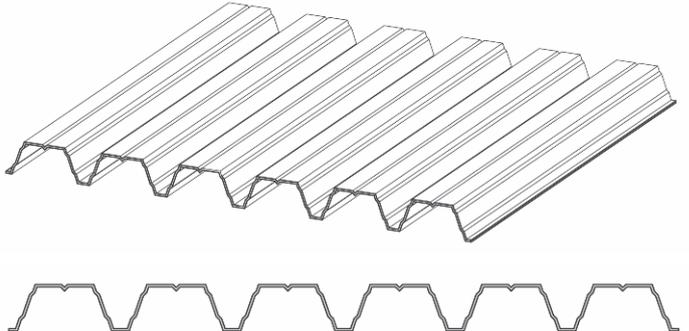
### 1. Generation

Profilhöhe bis ca. 70 mm



### 2. Generation

Profilhöhe bis ca. 140 mm



### 3. Generation

Profilhöhe bis ca. 210 mm

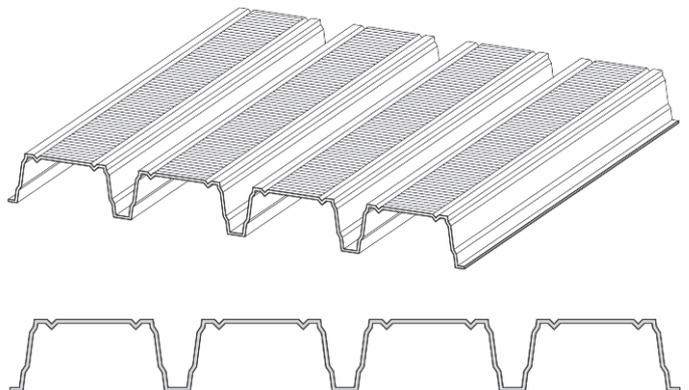


Bild 5: Entwicklung der Stahltrapezprofile

## 3.4 | Deckschalen im Dachbereich

Für den Einsatz als Deckschalen im Dachbereich werden Trapezprofile, Wellbleche oder Stehfalzprofile mit einer Höhe bis ca. 75 mm verwendet. Es gibt verschiedene, weiterentwickelte Profilformen, die speziell für den Einsatz im Dachbereich, meist als Dachdeckungen bei zweischaligen Metaldachkonstruktionen, vorgesehen sind. Das wesentliche Merkmal dieser Profile ist, dass sie keine von außen sichtbaren Befestigungselemente aufweisen, wie in Bild 6 erkennbar ist. Die Blechdicke der Deckschalen liegt in der Regel zwischen 0,63 mm und 0,70 mm.

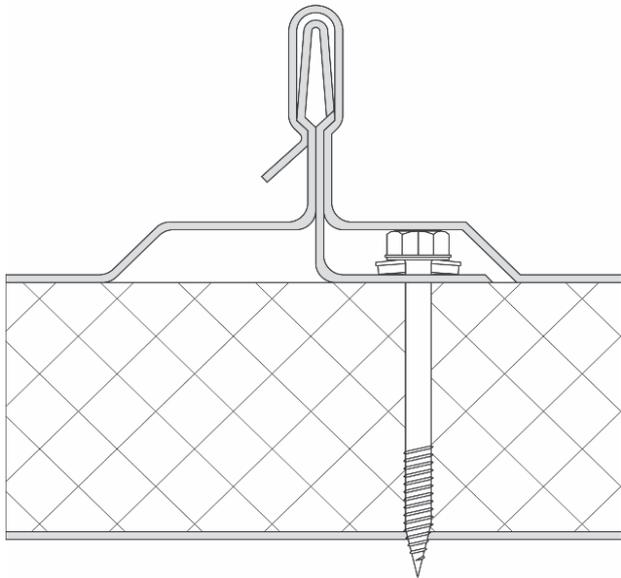


Bild 6: Deckschalen mit verdeckter Befestigung

### 3.5 | Stahlkassettenprofile

Stahlkassettenprofile sind eine Sonderform von Stahl profiltafeln, die bisher in der Änderung A1 zu DIN 18807 geregelt waren und seit 2012 im Eurocode 3 enthalten sind. Die Begriffe zur Bezeichnung der Stahlkassettenprofil-Querschnitte sind in Bild 7 dargestellt.

Stahlkassettenprofile werden vorrangig horizontal verlegt und als tragende Innenschale von Wandsystemen als Ersatz für die sonst üblichen Wandriegelkonstruktionen eingesetzt. Seltener finden Stahlkassettenprofile auch im Dach als tragende Innenschale oder als Fassadenelemente Verwendung.

Die äußere Deckschale des Wandsystems, meist Trapez- bzw. Wellprofile oder Paneele, wird an den Obergurten der Kassettenprofile befestigt, in den Zwischenraum der Schalen wird die Wärmedämmung eingelegt. Durch diesen Aufbau entstehen bei herkömmlichen Kassettenwänden jedoch Wärmebrücken durch die Stege, da diese die Dämmebene vollständig durchdringen und mit der kalten Außenluft in direktem Kontakt stehen. Diese Wärmebrücken führen zu erheblichen Wärmeverlusten und er-

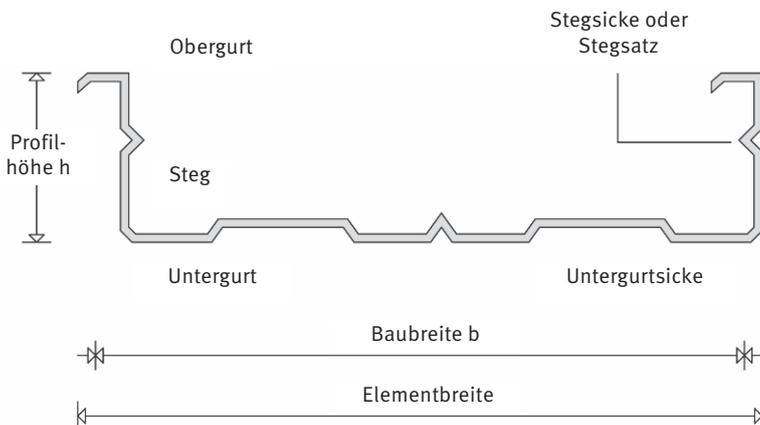


Bild 7: Bezeichnungen an Kassettenprofilen nach Änderung A1 zu DIN 18807-1

höhen die Gefahr der Tauwasserbildung an der Innenoberfläche. Zur Minimierung der Wärmeverluste ist daher zwischen der äußeren Deckschale und den Kassettenprofilen die Anordnung einer thermischen Trennung unerlässlich.

Um den hohen Anforderungen der Energieeinsparverordnung in der derzeit gültigen Fassung (EnEV 2009) gerecht zu werden, die an die Außenwände beheizter Gebäude gestellt werden, ist als thermische Trennung eine flächige Dämmebene vor den Obergurten der Kassettenprofile erforderlich. Hierfür sind eigens entwickelte Dämmsysteme verfügbar, die über eine Aussparung zur Aufnahme der Kassettenurte verfügen. In Bild 8 ist beispielhaft ein Dämmsystem mit einer Überdeckung dargestellt, Bild 9 zeigt exemplarisch den Temperaturverlauf einer Kassettenwand mit einer Dämmstoff-Überdeckung von 40 mm Dicke. Mit derartigen Dämmsystemen können die linienförmigen Wärmebrücken (die ansonsten an den äußeren Kassettenurten entstehen) weitestgehend vermieden werden. Es verbleiben lediglich die punktförmigen Wärmebrücken an den Distanzbefestigern, mit denen die äußere Schale auf den Kassettenprofilen befestigt wird. Der Einfluss der punktförmigen Befestigung auf den Wärmeverlust der Kassettenwand ist jedoch nicht unerheblich und muss daher bei der Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) berücksichtigt werden.

Mit der Novellierung der gültigen Energieeinsparverordnung, voraussichtlich im Jahr 2012, werden die Anforderungen an die wärmetauschende Hüllfläche nochmals verschärft, es können zum jetzigen Zeitpunkt jedoch noch keine konkreten Aussagen zu den neuen Anforderungen gemacht werden. Zur Erfüllung der verschärften Anforderungen müssen die Wärmeverluste durch die konstruktionsbedingten Wärmebrücken ggf. weiter optimiert werden. Dies könnte beispielsweise durch eine größere Dicke der Dämmstoff-Überdeckung oder durch die Verwendung von Dämmstoffen mit einer geringeren Wärmeleitfähigkeit erfolgen.

Bei der Verwendung eines Dämmsystems mit Überdeckung sind in jedem Fall die Hinweise der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zu beachten. Die Zulassungen enthalten in der Regel Hinweise und Anforderungen für den Entwurf, die Bemessung und die konstruktive Ausbildung des Dämmsystems, die bei den statischen und bauphysikalischen Nachweisen berücksichtigt werden müssen.



Bild 8: Dämmsystem für Kassettenwände mit Überdeckung zur thermischen Trennung

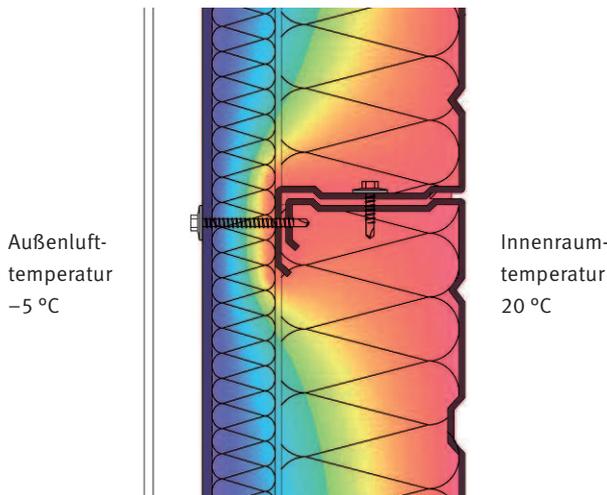


Bild 9: Temperaturverlauf einer Kassettenwand mit flächiger Dämmstoff-Überdeckung der Obergurte

### 3.6 | Paneele

Blechpaneelle sind in ihrer Form den Stahlkassettenprofilen ähnlich. Sie werden häufig auch als Liner oder Sidingelemente bezeichnet und werden in erster Linie als Außenschale von zweischaligen Wandaufbauten eingesetzt. Die Paneele können sowohl horizontal als auch vertikal verlegt werden, wobei je nach Verlegerichtung unterschiedliche Unterkonstruktionen erforderlich sind. Die Befestigung kann sichtbar oder verdeckt erfolgen.

Die Breite der Elemente ist mit 200 bis 500 mm geringer als die von Trapezprofilen oder Sandwichelementen und lässt eine feinere Aufteilung der Fassade zu, wie in Bild 11 zu sehen ist. Der Einsatz der Paneele ist in den jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen der Hersteller geregelt.



Bild 10a: Wellprofil als Fassadenelement



Bild 10b: Kassettenprofil als Fassadenelement

In Bild 10a und 10b sind exemplarisch Beispiele für die Verwendung von Stahlkassetten- und Wellprofilen dargestellt.



Bild 11: Beispiel einer Paneelfassade

### 3.7 | Vorbemessung einschaliger Profiltafeln

Wellprofile können nach der einfachen Biegelehre bemessen werden, die hierfür erforderlichen Querschnittswerte sind in DIN 59231 festgelegt. Die Tragfähigkeit von Trapez- und Kassettenprofilen wird nach dem Eurocode 3 mit nationalem Anhang bemessen. Wesentliche Einflussgrößen sind die Größe der „mitragenden Querschnittsbereiche“, der Profillage (positiv oder negativ), der Belastungsrichtung in Bezug auf die Profillage und die Art der Befestigung an der tragenden Unterkonstruktion.

Die zu berücksichtigenden möglichen Versagensformen im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind:

- Überschreiten der Fließgrenze im mitragenden Querschnitt
- Beulen der Druckgurte bzw. Stege
- Krüppeln der Stege im Auflagerbereich

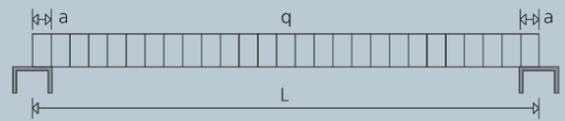
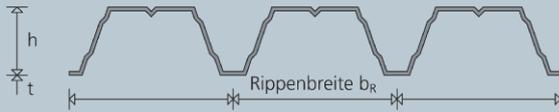
### Belastungstabelle gängiger Stahltrapezprofile in Positivlage

#### Kurzzeichen:

**h** Nennhöhe des Profils  
**b** Rippenbreite  
**t** Nenndicke  
**g** Eigenlast  
**f** Durchbiegung

#### Statisches System:

**L** Einfeldträger, Stützweite  
**q** Andrückende Gleichlast  
 Auflagerbreite  $a \geq 40$  mm



ohne\* = maximal zulässige Belastung ohne Begrenzung der Durchbiegung

= mit lastverteilenden Maßnahmen für Einzelpersonen begehbar

				Stützweite L					
				3,0 m	4,0 m	5,0 m	6,0 m	7,0 m	8,0 m
Trapezprofil h/b <sub>R</sub>	t mm	g kN/m <sup>2</sup>	max. f	Zulässige Belastung q (inkl. Eigenlast) in kN/m <sup>2</sup> in Abhängigkeit der zulässigen Durchbiegung					
				85/280	0,75	0,08	ohne*	2,71–3,25	1,52–1,83
L/150	2,71–3,25	1,43–1,53	0,73–0,78				0,42–0,45	0,28–0,29	0,19
L/300	1,69–1,81	0,71–0,76	0,37–0,39				0,21–0,23	0,14	0,10
1,00	0,11	ohne*	4,60–4,97		2,59–2,80	1,66–1,79	1,15–1,24	0,86–0,91	0,70
		L/150	4,60–4,90		2,04–2,16	1,05–1,11	0,61–0,64	0,39–0,40	0,26
		L/300	2,42–2,56		1,02–1,08	0,33–0,53	0,30–0,32	0,19–0,20	0,13
1,50	0,16	ohne*	7,54–8,14		4,24–4,58	2,72–2,93	1,89–2,03	1,39–1,49	1,06
		L/150	7,45–7,81		3,14–3,29	1,61–1,69	0,93–0,98	0,59–0,61	0,39
		L/300	3,72–3,91		1,57–1,65	0,80–0,84	0,47–0,49	0,29–0,31	0,20
100/275	0,75	0,09	ohne*	3,48–3,62	1,96–2,14	1,25–1,37	0,87–0,95	0,65–0,70	0,49
			L/150	3,48–3,62	1,96–2,14	1,24–1,27	0,72–0,83	0,45–0,52	0,35
			L/300	2,88–3,33	1,21–1,40	0,62–0,72	0,36–0,42	0,23–0,26	0,18
	1,00	0,12	ohne*	5,46–6,10	3,07–3,43	1,96–2,20	1,36–1,52	1,05–1,12	0,80
			L/150	5,46–6,10	3,07–3,33	1,71–1,94	0,99–1,12	0,62–0,71	0,47
			L/300	3,95–4,50	1,67–1,90	0,85–0,97	0,49–0,56	0,31–0,35	0,24
	1,50	0,18	ohne*	10,18–10,37	5,73–5,83	3,67–3,73	2,55–2,59	1,87–1,90	1,43
			L/150	10,18–10,37	5,07–5,73	2,59–2,96	1,50–1,71	0,95–1,08	0,72
			L/300	6,00–6,85	2,53–2,89	1,30–1,48	0,75–0,86	0,47–0,54	0,36
135/310	0,75	0,10	ohne*	–	2,16–2,86	1,73–1,83	1,27–1,37	0,93–1,01	0,72–0,77
			L/150	–	2,16–2,86	1,73–1,83	1,27–1,37	0,93	0,62–0,68
			L/300	–	2,16–2,71	1,28–1,39	0,74–0,80	0,47–0,51	0,31–0,34
	1,00	0,13	ohne*	–	4,03–4,38	2,80–2,87	1,94–1,99	1,43–1,46	1,09–1,12
			L/150	–	4,03–4,38	2,80–2,87	1,91–1,93	1,20–1,21	0,80–0,81
			L/300	–	3,22–3,25	1,65–1,66	0,95–0,96	0,60–0,61	0,40–0,41
	1,50	0,19	ohne*	–	6,65–8,03	4,26–5,14	2,96–3,57	2,17–2,62	1,66–2,01
			L/150	–	6,65–8,03	4,26–5,11	2,90–2,96	1,83–1,86	1,22–1,25
			L/300	–	4,90–4,99	2,51–2,55	1,45–1,48	0,91–0,93	0,61–0,62
150/280	0,75	0,11	ohne*	–	3,39–3,45	2,21–2,72	1,53–1,96	1,13–1,44	0,86–1,10
			L/150	–	3,39–3,45	2,21–2,72	1,53–1,87	1,13–1,18	0,78–0,79
			L/300	–	3,12–3,16	1,60–1,62	0,92–0,94	0,58–0,59	0,39–0,40
	1,00	0,14	ohne*	–	5,64–6,97	3,61–4,46	2,51–3,1	1,84–2,28	1,41–1,74
			L/150	–	5,64–6,97	3,61–4,39	2,43–2,54	1,53–1,63	1,03–1,09
			L/300	–	4,28–4,36	2,10–2,23	1,22–1,29	0,77–0,81	0,51–0,55
	1,50	0,21	ohne*	–	9,63–10,76	6,16–6,88	4,28–4,78	3,14–3,51	2,41–2,69
			L/150	–	9,63–10,76	6,16–6,67	3,70–3,93	2,33–2,48	1,56–1,66
			L/300	–	6,51–6,63	3,20–3,40	1,85–1,97	1,17–1,24	0,78–0,83
160/250 <sup>1)</sup>	0,75	0,12	ohne*	–	–	2,56–3,01	1,78–2,09	1,31–1,54	1,00–1,18
			L/150	–	–	2,56–3,01	1,78–2,09	1,31–1,49	0,95–1,00
			L/300	–	–	1,95–2,05	1,13–1,18	0,71–0,75	0,48–0,50
	1,00	0,16	ohne*	–	–	4,22–4,89	2,93–3,39	2,15–2,49	1,65–1,91
			L/150	–	–	4,22–4,89	2,93–2,98	1,85–2,00	1,24–1,34
			L/300	–	–	2,54–2,74	1,47–1,58	0,93–1,00	0,62–0,67
	1,50	0,24	ohne*	–	–	6,52–7,43	4,53–5,16	3,32–3,79	2,55–2,90
			L/150	–	–	6,52–7,43	4,48–4,82	2,82–3,03	1,89–2,03
			L/300	–	–	3,87–4,16	2,24–2,41	1,41–1,52	0,94–1,02

<sup>1)</sup> Endauflagerbreite  $a \geq 90$  mm

Tabelle 2: Belastungstabelle gängiger Stahltrapezprofile in Positivlage

Die Querschnitts- und Bemessungswerte der Profiltafeln können entweder berechnet oder durch Versuche ermittelt werden. Da die Geometrie der Profiltafeln oftmals herstellerspezifisch optimiert ist, werden von den Herstellern Belastungstabellen mit den jeweiligen Querschnitts- und Bemessungskennwerten erstellt.

In Tabelle 2 ist eine Übersicht der zulässigen Belastung gängiger Stahltrapezprofile mit Nennhöhen zwischen 85 und 160 mm sowie Blechdicken zwischen 0,75 und 1,50 mm dargestellt. Den angegebenen Werten sind folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- Statisches System ist jeweils ein Einfeldträger.
- Die Belastung erfolgt durch gleichmäßig verteilte Lasten, die senkrecht zur Profilebene wirken (z. B. Eigengewicht, Schneelast).
- Die Auflagerbreite  $a$  beträgt an beiden Endauflagern mindestens 40 mm.
- Die Profile sind in Positivlage verlegt (d. h. der breitere Gurt liegt außen)

Die Darstellung der zulässigen Belastung erfolgt für jede Profilgeometrie in Abhängigkeit der Stützweite  $L$  und der Durchbiegungsbegrenzung  $\max. f$ , wobei letztere in drei Fällen unterschieden wird:

- ohne\*:  
maximale Belastung ohne Beschränkung der Durchbiegung
- $\max. f \leq L/150$ : zulässige Belastung bei einer Begrenzung der Durchbiegung  $f$  auf  $L/150$   
Dies stellt eine übliche Anforderung für Wände und für Dächer mit oberseitiger Deckung mit Trapezprofilen (zweischaliger Dachaufbau),
- $\max. f \leq L/300$ : zulässige Belastung bei einer Begrenzung der Durchbiegung  $f$  auf  $L/300$   
Das ist eine gängige Anforderung für Dächer mit oberseitiger Abdichtung (einschaliger Dachaufbau).

Bei den in Tabelle 2 grau hinterlegten Werten kann das Trapezprofil nur über zusätzliche lastverteilende Maßnahmen (z. B. Holzbohlen) von Einzelpersonen begangen werden. Dies muss in den Verlegeplänen entsprechend vermerkt werden.

Stahltrapezprofile können jedoch nicht nur Vertikallasten aufnehmen, sondern sind durch die Ausbildung von Schubfeldern auch zur Aufnahme von horizontalen Lasten gut geeignet. Um Schubfelder zu erzeugen, müssen die Trapezprofiltafeln allseitig auf der Unterkonstruktion befestigt werden.

Die Schubfelder können sowohl zur Aufnahme von Stabilisierungskräften kippgefährdeter Binder als auch zum Lastabtrag üblicher Aussteifungs- und Horizontallasten, z. B. infolge Windlasten, herangezogen werden und ersetzen somit die ansonsten üblichen Diagonalaussteifungen.

Die Schubsteifigkeit eines Feldes ist im Wesentlichen von der Profilhöhe und der verwendeten Blechdicke abhängig. Die Querschnitts- und Bemessungswerte der Schubsteifigkeit können den Prüfzeugnissen der Profiltafeln entnommen werden.

Schubfelder sind statisch wirksame Scheiben, die wesentlich zur Gesamtstabilität des Gebäudes beitragen. Daher ist eine

deutliche Kennzeichnung am Bauteil zwingend notwendig, damit durch nachträgliche Änderungen, z. B. durch den Einbau von Oberlichtern, nicht die Tragfähigkeit des Schubfeldes gefährdet wird. Für nachträgliche Änderungen ist in jedem Fall ein statischer Nachweis erforderlich.

Weitergehende Hinweise für die konstruktive Ausbildung und zur Verbindung der Trapezprofiltafeln sind in DIN 18807-3 angegeben. Die Konstruktionsregeln basieren im Wesentlichen auf der Bedingung, dass die Querschnittsgeometrie der Profiltafeln auch unter Belastung erhalten bleibt.

Entlang des Längsrandes in Verlegerichtung sind die Randrippen der Profiltafeln je nach Ausbildung der Randaussteifung mit folgendem Verbindungsmittelabstand zu verbinden:

- Randversteifungsträger  $e_R \leq 666$  mm
- Randaussteifungsprofil  $e_R \leq 333$  mm

Des Weiteren sind die Trapezprofiltafeln nach DIN 18807-3 untereinander entlang ihrer Längsrandüberdeckungen im Abstand von  $e_L \leq 666$  mm zu verbinden.

Hinweise zur konstruktiven Ausbildung von Löchern und Öffnungen in der Verlegefläche sind ebenfalls in DIN 18807-3 (Abschnitt 4.8) gegeben.

## 4 | Sandwichelemente

### 4.1 | Baurechtliche Regelungen und Anforderungen

Die Regelungen für Sandwichelemente finden sich in DIN EN 14509 und den jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt).

