



Dokumentation 560

Häuser in Stahl-Leichtbauweise



Stahl-Informations-Zentrum

Das Stahl-Informations-Zentrum ist eine Gemeinschaftsorganisation der deutschen Stahlindustrie. Markt- und anwendungsorientiert werden firmenneutrale Informationen über Verarbeitung und Einsatz des Werkstoffs Stahl bereitgestellt.

Verschiedene Schriftenreihen bieten ein breites Spektrum praxisnaher Hinweise für Planer, Konstrukteure und Verarbeiter von Stahl. Sie finden auch Anwendung in Ausbildung und Lehre:

Merkblätter sind mit Fotos und technischen Zeichnungen illustrierte Schriften, die einen konzentrierten Überblick über die Anwendungsvielfalt sowie die Bandbreite der Be- und Verarbeitungsverfahren von Stahl vermitteln.

Charakteristische Merkmale berichten über Produkteigenschaften und technische Lieferbedingungen von oberflächenveredeltem Stahlblech und geben Hinweise auf Regelwerke.

Stahl und Form zeigt ästhetisch, gestalterisch und funktionell vorbildliche Beispiele von Stahlanwendungen in der Architektur. Es werden Bauwerke mit Fotos, Zeichnungen und Skizzen signifikanter Details ausführlich dargestellt.

Dokumentationen beschreiben die Leistungsfähigkeit von Stahl aus technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht in verschiedenen Anwendungsfeldern.

Vortragsveranstaltungen bieten ein Forum für Erfahrungsberichte aus der Praxis. Die Themen reichen von Konstruktion über Anwendung und Verarbeitung bis hin zur Ökologie.

Messen und Ausstellungen dienen der Präsentation spezifischer Leistungsmerkmale von Stahl. Neue Werkstoffentwicklungen sowie innovative, zukunftsweisende Stahlanwendungen werden exemplarisch dargestellt.

Bei **Anfragen** vermitteln wir auch als individuellen Service Kontakte zu Instituten, Fachverbänden und Spezialisten aus Forschung und Industrie.

Die **Pressearbeit** richtet sich an Fach-, Tages- und Wirtschaftsmedien und informiert kontinuierlich über neue Werkstoffentwicklungen und -anwendungen.

Marketing-Aktivitäten dienen der Förderung des Stahleinsatzes in verschiedenen Märkten, beispielsweise im Automobilbau sowie im Wohnungs- und Wirtschaftsbau. Im Abstand von drei Jahren wird der **Stahl-Innovationspreis** verliehen.

Die **Internet-Präsentation** unter der Adresse www.stahl-info.de informiert u. a. über aktuelle Themen und Veranstaltungen und bietet einen Überblick über die Veröffentlichungen des Stahl-Informations-Zentrums. Zahlreiche neue Publikationen sind bereits als pdf-Files abrufbar. Schriftenbestellungen sowie Kommunikation sind online möglich.

Impressum

Dokumentation 560
„Häuser in Stahl-Leichtbauweise“
1. Auflage 2002
ISSN 0175-2006

Herausgeber:
Stahl-Informations-Zentrum
Postfach 10 48 42, 40039 Düsseldorf

Diese Publikation entstand mit Unterstützung der
International Zinc Association
168 Avenue de Tervueren, B-1150 Brüssel

Redaktion:
ITL – Institut für Trocken- und Leichtbau,
Darmstadt
Dipl.-Ing. Karsten Ulrich Tichelmann und
Dipl.-Ing. Jürgen Volkwein

Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik,
TU Darmstadt
Prof. Dr.-Ing. Jörg Lange und
Dipl.-Ing. Bernd Naujoks

Die dieser Veröffentlichung zugrunde liegenden Informationen wurden mit größter Sorgfalt recherchiert und redaktionell bearbeitet. Eine Haftung ist jedoch ausgeschlossen.

Ein Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers und bei deutlicher Quellenangabe gestattet.

Inhalt

Einführung	4	Wärme- und Feuchteschutz	37
Entwurf und Konstruktion	7	Winterlicher Wärmeschutz	37
Tragverhalten von Ständerbauweisen	7	Sommerlicher Wärmeschutz	48
Konstruktionsprinzipien	9	Brandschutz	52
Entwurfsorganisation und Gestaltung	14	Schutzziele	52
Kaltgeformte Profile für den Stahl-Leichtbau	15	Brandverhalten der im Stahl-Leichtbau verwendeten Baustoffe	52
Herstellung und Eigenschaften	15	Klassifikation und Nachweise der Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen in Stahl-Leichtbauweise	53
Tragfähigkeitstabellen für Wandständer und Deckenträger	17	Brandschutztechnische Eigenschaften von Hohlraumkonstruktionen	61
Herstellung, Vorfertigung und Montage	20	Korrosionsschutz	61
Baustellenfertigung	20	Entwicklungsmöglichkeiten des Stahl-Leichtbaus	63
Vorfertigung im Werk	20	Literatur	64
Bauphysikalische Anforderungen an Wohnhäuser	23	Beispiele	66
Schallschutz und Bauakustik	23		
Schalltechnisches Verhalten von Häusern in Stahl-Leichtbauweise	23		
Luftschalldämmung von Stahl-Leichtbauteilen	26		
Decken in Stahl-Leichtbauweise	26		
Schall-Längsleitung	29		
Bauteilanschlüsse	30		
Schallschutz bei Sanitärinstallationen	34		

Einführung

Leichtigkeit, hohe Tragfähigkeit und variable Nutzungsmöglichkeiten sind Vorzüge von Raumtrennenden Stahl-Leichtbaulösungen. Unternehmen schätzen den so genannten „Trockenbau“ bei der inneren Ausgestaltung ihrer Büro-, Lager- und Produktionsgebäude. Aber auch Einfamilienhäuser und Wohnhäuser mit mehreren Vollgeschossen werden wirtschaftlich mit Tragwerken aus Stahl-Leichtprofilen errichtet – in einigen Ländern bereits in beachtlicher Anzahl (**Abb. 1**). Neu entwickelte Produkte aus dünnwandigen Stahlblechen in Kombination mit optimierten Dämm- und Plattenwerkstoffen ermöglichen hochwertige Systemlösungen, die im modernen Stahl-Wohnungsbau zunehmend Anwendung finden.

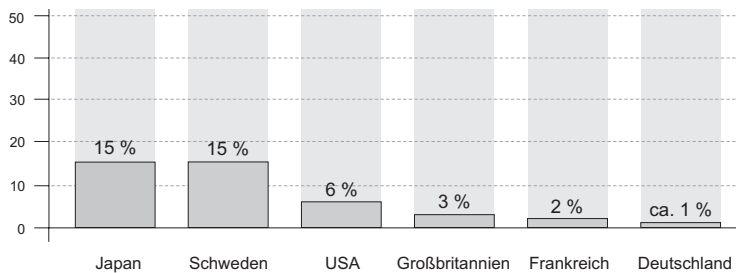


Abb. 1:
Prozentualer
Anteil der
Anwendung von
Stahlkonstruk-
tionen im Woh-
nungsbau [3]

Die Möglichkeiten des Baustoffs Stahl sind durch die Vielfältigkeit von unterschiedlichen Profilartern, Stahlsorten, Fügetechniken, Verbundbauweisen und Formgebungen nahezu grenzenlos. Seine Wiederverwertbarkeit spricht für den Einsatz von Stahl im Wohnungsbau. Durch die verschiedenen Fertigungstechniken und die Möglichkeiten der Formgebung kann jede individuelle Bauaufgabe bewältigt werden.

Stahl ist ein ökologisch unbedenklicher und „natürlicher“ Baustoff. Durch die Eigenschaft, magnetisch zu sein, können Stahlteile einfach aus Reststoffgemengen herausgetrennt werden. Das nach der Verwendung anfallende Stahlmaterial (z. B. Schrott) wird nahezu vollständig wiederverwendet. Bei dem Recyclat werden Eigenschaften der höchsten Qualitätsstufe erreicht. Die Stahlherstellung wird heute bereits zur Hälfte durch die Wiederverwendung von ausgedienten Stahlprodukten betrieben.

Stahl erfüllt die Kriterien ressourcenoptimierten Bauens. Es lassen sich Bauelemente gestalten, die langlebig, trennbar und wiederverwertbar sind und insgesamt einen geringen Ressourcenverbrauch aufweisen.

Die Stahl-Leichtbauweise ist eine Ständerbauweise, die mit dünnwandigen, kaltgeformten C-, U- oder Z-Profilen ausgeführt wird. Die Blechdicken der Profile reichen von 0,6 mm bis

2,5 mm mit einer längenbezogenen Masse von maximal 0,075 kN/m.

Es handelt sich um eine verhältnismäßig junge Bauweise mit einem hohen Maß an funktionalen und technologischen Eigenschaften. Dadurch ist sie besonders für den Hausbau geeignet (**Abb. 2, 3, 4**).

Systembedingt weisen Stahl-Leichtbauweisen eine Vielzahl von Vorteilen auf:

- sehr geringes Gewicht
- herausragendes Festigkeits-Eigengewichtsverhältnis
- Maßhaltigkeit
- gute bauakustische Eigenschaften
- Formstabilität bei Feuchtebeanspruchung
- Möglichkeit der raschen Baustellenmontage
- hohes Recycling- und Wiederverwertungspotenzial aller im System verwendeten Materialien
- abhängig vom Plattenwerkstoff nicht brennbar (Baustoffklasse A), keine Erhöhung der Brandlasten durch die Konstruktion
- hochwertige Füge- und Verbindungstechnik
- Eignung zur Vorfertigung

Das Profil-Ständerwerk wird mit Plattenwerkstoffen beplankt. Die Wahl der verwendeten Plattenwerkstoffe sowie die Plattendicke orientieren sich an den bauphysikalischen Anforderungen, die an das Gebäude gestellt werden. Als Innenbekleidung werden bevorzugt Gipsfaser- und Gipskartonplatten verwendet, da diese als Systembau in Verbindung mit dünnwandigen Ständerprofilen gute bauakustische Eigenschaften aufweisen, sie im Brandfall den Temperaturdurchgang auf die Metallständer reduzieren und ihre Oberflächen anstrich- und tapezierfähig ausgebildet werden können (**Abb. 5, 6, 7**).