### 4.2 | Allgemeines

Sandwichelemente haben in den vergangenen Jahrzehnten ein weites Einsatzfeld erobert. Aufgrund der industrialisierten, kontinuierlichen Fertigung, der großen Steifigkeit bei gleichzeitig geringem Eigengewicht und der schnellen Bauausführung werden sie insbesondere im Industrie- und Gewerbehochbau sehr erfolgreich eingesetzt.

Die Deckschalen der Sandwichelemente bestehen aus Stahlblech und sind durch einen Stützkern aus Dämmstoff schubsteif miteinander verbunden. Der Stützkern besteht meist aus einem Polyurethan-Hartschaum mit einer Rohdichte zwischen 40 und 45 kg/m<sup>3</sup>, gelegentlich auch Polystyrol oder einer steifen Mineralwolle, die eine Rohdichte bis 125 kg/m<sup>3</sup> aufweisen kann.

Die Blechdicke der inneren Deckschale variiert zwischen 0,4 und 0,5 mm, die der äußeren Deckschale zwischen 0,5 und 0,63 mm. Üblicherweise beträgt die Baubreite der Sandwichelemente 1.000 mm, seltener 1.150 oder 1.175 mm. Die Elemente sind in Dicken zwischen 40 und 220 mm erhältlich und eignen sich somit hervorragend für die Wärmedämmung.



Bild 12: Beispiel einer Sandwichelement-Fassade

Bei der Verwendung als Fassadenelemente weisen die Deckschalen je nach gewünschtem Erscheinungsbild unterschiedliche Oberflächenstrukturen und Farbtöne auf. Gängige Strukturen sind: Linierung, Mikrolinierung, Sicking, Nutung, Trapez- oder Wellprofilierung. Eine Übersicht der gängigen Oberflächenstrukturen ist in Bild 13 dargestellt. Die innenliegenden Deckschalen sind in der Regel liniert, mikroliniert oder eben, wobei ebene Deckschalen vor allem unter Hygienebedingungen eingesetzt werden. Bilder 14a und b zeigen exemplarisch Fassaden mit Sandwichelementen, die außenseitig eine ebene Deckschale aufweisen.

Bei Dachelementen verfügt die äußere Deckschale im Allgemeinen über ein Trapez- oder Wellprofilquerschnitt, die innere Schale ist wie bei Fassadenelementen liniert oder eben.

Bild 13: Oberflächenstrukturen von Deckschalen



L = Linierung



S = Sicking



M = Mikrolinierung



K = Kombilierung



E = Eben



T = Trapezprofilierung Wandelement WL



W = Wellprofilierung Wandelement WL



T = Trapezprofilierung Dachelement DL



Bild 14a und b: Fassadenelemente mit ebener Deckschale

#### 4.3 | Fertigung und Lieferabmessungen

Neben der einfachen und schnellen Montage hat die kostengünstige Herstellung der Sandwichelemente wesentlich zu deren Erfolg beigetragen. Die Fertigung geschieht heute in kontinuierlich arbeitenden Fertigungsanlagen. Die Deckbleche werden von zwei Coils abgewickelt und im Profilierteil zu den gewünschten Strukturen verformt (Flächen- und Randprofilierung). Nachdem das untenliegende Blech mit Polyurethan und Treibmittel besprüht wurde, beginnt der Aufschäumprozess. Das obere Blech muss während dieses Prozesses durch die Plattenbandlage im geforderten Abstand gehalten werden. Da der PUR-Schaum während des Aufschäumens eine Klebphase durchläuft, entsteht eine kraftschlüssige Verbindung mit den Deckschalen.

Werden Polystyrol oder Mineralwolle als Dämmstoff im Stützkern verwendet, muss das Kernmaterial mit den Deckschalen verklebt werden. Dies kann in modernen Anlagen auch kontinuierlich geschehen.

Nach dem Durchlaufen des Plattenbandes sind die Elemente so stabil, dass sie mit einer Säge abgelängt und anschließend verpackt werden können. Die Länge der Sandwichelemente ist

dabei beliebig und nur durch die Transport- und Baustellenverhältnisse begrenzt. Fertig abgelängte Sandwichelemente sind in Bild 15 dargestellt.

Neben den flächigen Dach- und Wandelementen können Sandwichelemente in nahezu beliebige Formen nach Kundenwunsch produziert werden. Diese sogenannten Formteile werden in der Regel nach Auftrag gefertigt und bestehen meist aus dem gleichen Material wie die flächigen Sandwichelemente. Exemplarische Formteile sind in Bild 16 dargestellt. Sie können in Längen bis zu 10 m hergestellt werden.

#### 4.4 | Bemessungsgrundlagen

Sandwichelemente weisen eine hohe Eigensteifigkeit auf und können dadurch erhebliche Lasten abtragen. Die hohe Tragfähigkeit der Verbundbauteile resultiert dabei aus dem Zusammenwirken der einzelnen Schichten.

Die dünnen Deckschalen aus Stahlblech nehmen in diesem Verbund das Kräftepaar aus dem inneren Biegemoment auf. Stark profilierte, trapezförmige Deckschalen, wie sie üblicher-



Bild 15: Fertige Sandwichelemente

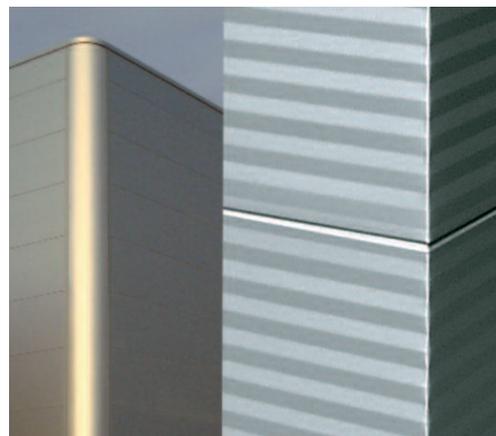


Bild 16: Sandwichelement-Formteile – Eckelemente

weise in Dachkonstruktionen eingesetzt werden, ergänzen das aufnehmbare Kräftepaar um ein Sekundärbiegemoment. Sie weisen damit eine höhere Tragfähigkeit auf als Sandwichelemente mit geringerer Profilierung.

Die auftretenden Schubkräfte werden vom Dämmkern übernommen, die Lastübertragung zwischen Deckschalen und Dämmkern erfolgt über die schub- und zugfeste Verklebung der Schichten.

Bemessungsgrundlage der Sandwichelemente bildet die jeweilige bauaufsichtliche Zulassung des Herstellers. Zudem werden von den Herstellern im Allgemeinen Belastungstabellen für die verschiedenen Elemente herausgegeben.

Die Bemessungstabellen umfassen die zulässige Stützweite und damit die maximale Belastung bei einer Begrenzung der Durchbiegung, i.d.R. auf  $L/150$ . Die Angaben gelten für mitteleuropäische Klimaverhältnisse und normale Innenraumtemperaturen. Bei abweichenden Bedingungen oder besonderen Beanspruchungen müssen Einzelnachweise durchgeführt werden.

Der statische Nachweis der Verbindung zwischen Sandwichelement und Unterkonstruktion ist in jedem Fall zu führen.

#### 4.5 | Brandverhalten

Aufgrund der organischen Bestandteile im Polyurethan-Hartschaum (PUR-Hartschaum) wird dieser nach DIN 4102, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, als normal entflammbarer Baustoff (Baustoffklasse B2) eingestuft. Die Deckschalen aus oberflächenveredeltem Stahlblech sind nichtbrennbar und der Baustoffklasse A2 zugeordnet.

Insgesamt sind Sandwichelemente mit einem Kern aus PUR-Hartschaum nach DIN 4102 als schwerentflammbar klassifiziert und damit der Baustoffklasse B1 zugeteilt.

Um Rückschlüsse auf das tatsächliche Verhalten im Brandfall abzuleiten zu können, werden die theoretischen Betrachtungen sowohl durch die Auswertung der Ergebnisse von Großbrandversuchen als auch durch Erfahrungen aus realen Brandfällen ergänzt. Hierbei zeigt sich, dass PUR-Sandwichelemente weder zu einer nennenswerten Erhöhung der üblichen Brandlast im Gebäude, noch zu einer Brandweiterleitung beitragen. Des Weiteren tragen die Elemente nicht zu einer Aufrechterhaltung des Brandes bei. Nach dem Entfernen der äußeren Brandlast verlöschen sie selbstständig, da der PUR-Hartschaumkern verkohlt und damit die Sauerstoffzufuhr unterbrochen wird.

Weiterhin besteht keine Gefahr der Zündung von Sekundärbränden, da der duroplastische PUR-Hartschaum weder schmilzt noch brennend abtropft. Die Toxizität der im Brandfall von PUR-Sandwichelementen entstehenden Gase wird deutlich geringer beurteilt, als beispielsweise die Toxizität der Brandgase von Fichtenholz.

Aufgrund dieses defensiven Brandverhaltens erheben die Sachversicherer bei der Feuerversicherung keine Risikozuschläge auf die üblichen Brandschutzprämien bei der Verwendung von PUR-Sandwichelementen.

Bei verschärften Brandschutzanforderungen kommen Sandwichelemente mit einem Stützkern aus Mineralwolle zum Einsatz. Je nach Aufbau können mit diesen Elementen Feuerwiderstandsklassen bis zu F 120-A erreicht werden. Diese Klassifizierungen werden von den Herstellern mit entsprechenden Prüfzeugnissen nachgewiesen.

#### 4.6 | Montage von Sandwichelementen

Viele Hersteller von Sandwichelementen geben Montageanleitungen für die fachgerechte Verlegung ihrer Bauelemente heraus, die neben den bekannten Normen und Richtlinien zu beachten sind. In der IFBS-Schrift 8.01 „Richtlinie für die Planung und Ausführung von Dach-, Wand- und Deckenkonstruktionen aus Metallprofiltafeln“ sind weitere Vorgaben enthalten, die bei der Montage von Stahlprofiltafeln zu berücksichtigen sind.

Zu Beginn der Montagearbeiten müssen die Verlegepläne mit den dazugehörigen Montageschritten auf der Baustelle vorliegen. Die weitere Bearbeitung von oberflächenveredeltem Stahlblech, beispielsweise der Zuschnitt von Blechen, muss mit speziell für diese Bauweise zugelassenen Werkzeugen (Knabbergeräte, langsam laufende Kreis- und Stichsagen etc.) erfolgen. Diese entwickeln bei der Nutzung weniger Hitze und beschädigen daher den Korrosionsschutz des Stahlblechs nicht.

#### 4.7 | Wärme- und Feuchteschutz

Ein wesentliches Ziel des nachhaltigen Bauens ist die Minimierung des Energiebedarfs, der für die Nutzung eines Gebäudes benötigt wird. Da ein erheblicher Anteil der Energieverluste durch Transmission entsteht, ist der energetischen Optimierung der Gebäudehülle große Aufmerksamkeit zu widmen.

Grundsätzlich ist gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) und DIN 4108 die Umfassungsfläche eines Gebäudes möglichst frei von Wärmebrücken und entsprechend dem Stand der Technik luftdicht herzustellen. Mit Dach- und Wandkonstruktionen in Metallleichtbauweise können diese Anforderungen sehr gut erfüllt werden, es entstehen jedoch konstruktionsbedingt viele Fugen und Anschlüsse an den Bauelementen. Daher gilt es, insbesondere die Fugen zwischen den Bauelementen und die Anschlüsse energetisch zu optimieren, um die Wärmebrückeneffekte soweit wie möglich zu reduzieren.

Eine wichtige Konstruktionsregel ist die thermische Trennung zwischen Innen- und Außenschalen. Die thermische Trennung erfolgt i.d.R. mit geschlossenzelligen Dämmstoffstreifen, Hartfaserstreifen oder eigens entwickelten Entkopplungsbändern. Des Weiteren sind linienförmige Durchdringungen der Dämmebene durch metallische Bauteile, z. B. Untergurte von Kassettenwänden, unbedingt zu vermeiden. Bei zweischaligen Konstruktionen wird deswegen empfohlen, außenseitig eine zusätzliche Dämmebene anzuordnen.

Auch Konstruktionen aus Sandwichelementen weisen durch optimierte Fugentypen nur sehr geringe Wärmeverluste im Anschlussbereich auf, wenn den Elementfugen sowohl bei der Planung als auch bei der Ausführung besondere Aufmerksamkeit

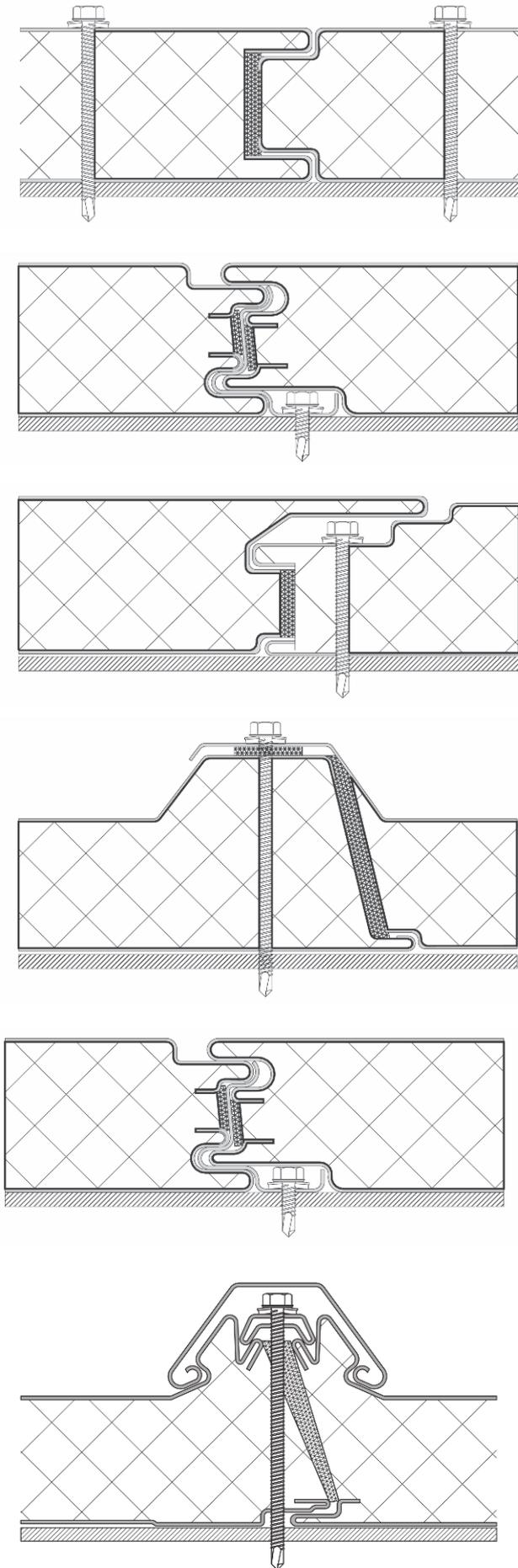


Bild 17: Längsfugenausbildung von Sandwichelementen in Anlehnung an DIN EN 14509

geschenkt wird. Die Berechnung des erhöhten Wärmestroms an den Fugen sowie des Wärmedurchgangskoeffizienten des gesamten Elements ist für die unterschiedlichen Fugentypen in DIN EN 14509, A. 10 geregelt. In Bild 17 ist eine Übersicht der Fugentypen und in Bild 18 beispielhaft der Temperaturverlauf eines Fugentyps zu sehen.

Eine sorgfältige Detailausbildung ist nicht nur für die Vermeidung von Wärmebrücken, sondern auch zur Herstellung einer dauerhaften Luftdichtheit entscheidend. Die luftdichte Ebene wird auf der warmen Seite der Gebäudehülle, im Allgemeinen also raumseitig, angeordnet. Dadurch wird vermieden, dass feuchtwarme Luft aus dem Innenraum in den Dach- oder Wandaufbau eindringt und im kälteren, äußeren Bereich der Bauteile kondensiert. So können Schimmelpilzwachstum und Feuchtschäden durch Tauwasser wirksam vermieden werden.

Im Bereich der flächigen Deckbleche sind die Elemente im Metalleichtbau bereits luft- und dampfdicht. Hier genügt es, die Fugen und Anschlüsse mit Dichtbändern und Profillfüllern abzudichten, um eine luftdichte Ebene zu erzeugen. Werden gelochte Profiltafeln als Innenoberfläche eingesetzt, z. B. zur Erhöhung der Schallabsorption, ist zwischen Stahlprofil und Wärmedämmung eine zusätzliche Abdichtungsfolie zur Herstellung der Luftdichtheit erforderlich. Meist werden Folien eingesetzt, die gleichzeitig als Dampfsperre wirken. An allen Stoßüberdeckungen sowie an Anschlüssen müssen die Folien luftdicht verklebt werden.

#### 4.8 | Schallschutz

Neben den Mindestanforderungen an den Luftschallschutz nach DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ sind im Industriebau auch Grenzwerte für die Schallemission und -absorption zu beachten.

Die Anforderungen an die Schallemission dienen dazu, Lärmeinwirkungen gewerblicher und industrieller Betriebe von der Nachbarschaft fernzuhalten. Grundlage für die Beurteilung der Geräuscheinwirkung bildet die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm, kurz TA Lärm. Die Anforderungen an die Schallabsorption innerhalb des Gebäudes basieren im Regelfall auf Arbeitsschutzvorschriften.

Außenlufttemperatur  
-5 °C

Innenraumtemperatur  
20 °C

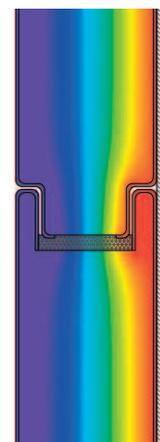


Bild 18: Temperaturverteilung an einer Sandwichelement-Längsfuge

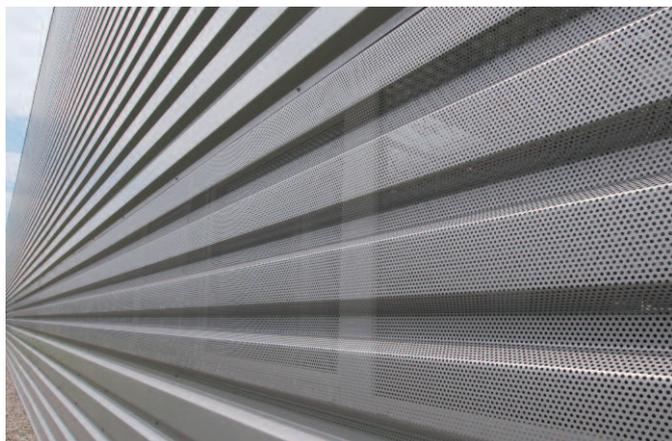


Bild 19: Gelochtes Trapezprofil

Bei geplanten Schallschutzmaßnahmen muss zunächst ermittelt werden, ob in erster Linie die Anforderungen an die Schalldämmung oder die Schallabsorption erfüllt werden müssen, wobei oftmals beide Anforderungen gefordert werden.

Zur Verbesserung des Luftschalldämmmaßes, im Industriebau vorrangig zur Minderung der Lärmemissionen aus dem Gebäudeinneren nach außen, sind in der Metallleichtbauweise mehrschalige Aufbauten im Vergleich zu einschaligen Konstruktionen deutlich besser geeignet.

Bei mehrschaligen Wandaufbauten, z. B. Stahlkassettenwände, bewirkt die Trennung der Innen- und Außenschale eine Unterbrechung der Schallübertragungswege und damit eine Verbesserung des Luftschallschutzes. Die bewerteten Schalldämmmaße  $R_w$  von typischen Stahlkassettenwänden mit Trapezprofil-Außenschale und Mineralwolle-Dämmung liegen meist zwischen 43 und 45 dB. Werden höhere Schalldämmmaße gefordert, kann der Wandaufbau durch das gezielte Einbringen akustisch wirksamer Massen, z. B. mittels Hartfaserplatten, schalltechnisch optimiert werden.

Sandwichkonstruktionen zählen aufgrund der flächigen Verklebung der Deckschalen mit dem Stützkern zu den einschaligen Konstruktionen. Typische  $R_w$ -Werte von Sandwichelementen mit PUR-Hartschaumkern liegen aufgrund ihres geringen Flächengewichts und unabhängig von ihrer Dicke zwischen 25 und 26 dB. Mit einem Stützkern aus Mineralwolle verbessert sich das bewertete Schalldämmmaß wegen des höheren Flächengewichts auf maximal 33 dB. Diese Werte sind, bezogen auf das geringe Flächengewicht der Elemente und im Vergleich mit anderen Bauelementen, recht günstig und im Hallenbau oftmals ausreichend.

Zur Verbesserung der Schallabsorption bzw. -dämpfung im Gebäudeinneren eignen sich gelochte Trapez- oder Kassettenprofile, wie in Bild 19 exemplarisch dargestellt, hervorragend. Durch eine Hinterlegung der gelochten Stahlprofiltafeln mit Mineralwolle kann der Lärmpegel durch die erhöhte Absorption deutlich verringert werden.

Die große Variationsbreite der Dach- und Wandkonstruktionen in Metallleichtbauweise ermöglicht es, durch die Auswahl und Optimierung geeigneter Bauteilaufbauten alle schalltechnischen Anforderungen zu erfüllen.

## 5 | Dauerhaftigkeit und Korrosionsschutzanforderungen

Stahl hat – wie andere Werkstoffe auch – die Eigenschaft, im ungeschützten Zustand zu korrodieren. Besonders hohe Anforderungen werden dabei an Dach- und Wandkonstruktionen gestellt, da diese den Belastungen ständig wechselnder Witterungseinflüsse ausgesetzt sind. Neben der reinen Schutzfunktion für den Stahl müssen Korrosionsschutzsysteme jedoch eine Reihe weiterer hoher Anforderungen erfüllen, wie beispielsweise an die Verarbeitbarkeit, das ästhetische Erscheinungsbild und die Farbgestaltung. Diese Anforderungen können bei geeigneter Auswahl des Korrosionsschutzes allesamt von oberflächenveredeltem Feinblech erfüllt werden.

### 5.1 | Baurechtliche Grundlagen

Die Anforderungen an das Korrosionsschutzsystem hängen wesentlich von den korrosiven Belastungen während der Nutzungsdauer ab. Maßgebende Einflussgrößen der Korrosionsbelastung sind u. a. der Standort des Gebäudes, die Nutzungsart und die angestrebte Schutzdauer.

Die baurechtliche Grundlage für den Korrosionsschutz dünnwandiger Bauteile aus Stahl bildete bisher DIN 55928-8:1994-07. Die Norm enthielt Angaben zu den Korrosionsschutzklassen I bis III, die je nach Anwendung der Bauelemente in DIN 18807-1 festgelegt waren. Eine Übersicht über die bislang gültigen Korrosionsschutzklassen für Dach- und Wandsysteme sind in Tabelle 3 bzw. 4 dargestellt.

Nach dem Erscheinen der neuen DIN 55634 im April 2010 bildet nun diese Norm die baurechtliche Grundlage für den Korrosionsschutz dünnwandiger Bauteile aus Stahl. Sie ersetzt die bisherige DIN 55928-8 und enthält folgenden Änderungen gegenüber der Vorgängernorm:

- Grundlegende inhaltliche und redaktionelle Überarbeitung mit Verweis auf die aktuellen europäischen und internationalen Normen, die ins nationale Normenwerk übernommen wurden
- Einteilung der Korrosionsbelastung gemäß der in DIN EN ISO 12944-2 definierten Korrosivitätskategorien
- Einführung des Bezugs zu den bisher gültigen Korrosionsschutzklassen der DIN 55928-8, da verschiedene Produktnormen noch Angaben zu den Korrosionsschutzklassen enthalten. Siehe hierzu Tabelle 5.