In Stahl-Leichtbauweise können Gebäude wirtschaftlich bis zu einer Höhe von vier Geschossen errichtet werden. Höhere Wohngebäude werden in der Regel in Stahl-Skelettbauweise errichtet.

Die größten Vorteile in der Stahl-Leichtbauweise sind das geringe Gewicht und die Möglichkeit der Herstellung von nicht brennbaren Konstruktionen. Dadurch werden Lösungen von Nachverdichtungen im Baubestand ermöglicht. Bei Gebäudehöhen, in denen brennbare Baustoffe nicht mehr zugelassen sind und Aufstockungen besonders gewichtsreduziert ausgeführt werden müssen, da eine Tragfähigkeitserhöhung der Gründung nicht wirtschaftlich möglich ist, sind diese Bauweisen unverzichtbar.



Abb. 2, 3, 4:
Gebäude in
Stahl-Leichtbau-
weise im Rohbau
und nach der
Fertigstellung
(Rautaruukki
Oyj, Finnland)



Abb. 5, 6, 7:
Gebäude in Stahl-Leichtbauweise mit sichtbar belassener
Stahlkonstruktion (Sadef, Belgien)

Abb. 8:
Aufstockung eines Fachwerkhauses aus dem 17. Jh.
(Rasta-Haus GmbH, Wesel). Aufgrund der Gewichts-
beschränkung des Aufbaus war die Konstruktion allein
in Stahl-Leichtbauweise möglich.



Als zukunftsfähig werden so genannte „offene“ Stahlbausysteme angesehen, d. h. Bauweisen und Bauarten, die auf intelligenten Konstruktionsprinzipien und flexiblen Verbindungen basieren. Diese offenen Bausysteme bezeichnet man als Bausysteme der dritten Generation. Sie bestehen aus Subsystemen, die situations- und projektunabhängig entwickelt und serienmäßig hergestellt werden. Offene Bausysteme erlauben eine größere Flexibilität und Gestaltungsfreiheit. Ähnlich wie beim Automobilbau wird mit einer reduzierten Anzahl von Bauteilen bei hohem Kombinationsgrad der individuelle Bedarf an Gestaltungs- und Planungsmöglichkeiten abgedeckt.

Die Qualität solcher Systeme entscheidet über das Maß der Entwurfsfreiheit, die technischen Eigenschaften der aus ihnen zusammengeführten Bauteile und die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems.

Aufgrund der steigenden Anforderungen an die bauphysikalischen Eigenschaften, die Bauqualität sowie Flexibilität und Individualität wird es immer wichtiger, Wohngebäude wirtschaftlich nach Systembau-Prinzipien zu entwerfen. Diese umfassen im Entwurf neben der architektonischen Gestaltung auch die Berücksichtigung der Herstellung und des Montageablaufs.

Entwurf und Konstruktion

Tragverhalten von Ständerbauweisen

Das Tragsystem des Ständerwerks mit Stahl-Leichtprofilen wird analog zu den Konstruktionen anderer Ständerbauweisen erzeugt.

Senkrechte Ständer werden am Fußpunkt in eine U-Schiene eingestellt und am Kopfende wiederum von einer U-Schiene zusammengehalten. Diese verteilt die vertikal auftreffenden Lasten auf die Ständer. Horizontale, tragende Elemente werden je nach Konstruktionsart entweder über Konsolen angeschlossen oder zwischen die vertikalen Elemente gelegt.

Aus statischer Sicht unterscheiden sich Stahl-Leichtbauweisen wesentlich von Skelettbauten. Die Last wird nicht über ein „Skelett“ abgetragen, das unabhängig von der abschließenden Gebäudehülle ist, sondern das Tragwerk besteht aus flächenhaften Bauteilen, die gleichzeitig tragende und raumabschließende Funktion haben.

Die Beplankung wird auf dem Ständerwerk aus Kaltprofilen befestigt. Dadurch entsteht ein Verbundbauteil, eine so genannte „Tafel“. Diese Tafel ist in der Lage, Lasten sowohl in ihrer Ebene – als „Scheibe“ – wie auch senkrecht dazu – als „Platte“ – abzutragen.

Die Systembauweise aus kaltverformten, dünnwandigen Profilen mit einer aufgetragenen Beplankung kann somit sowohl für horizontal als auch für vertikal tragende Bauteile eingesetzt werden.

Die Steifigkeit der als statisch wirksame Beplankung zugelassenen Werkstoffe ist so groß, dass bei ausreichender Befestigung ein Knicken oder Biegedrillknicken der Kaltprofile in der Wandebene ausgeschlossen werden kann.

Gleichzeitig werden die Wandtafeln zur vertikalen Lastabtragung und zur Gebäudeaussteifung gegen Horizontallasten, die durch Wind und unplanmäßige Schiefstellungen der druckbeanspruchten Wände entstehen, genutzt. Entscheidend dafür ist die Art, Dicke und Ausführung der Beplankung des Ständerwerks.