Der Anwendungsbereich der DIN 55634 beschränkt sich auf den Korrosionsschutz tragender dünnwandiger Bauteile aus unlegiertem oder niedriglegiertem Stahl mit einer Nennblechdicke von höchstens 3 mm, die atmosphärischer Korrosionsbelastung ausgesetzt sind. Die Norm kann auch für nichttragende dünnwandige Bauteile angewendet werden. Andere Schutzfunktionen, wie beispielsweise der Schutz gegen Mikroorganismen, Chemikalien, mechanischen Belastungen und Brand sind darin nicht erfasst. Die erforderlichen Maßnahmen für diese Belastungen müssen im Einzelfall festgelegt werden.

Korrosionsschutzklassen für Dachsysteme						
				Zweischalig, belüftet, mit zwischenliegender Wärmedämmung		
Bauteil- seite	Einschalig, ungedämmt	Einschalig, unterseitig wärmege­dämmt	Einschalig, oberseitig wärmege­dämmt, unbelüftet <sup>1)</sup>	Oberschale	Zwischenriegel <sup>4)</sup>	Unterschale
Ober- seite	III <sup>2)</sup>	III	II <sup>3)</sup>	III	II <sup>3)</sup> bei trockenen und überwiegend geschlossenen Räumen III bei hoher Feuchtebelastung	I bei trockenen und überwiegend geschlossenen Räumen III bei hoher Feuchtebelastung
Unter- seite	II <sup>2),3)</sup>	II <sup>3)</sup>	I bei trockenen und überwiegend geschlossenen Räumen III bei hoher Feuchtebelastung	II <sup>3)</sup>		I bei trockenen und überwiegend geschlossenen Räumen III bei hoher Feuchtebelastung

<sup>1)</sup> Bei der Verwendung von Klebern müsse diese mit der Beschichtung verträglich sein.

<sup>2)</sup> Für untergeordnete Bauwerke, wie z. B. Geräte- und Lagerschuppen in der Landwirtschaft oder Stellplatzüberdachungen, bei denen die Trapezprofile nicht zur Stabilisierung herangezogen werden, ist die Einstufung in Korrosionsschutzklasse I zulässig.

<sup>3)</sup> Für Korrosionsschutzklasse II genügt bei bandbeschichtetem Material (Coil-Coating) die übliche Rückseiten-Lackierung von 10 µm Dicke.

<sup>4)</sup> bzw. gleichartige lastverteilende und/oder versteifende Stahlblechteile

Tabelle 3: Korrosionsschutzklassen für Dachsysteme in Anlehnung an DIN 18807-1

Korrosionsschutzklassen für Wandsysteme						
			Zweischalig, belüftet, mit zwischenliegender Wärmedämmung			
Bauteil- seite	Einschalig, ungedämmt	Einschalig, wärmege­dämmt	Außenschale	Zwischenriegel <sup>4)</sup>	Innenschale	Außenwand- bekleidung
Außen- seite	III <sup>2)</sup>	III	III	I bei trockenen und überwiegend geschlossenen Räumen III bei hoher Feuchtebelastung	I bei trockenen und überwiegend geschlossenen Räumen III bei hoher Feuchtebelastung	III
Innen- seite	II <sup>1),2),3)</sup>	II <sup>1),3)</sup>	II <sup>1),3)</sup>		I bei trockenen und überwiegend geschlossenen Räumen III bei hoher Feuchtebelastung	II <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Für Korrosionsschutzklasse II genügt bei bandbeschichtetem Material (Coil-Coating) die übliche Rückseiten-Lackierung von 10 µm Dicke.

<sup>2)</sup> Für untergeordnete Bauwerke, wie z. B. Geräte- und Lagerschuppen in der Landwirtschaft oder Stellplatzüberdachungen, bei denen die Trapezprofile nicht zur Stabilisierung herangezogen werden, ist die Einstufung in Korrosionsschutzklasse I zulässig.

<sup>3)</sup> Korrosionsschutzklasse I ist zulässig bei trockenen überwiegend geschlossenen Räumen und ausreichender Zugänglichkeit.

<sup>4)</sup> und gleichartige lastverteilende und/oder versteifende Stahlblechteile.

Tabelle 4: Korrosionsschutzklassen für Wandsysteme in Anlehnung an DIN 18807-1

Korrosivitäts- kategorie bzw. Korrosions- belastung nach DIN EN ISO 12944-2	Schutz- dauer	Beispiele für Umgebungen (zur Information)		Korrosions- beständigkeits- kategorie <sup>2)</sup>	Korrosionsschutz- klasse <sup>1)</sup>	
		außen	innen		zu- gänglich <sup>3)</sup>	unzu- gänglich <sup>4)</sup>
C1 unbedeutend	niedrig	–	Geheizte Gebäude mit neutralen Atmosphären, z. B. Büros, Läden, Schulen, Hotels	RC1	I	I
	mittel				I	I
	hoch				I	I
C2 gering	niedrig	Atmosphären mit geringer Verunreinigung, meistens ländliche Bereiche	Ungeheizte Gebäude, wo Kondensation auftreten kann, z. B. Lager, Sporthallen	RC2	I	II
	mittel				I	II
	hoch				I	III
C3 mäßig	niedrig	Stadt- und Industrieatmosphäre, mäßige Verunreinigungen durch Schwefeldioxid. Küstenbereiche mit geringer Salzbelastung	Produktionsräume mit hoher Feuchte- und etwas Luftverunreinigung, z. B. Anlagen zur Lebensmittelherstellung, Wäschereien, Brauereien, Molkereien	RC3	II	III
	mittel				II	III
	hoch				II	III
C4 stark	niedrig	Industrielle Bereiche und Küstenbereiche mit mäßiger Salzbelastung	Chemieanlagen, Schwimmbäder, Bootsschuppen über Meerwasser	RC4	III	III
	mittel				III	III
	hoch				III	– <sup>4)</sup>
C5-I sehr stark (Industrie)	niedrig	Industrielle Bereiche mit hoher Feuchte und aggressiver Atmosphäre	Gebäude oder Bereiche mit nahezu ständiger Kondensation und mit starker Verunreinigung	RC5	III	– <sup>4)</sup>
	mittel				III	– <sup>4)</sup>
	hoch				– <sup>4)</sup>	– <sup>4)</sup>
C5-M sehr stark (Meer)	niedrig	Küsten- und Offshorebereiche mit hoher Salzbelastung	Gebäude oder Bereiche mit nahezu ständiger Kondensation und mit starker Verunreinigung	RC5	III	– <sup>4)</sup>
	mittel				III	– <sup>4)</sup>
	hoch				– <sup>4)</sup>	– <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Die Angabe der Korrosionsschutzklasse dient lediglich der Zuordnung bisheriger bauaufsichtlicher Anforderungen an das neue europäische Klassifizierungssystem aus Korrosivitätskategorie und Schutzdauer.

<sup>2)</sup> Nach DIN EN 10169-2 nur für Bandbeschichtung.

<sup>3)</sup> Die Durchführbarkeit von Kontroll- und Instandsetzungsmaßnahmen für die als „zugänglich“ klassifizierten Flächen muss bereits bei der Konstruktion eingeplant werden. Die Zugänglichkeit kann z. B. durch Anlegeleitern, Standgerüste; feste, freihängende oder geführte Arbeitsbühnen sichergestellt werden.

<sup>4)</sup> Bei sehr starker Korrosionsbelastung und hoher Schutzdauer und bei Sonderbelastung sind die Korrosionsschutzklassen nicht anwendbar. Bei diesen Belastungen und Bedingungen sind die erforderlichen Maßnahmen jeweils im Einzelfall festzulegen.

Tabelle 5: Bezug der Korrosivitätskategorien bzw. Korrosionsbeständigkeitskategorie in DIN 55634 zu den bisherigen Korrosionsschutzklassen nach DIN 55928-8

Die betrachteten Korrosionsschutzsysteme in DIN 55634 umfassen Band- und Stückbeschichtungen, die entweder werkseitig oder auf der Baustelle ausgeführt werden. Der Korrosionsschutz kann mit metallischen Überzügen, Beschichtungen oder metallischen Überzügen in Kombination mit organischen Beschichtungen (Duplex-Systeme) erfolgen.

## 5.2 | Metallische Überzüge

Der Korrosionsschutz dünnwandiger Bauteile aus Stahl erfolgt in erster Linie mit Überzügen aus Zink oder Zink-Aluminium-Legierungen, die einen flächigen Korrosionsangriff des Stahl-

bleches verhindern. Das im Überzug enthaltene Zink bildet unter dem Einfluss von Kohlendioxid aus der Luft eine schützende Deckschicht aus Korrosionsprodukten, die den weiteren Abbau des Überzugs verzögert (Zinkcarbonat-Deckschicht). Durch Witterungseinflüsse wird die Deckschicht im Laufe der Zeit flächig abgetragen, erneuert sich jedoch ständig aus dem Überzugsmetall. Die Erneuerung der Deckschicht findet solange statt, bis der metallische Überzug vollständig abgetragen ist. Aggressive Bestandteile in der Luft, z. B. Chlorid und Schwefelverbindungen, wirkend beschleunigend auf diesen Prozess. Wie lange die Schutzwirkung aufrecht erhalten wird, hängt daher maßgeblich von der Dicke des Überzugs und der Umgebungsatmosphäre ab.

Ein Vorzug der metallischen Überzüge aus Zink oder Zink-Legierungen ist die „kathodische Schutzwirkung“, die sich an den Schnittflächen der Stahlbleche bis zu einer Blechdicke von 1,5 mm und im Bereich kleiner Beschädigungen einstellt. An den Stellen, an denen der Stahl ohne schützenden Überzug freigelegt ist, wirkt das unedlere Zink als Schutzanode und löst sich unter Einwirkung von Elektrolyten bevorzugt auf, wie in Bild 20 schematisch dargestellt. Die Stahloberfläche ist solange vor Korrosion geschützt, bis in der unmittelbaren Umgebung kein Zink mehr vorhanden ist. Die Wirksamkeit des kathodischen Schutzes hängt neben der Blechdicke wesentlich von der Überzugsdicke, dem Trennverfahren und der Leitfähigkeit des Korrosionsmediums ab.

### Feuerverzinkung (Z)

Die Feuerverzinkung erfolgt heutzutage in kontinuierlich arbeitenden Bandverzinkungsanlagen, wobei die auf Coils aufgewickelten Stahlbänder zu Endlosbändern zusammengeheftet oder -geschweißt werden. Zunächst durchläuft das Stahlblech mehrere verschiedene Vorbehandlungsstufen, bevor es durch ein schmelzflüssiges Zink- oder Zinklegierungsbad geführt wird. Beim Austritt aus dem Schmelzbad wird durch eine Düsenabstreifvorrichtung sichergestellt, dass die Zinkauflage die gewünschte Schichtdicke hat. Mit diesem Verfahren sind an der Ober- und Unterseite des Stahlblechs unterschiedliche Schichtdicken einstellbar (Differenzverzinkung).

Moderne Bandverzinkungsanlagen bieten die Möglichkeit, im Rahmen der Nachbehandlung das verzinkte Band chemisch zu passivieren. Dadurch kann bei Transport und Lagerung die Weißrostbildung vermieden werden.

Eine übliche Schichtdicke für feuerverzinkte Feinbleche liegt bei etwa 20 µm beidseitig. Daraus ergibt sich ein Flächenge-

wicht der Zinkauflage von 275 g/m<sup>2</sup> je Seite (Kurzzeichen Z 275). Beim Einsatz als Außenbauteil ist eine zusätzliche organische Beschichtung erforderlich.

### Zink-Aluminium-Legierung (ZA)

Der Überzug besteht aus einer Zink-Aluminium-Legierung (Kurzbezeichnung ZA) mit etwa 95% Zink- und 5% Aluminiumanteil. Die Vorteile gegenüber feuerverzinktem Feinblech sind ein verbessertes Umformverhalten und eine erhöhte Korrosionsbeständigkeit.

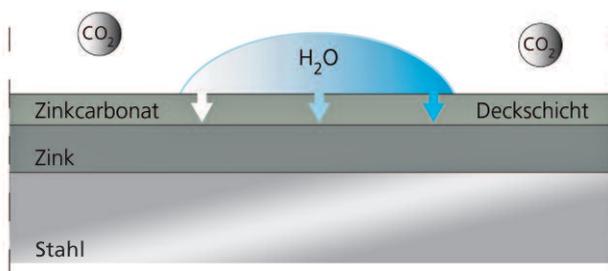
Aufgrund der unterschiedlichen Dichte von Zink und Aluminium beträgt die Auflage des Überzugs bei einer Schichtdicke von 20 µm etwa 255 g/m<sup>2</sup> beidseitig. Für den Einsatz an Außenbauteilen ist i.d.R. eine zusätzliche organische Beschichtung erforderlich.

### Aluminium-Zink-Legierung (AZ)

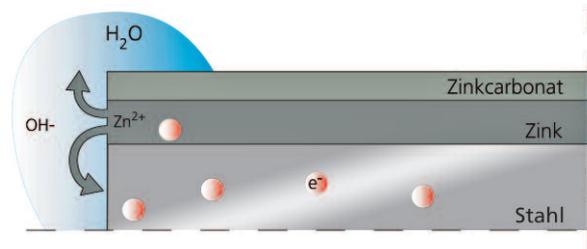
Der Überzug besteht aus 55% Aluminium, 43,4% Zink und 1,6% Silizium. Eine typische AZ-Auflage beträgt 185 g/m<sup>2</sup> und entspricht einer Schichtdicke von 25 µm. AZ-veredelte Feinbleche weisen im Vergleich zur Verzinkung ein ähnliches Umformverhalten auf, ist jedoch im Hinblick auf den Korrosionsschutz deutlich besser.

### Zink-Magnesium-Legierung (ZM)

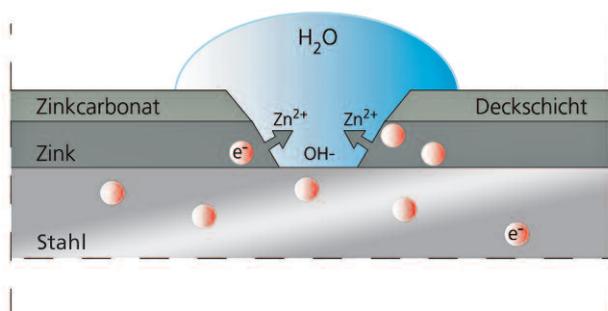
Der Überzug besteht aus einer Zinklegierung mit Anteilen von Magnesium und Aluminium von in der Summe zwischen 1,5 bis zu 8%. Durch die Zugabe von Magnesium wird die gesamte Molekularstruktur stabilisiert und die Beschichtung erhält einen noch höheren Korrosionsschutz.



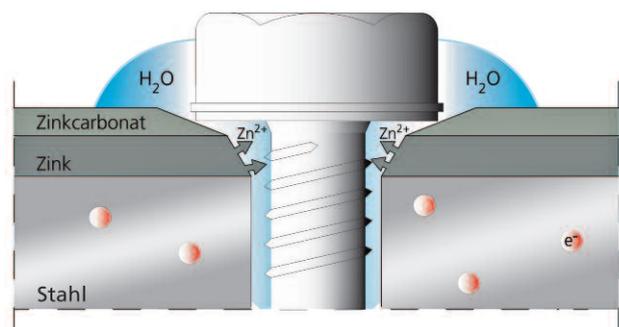
Barrierewirkung gegen Korrosion durch die Bildung einer festhaftenden Zinkcarbonatdeckschicht



Kathodische Schutzwirkung durch den metallischen Überzug an Schnittkanten bis etwa 1,5 mm Stahlblechdicke



Kathodische Schutzwirkung durch den metallischen Überzug bei Verletzung der Zink-Deckschicht



Kathodische Schutzwirkung durch den metallischen Überzug bei Schraubverbindungen

Bild 20: Korrosionsschutz durch einen metallischen Überzug aus Zink oder einer Zinklegierung

### 5.3 | Organische Beschichtungen (Duplex-Systeme)

Zur Erfüllung hoher Korrosionsschutz-Anforderungen, beispielsweise für den Bauaußeneinsatz, ist es oftmals erforderlich, auf den metallischen Überzug eine zusätzliche organische Beschichtung aufzubringen. Durch die zusätzliche Kunststoffbeschichtung entsteht ein neuer Verbundwerkstoff, der als Duplex-System bezeichnet wird. Bild 21 zeigt den schematischen Aufbau eines solchen Duplex-Systems. Je nach Anforderung an den Korrosionsschutz, die Umformbarkeit, Temperaturbeständigkeit, Farbe usw. können unterschiedliche Flüssig- oder Folienbeschichtungen eingesetzt werden. Diese werden heute meist im Bandbeschichtungsverfahren (Coil-Coating) kontinuierlich auf den metallischen Überzug aufgebracht.

In einem Anlagendurchlauf wird das schmelztauchveredelte Feinblech gereinigt, chemisch vorbehandelt und beschichtet. Flüssige Beschichtungsstoffe werden dabei mittels Walzen mit anschließender Wärmetrocknung aufgetragen, Folien werden nach dem Kleberauftrag auf laminiert. Typische Schichtdicken für Flüssigbeschichtungen liegen bei 25 µm, die Foliendicke variiert je nach Art zwischen 40 und 300 µm. Gebräuchliche organische Beschichtungsstoffe und deren übliche Schichtdicke in Anlehnung an DIN EN 10169 sind in Tabelle 6 dargestellt.

Durch die zusätzliche organische Beschichtung wird bei Duplex-Systemen zunächst der Abtrag des metallischen Überzugs verhindert. Die Kunststoffe sind jedoch nicht völlig diffusionsdicht und unterliegen natürlichen Alterungsprozessen. Der darunter liegende metallische Überzug kann so im Laufe der Zeit langsam korrodieren. Die dabei entstehenden Korrosionsprodukte bilden einerseits auf der Metalloberfläche einen kathodischen Schutz und verschließen andererseits die Poren und Mikrorisse der alternden organischen Beschichtung. Die korrosive Unter-

#### Außen/bewittert

organische Beschichtung  
(ca. 10–300 µm)

Primer (ca. 5–10 µm)  
Vorbehandlung (ca. 1 µm)  
Zinkauflage (2,5–25 µm)

Stahlkern

Zinkauflage (2,5–25 µm)  
Vorbehandlung (ca. 1 µm)  
Rückseitenlack (5–10 µm)

#### Innen/unbewittert

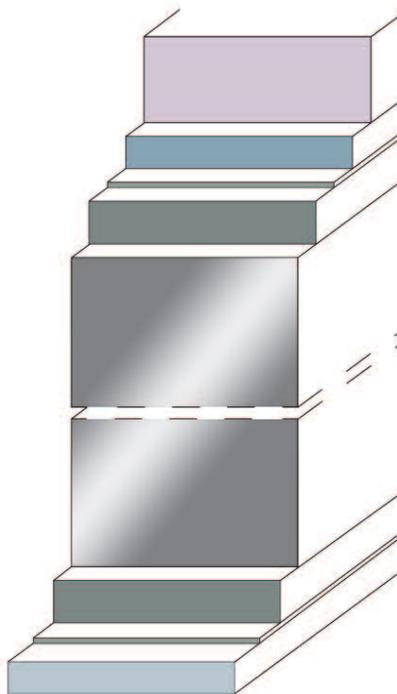


Bild 21: Schematischer Aufbau organisch beschichteter Feinbleche (Duplex-System)

wanderung und das Abblättern der Kunststoffbeschichtung werden dadurch erheblich verzögert.

Das Zusammenwirken von metallischem Überzug und organischer Beschichtung erzeugt bei Duplex-Systemen einen Synergieeffekt, durch den die Korrosionsbeständigkeit deutlich besser ist als die Summe der Korrosionsbeständigkeit der einzelnen Schutzschichten.

Ein weiterer Vorteil von Duplex-Systemen ist neben dem hervorragenden Korrosionsschutz die große gestalterische Freiheit, die sich durch die Auswahl aus einer umfangreichen Farbpalette ergibt. Diese ermöglicht eine individuelle und der Umgebung angepasste Farbgestaltung, mit der besondere architektonische Akzente im Hallenbau gesetzt werden können. Ein Beispiel hierzu ist in Bild 22 dargestellt.

### 5.4 | Planungshilfen bei der Auswahl von Korrosionsschutzsystemen

Der erforderliche Korrosionsschutz für die unterschiedlichen Einsatzfälle von Trapezprofilen und Kassetten ist in DIN 18807-1 festgelegt. Bei Sandwichelementen ist der Korrosionsschutz in den jeweiligen Zulassungsbescheiden des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) geregelt.

Übliche Korrosionsschutzsysteme und deren Bewertung sind in der neuen DIN 55634 enthalten, die sich auf die in DIN EN ISO 12944-2 definierten Korrosivitätskategorien bezieht. Ein geeignetes Korrosionsschutzsystem muss sorgfältig und unter besonderer Berücksichtigung der vorhandenen Korrosionsbelastung, des Atmosphärentyps, der Zugänglichkeit des Bauteils und der gewünschten Schutzdauer ausgewählt werden. Um Fehlein-



Bild 22: Möglichkeiten der Farbgestaltung von beschichtetem Feinblech

Beschichtungsstoff	Kurzzeichen <sup>1)</sup>	Üblicher Bereich der Schichtdicke <sup>2),3)</sup> in $\mu\text{m}$
<b>Flüssige Lacke</b>		
Acrylat	AY	5–25
Epoxid	EP	3–20
Polyester <sup>4)</sup>	SP	5–30 <sup>6)</sup>
Polyamid-modifizierter Polyester <sup>4)</sup>	SP-PA	15–50
Dickschichtpolyester <sup>4)</sup>	HBP	30–60
Polyester hoher Dauerbeständigkeit <sup>4)</sup>	HDP	25–60
Polyamid-modifizierter Polyester hoher Dauerbeständigkeit <sup>4)</sup>	HDP-PA	15–50
Silikon-modifizierter Polyester	SP-SI	15–60
Polyurethan <sup>4)</sup>	PUR	10–60
Polyfluorethylen/Vinylether	FEVE	20–60
Polyamid-modifiziertes Polyurethan <sup>4)</sup>	PUR-PA	10–50
Polyvinylidenfluorid <sup>4)</sup>	PVDF	20–60 <sup>5)</sup>
Polyvinylchlorid-Plastisol	PVC (P)	40–200 <sup>6)</sup>
Spezialhaftvermittler <sup>7)</sup>	SA	5–15
Wärmebeständiges Antihafsystem	HRNS	5–15
Schweißbare Zinkstaubgrundierung	ZP	2–7
Schweißbare Grundierung mit leitenden Pigmenten außer Zink	CP	1–15
<b>Pulverlacke</b>		
Polyester	SP (PO)	30–100
<b>Folien</b>		
Polyvinylchlorid <sup>8)</sup>	PVC (F)	50–800 <sup>6)</sup>
Polyvinylfluorid	PVF (F)	38 <sup>9)</sup>
Polyethylen	PE (F)	50–300
Polyethylenterephthalat	PET (F)	15–150
Polypropylen	PP (F)	30–200
Kondenswasser aufnehmendes System	CA (F)	$\geq 300$

Tabelle 6: Übersicht gebräuchlicher Beschichtungsstoffe und der entsprechenden Schichtdickenbereiche in Anlehnung an DIN EN 10169

- <sup>1)</sup> Die Kurzzeichen entsprechen, wo möglich, dem typischen Kunstharz bzw. Kunststoff (nach EN ISO 1043-1) oder der wesentlichen funktionellen Eigenschaft. Wo zutreffend, wird in Klammern ein Hinweis hinzugefügt, um zwischen Lacken, Pulverlacken (PO), Folien (F) und Plastisol (P) zu unterscheiden.
- <sup>2)</sup> Ohne Berücksichtigung eines ggf. vorhandenen abziehbaren Schutzfilmes.
- <sup>3)</sup> Die Beschichtungen mit Schichtdicken von 15  $\mu\text{m}$  und darüber werden üblicherweise als Zweischichtensysteme (Grund- und Deckbeschichtung) aufgebracht, wobei deren Art und Zusammensetzung unterschiedlich sein können.
- <sup>4)</sup> Auch in texturierter Form erhältlich.
- <sup>5)</sup> Bestehend aus Grundbeschichtung und üblicherweise einer Deckbeschichtung, es sind jedoch auch Zwischenbeschichtungen möglich.
- <sup>6)</sup> Bezieht sich bei geprägten oder texturierten Beschichtungen auf die mit einer Bügelmessschraube (Skalenteilung in  $\mu\text{m}$ ) gemessene Schichtdicke.
- <sup>7)</sup> z. B. zur Erzielung einer Haftfestigkeit für Systeme, die für eine nachfolgende Bindung von Metall mit Gummi, Metall oder anderen Werkstoffen geeignet sind.
- <sup>8)</sup> Erhältlich in einfarbiger oder bedruckter sowie geprägter Form.
- <sup>9)</sup> Ohne den Klebfilm mit einer Schichtdicke von 10  $\mu\text{m}$ .

schätzungen im Einzelfall zu vermeiden, wird empfohlen, die Auswahl des Korrosionsschutzsystems immer in Zusammenarbeit mit den Herstellern durchzuführen.