Das Prinzip der Lastabtragung durch Decken- und Wandscheiben zeigt **Abb. 12**. Jede Wandscheibe stellt in ihrer Längsrichtung ein einwertiges Auflager für die lastverteilende Deckenscheibe dar. Die am Kopf der jeweiligen Wandscheibe angreifende Horizontallast wird über ein Kräftepaar (Zug und Druck) sowie eine Querkraft am Wandfuß abgetragen. Konstruktiv muss deshalb durch ausreichend dimensionierte Zugverankerung der Bodenprofile sichergestellt sein, dass sowohl die Zugkräfte in die Boden-

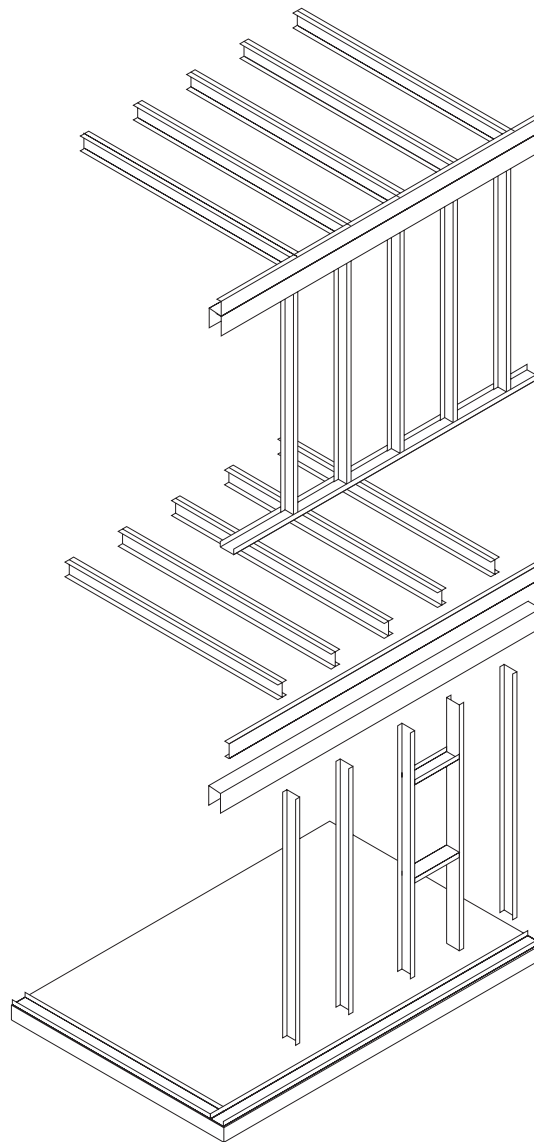


Abb. 9:
Konstruktions-
prinzip der
Stahl-
Leichtbauweise



Abb. 10:
Dachtragwerk
eines Wohn-
hauses aus
kaltgeformten
Stahlprofilen
(The Japan Iron
and Steel Feder-
ation, Japan)

Abb. 11:
Scheiben- und
Plattenbean-
spruchung einer
Tafel

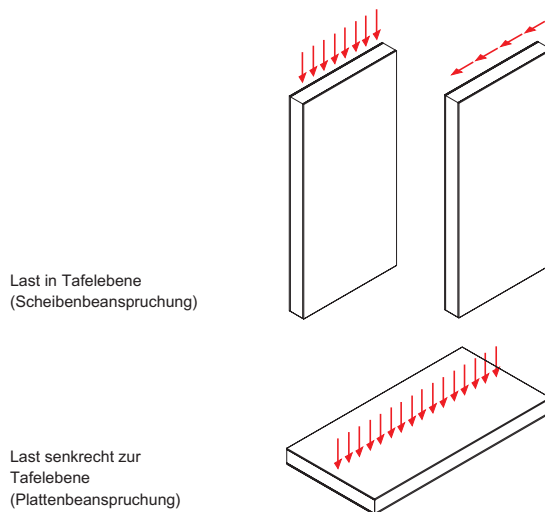


Abb. 12:
Aussteifung
eines Gebäudes
mit Decken- und
Wandscheiben

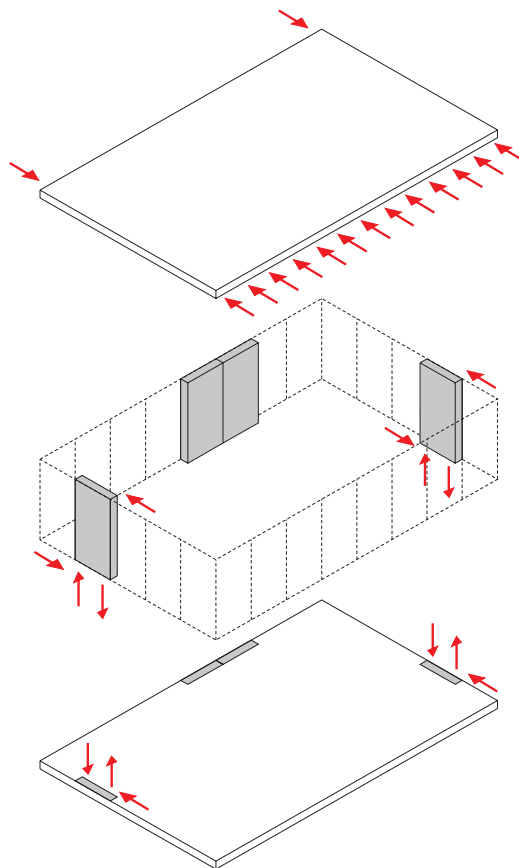
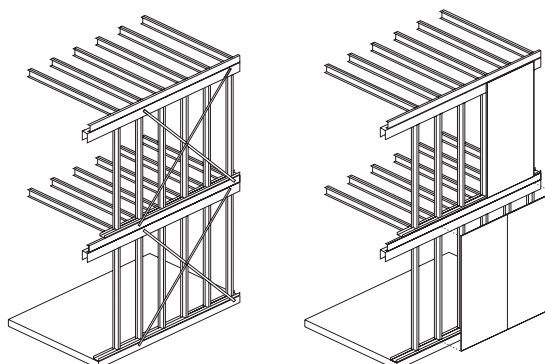