Die angestrebte Schutzdauer ist bei der Wahl des Korrosionsschutzsystems von entscheidender Bedeutung. Die Schutzdauer ist als die erwartete Standzeit des Beschichtungssystems bis zur ersten Teilerneuerung definiert und sollte bereits bei der Planung festgelegt werden. Nach Ablauf der Schutzdauer müssen geeignete Instandsetzungsmaßnahmen zur Aufrechterhaltung der Korrosionsschutzwirkung eingeplant werden.

In DIN 55634 werden folgende Zeitspannen bezüglich der Schutzdauer unterschieden:

- niedrig (L = engl.: low)                      2– 5 Jahre
- mittel (M = engl.: medium)                5–15 Jahre
- hoch (H = engl.: high)                     über 15 Jahre

Es ist zu beachten, dass die Schutzdauer nicht gleich der Gewährleistungszeit ist. Die Schutzdauer ist ein technischer Begriff, um ein Instandhaltungsprogramm festzulegen, während die Gewährleistungszeit ein juristischer Begriff ist. Es gibt keine Regeln, die beide Begriffe miteinander verbindet.

## 5.5 | Qualitätssicherung

Die Coil-Coater und ihre Zulieferer aus der chemischen Industrie sind in der ECCA (European Coil Coating Association, Brüssel), dem Dachverband der Bandbeschichtungsindustrie, vertreten, dessen Prüfverfahren für einen hohen Standard der Beschichtungsqualität bürgen. Die Qualitätssicherung des bandbeschichteten Stahlbleches ist in Güteschutz- und Prüfbestimmungen festgelegt und erstreckt sich von der kontinuierlichen werkseigenen Produktionskontrollen (WPK) durch die Hersteller bis zur Fremdüberwachung durch anerkannte Prüfstellen.

## 6 | Güteüberwachung

Die Grundlage der Qualitätssicherung bildet die sorgfältige Kontrolle des bandbeschichteten Feinblechs im Herstellerwerk. Die zulässigen Toleranzen und die Prüfverfahren, insbesondere im Hinblick auf die Korrosions- und UV-Beständigkeit im Bauaußeneinsatz, sind in DIN EN 10169 festgelegt.

Gemäß der deutschen Bauordnung dürfen nur Bauprodukte Verwendung finden, die der Güteüberwachung unterliegen und somit den maßgeblichen technischen Regeln, der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ), dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis (abP) oder der Zustimmung im Einzelfall (ZiE) entsprechen. Die Kennzeichnung der Bauprodukte erfolgt in Deutschland mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen, siehe Bild 23) und mit dem europäischen Wirtschaftsraum vorgeschriebenen Konformitätszeichen, der CE-Kennzeichnung. Die Kennzeichnungen müssen gut sichtbar auf der Verpackung der Bauprodukte angebracht sein.

Die Güte- und Prüfbestimmungen der maßgeblichen Werkstoff- und Bauteileigenschaften einschaliger Profiltafeln richten sich nach DIN 18807-1. Die Überwachung der geforderten Eigenschaften besteht aus der Eigenüberwachung im Herstellerwerk und der Fremdüberwachung durch eine anerkannte Überwachungsgemeinschaft oder eine anerkannte Prüfstelle. Die Überwachungskriterien für Sandwichelemente sind in den jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassungen festgelegt.

Die Vorgaben zur Kennzeichnung mit dem CE-Zeichen sind für einschalige Profiltafeln in DIN EN 14782 und für Sandwichelemente in DIN EN 14509 geregelt.

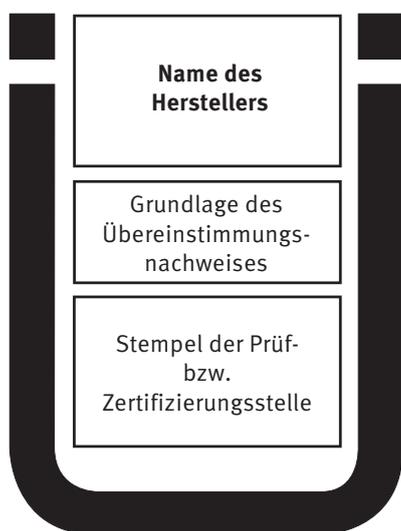


Bild 23: Kennzeichnung der Bauprodukte mit dem Ü-Zeichen

## 7 | Verbindungssysteme und Befestigungselemente

### 7.1 | Baurechtliche Regelungen und Anforderungen

Die Verbindungselemente im Metalleichtbau sind bisher nicht genormt, sondern in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungsbescheiden des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) geregelt. Der Einsatz von Verbindungselementen für einschalige Trapezprofile ist im Zulassungsbescheid Nr. Z-14.1-4 und für Sandwichelemente im Bescheid Nr. Z-14.4-407 festgelegt. In den Zulassungen sind die Geometrie, Materialkennwerte, Verarbeitungshinweise und die charakteristische Beanspruchbarkeit des jeweiligen Verbindungsmittels enthalten. Letztere ist in Abhängigkeit der Beanspruchungsart sowie der Materialgüte und der Dicke der zu verbindenden Bauteile aufgeführt.

### 7.2 | Verbindungselemente für Trapez-, Kassetten- und Wellprofile

Verbindungselemente dienen sowohl zur Verbindung der Profiltafeln untereinander als auch zur Befestigung mit der Unterkonstruktion. Neben den Hinweisen zur konstruktiven Ausbildung der Verbindungen in DIN 18807 erfolgt die Anordnung der Verbindungselemente grundsätzlich nach den Angaben der statischen Berechnung.

Zusätzlich zu den aus statischen Gründen erforderlichen Verbindungselementen können weitere Elemente aus konstruktiven Gesichtspunkten gewählt werden, um beispielsweise eine kontinuierliche Kompression von Dichtbändern sicherstellen zu können.

### 7.3 | Typen der Verbindungselemente

Je nach Einsatzzweck und Anforderung an die Verbindung stehen dem Planer eine Reihe verschiedener Verbindungs- und Befestigungssysteme zur Verfügung, mit denen die Standsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit der Verbindung dauerhaft sichergestellt werden können. In Tabelle 7 ist eine Übersicht der bauaufsichtlich zugelassenen Verbindungsmittel im Metalleichtbau dargestellt.

**Gewindefurchende Schrauben** formen sich spanlos ihr Gewinde im vorgebohrten Loch selbst. Je nach Dicke der Stahlunterkonstruktion wird zwischen zwei Gewindeformen unterschieden: bis zu einer Dicke von 3 mm werden gewindefurchende Schrauben mit Grobgewinde (Form A) und bei dickeren Stahlunterkonstruktionen Schrauben mit Feingewinde (Form B) eingesetzt.

**Bohrschrauben** sind so ausgebildet, dass sie das Kernloch selbst bohren. Im gleichen Arbeitsgang wird – wie bei der gewindefurchenden Schraube – durch Materialverdrängung das Gewinde gebildet. Beim Außeneinsatz von nichtrostenden Schrauben sind auch nichtrostende Unterlegscheiben zu verwenden, auf die Elastomerdichtungen aufvulkanisiert sind.

**Setzbolzen** werden mittels Bolzensetzgeräten eingebracht. Die Ladungsstärke der Treibkartusche richtet sich nach Dicke und Festigkeit der Unterkonstruktion, die über eine Mindestdicke

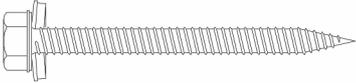
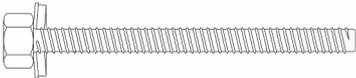
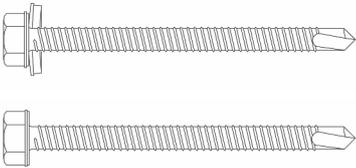
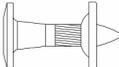
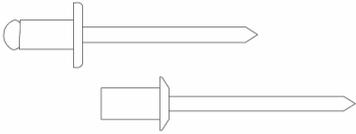
Bezeichnung	Typ des Verbindungselements	Sandwich auf Stahl-UK	Sandwich auf Holz-UK	Profiltafeln auf Stahl-UK	Längsstöße Blech/ Blech	Querstöße Blech/ Blech
<b>Gewindefurchende Schrauben</b>			• Form A		• Form A	• Form A
Vorbohren der Bauteile erforderlich		•		•		
			•			
<b>Bohrschrauben</b>		•		•	•	•
<b>Bohrschrauben mit Stützgewinde</b>		•	•			
<b>Setzbolzen</b>				• nur im Innenbereich		
<b>Blindniet</b>					•	

Tabelle 7: Anwendungsbereiche bauaufsichtlich zugelassener Verbindungselemente für den Metallleichtbau

von 6 mm verfügen muss. Setzbolzen sind nur für den Einsatz im Innenbereich bauaufsichtlich zugelassen.

**Blindniete** aus Edelstahl oder Aluminiumlegierungen mit Edelstahldorn sind nicht mehr zerstörungsfrei lösbare Verbindungselemente. Sie werden vorwiegend zur Verbindung von Profilblechen untereinander eingesetzt.

#### 7.4 | Verbindungs- und Befestigungselemente für Sandwichelemente

Für die Befestigung von Sandwichelementen an der Unterkonstruktion werden in der Regel Schrauben verwendet. Geeignete Schrauben sind in den jeweiligen Zulassungsbescheiden der

Sandwichelemente und in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-14.4-407 aufgeführt.

Bei der direkten Befestigung werden die Sandwichelemente von außen durch beide Deckschalen hindurch mit der Unterkonstruktion verschraubt, die Schraubenköpfe verbleiben sichtbar in der Fassade.

Werden höhere ästhetische Anforderungen an die Fassade gestellt, kann eine verdeckte Befestigung der Sandwichelemente erfolgen. Bei dieser Befestigungsart werden die Schraubenköpfe durch die Sandwichelemente verdeckt, so dass diese nicht mehr sichtbar sind. Dies geschieht entweder mit einem Sonderformteil oder mit einer Randederschraubung, wobei sich keines der beiden Systeme durch gravierende Vor- oder

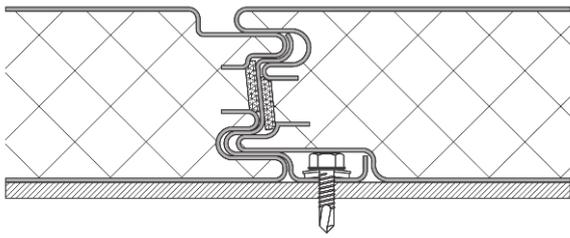


Bild 24: Verdeckte Befestigung mittels Sonderformteil

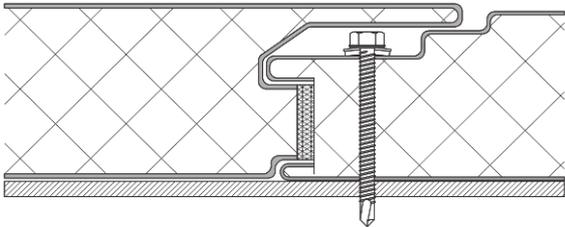


Bild 25: Verdeckte Befestigung mittels Randederschraubung

Nachteile auszeichnet. In den Bildern 24 bis 26 (siehe hierzu auch Bild 17) sind die Fugenausbildungen der verschiedenen Befestigungsvarianten dargestellt.

Sowohl bei der direkten als auch bei der verdeckten Befestigung können gewindefurchende Schrauben oder Bohrschrauben (mit Stützgewinde) eingesetzt werden. Werden gewindefurchende Schrauben verwendet, müssen die Bauteile vorgebohrt werden.

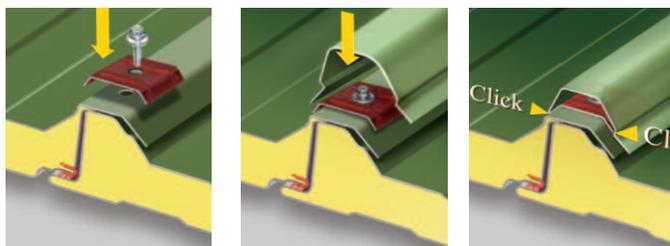
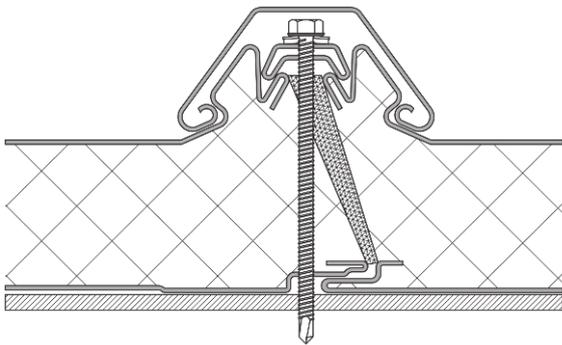


Bild 26: Verdeckte Befestigung von Dachelementen

## 7.5 | Unterkonstruktionen von Dach- und Wandsystemen

### 7.5.1 | Baurechtliche Anforderungen

Bei Entwurf und Planung der Unterkonstruktion der Gebäudehülle sind in erster Linie die technischen Regeln und Normen der gewählten Bauart zu beachten (z. B. DIN EN 1993-1-3 „Eurocode 3“ Teil 1 bis 3 in Verbindung mit dem Nationalen Anhang zur Bemessung von Stahltragwerken). Bei der Verwendung nicht normativ geregelter Unterkonstruktionselemente und Verbindungsmittel müssen die Hinweise der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) beachtet werden (Bild 27).

### 7.5.2 | Unterkonstruktionen im Dachbereich

Die gängigsten Unterkonstruktionen von Dächern im Hallenbau sind als Stahltragwerke ausgeführt (Bild 28). Bei Unterkonstruktionen aus Stahl kann generell zwischen Tragsystemen aus warmgewalzten und dünnwandigen, kaltgeformten Stahlprofilen unterschieden werden, wobei beide Profiltypen gleichermaßen bei zweischaligen Metalldächern wie auch bei Dachsandwechelementen verwendet werden können. Dünnwandige Stahlpfetten mit unterschiedlichen Querschnitten werden durch Abkanten oder Kaltwalzen von Blechen mit Dicken zwischen 1,5 und 4,0 mm hergestellt. Üblicherweise werden Profile mit Z-, C- und  $\Sigma$ -förmigem Querschnitt als Pfetten eingesetzt, vgl. Bild 29. Die Bemessung dünnwandiger Kaltprofilpfetten erfolgt nach DIN EN 1993-1-3. Da die hierfür erforderliche, iterative Ermittlung mitwirkender Querschnittsteile aufwendig ist, stellen die Hersteller von Kaltprofilpfetten Belastungstabellen für die von ihnen produzierten Querschnittstypen zur Verfügung. Die angegebenen Tragfähigkeiten basieren dabei jedoch häufig auf Versuchsergebnissen. Die Anwendung ist in der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geregelt.

In Tabelle 8 ist eine Übersicht der zulässigen, linienförmigen Belastung gängiger Z-Profil-Stahlpfetten dargestellt. Die Nennhöhen liegen zwischen 140 und 300 mm, die Blechdicken variieren zwischen 1,5 und 4,0 mm. Die Darstellung der zulässigen Linienlast in kN/m erfolgt für jede Profilgeometrie in Abhängigkeit der Stützweite  $L$  und jeweils mit und ohne einer Durchbiegungsbegrenzung ( $\max. f = L/200$ ). Den angegebenen Werten sind folgende weitere Annahmen zugrunde gelegt:

- Statisches System ist jeweils ein Einfeldträger, die Dachneigung  $\alpha$  beträgt höchstens  $15^\circ$
- Die Belastung erfolgt durch gleichmäßig verteilte Lasten, die senkrecht zur Profilebene wirken (z. B. Eigengewicht, Schneelast; keine Sogbelastung und keine axiale Druckbelastung)
- Die Befestigung der Pfetten erfolgt an Pfettenschuhen
- Der breitere Gurt der Profile liegt oben
- Die Streckgrenze beträgt  $f_{y,k} = 320 \text{ N/mm}^2$

Die angegebenen Traglasten dienen als Orientierungshilfe bei der Vordimensionierung und ersetzen keinen statischen Nachweis. Die Pfettenschuhe sowie die Verbindungsmittel sind bei der statischen Bemessung zu berücksichtigen.



Bild 27: Bezeichnung von Unterkonstruktionselementen



Bild 28: Unterkonstruktion für eine Sandwichelement-Fassade

Die Bemessung warmgewalzter Pfettenprofile erfolgt nach den Regeln der DIN EN 1993-1-1 (Bild 30). Für den Nachweis als Einfeld- oder Mehrfeldträger können fallweise die positiven Effekte einer Drehbettung durch die Dachtragschale nach DIN EN 1993-1-3 berücksichtigt werden. Damit vergrößert sich der Widerstand gegen das Biegedrillknicken. Werden die Obergurte der Pfetten durch Schubfeldwirkung am seitlichen Ausweichen gehindert, so können die Pfetten auf Querschnittsebene elastisch oder plastisch nachgewiesen werden.



Bild 29: Übersicht gängiger kaltgeformter Unterkonstruktionsprofile

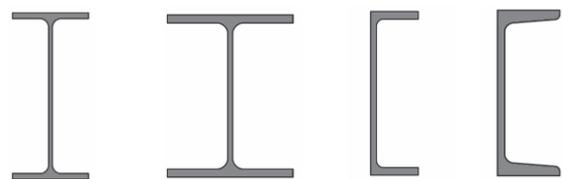
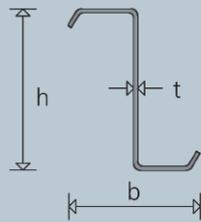


Bild 30: Übersicht gängiger warmgewalzter Unterkonstruktionsprofile

**Belastungstabelle üblicher Z-Profil-Pfetten als Einfeldträger (breiter Gurt oben)**



**Kurzzeichen:**

$h$  Nennhöhe des Profils  
 $t$  Nennstärke  
 $g$  Eigenlast  
 $f$  Durchbiegung

**Statisches System:**

$L$  Einfeldträger, Stützweite  
 $q$  Andrückende Gleichlast  
 $\alpha$  Dachneigung < 15°

ohne\* = maximal zulässige Belastung  
 ohne Begrenzung der Durchbiegung

				Stützweite $L$					
				4,0 m	5,0 m	6,0 m	7,0 m	8,0 m	9,0 m
Profil	$t$	$g$	max. $f$	Zulässige Belastung $q_{R,d}$ in kN/m in Abhängigkeit der zulässigen Durchbiegung					
$h$	mm	kN/m <sup>2</sup>							
Z 140	1,5	0,036	ohne* L/200	2,00–2,21 1,93–2,00	1,53–1,51 0,95–1,03	1,05–1,08 0,55–0,60	– –	– –	– –
	2,0	0,048	ohne* L/200	3,05–3,25 2,64–2,82	2,14–2,22 1,34–1,45	1,46–1,55 0,78–0,84	– –	– –	– –
	3,0	0,072	ohne* L/200	4,97–5,24 4,32–4,38	3,37–3,48 2,18–2,24	2,33–2,47 1,15–1,30	– –	– –	– –
Z 180	1,5	0,042	ohne* L/200	2,75–2,96 2,64–2,96	1,94–2,01 1,58–1,73	1,36–1,44 0,87–1,02	1,02–1,08 0,48–0,64	0,76–0,83 0,39–0,43	– –
	2,0	0,056	ohne* L/200	4,27–4,36 4,15–4,36	2,83–2,95 2,28–2,44	2,02–2,12 1,31–1,42	1,43–1,58 0,77–0,91	1,12–1,23 0,46–0,60	– –
	3,0	0,084	ohne* L/200	6,76–6,81 6,54–6,81	4,53–4,65 3,62–3,80	3,19–3,31 2,10–2,20	2,43–2,51 1,24–1,38	1,82–1,94 0,76–0,94	– –
Z 220	1,5	0,048	ohne* L/200	3,45–3,54 3,45–3,54	2,36–2,40 2,26–2,40	1,60–1,71 1,43–1,55	1,16–1,28 0,87–0,99	0,85–0,99 0,54–0,68	– –
	2,0	0,064	ohne* L/200	5,35–5,60 5,23–5,60	3,72–3,81 3,64–3,81	2,68–2,76 2,14–2,23	2,05–2,09 1,35–1,41	1,48–1,63 0,80–0,95	– –
	3,0	0,096	ohne* L/200	8,28–8,69 8,28–8,69	5,74–5,91 5,74–5,91	4,21–4,31 3,32–3,48	3,20–3,26 2,06–2,19	2,51–2,57 1,38–1,47	– –
Z 260	2,0	0,072	ohne* L/200	– –	4,41–4,54 4,41–4,54	3,21–3,28 3,21–3,28	2,34–2,46 2,00–2,10	1,80–1,92 1,32–1,41	1,43–1,53 0,87–0,99
	3,0	0,108	ohne* L/200	– –	6,77–7,31 6,77–7,31	5,09–5,33 5,09–5,19	3,91–4,09 3,13–3,27	3,15–3,21 2,04–2,19	2,53–2,58 1,44–1,54
	4,0	0,144	ohne* L/200	– –	8,99–9,73 8,99–9,73	6,79–7,14 6,79–7,05	5,25–5,50 4,25–4,45	4,18–4,32 2,76–2,98	3,40–3,47 1,98–2,09
Z 300	2,0	0,080	ohne* L/200	– –	4,61–4,90 4,61–4,90	3,39–3,55 3,39–3,55	2,62–2,69 2,53–2,69	2,05–2,09 1,72–1,92	1,66–1,69 1,26–1,37
	3,0	0,120	ohne* L/200	– –	7,35–8,46 7,35–8,46	5,64–6,21 5,64–6,21	4,45–4,76 4,36–4,61	3,58–3,76 2,97–3,09	2,91–3,08 2,06–2,17
	4,0	0,160	ohne* L/200	– –	9,64–11,17 9,64–11,17	7,39–8,43 7,39–8,43	5,90–6,45 5,90–6,32	4,76–5,17 4,05–4,24	3,91–4,18 2,64–2,98

Tabelle 8: Belastungstabelle üblicher Z-Profil-Pfetten

Bei der Bemessung der Unterkonstruktion ist zu beachten, dass durch die geneigte Dachfläche bei einer Belastung durch Eigengewicht oder Schnee Schubkräfte (**Dachschub**) entstehen, die im Binder Druckkräfte erzeugen. Diese müssen insbesondere auch bei der Lastweiterleitung von den Bindern in die Stützen oder Wände berücksichtigt und durch eine Aussteifung des Tragwerks in Längsrichtung des Primärtragwerks abgefangen werden. Bild 31 zeigt die bei einer üblichen Belastung wirkenden Kräfte an den Pfetten.