Abb. 13:
Aussteifung mit
Kreuzen und
Wandscheiben



platte, bzw. in das darunter liegende Geschoss als auch die Querkräfte in die folgende Deckenscheibe weitergeleitet werden können (Abb. 12).

Zurzeit ist die Aussteifung von Gebäuden durch Nutzung der Scheibenwirkung der Tafeln aus Kaltprofilen mit beidseitiger Beplankung in keiner deutschen Norm geregelt. Die Wohngebäude müssen deshalb mit herkömmlichen Verbänden, die in der Wand hinter der Beplankung liegen, ausgesteift werden (Abb. 13).

Alternativ ist eine bauaufsichtliche Zulassung für einen bestimmten Tafelaufbau möglich. Die Tragfähigkeit dieses Bauteils wird in diesem Fall durch Versuche ermittelt und für die Bemessung mit einem festzulegenden Sicherheitsfaktor beaufschlagt.

In den USA wurden größere Versuchsreihen mit Wandtafeln aus Kaltprofilen und OSB-, Bau-furniersperrholz- und Gipskartonplatten durchgeführt. Diese Ergebnisse sind im Jahre 1998 in Form von Tragfähigkeitstabellen für statische und seismische Beanspruchung in die amerikanische Normung eingegangen.

Am Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik der TU Darmstadt wurden Versuche mit gleicher Zielsetzung durchgeführt. So kann als zulässige Horizontallast unter Gebrauchslasten für eine beidseitig mit 12,5 mm starken Gipsfaserplatten beplankte Tafel (Kaltprofilständer C 100 x 50 x 10 x 1,5 mit einer Vertikallast $N_{S,d} = 39 \text{ kN}$ je Ständer) bei einem umlaufenden Schraubenabstand von $e_R = 100 \text{ mm}$ ein Wert von 8,0 kN angenommen werden (eingerechneter Sicherheitsfaktor $\gamma = 5$).

Analog zu DIN 1052 Teil 3, „Holzhäuser in Tafelbauart“, wird bei Gebäuden mit nicht mehr als zwei Vollgeschossen die Exzentrizität der Windlastresultierenden vernachlässigt. Dazu wird aber vorausgesetzt, dass in vier umlaufenden Wänden aussteifende Wandscheiben angeordnet sind. Die in Abb. 16 angegebenen Werte werden auf jeweils zwei Wände aufgeteilt. Ist nach der Tabelle nur eine Wandscheibe erforderlich, so müssen trotzdem zwei Aussteifungs-scheiben in den parallel verlaufenden Wänden angeordnet werden, um die Aussteifung ohne genaueren statischen Nachweis zu gewährleisten. Es wird eine Hausbreite von 7,50 m und eine Geschosshöhe von 2,80 m zugrunde gelegt.

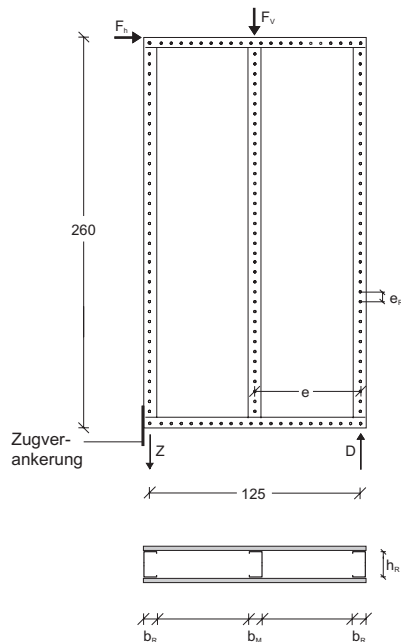


Abb. 14: Wandscheibenaufbau eines Einrasterelements

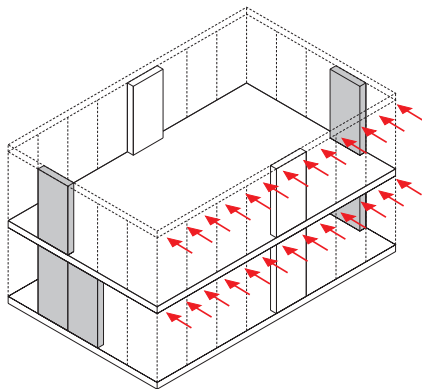


Abb. 15: Anordnung von aussteifenden Wandscheiben

Hauslänge	Dachneigung	Anzahl der Wandscheiben von 1,25 m Länge	
		im Erdgeschoss	im Obergeschoss
5,00 m	Flachdach	2	1
	30 °	3	2
	45 °	3	2
7,50 m	Flachdach	3	1
	30 °	4	2
	45 °	6	3
10,00 m	Flachdach	3	1
	30 °	5	3
	45 °	6	4
12,50 m	Flachdach	4	2
	30 °	6	3
	45 °	8	5
15,00 m	Flachdach	5	2
	30 °	7	4
	45 °	9	6

Abb. 16: Wandscheibentabelle zur Abschätzung der zur Gebäudeaussteifung nötigen Wandscheibenanzahl


Abb. 17: Gebäude in Stahl-Leichtbauweise
(The Japan Iron and Steel Federation, Japan)

Konstruktionsprinzipien

Man unterscheidet beim Stahl-Leichtbau analog zu den Ständerbauweisen zwischen dem „Platform“- und dem „Balloon“-Konstruktionssystem.

Platform-Konstruktionssystem

Bei diesem System werden die Wandelemente geschossweise auf den Decken errichtet, so dass die Übertragung der Vertikallasten über die Deckenelemente erfolgt. Diese Konstruktionsform ist sehr weit verbreitet. Sie hat im Hinblick auf den Bauablauf gegenüber dem Balloon-System den Vorzug, dass nach Fertigstellung eines Geschosses von der montierten Decke aus das nächste Geschoss aufgebaut werden kann.

Balloon-Konstruktionssystem

Im Balloon-Konstruktionssystem werden die Decken seitlich oder vor den Ständern eingehängt. Die tragenden Wandelemente und Stützen laufen vertikal durch; es können größere Bauteile verarbeitet werden. Die Konstruktion kann am Anschluss eines horizontalen Bauteils materialsparender ausgeführt werden. Auch die Luftdichtheitsebene kann an diesem Punkt ungestört vorbeigeführt werden. Dafür ist der Anschluss jedoch bautechnisch komplizierter.

Neben den Reinformen der Stahl-Leichtbauweise sind auch Mischformen üblich. Größere Spannweiten können mit warmgewalzten Profilen überbrückt werden, oder das Tragsystem kann in Skelettbauweise ausgeführt werden. Dabei werden tragende Außenwände in Stahl-Leichtbauweise erstellt und im Gebäude-

Abb. 18:
Füguingsprinzip
des Plattform-
Konstruktions-
systems

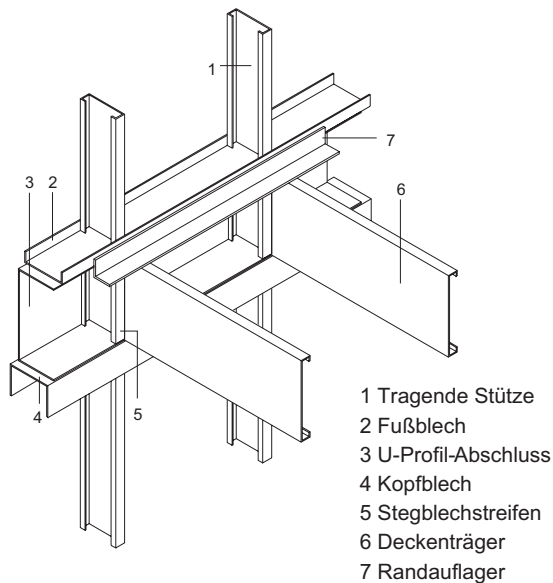


Abb. 19:
Füguingsprinzip
des Balloon-
Konstruktions-
systems

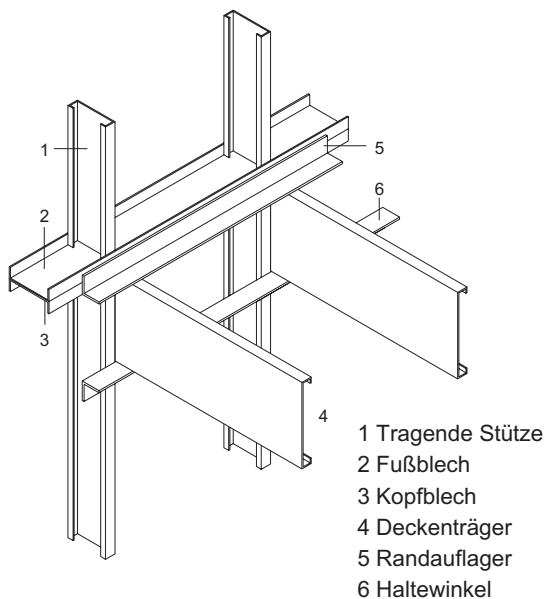
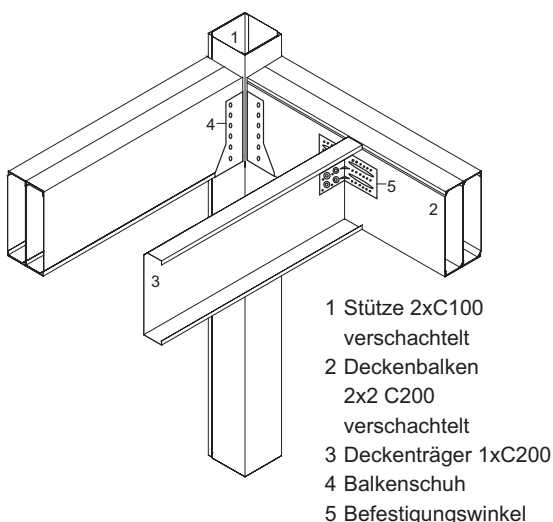