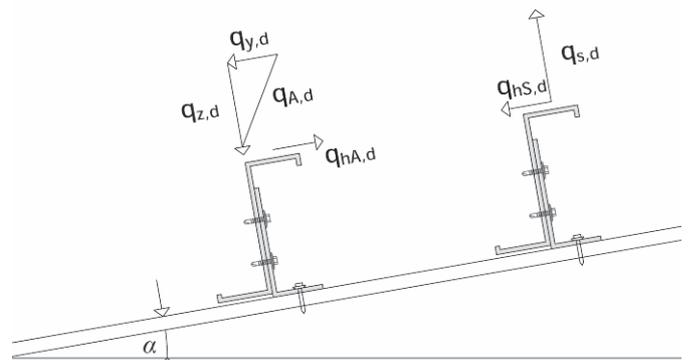


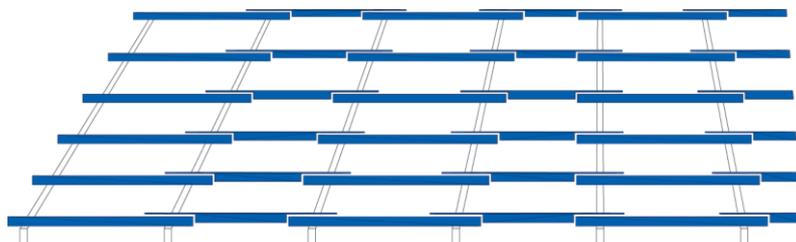
Bild 31: Kräfte an Pfetten bei üblicher Belastung durch Auflasten und Windsog



Bild 32: Einfeldträgersystem



Bild 33: Koppelträgersystem



### Statische Systeme von Pfetten-Unterkonstruktionen

Bei den statischen System von Pfettenkonstruktionen wird i. d. R. zwischen zwei Einfeldträger- und Koppelträgersystemen unterschieden.

#### Einfeldträgersystem

Bei kleineren Gebäuden, unterschiedlichen Spannweiten bzw. Binderabständen oder geringen Belastungen stellt das Einfeldträgersystem die wirtschaftlichste Lösung dar. Die Montage der Pfetten kann, wie in Bild 32 zu sehen, sowohl über Pfettenschuhe auf den Bindern oder – zur Minimierung der Aufbauhöhe – hängend zwischen den Bindern erfolgen.

#### Koppelträgersystem

Bei langen Bauwerken mit vielen Bindern, größeren Spannweiten oder höheren Belastungen eignet sich das Koppelträgersystem besonders gut. Bei diesem System werden die Profile feldweise abwechselnd mit breitem bzw. schmalen Gurt oberliegend angeordnet. Durch diese Anordnung und die biegesteife Verbindung der Pfetten über den Bindern kann ein Durchlaufträger von theoretisch unbegrenzter Länge erzeugt werden, wie in Bild 33 dargestellt ist. Die höhere Belastung in den Randfeldern wird durch den Einsatz von Pfetten mit stärkeren Blechdicken berücksichtigt. Ein weiterer Vorteil dieser Vorgehensweise liegt darin, dass sich durch die geringere Blechdicke in den Innenfeldern eine große Material- und Gewichtsersparnis ergibt.

Bei der Bemessung der primären Tragstruktur ist die Durchlaufträgerwirkung der Koppelpfetten zu berücksichtigen.

### Zweischaliger Dachaufbau

Je nach Achsabstand der primären Tragstruktur kann es wirtschaftlich sein, eine pfettenlose Konstruktion zu wählen, bei der die tragende Trapezprofil-Unterschale direkt auf den Bindern aufgelegt wird (Binderkonstruktion). Durch diese Konstruktion ist die Spannrichtung der Unterschale vorgegeben, die Profiltafeln müssen von Binder zu Binder spannen und somit parallel zur Traufe verlegt werden. Die äußere Deckschale muss hingegen senkrecht zur Traufe verlegt werden, um die Ableitung des Regen- oder Tauwassers zu ermöglichen. In Bild 34 ist eine Binderkonstruktion mit zweischaligem Dachaufbau dargestellt.

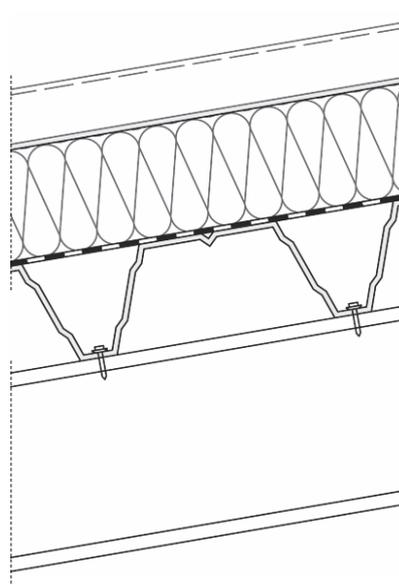


Bild 34: Pfettenlose Unterkonstruktion zweischaliger Metaldächer

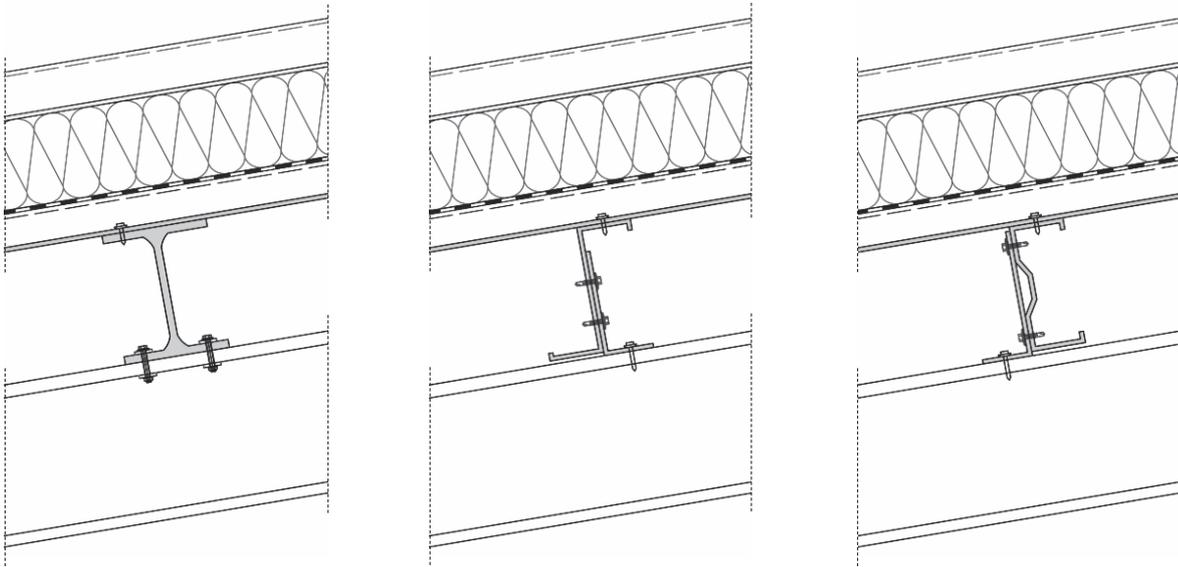


Bild 35: Pfetten aus Walz- oder Kaltprofilen als Unterkonstruktion für zweischalige Metalldächer

Durch einen größeren Achsabstand der primären Tragstruktur kann die Anzahl der Haupttragelemente und der Einzelfundamente der Stützen reduziert werden, meist müssen in diesem Fall jedoch Pfetten vorgesehen werden, um die Stützweite für die tragende Trapezprofil-Unterschale zu verringern (Pfettenkonstruktion).

Bild 35 zeigt beispielhaft eine Pfettenkonstruktion mit Pfetten aus Walz- und typischen Kaltprofilen mit zweischaligem Dachaufbau.

Bei Pfettenkonstruktionen geneigter Dächer gilt es zu beachten, dass der Dachschub die Pfetten zusätzlich um die schwache Achse beansprucht. Die Bemessung der Pfetten erfordert in diesem Fall die Berücksichtigung der zweiachsigen Biegung (auch als Doppelbiegung oder schiefe Biegung bezeichnet, siehe auch Bild 31).

Bei Satteldächern wird der Dachschub am First meist mit Hilfe von Firstblechen oder Zugankern, sogenannten Schlaudern, aufgenommen, wie in Bild 36 dargestellt ist. Damit heben sich die Abtriebskräfte entlang der geneigten Dachflächen quasi auf, was zu einer einfachen Biegebeanspruchung der Pfetten bewirkt.

Ein großer Vorteil von Stahltrapezprofilen ist, dass diese auch in ihrer Ebene Schubkräfte aufnehmen und somit zur Aussteifung des Bauwerks herangezogen werden können. Um ein statisch wirksames Schubfeld zu erzeugen, sind die Profiltafeln allseitig kraftschlüssig mit der Unterkonstruktion zu verbinden. Die zusätzlichen Belastungen infolge der Aussteifung sind sowohl bei der Bemessung der Verbindungsmittel und der Unterkonstruktion als auch bei der Lastweiterleitung in die Stützen und Wände zu berücksichtigen.

Eine weitere Anforderung an Unterkonstruktionen von Trapezprofilen ist eine ebene Auflagerfläche, die nicht durch Verbindungsmittel oder sonstige Bauteile, wie beispielsweise Laschen, Kopf- und Stoßplatten etc., gestört werden darf. Des Weiteren muss die Unterkonstruktion Mindestauflagerbreiten aufweisen, die je nach Profilgeometrie, statischem System bzw. Belastung und Art der Unterkonstruktion variieren können. Die Mindestauflagerbreiten sind daher für jeden Profiltyp in den Prüfbescheiden und Belastungstabellen der Hersteller angegeben. In Tabelle 9 sind Anhaltswerte für die Auflagerbreiten von Trapezprofilen in Profilrichtung gemäß DIN 18807-3 enthalten, die in jedem Fall einzuhalten sind.

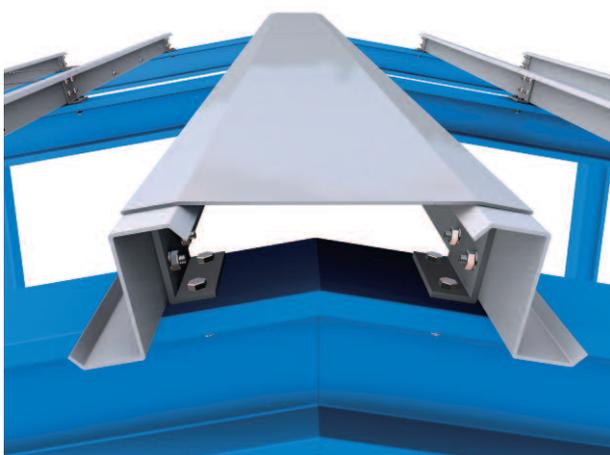


Bild 36: Aufnahme von Schubkräften an Satteldächern mittels Firstblechen oder -schlaudern

Auflager	Stahl- Unterkonstruktion
Endauflagerbreite min $b_A$	40 mm
Zwischenaflagerbreite min $b_B$	60 mm

Tabelle 9: Anhaltswerte für Mindestauflagerbreiten von Trapezprofilen in Profilrichtung

Parallel zur Spannrichtung der Profiltafeln ist der Rand der Verlegetfläche zusätzlich durch eine Unterkonstruktion oder durch Randversteifungswinkel auszusteifen. An den Rändern und Querstößen werden die Stahltrapezprofile in jedem an der Unterkonstruktion anliegenden Gurte verschraubt, bei Zwischenauflagern wird mindestens jeder zweite Gurt an der Unterkonstruktion befestigt.

Als Befestigungsmittel für Stahl-Unterkonstruktionen werden gewindefurchende Schrauben in vorgebohrten Löchern oder Setzbolzen verwendet, wobei sich in der Praxis Setzbolzen weitestgehend durchgesetzt haben, da die Montage mit Bolzenschussgeräten nur einen Arbeitsgang erfordert. Setzbolzen eignen sich nur für die Befestigung auf Unterkonstruktionen mit einer Materialdicke von mindestens 6 mm und können damit nicht zur Befestigung von Stahltrapezprofilen auf Kaltprofilpfetten verwendet werden. Die einzuhaltenden Grenzwerte sind den bauaufsichtlichen Zulassungen der einzelnen Setzbolzentypen zu entnehmen.

### Dachaufbau mit Sandwichelementen

Sandwichelemente im Dachbereich werden senkrecht zur Traufe verlegt, um die Ableitung von Wasser zu ermöglichen. Das bedingt in aller Regel eine Pfetten-Unterkonstruktion, die eine Spannrichtung parallel zur Traufe ermöglicht. Als Pfetten werden – analog zum zweischaligen Dachaufbau – meist warmgewalzte oder kaltgeformte Stahlprofile eingesetzt (Bild 37).

Die konstruktiven und statischen Anforderungen an die Unterkonstruktion sowie die kraftschlüssige Verbindung der Sandwichelemente mit der Unterkonstruktion ergeben sich aus dem

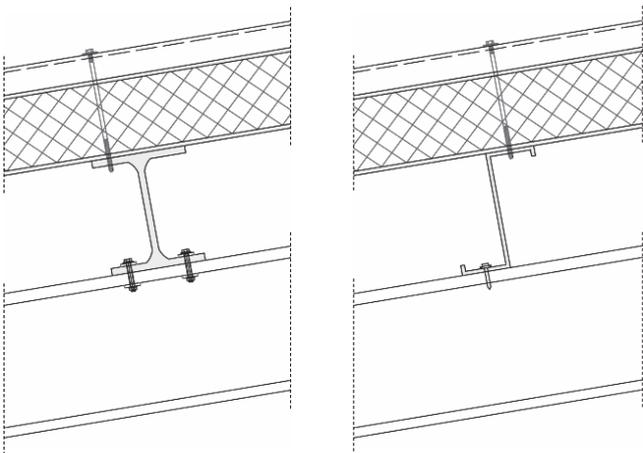


Bild 37: Pfetten aus Walz- oder Kaltprofilen als Unterkonstruktion für Dachsandwichelemente

Auflager	Stahl- Unterkonstruktion
Endauflagerbreite min $b_A$	40 mm
Zwischenaflagerbreite min $b_B$	60 mm

Tabelle 10: Anhaltswerte für Mindestauflagerbreiten von Sandwichelementen nach der IFBS-Richtlinie 8.01

besonderen Tragverhalten dieser. Die Biegesteifigkeit der Elemente wird dabei von den Deckblechen und die Schubsteifigkeit vom Kern erzeugt, der mit den Blechen verklebt ist.

Bei einer Biegebelastung der Sandwichelemente, beispielsweise durch das Eigengewicht, das Gewicht von Dachaufbauten wie Photovoltaik-Anlagen etc., Winddruck oder Schneelast, sind die maßgeblichen Versagensformen das lokale Versagen des Deckbleches (Knittern) und die Überschreitung der Druckfestigkeit des Kerns im Auflagerbereich. Diese Versagensformen werden bei der Auslegung der Unterkonstruktion durch die Einhaltung der Mindestauflagerbreite vermieden. Diese sind, in Abhängigkeit der Unterkonstruktion, in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ) der Sandwichelemente angegeben. Anhaltswerte für die Mindestauflagerbreiten können Tabelle 10 entnommen werden.

Treten Zugkräfte an den Sandwichelementen auf, beispielsweise durch Windsog, erfolgt die Lasteinleitung in die Unterkonstruktion über die Schrauben. Hierbei treten an den Schraubenköpfen lokal sehr hohe Spannungen auf, die bei Überschreitung der Tragfähigkeit durch das Deckblech hindurch gezogen werden (Durchknöpfen). Die Tragfähigkeit der Verbindung ist demnach durch das Deckblech des Sandwichelements begrenzt, die zulässige Belastung kann der jeweiligen Zulassung entnommen werden.

Die Tragfähigkeit kann durch den Einsatz von Lastverteilungsplatten (Kalotten) erhöht werden, wenn die Dachelemente durch die Hochsicken verschraubt werden.

Bei der Belastung durch Schub, z. B. durch das Gewicht von Dachaufbauten oder Schnee, werden diese über die Verbindungsmittel in die tragende Unterkonstruktion eingeleitet. Die Beanspruchbarkeit der Verbindung wird in diesem Fall durch die Lochleibung des Deckblechs limitiert und hängt somit maßgeblich von der Dicke des Deckblechs ab.

Die zulässigen Belastungen der Verbindungsmittel bei Konstruktionen mit Sandwichbauteilen sind in den Zulassungsbescheiden der Verbindungsmittel, jeweils in Abhängigkeit der Blechdicke und der Belastungsart, tabelliert. Wichtig ist in diesem Zusammenhang weiterhin, dass die zulässige Kopfauslenkung der Schrauben nicht überschritten wird. Diese entsteht, wenn die Deckbleche eines Elements gegeneinander verschoben werden, beispielsweise durch Temperatureinwirkung. Die Verschiebung der Deckbleche gegeneinander muss von den Schrauben ohne Einbußen der Funktionsfähigkeit aufgenommen werden können.

### 7.5.3 | Unterkonstruktionen im Wandbereich

Bei Unterkonstruktionen im Wandbereich wird im Allgemeinen zwischen Riegel- und Stützenkonstruktionen unterschieden. Bei Riegelkonstruktionen werden zwischen den Stützen horizontal verlaufende Wandriegel angeordnet, an denen Wandelemente mit vertikaler Ausrichtung (Profiltafeln oder Sandwichelemente) befestigt werden. Bei Stützenkonstruktionen wird auf die zusätzlichen Wandriegel verzichtet, die tragenden Profiltafeln oder Sandwichelemente müssen in diesem Fall horizontal von Stütze zu Stütze spannen.

#### Stahlkassettenwände

Kassettenprofile werden horizontal verlegt, die zugehörigen Horizontallasten (Wind) werden von den Stegen der Kassettenprofile aufgenommen und zu den Stützen weitergeleitet. Je nach Stützenabstand und gewählter Länge der Profiltafeln werden die Kassetten als Ein-, Zwei- oder Mehrfeldträger ausgeführt. Dadurch sind bei Kassettenwänden keine zusätzlichen Wandriegel erforderlich (Stützenkonstruktion).

Die Befestigung der Profiltafeln auf Stahlbetonunterkonstruktionen erfolgt in der Regel an ausreichend verankerten Stahlschienen. Meist werden hierfür bauaufsichtlich zugelassene Ankerschienen verwendet, seltener Flachstähle oder Stahlhohlprofile. An Stahlstützen kann die Auflagerung unmittelbar erfolgen, es sind keine zusätzlichen Bauteile erforderlich.

Die Auflager und die Verankerung sind statisch nachzuweisen und sollten bei Stahlbetonstützen bündig mit der Betonoberkante eingebaut werden. Die Auflagerflächen dürfen nicht durch Verbindungsmittel oder sonstige Bauteile gestört sein. Weiterhin gelten sinngemäß die Anforderungen, beispielsweise an die Mindestauflagerbreiten, die auch an Unterkonstruktionen im Dachbereich gestellt werden. Bild 38 stellt exemplarisch die Befestigung einer Kassettenwand an Stahl- bzw. Stahlbetonstützen dar.

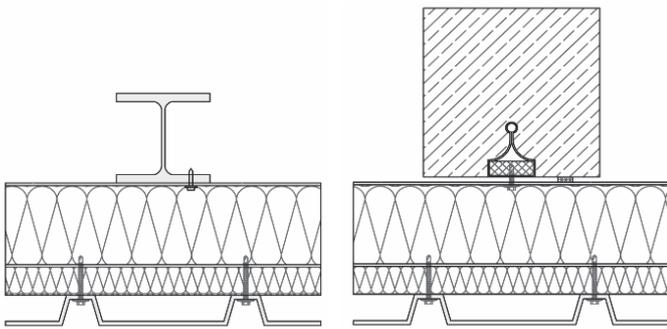


Bild 38: Befestigung von Kassettenwänden an Stahl- bzw. Stahlbetonstützen

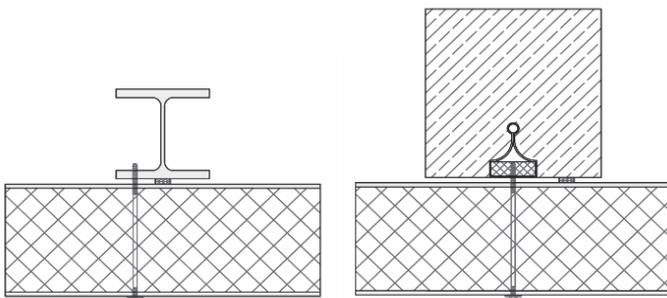


Bild 39: Befestigung von horizontal verlegten Wandsandwichelementen an Stahl- bzw. Stahlbetonstützen

#### Wandaufbau mit Sandwichelementen

Bei der horizontalen Verlegung von Sandwichelementen im Wandbereich gestaltet sich die Befestigung an der Unterkonstruktion analog zur Befestigung von Kassettenwänden. Die Befestigung an Stahlbetonstützen erfolgt in der Regel mit Hilfe eingelassener Halteschienen (mit bauaufsichtlicher Zulassung). Bild 39 zeigt exemplarisch die Befestigung horizontal verlegter Sandwichelemente an Stahl- bzw. Stahlbetonstützen.

Bei einer vertikalen Verlegung der Sandwichelemente sind zur Lastweiterleitung der Horizontalkräfte in die Stützen zusätzliche Wandriegel erforderlich (Riegelkonstruktion). Meist werden hierfür kaltformte Stahlprofile mit C-förmigem Querschnitt eingesetzt, mit denen die Sandwichelemente verschraubt werden. Die Wandriegel sind meist als Einfeldträger ausgebildet und können entweder vor oder zwischen den Stützen angeordnet werden. Bild 40 zeigt in einem Horizontalschnitt die Befestigung von vertikal verlegten Sandwichelementen an einer Unterkonstruktion aus kaltgeformten Stahlprofilen.

Die weiteren Anforderungen an die Unterkonstruktion – beispielsweise an die Mindestauflagerbreite oder die ebene Ausbildung der Auflagerflächen – entsprechen den Anforderungen an die Unterkonstruktionen im Dachbereich. Weiterhin sind die Hinweise und Anforderungen der jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassung der Elemente und der Verbindungsmittel zu beachten.

Zur Optimierung der Konstruktion im Hinblick auf die Statik, beispielsweise zur Verringerung der Stützweite oder zur Verbesserung des Verformungsverhaltens, können Schrägabhängungen und Stabilisierungsprofile genutzt werden (Bild 41).

Tabelle 11 zeigt eine Übersicht der zulässigen Belastung gängiger Wandriegel mit C-förmigem Querschnitt und Nennhöhen zwischen 140 und 300 mm. Die Blechdicke variiert zwischen 1,5 und 4,0 mm. Die Darstellung der zulässigen Linienlast in kN/m erfolgt für jede Profilgeometrie in Abhängigkeit der Stützweite  $L$  und jeweils mit und ohne einer Durchbiegungsbegrenzung ( $\max. f = L/200$ ). Den angegebenen Werten sind folgende weitere Annahmen zugrunde gelegt:

- Statisches System der Wandriegel ist jeweils ein Einfeldträger
- Die Belastung erfolgt durch gleichmäßig verteilte Auflasten, die senkrecht zur Profilebene wirken (z. B. Winddruck bei Einsatz der Profile als Wandriegel)
- Die Streckgrenze beträgt  $f_{y,k} = 320 \text{ N/mm}^2$

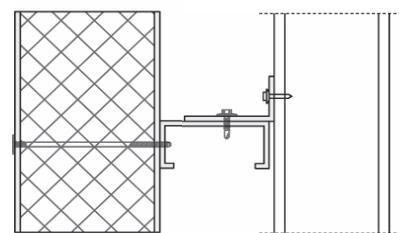


Bild 40: Befestigung von vertikal verlegten Wandsandwichelementen an einem Wandriegel aus kaltgeformten Stahlprofilen

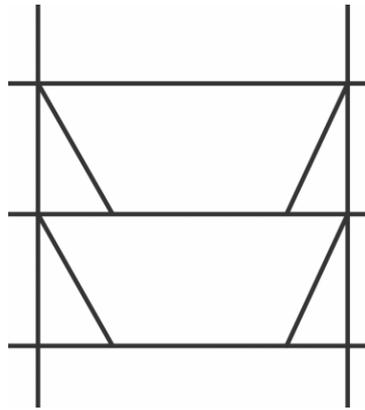


Bild 41: Beispiel einer Unterkonstruktion mit Schrägabhängungen

Die angegebenen Traglasten dienen als Orientierungshilfe bei der Vordimensionierung und ersetzen keinen statischen Nachweis. Die Verbindung inklusive der Verbindungsmittel ist bei der statischen Bemessung zu berücksichtigen.

Belastungstabelle üblicher C-Profil-Pfetten als Einfeldträger (breiter Gurt oben)				Stützweite $L$					
				4,0 m	5,0 m	6,0 m	7,0 m	8,0 m	9,0 m
Profil $h$	$t$ mm	$g$ kN/m <sup>2</sup>	max. $f$	Zulässige Belastung $q_{R,d}$ in kN/m in Abhängigkeit der zulässigen Durchbiegung					
C 140	1,5	0,035	ohne*	1,67	1,07	0,74	0,55	0,42	–
			L/200	1,59	0,81	0,47	0,30	0,20	–
	2,0	0,056	ohne*	2,58–3,39	1,65–2,40	1,15–1,73	0,84–1,29	0,64–1,00	–
C 180	2,0	0,064	L/200	2,17–2,78	1,11–1,44	0,64–0,83	0,41–0,53	0,27–0,35	–
			3,0	0,084	ohne*	5,02–5,21	3,74–3,87	2,85–2,89	2,14–2,19
	L/200	4,28	2,21	1,28	0,81	0,54	–		
C 200	1,5	0,039	ohne*	2,17	1,39	0,97	0,71	0,54	–
			L/200	2,17	1,39	0,81	0,51	0,34	–
	2,0	0,064	ohne*	3,43	2,20–3,20	1,53–2,41	1,12–1,82	0,86–1,42	1,13
C 200	2,0	0,064	L/200	3,43	1,99–2,59	1,15–1,51	0,73–0,95	0,49–0,64	0,45
			3,0	0,096	ohne*	–	4,83–4,93	3,73–3,81	2,94–2,98
	L/200	–	4,00	2,32	1,47	0,98	0,69		
C 300	2,0	0,070	ohne*	–	3,53–3,59	2,63–2,69	1,98–2,02	1,54–1,56	1,23–1,25
			L/200	–	3,33	1,97	1,26	0,85	0,60
	3,0	0,104	ohne*	–	5,52–5,59	4,33–4,36	3,44–3,47	2,72–2,79	2,19–2,24
C 300	3,0	0,104	L/200	–	5,33	3,10	1,96	1,31	0,92
			4,0	0,139	ohne*	–	7,18–7,31	5,66–5,73	4,53–4,57
	L/200	–	7,18–7,21	4,19	2,65	1,78	1,25		
C 300	2,5	0,116	ohne*	–	7,02–7,63	5,40–5,78	4,12–4,43	3,30–3,48	2,67–2,82
			L/200	–	7,02–7,63	5,40–5,78	4,12–4,32	2,98	2,12
	3,0	0,139	ohne*	–	8,55–9,17	6,58–7,06	5,32–5,72	4,44–4,69	3,67–3,91
C 300	3,0	0,139	L/200	–	8,55–9,17	6,58–7,06	5,32–5,48	3,68	2,59
			4,0	0,186	ohne*	–	11,56–12,12	8,79–9,26	7,10–7,48
	L/200	–	11,56–12,12	8,79–9,26	7,10–7,48	5,02	3,53		

Tabelle 11: Belastungstabelle gängiger Riegel mit C-förmigem Querschnitt

## 8 | Planungs- und Ausführungsbeispiele

### 8.1 | Dachsysteme

#### Einschaliger Dachaufbau mit oberer Abdichtung

Bei diesem Dachaufbau handelt es sich um die am häufigsten gebaute Dachkonstruktion. Die obere Dachabdichtung ist direkt auf der Wärmedämmung verlegt, unterhalb der Dämmung ist eine Dampfsperre angeordnet, die zugleich als luftdichte Ebene dient. Die Dämmstoffplatten werden mit einem Kunststoffformteil und Bohrschrauben mit der tragenden Trapezprofiltafel verschraubt. In Bild 42 ist der Konstruktionsaufbau exemplarisch dargestellt.

Die Trapezprofile können je nach gewünschtem statischem System entweder von Pfette zu Pfette (Spannrichtung vom First zur Traufe) oder von Binder zu Binder (Spannrichtung parallel zur Traufe) verlegt werden. Die Mindestdachneigung sollte in jedem Fall mindestens 2 % betragen.

Sollten Durchdringungen und Dachöffnungen, beispielsweise für Rohre, Oberlichter, Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA) etc., vorgesehen werden, ist die tragende Dachunterschale nach dem statischen Nachweis und den konstruktiven Anforderungen nach DIN 18807-3 auszusteifen.

#### Zweischaliger Dachaufbau

Der zweischalige, unbelüftete Dachaufbau mit Wärmedämmung hat sich seit Jahren neben dem einschaligen Dach bewährt. Als Deckung werden beim zweischaligen Dachaufbau Trapez-, Well- und Stehfalzprofile verwendet, die über Distanzprofile, meist C-, Z- oder Hut-Profile, mit der tragenden Dachunterschale verbunden werden. In der Ebene der Distanzprofile wird die Wärmedämmung verlegt. Zwischen den Distanzprofilen und der Ober- bzw. Unterschale werden thermische Trennstreifen verlegt, um die Wärmeverluste durch die Wärmebrücken zu minimieren. Die Dampfsperre ist wie beim einschaligen Dach direkt unterhalb der Wärmedämmung auf der Raumseite angeordnet. In Bild 43 ist der Konstruktionsaufbau eines zweischaligen Metaldaches dargestellt.

Während die Trapezprofile der Unterschale je nach statischen Erfordernissen entweder in parallel oder senkrecht zur Traufe verlegt werden können, müssen die Profiltafeln der Deckung immer senkrecht zur Traufe, d. h. von Pfette zu Pfette, verlegt werden, um Regen- oder Tauwasser ableiten zu können. Nach den Vorgaben der DIN 18807-3 sollen die folgenden Mindestdachneigungen nicht unterschritten werden:

- 3° bei Dachdeckungen ohne Querstoßüberdeckung bzw. Dachöffnungen
- 5° bei Dachdeckungen mit Querstoßüberdeckung ( $\geq 200$  mm) oder Dachöffnungen

#### Dachaufbau mit Sandwichelementen

Sandwichelemente im Dachbereich stellen ein innovatives Bauprodukt dar, das in verlegtem Zustand alle notwendigen Funktionen in einem Element vereint: Schutz vor Witterung, Tragsystem, Wärmedämmung, Dampfsperre, Luftdichtheit usw.

Dachsandwichelemente können einfach und schnell montiert werden, sind wartungsarm und sehr wirtschaftlich einsetzbar. Je nach Anforderung, beispielsweise an den Brandschutz oder Schallschutz, können sie mit einem Stützkern aus Polyurethan-Hartschaum oder Mineralwolle ausgeführt werden. Die Befestigung der Sandwichelemente mit der Unterkonstruktion erfolgt entweder sichtbar oder verdeckt.

Die Mindestdachneigung sollte wie beim zweischaligen Dachaufbau 3° bei Dächern ohne Querstoß und ohne Dachöffnung und 5° bei Dächern mit Querstoß oder Öffnungen betragen.

### 8.2 | Wandsysteme

#### Zweischaliger Wandaufbau

Der Aufbau des zweischaligen Wandaufbaus ist an den zweischaligen Dachaufbau angelehnt. Als tragende Wandinnenschale werden heutzutage fast ausschließlich Stahlkassettenprofile eingesetzt, deren breiter Gurt die Innenansicht bildet. Durch den Einbau von Dichtbändern zwischen den Stahlkassettenprofilen kann mit geringem Aufwand eine wirksame Dampfsperre erzeugt werden. Die Wandinnenschale aus Stahlkassettenprofilen ist bei fachgerechter Planung und Montage zugleich die luftdichte Ebene und erfüllt die Anforderungen der DIN 4108 und EnEV 2009.

Die Wärmedämmung wird zwischen den Ober- und Untergurten der Kassettenprofile über die gesamte Profilhöhe des Querschnitts verlegt. Auf die außenliegenden Obergurte wird ein thermischer Trennstreifen aufgebracht, um den Wärmestrom zwischen innenliegendem Kassettenprofil und äußerer Wertschale zu reduzieren. Als Wandaußenschale werden meist Trapez- oder Wellprofile eingesetzt und in regelmäßigen Abständen mit dem Kassettenprofil verbunden. Bild 44 zeigt einen gängigen zweischaligen Wandaufbau.

#### Wandaufbau mit Sandwichelementen

Der Wandaufbau mit Sandwichelementen weist dieselben Vorteile auf, die auch der Dachaufbau mit Stahlsandwichelementen zu bieten hat. So vereinen auch Wandsandwichelemente die tragende Funktion mit allen Anforderungen an die Gebäudehülle, beispielsweise Wärmedämmung und Luftdichtheit.

Neben diesen Vorteilen gewinnt heute die Vielzahl an individuellen Gestaltungsmöglichkeiten zunehmend an Bedeutung, wie die Beispiele in Bild 45 belegen. So können beispielsweise die Verlegerichtung (horizontal, vertikal, geneigt etc.), die Art der Befestigung (sichtbar oder verdeckt), die Oberflächenstruktur und die Farbauswahl oder die Bedruckung nahezu beliebig kombiniert und an die eigenen Wünsche angepasst werden.

Um die Fassadengestaltung im Bereich der Schnittstellen wie Ecken, Öffnungen und sonstiger Anschlüsse optisch hochwertig abzuschließen, stehen dem Planer eine Vielzahl an Sonderformteilen zur Verfügung.

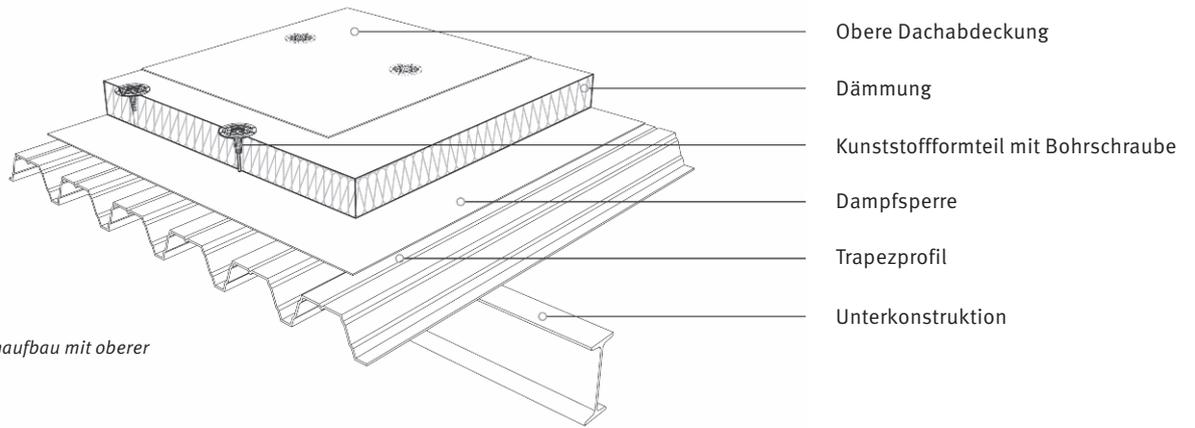


Bild 42: Einschaliger Dachaufbau mit oberer Abdichtung

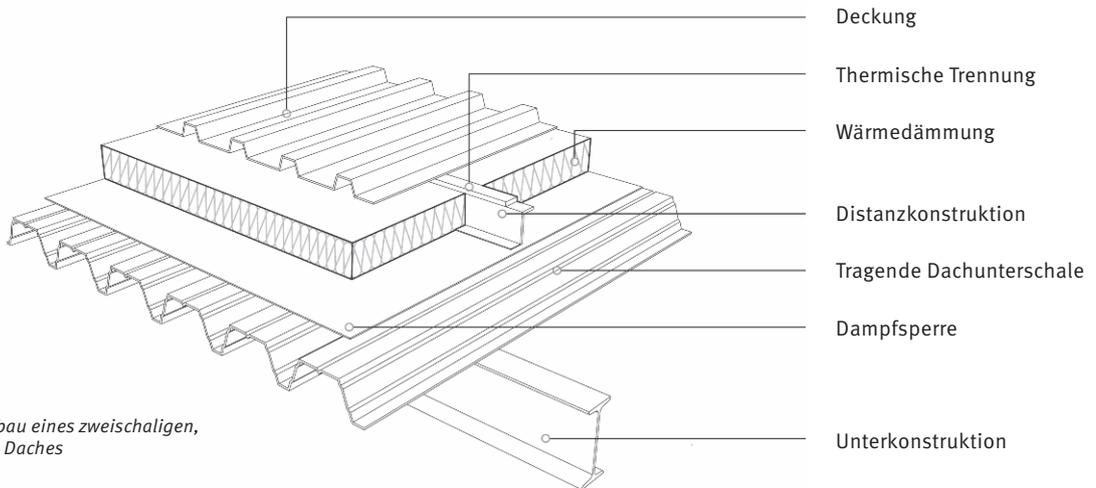


Bild 43: Konstruktionsaufbau eines zweischaligen, gedämmten, unbelüfteten Daches

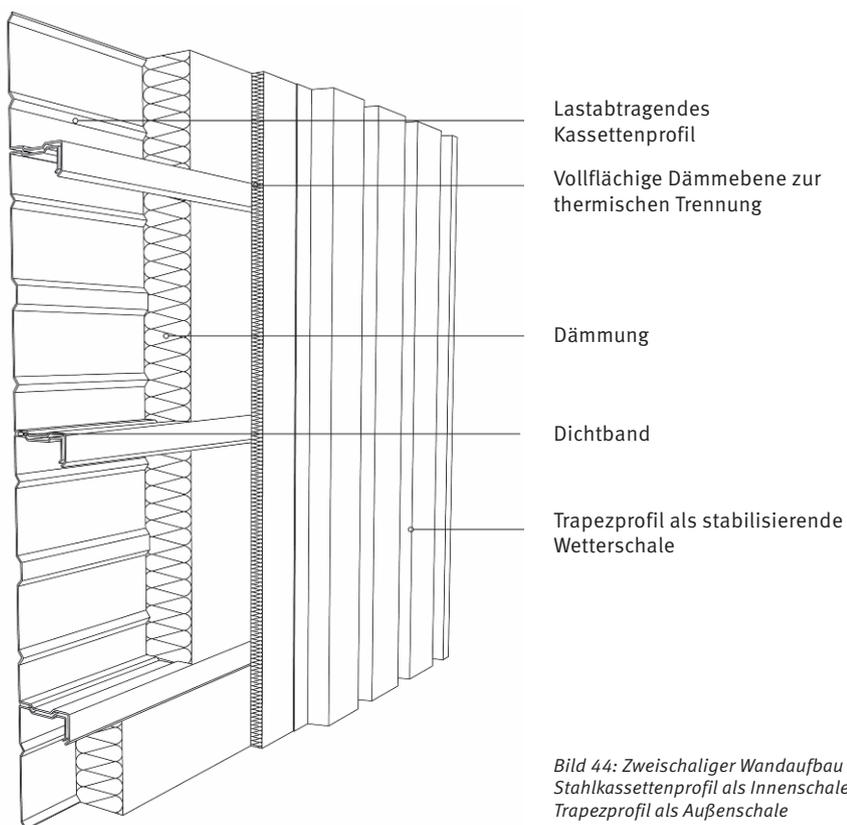
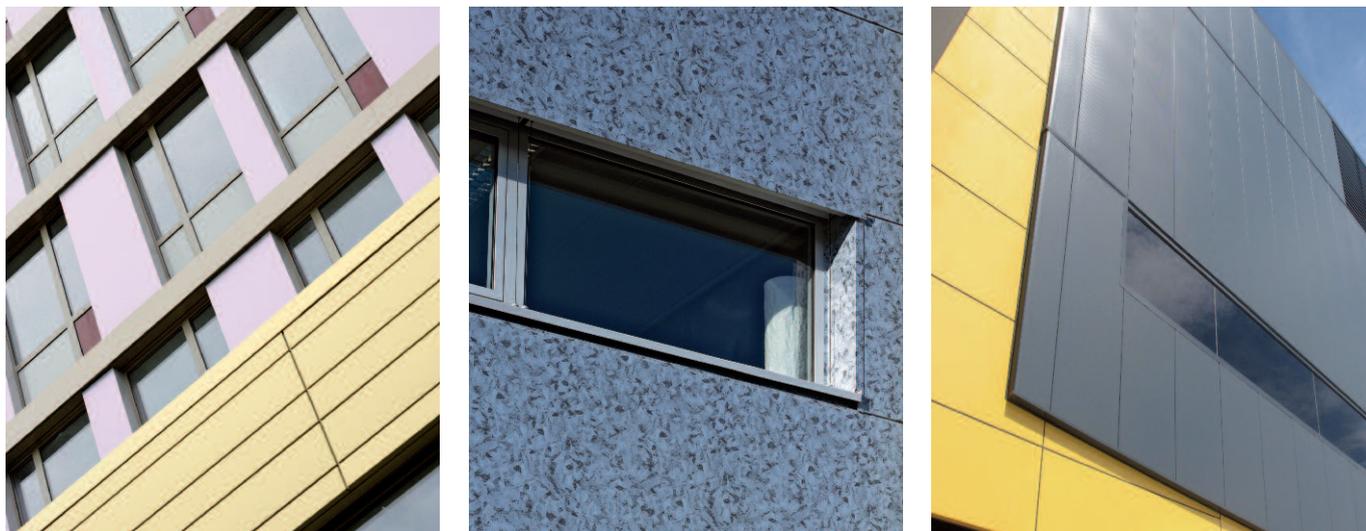


Bild 44: Zweischaliger Wandaufbau mit Stahlkassettenprofil als Innenschale und Trapezprofil als Außenschale



Bilder 45: Individuelle Gestaltungsmöglichkeiten bei Sandwichelementen

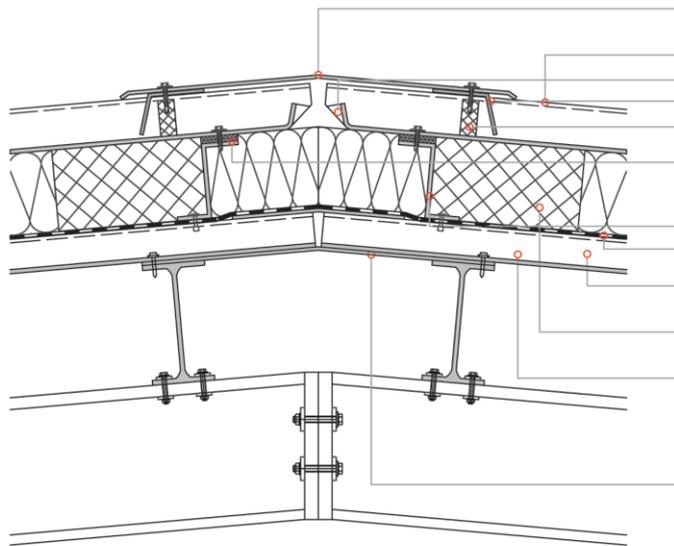
### 8.3 | Konstruktionsdetails

Tabelle 12 zeigt eine Übersicht über die nachfolgend dargestellten Konstruktionsdetails typischer Anschlüsse zweischaliger Bauteilaufbauten und Sandwichelementensystemen im Hallenbau.