Abb. 20:
Balloon-Framing
zur Aufnahme
höherer Lasten
aus gesteckten/
verschachtelten
C-Profilen



innern die tragenden Bauteile als Skelett-konstruktion aufgelöst, um den Anteil der restriktiven Bauteile zu minimieren. Daneben ist es auch möglich, ein Mischsystem aus leichten Ständerprofilen für die Wände und massiven Trapezblechverbunddecken auszuführen. Oder es werden Sondersysteme eingesetzt, die aus speziell gefertigten Profilen bestehen (Abb. 23).

Die dünnwandigen Blechprofile werden untereinander verschraubt oder geclincht. Die Beplankungen werden üblicherweise auf die Metallständer geschraubt; als Alternative kann diese Verbindung heute bereits als Druckluft-nagelung hergestellt werden (Näheres dazu im Kapitel „Herstellung, Vorfertigung und Montage“).

Das Rastermaß der Profile ist variabel und orientiert sich bevorzugt an den Plattenformaten sowie den statischen Anforderungen. Eine wirtschaftliche Regelkonstruktion basiert auf dem Rastermaß von 62,5 cm. Sie folgt damit den bevorzugten Herstellungsmaßen von Werkstoffplatten. Bei dickwandigeren Profilen (1,0 mm bis 2,5 mm) und entsprechend steifen Plattenwerkstoffen sind Rastermaße bis 125 cm möglich. Bei hohen statischen Belastungen reduzieren sich diese Rastermaße bis auf 31,25 cm.

Das Rastermaß, auch innerhalb eines Bauteils, z. B. einer Außenwand, kann dem Entwurf untergeordnet werden. Ökonomisch sinnvoll ist es, wenn sich Öffnungen in Wänden am Rastermaß der Ständer orientieren, damit Profilauswechselungen nicht erforderlich werden (Abb. 32). Größere Öffnungsflächen in tragenden Wänden und Decken können mit verstärkten bzw. ineinander gesteckten kaltgeformten Profilen oder mit warmgewalzten Stahlprofilen überbrückt werden.

Abb. 21:

Mischsystem in Stahl-Leichtbauweise.

Das Stahlskelett wird durch tragende Wandkonstruktionen ergänzt (Rautaruukki Oyj, Finnland).



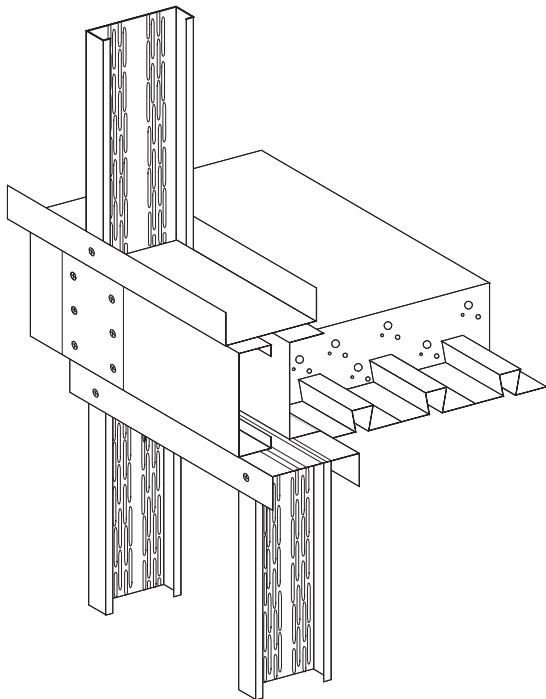


Abb. 22:
Mischsystem als Stahl-Leichtbaukonstruktion mit
massiven Decken als Trapezblechverbundkonstruktion