Konstruktion	Bild-Nr.	Anschlussdetail
Dach, zweischaliger Aufbau	46	Firstausbildung
	47	Traufausbildung mit Attika
	48	Traufausbildung ohne Attika
	49	Ortgang
	50	Innenliegende Rinne
	51	Anschluss Lichtkuppel
Dach, Sandwichelemente	52	Firstausbildung
	53	Traufausbildung
	54	Ortgang
	55	Innenliegende Rinne
	56	Anschluss Lichtkuppel
Wand, zweischaliger Aufbau	57	Fußpunkt
	58	Fensteranschluss (Sturz und Brüstung)
	59	Fensterlaibung
	60	Eckausbildung
Wand, Sandwichelemente	61	Fußpunkt
	62	Fensteranschluss (Sturz und Brüstung)
	63	Fensterlaibung
	64	Eckausbildung

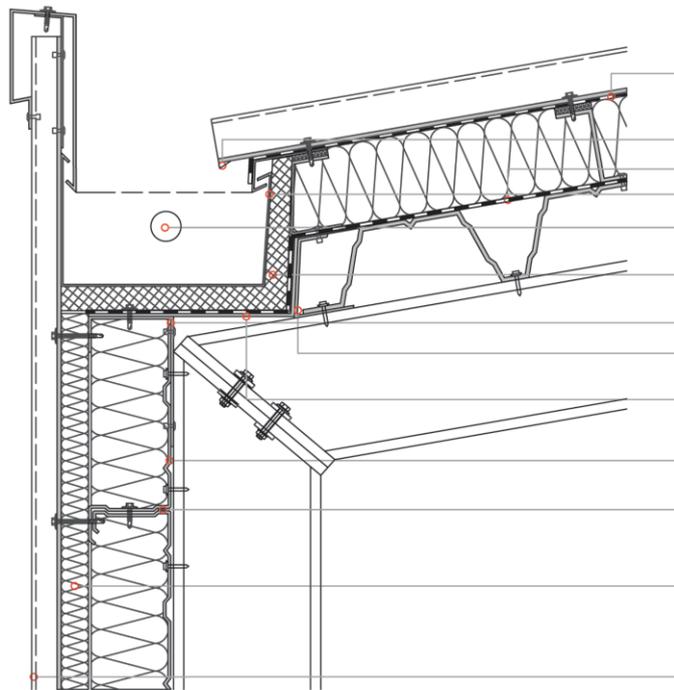
Tabelle 12: Übersicht der Konstruktionsdetails

Bild 46:  
Zweischaliger Dachaufbau:  
Firstausbildung



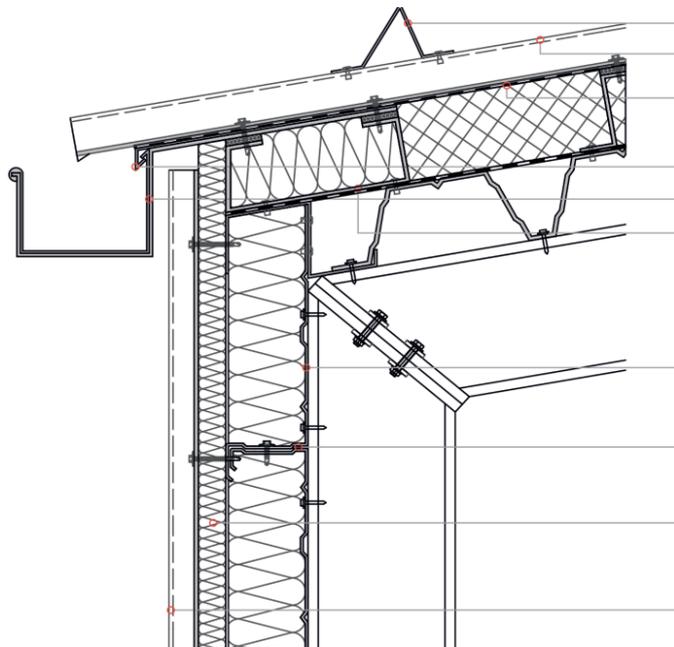
- Firstblech
- Oberschale (Trapezprofil)
- Untergurt hochkantem Zahnblech
- Profilfüller
- Thermischer Trennstreifen, feuchtigkeits- und frostbeständig
- Distanzprofil
- Dampfsperre
- Untergurt Trapezprofil
- Druckfeste Dämmung
- Unterschale (Trapezprofil)
- Firstblech innenseitig

Bild 47:  
Zweischaliger Dachaufbau:  
Traufausbildung mit Attika



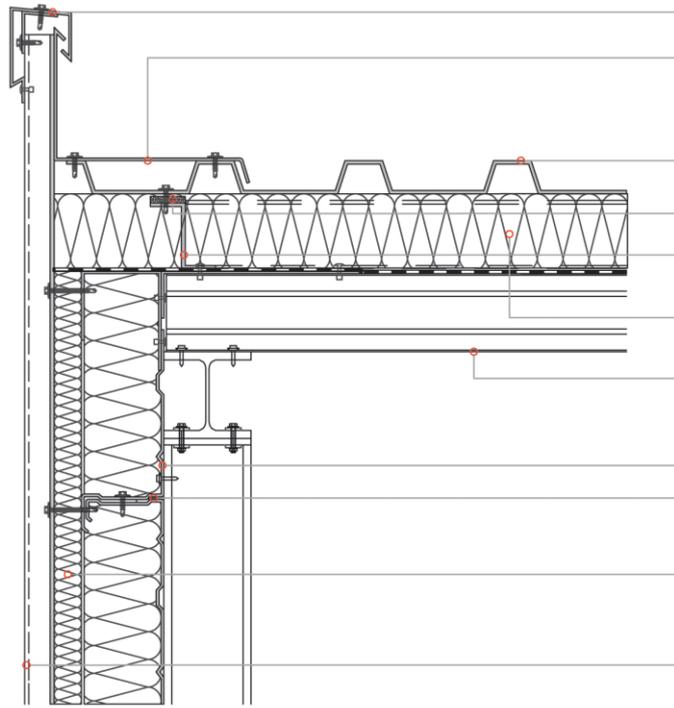
- Unterspannbahn im Traufbereich (wasserdicht, dampfdurchlässig)
- Untergurt abkanten
- Dampfsperre
- Entwässerungsrinne
- Notüberlauf
- Rinnendämmung
- Rinnenaufleger
- Anschlusswinkel
- Rinnenunterblech
- Stahlkassettenprofil
- Dichtband
- Luftdichtheitsebene
- Thermische Trennung durch vollflächige Dämmebene (Minimierung der Wärmebrückeneffekte)
- Außenschale (z.B. Stahltrapezprofil)

Bild 48:  
Zweischaliger Dachaufbau:  
Traufausbildung ohne Attika



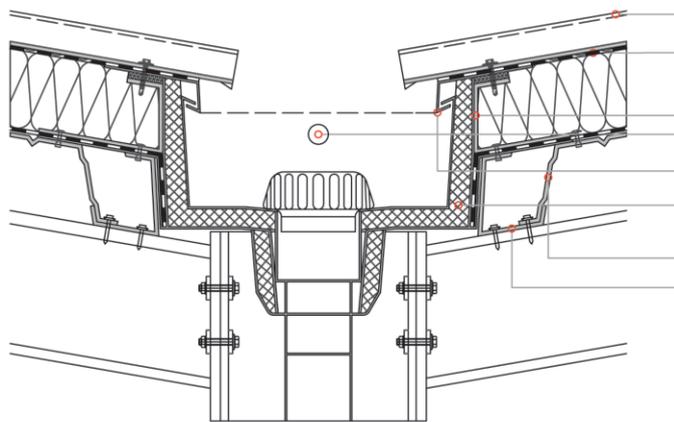
- Schneefangprofil
- Oberschale (Trapezprofil)
- Unterspannbahn im Traufbereich (wasserdicht, dampfdurchlässig)
- Rinneneinlaufblech
- Entwässerungsrinne
- Distanzprofil
- Stahlkassettenprofil
- Dichtband
- Luftdichtheitsebene
- Thermische Trennung durch vollflächige Dämmebene (Minimierung der Wärmebrückeneffekte)
- Außenschale (z.B. Stahltrapezprofil)

Bild 49:  
Zweischaliger Dachaufbau:  
Ortgang



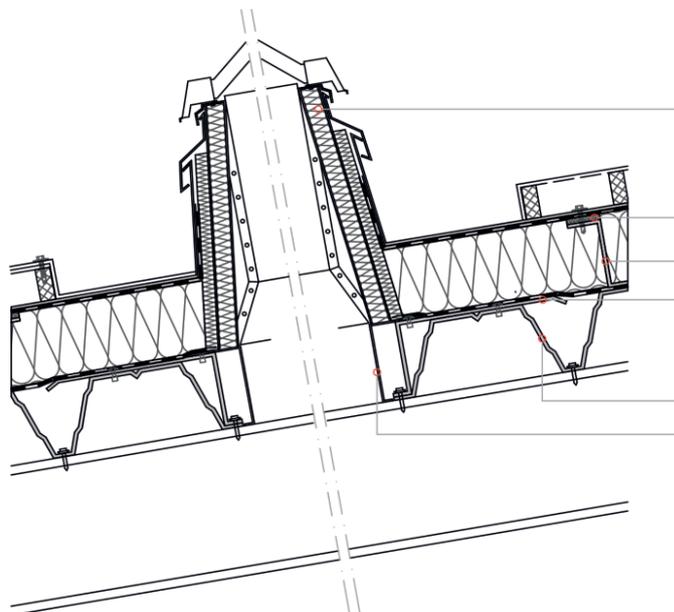
- Attikakappe mit Haltewinkel
- Ortgangsanschlussblech
- Oberschale (Trapezprofil)
- Thermischer Trennstreifen
- Distanzprofil,  
diagonal verlegt
- Wärmedämmung
- Unterschale (Trapezprofil)
- Stahlkassettenprofil
- Dichtband, Luftdichtheitsebene
- Vollflächige Dämmebene zur  
thermischen Trennung
- Außenschale  
(z. B. Stahltrapezprofil)

Bild 50:  
Zweischaliger Dachaufbau:  
Innenliegende Rinne



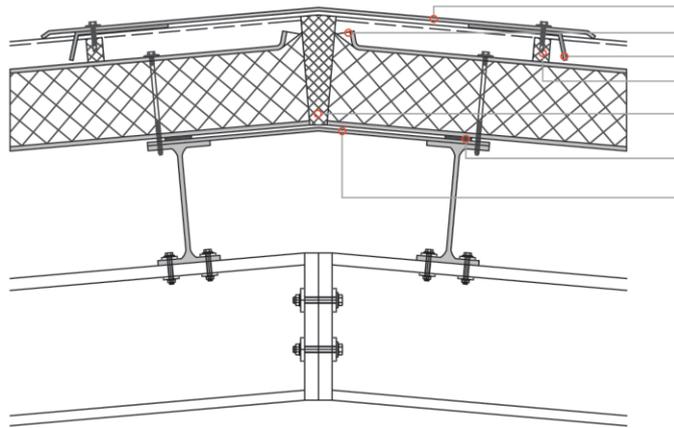
- Oberschale (Trapezprofil)
- Unterspannbahn  
(wasserdicht, dampfdurchlässig)
- Distanzprofil  
Notüberlauf
- Rinneneinlaufblech
- Rinnendämmung
- Unterschale (Trapezprofil)
- Randversteifungsträger

Bild 51:  
Zweischaliger Dachaufbau:  
Anschluss Lichtkuppel



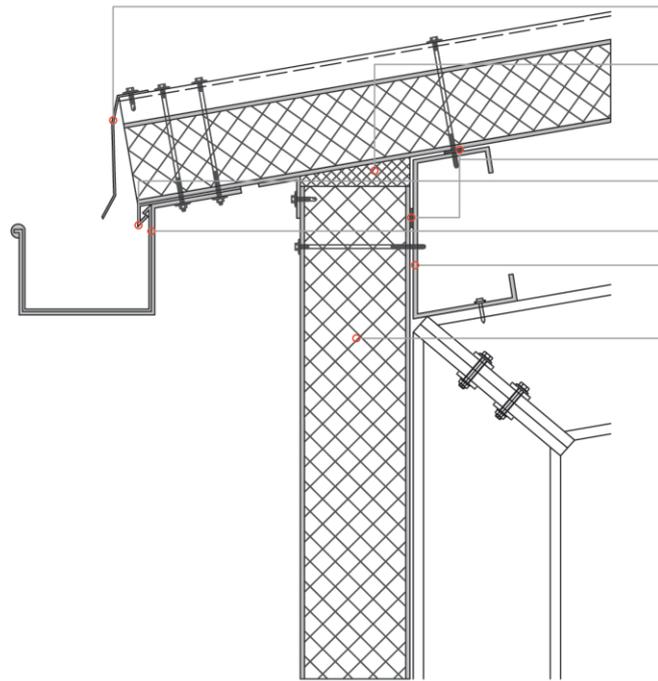
- Lichtkuppel-Aufsatzkranz
- Thermischer Trennstreifen
- Distanzprofil
- Wechsel gemäß statischem Nachweis
- Unterschale (Trapezprofil)
- Einfassung

Bild 52:  
Dach-Sandwichelemente:  
Firstausbildung



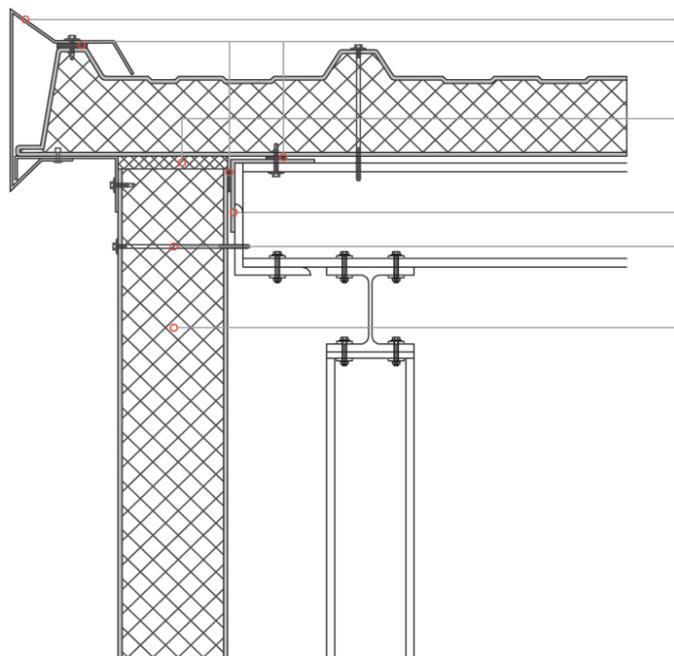
- Firstblech
- Untergurt hochkanten
- Zahnblech
- Profilfüller
- Dämmung der Firstfuge,  
z. B. mit PUR-Ortschaum
- Dichtband oder -stoff
- Firstblech innenseitig

Bild 53:  
Dach-Sandwichelemente:  
Traufausbildung



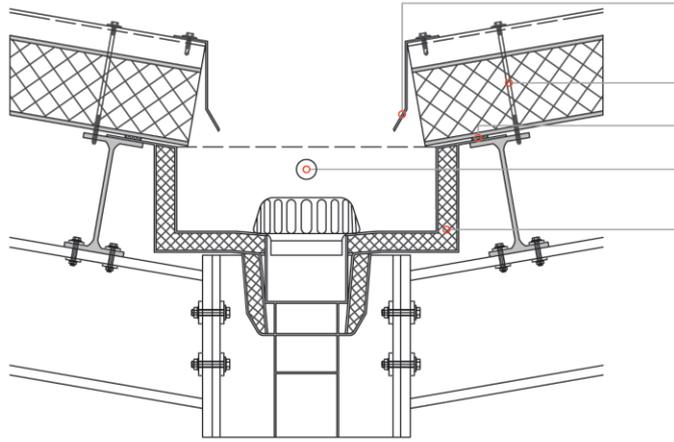
- Wasserleitblech, Sichtschutzprofil
- Toleranzfuge bei Montage vollflächig  
mit Dichtstoff abdichten  
(z. B. PUR-Ortschaum)
- Dichtband oder -stoff
- Rinneneinlaufblech
- Rinne mit Rinnenhalter
- Traufprofil gemäß Statik
- Wandsandwichelement

Bild 54:  
Dach-Sandwichelemente:  
Ortgang



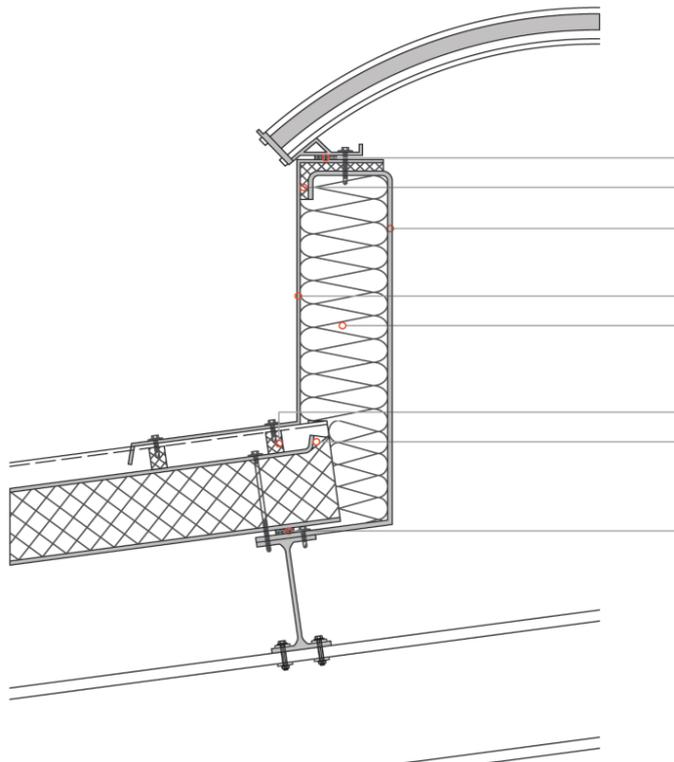
- Ortgangprofil
- Dichtbänder
- Toleranzfuge bei Montage vollflächig  
mit Dichtstoff abdichten  
(z. B. PUR-Ortschaum)
- Winkelprofil
- Verbindungsmittel gemäß Statik
- Wandsandwichelement

Bild 55:  
Dach-Sandwichelemente:  
Innenliegende Rinne



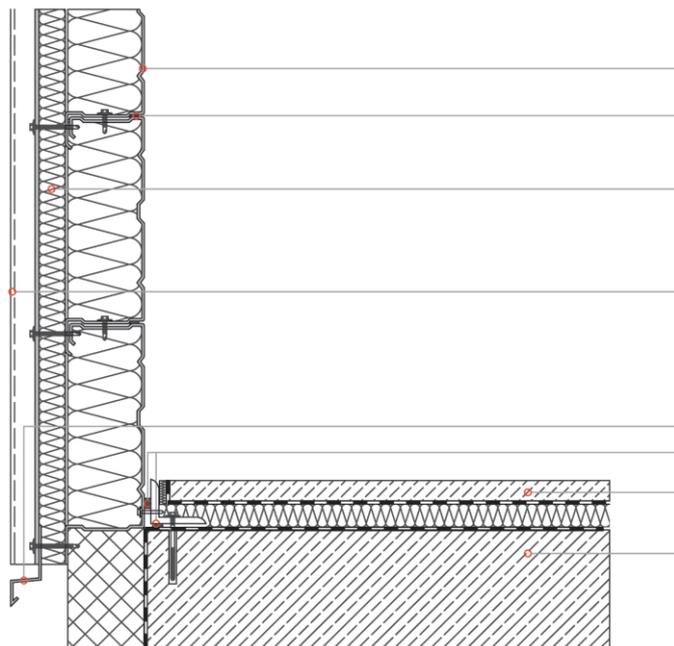
- evtl. Wasserleitblech
- Verbindungsmittel gemäß Statik
- Dichtband
- Notüberlauf
- Rinnendämmung

Bild 56:  
Dach-Sandwichelemente:  
Anschluss Lichtkuppel



- Dichtband
- Thermische Trennung
- Lichtkuppel-Element, selbsttragend
- Anschlussprofil
- Wärmedämmung bauseits
- Profilfüller
- Untergurt hochkant
- Dichtband oder -stoff

Bild 57:  
Zweischaliger Wandaufbau:  
Fußpunkt



- Stahlkassettenprofil
- Dichtband, Luftdichtheitsebene
- Thermische Trennung durch vollflächige Dämmebene (Minimierung der Wärmebrückeneffekte)
- Außenschale (z. B. Stahltrapezprofil)
- Tropfnase
- Dichtbänder
- Bodenaufbau variabel
- Stahlbeton Bodenplatte

Bild 58:  
Zweischaliger Wandaufbau:  
Fensteranschluss  
(Sturz und Brüstung)

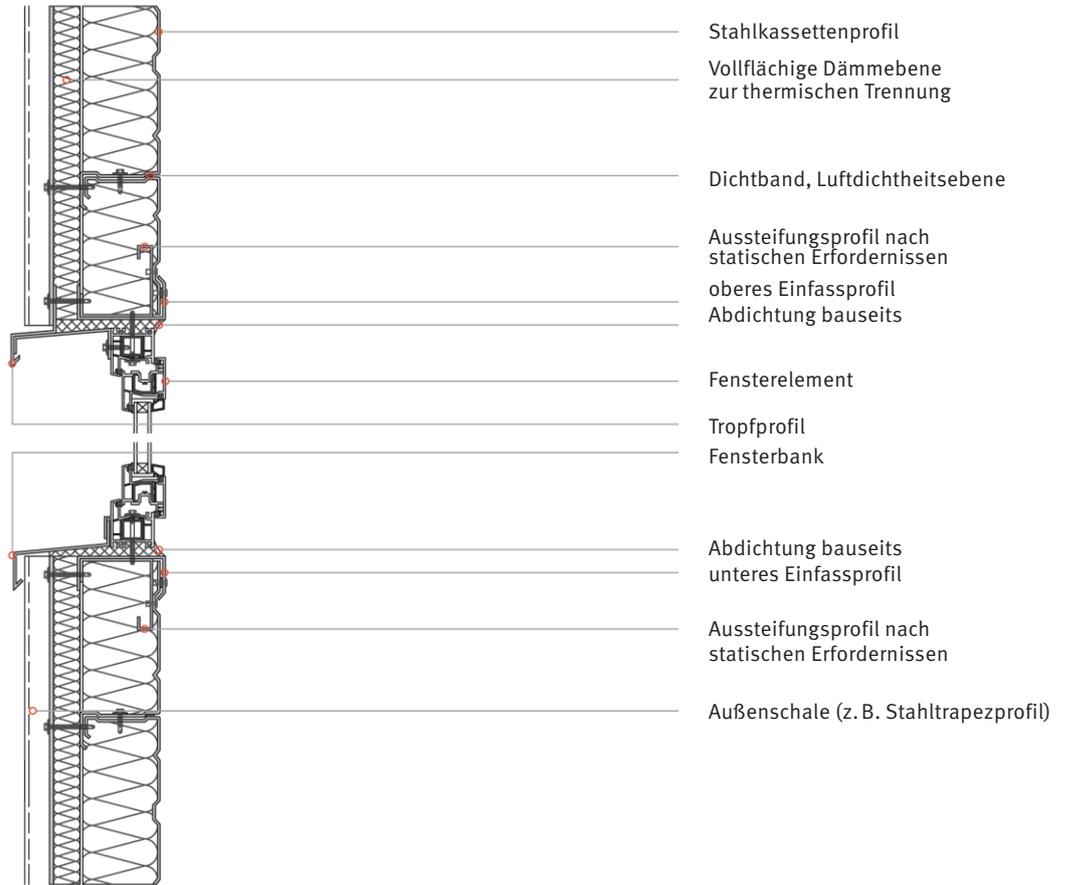


Bild 59:  
Zweischaliger Wandaufbau:  
Fensterlaibung

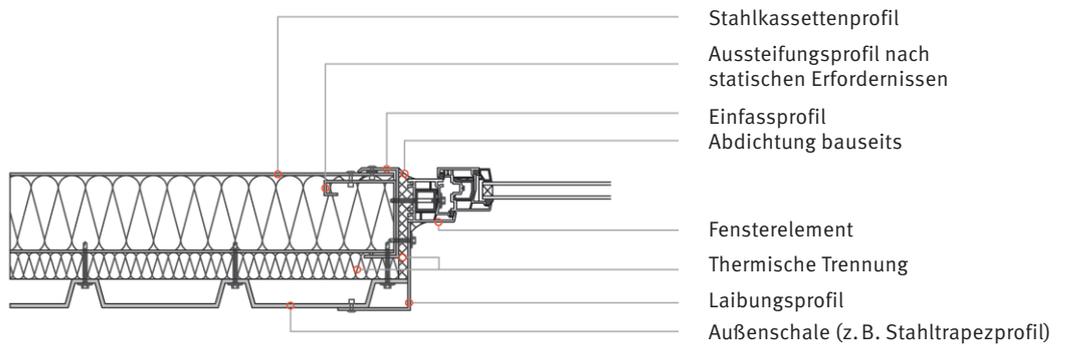


Bild 60:  
Zweischaliger Wandaufbau:  
Eckausbildung

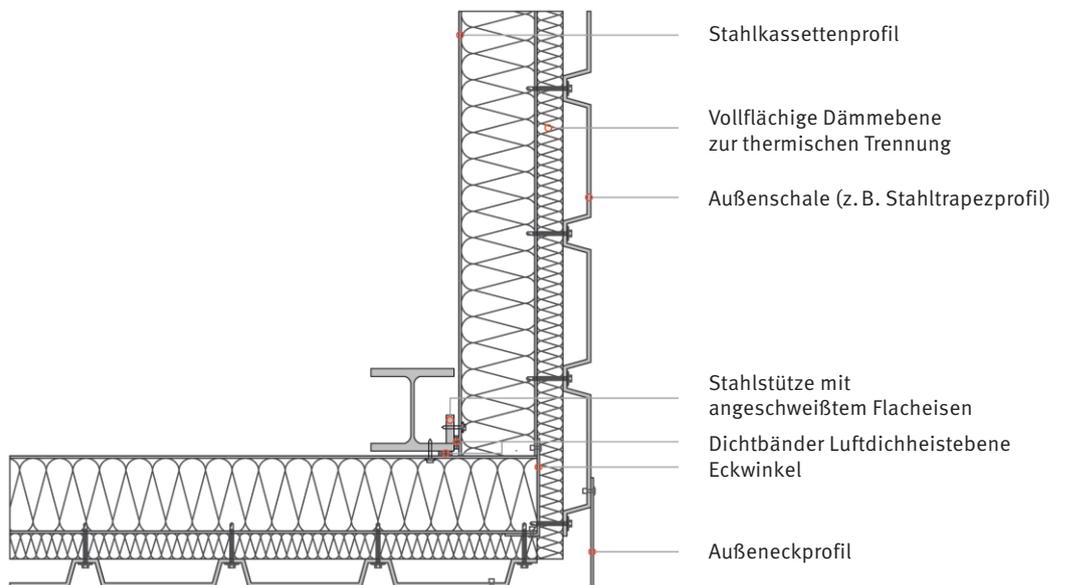


Bild 61:  
Wand-Sandwichelemente:  
Fußpunkt

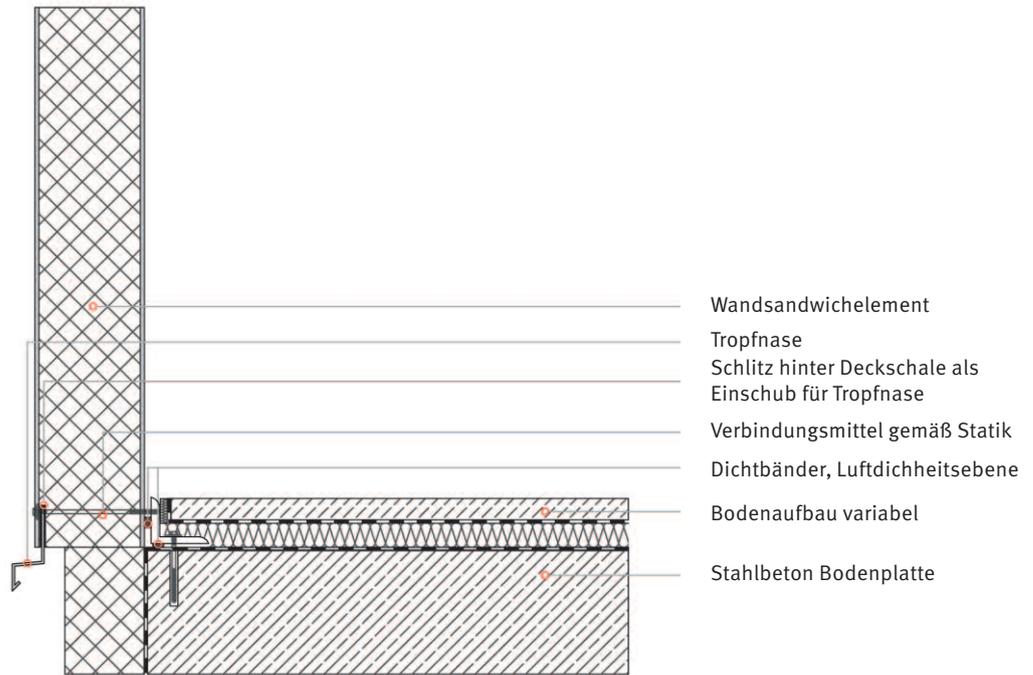


Bild 62:  
Wand-Sandwichelemente:  
Fensteranschluss (Sturz und  
Brüstung)

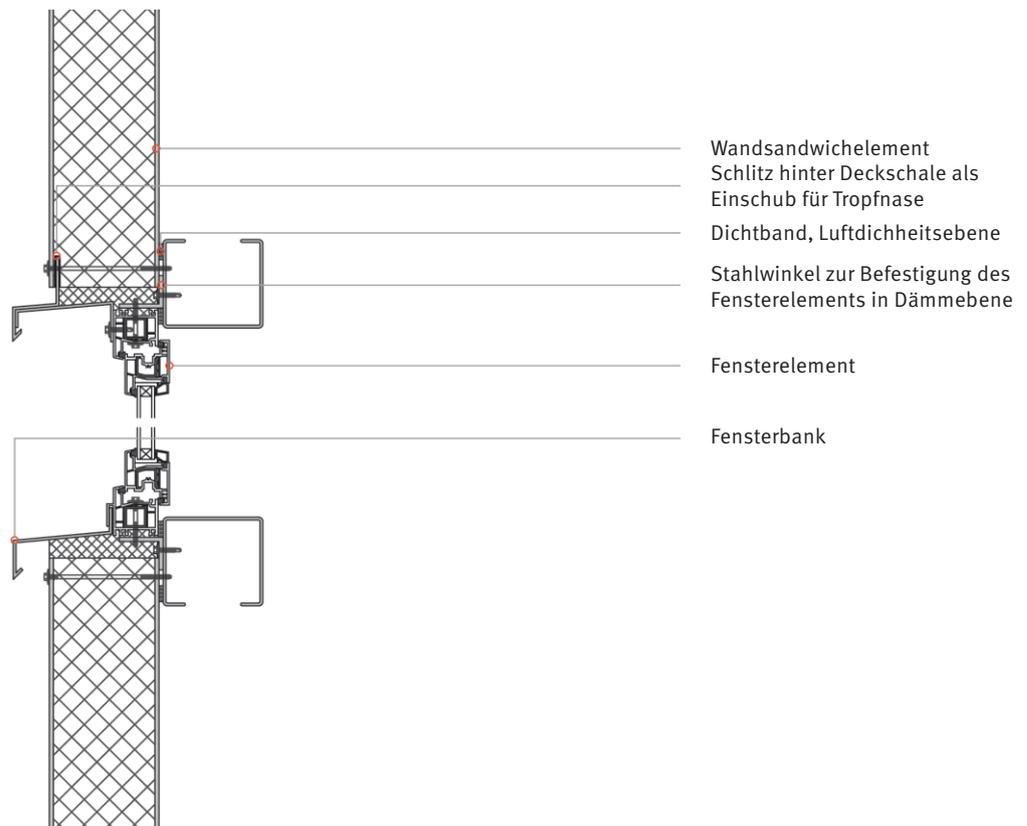


Bild 63:  
Wand-Sandwichelemente:  
Fensterlaibung

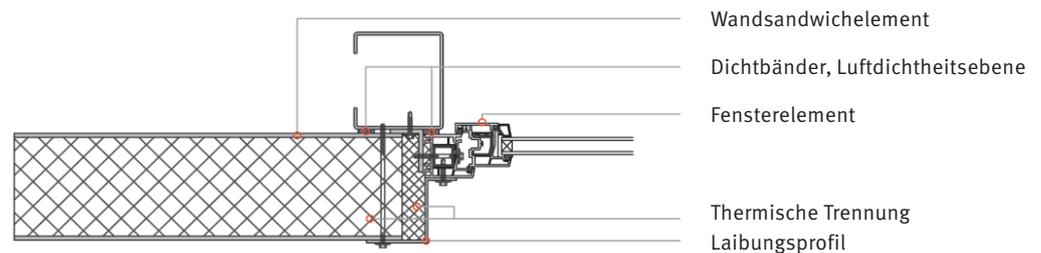
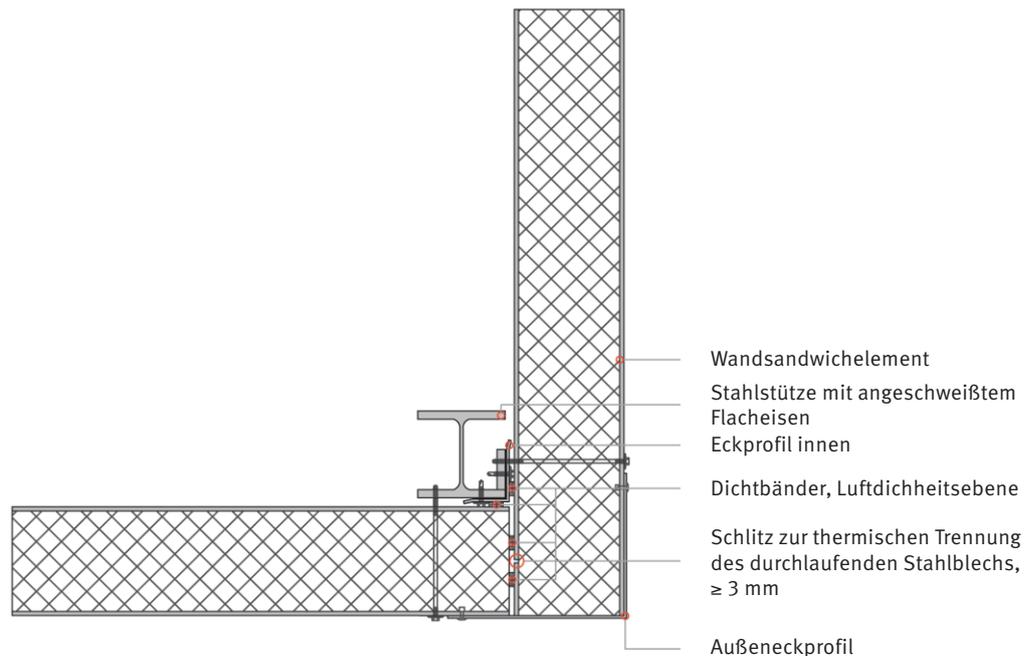


Bild 64:  
Wand-Sandwichelemente:  
Eckausbildung



## 9 | Ausblick

Das Bauen und das Betreiben von Bauwerken beanspruchen rund 40% des gesamten Energiebedarfs in Deutschland und verursachen rund 70% der jährlichen Abfallmenge. Hiervon werden nur ca. 12% einer neuen Nutzung zugeführt. Allein dieses Verhältnis zeigt, dass neben den Kriterien des Ausstoßes von CO<sub>2</sub> das nachhaltige Bauen in allen Bereichen eine globale und soziale Anforderung ist. Nachhaltiges Bauen heißt, Umweltgesichtspunkte gleichberechtigt mit sozialen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu berücksichtigen, damit folgenden Generationen ein intaktes ökologisches, soziales und ökonomisches Umfeld hinterlassen werden kann. Hierzu leisten Konstruktionen in Stahlbauweise einen wesentlichen Beitrag.

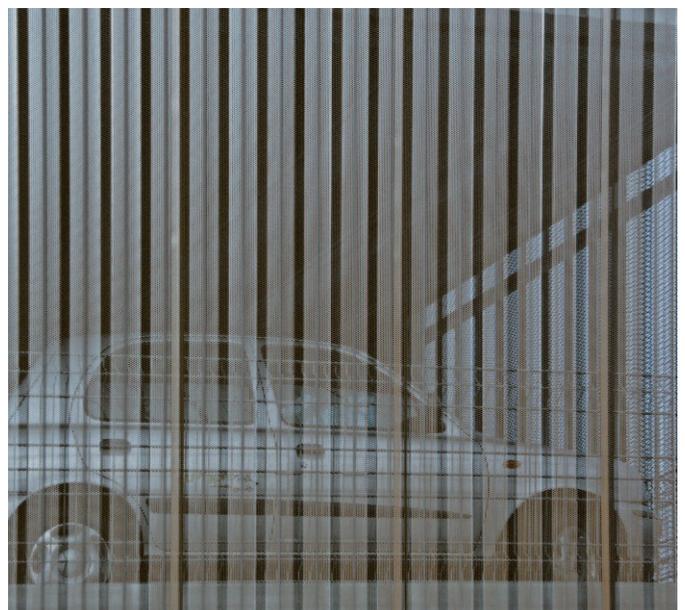
Die vorliegende Broschüre hat gezeigt, dass energetisch hoch-effiziente Gebäudehüllen mit dem Anspruch an architektonische Vielfalt auch für reine Zweck- und Industriebauwerke bevorzugt in Stahl zu realisieren sind. Eine Vielzahl von Systemen kommen hierfür in Frage. Der hohe Vorfertigungsgrad von Fassaden- und Dachelementen, eine arbeitsfreundliche und schnelle Montage unter Gewährleistung einer hohen Maßgenauigkeit und Qualität sind weitere Eigenschaften von Wand- und Dachkonstruktion in Stahlbauweise.

So werden vorgefertigte Wand- und Dachsysteme just in time mit geringem logistischen Aufwand zur Baustelle gebracht und nur ein Minimum an Lagerflächen benötigt. Diese hocheffizienten Außenbauteile überdauern Generationen und lassen sich durch eine Vielzahl von Korrosionsschutzmaßnahmen den örtlichen Umweltbedingungen in ihrer Schutzfunktion beliebig anpassen. Durch einfache Schraub- und Steckverbindungen von Stahlbauteilen lassen sich diese schnell montieren und auch wieder demontieren sowie an anderer Stelle wieder einsetzen. Für den nach der Demontage nicht wieder verwertbaren Stahlanteil hat sich in den letzten Jahrzehnten ein geschlossener Wertstoffkreislauf etabliert. Rückgebaute Stahlbauteile lassen sich ohne Qualitätsverlust zu neuen Profilen und Blechen walzen und stellen damit einen Kreislauf von der „Wiege bis zur Wiege“ sicher. Somit stehen Gebäude, Wand- und Dachkonstruktionen in Stahlbauweise auch künftigen Generationen weiter zur Verfügung – als Bauwerke und als Rohstoffquelle.

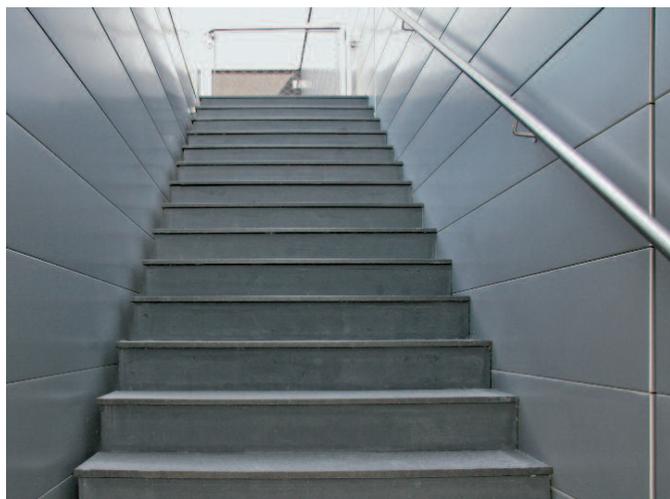
Es liegt nun an Architekten, Ingenieuren und Stahlbauunternehmen mit diesen vielfältigen Möglichkeiten kreativ umzugehen und damit einen wesentlichen Beitrag für die Umwelt und die Baukultur zu leisten.

## 10 | Projektbeispiele für Dach- und Wandkonstruktionen aus Stahl

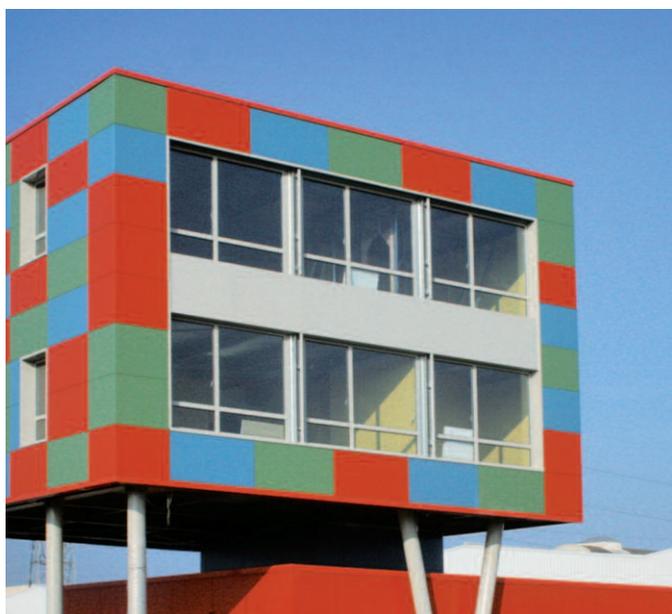
### Einschalige Profiltafeln (Trapez-, Well- und Kassettenprofile)



## Paneele, Sidingfassaden



## Sandwichelemente



## 11 | Normen, Verordnungen, Literatur

### 11.1 | Normen

DIN 4102

Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

DIN 4108

Wärmeschutz im Hochbau, Teil 1–7

DIN 4109

Schallschutz im Hochbau – Anforderungen und Nachweise

DIN EN 10169

Kontinuierlich organisch beschichtete (bandbeschichtete) Flacherzeugnisse aus Stahl – Technische Lieferbedingungen

DIN EN 10346

Kontinuierlich schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse aus Stahl – Technische Lieferbedingungen

DIN EN ISO 12944

Teil 1–2 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme

Teil 1: Allgemeine Einleitung

Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen

DIN EN ISO 14025

Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen – Grundsätze und Verfahren

DIN EN ISO 14040

Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen

DIN EN ISO 14044

Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen

DIN EN 14509

Selbsttragende Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten – Werkmäßig hergestellte Produkte – Spezifikationen

DIN EN 14782

Selbsttragende Dachdeckungs- und Wandbekleidungs-elemente für die Innen- und Außenanwendung aus Metallblech – Produktspezifikation und Anforderungen

DIN 18807

Teil 1–3 Trapezprofile im Hochbau – Stahltrapezprofile

Teil 1/A1: Allgemeine Anforderungen,

Ermittlung der Tragfähigkeitswerte durch Berechnung

(Teil 1 und Änderung A1: 2012 zurückgezogen, teilweiser Ersatz durch Eurocode 3)

Teil 2: Durchführung und Auswertung von Tragfähigkeitsversuchen

(Teil 2: 2012 zurückgezogen, teilweiser Ersatz durch Eurocode 3)

Teil 3/A1: Festigkeitsnachweis und konstruktive Ausbildung

DIN 55634

Beschichtungsstoffe und Überzüge – Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen aus Stahl

Eurocode 3 (EC 3):

DIN EN 1993-1-3:2010:12 Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1–3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche

DIN EN 1993-1-3/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3

### 11.2 | Verordnungen

Energieeinsparverordnung (EnEV):

Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung EnEV)

TA Lärm:

Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm), GMBI Nr. 26/1998

## 11.3 | Literatur

### Schriften des bauforumstahl

Dach- und Wandkonstruktionen im Hallenbau, D 609

Stahlhallen – Planungsleitfaden, B 401

Typenhallen aus Stahl, B 501

Sporthallen aus Stahl – Planungsleitfaden, B 402

Stahlbau Arbeitshilfen

Handbuch der Bauphysik

### Schriften der Wirtschaftsvereinigung Stahl (Stahl-Informations-Zentrum)

Dokumentation 555:  
Dach und Fassade im Wirtschaftsbaubau

Dokumentation 558:  
Bausysteme aus Stahl für Dach und Fassade

Dokumentation 568,  
Leichtbausysteme aus Stahl für Dach und Fassade – Energie-  
und kosteneffiziente Lösungen für Neu- und Bestandsbau

Dokumentation 586:  
Neues Bauen mit Stahl für Industrie und Gewerbe

Dokumentation 588:  
Dach- und Fassadenelemente aus Stahl – Erfolgreich Planen  
und Konstruieren

Dokumentation 592:  
Baukultur im Alltag – Farbe im Industrie- und Gewerbebau

Merkblatt 109:  
Stahlsorten für oberflächenveredeltes Feinblech

Merkblatt 110:  
Schnittflächenschutz und kathodische Schutzwirkung von  
schmelztauchveredeltem und bandbeschichtetem Feinblech

Merkblatt 121:  
Korrosionsschutzsysteme für Bauelemente aus Stahlblech

Merkblatt 229:  
Beschichten von oberflächenveredeltem Stahlblech

### Schriften des Industrieverbands für Bausysteme im Metallleichtbau (IFBS)

IFBS 1.03:  
Richtlinie für die Planung und Ausführung zweischaliger wärme-  
gedämmter nichtbelüfteter Metalldächer

IFBS 3.01:  
Stahlkassettenprofile

IFBS 3.02:  
Trapezprofile, Wellprofile, Sonderprofile

IFBS 3.03:  
Metall-PUR-Sandwichelemente für Dach und Wand

IFBS 3.04:  
Stahl-Mineralwolle (MW) – Sandwichelemente

IFBS 4.02:  
Fugendichtheit im Stahlleichtbau

IFBS 4.03:  
Wärmebrückenatlas der Metall-Sandwichbauweise

IFBS 4.05:  
Ermittlung der Wärmeverluste an zweischaligen Dach- und  
Wandaufbauten

IFBS 4.06:  
Schallschutz im Stahlleichtbau

IFBS 7.01:  
Zulassungen – Verbindungselemente zur Verbindung von  
Bauteilen im Metallleichtbau (DIBt-Zulassung Z-14.1-4)

IFBS 7.02:  
Zulassung – Gewindefurchende Schrauben zur Verbindung  
von Sandwichelementen mit Unterkonstruktionen aus Stahl  
und Holz (DIBt-Zulassung Z-14.4-407)

IFBS 8.01:  
Richtlinie für die Planung und Ausführung von Dach-, Wand-  
und Deckenkonstruktionen aus Metallprofiltafeln

## Bildnachweis

Titelbild: ArcelorMittal | Bild 2: Lentz (Erzabbau), Ľelezárny (Hochofen), wulf & partner, Freie Architekten, Halbe (Parkhaus Neue Messe Stuttgart), Wolf (Rückbau), Salzgitter AG (Stahlschrott) | Bild 8: Deutsche Rookwool | Bild 10a: www.hoesch-bau.com | Bild 10b: ArcelorMittal | Bild 11: www.hoesch-bau.com | Bild 12, 14a, 14b, 15, 16: ArcelorMittal | Bild 19: www.hoesch-bau.com | Bild 22: Sedus Stoll AG | Bilder 26 unten:

Fischer Profil GmbH | Bild 27: SCHRAG Kantprofile GmbH | Bild 28: bauforumstahl | Bild 32, 33, 36, 41 links: SCHRAG Kantprofile GmbH | Bilder 45: www.hoesch-bau.com | Bilder Seite 42: www.hoesch-bau.com (oben, unten rechts), ArcelorMittal (unten links) | Bilder Seite 43: www.hoesch-bau.com | Bilder Seite 44: www.hoesch-bau.com (oben, unten rechts), ArcelorMittal (unten links)

## Die Autoren



**Prof. Dr.-Ing.  
Karsten Tichelmann**



**Vincent Wellan,  
M.Sc.**



**Dennis Werkmeister,  
B.A.-Ing.**

## Mitglieder bauforumstahl



## Interessengemeinschaft Stahlhandel im bauforumstahl (IGS)



## Verbände



Sohnstraße 65 | 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 | 40039 Düsseldorf  
T: +49(0)211.6707.828 | F: +49(0)211.6707.829  
zentrale@bauforumstahl.de | www.bauforumstahl.de  
www.facebook.de/bauforumstahl | www.stahlbauverbindet.de