Abb. 23 (unten links):
Sonderkonstruktionssystem aus Spezialprofilen

Abb. 24 (unten rechts):
Konstruktionsaufbau in Stahl-Leichtbauweise

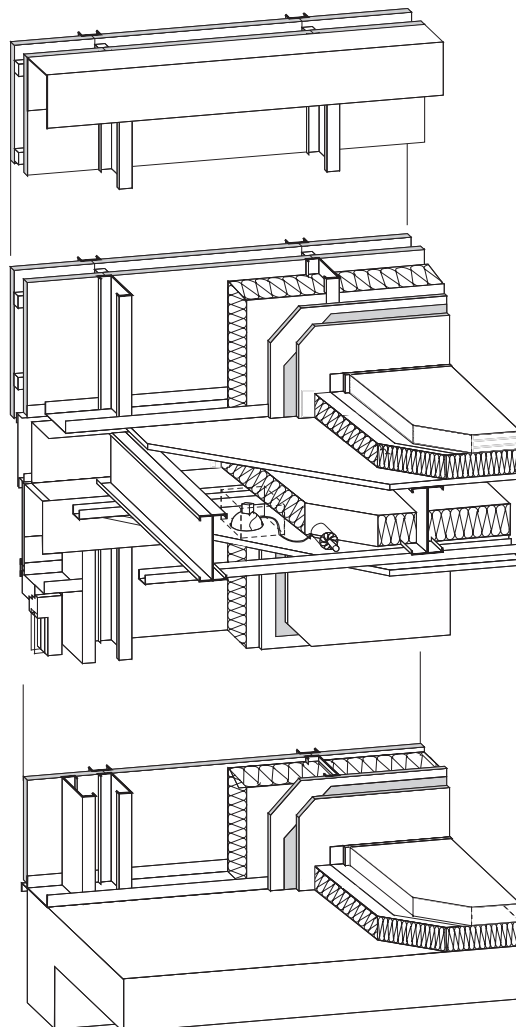
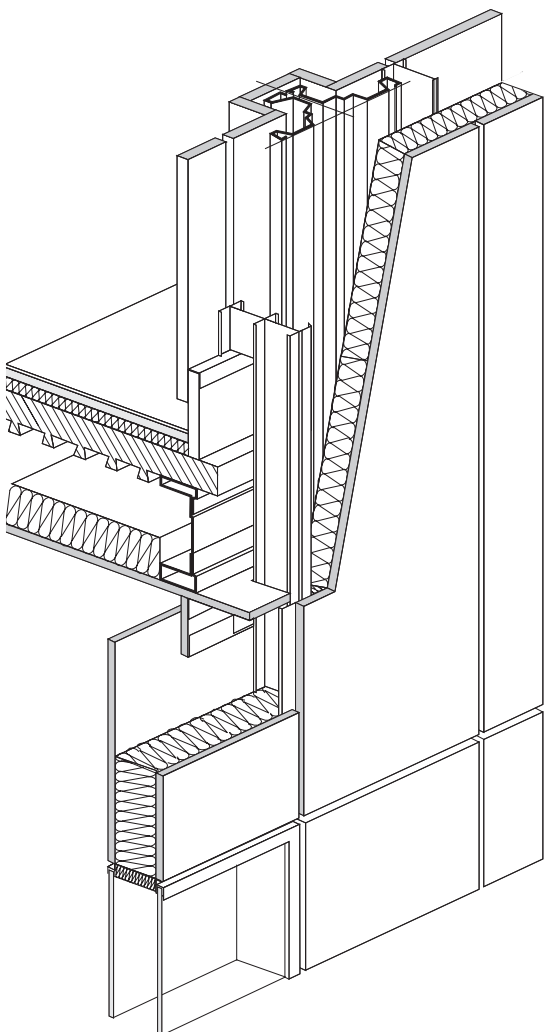
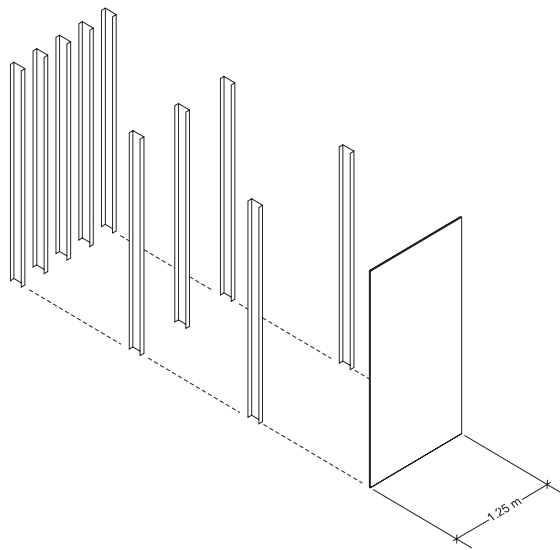


Abb. 25:
Rastermaß der
Ständerabstände
in Abhängigkeit
von der Platten-
größe



1 UW-Anschlussprofil
2 CW-Ständerprofil
3 UW-Riegelprofil
mit Stegumkantung

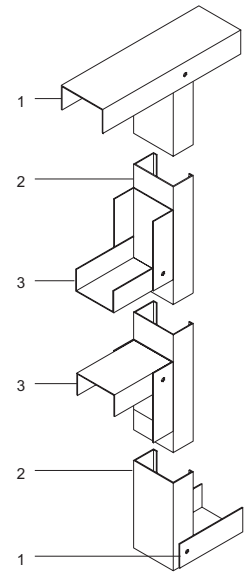


Abb. 26: Auswechslung zur Ausbildung einer Öffnung im
Ständerwerk

Die Art und Dicke der Beplankung des Metallständerwerks werden bestimmt durch die statischen, brandschutztechnischen und bauakustischen Anforderungen, die an das Bauteil oder das gesamte Gebäude gestellt werden (Erläuterungen dazu in den Kapiteln zur Bauphysik). Der Hohlraum zwischen den Ständern wird entsprechend der üblichen Trockenbaukonstruktion mit Faserdämmstoffen gedämmt. Dämmstoffart und Dämmstoffdicke orientieren sich an den energetischen und bauakustischen Anforderungen des Bauteils.

Vergleicht man Stahl-Leichtbauweisen mit konventionellen monolithischen Bausystemen

unter gleichen Randbedingungen, so schneiden die Stahl-Leichtbauweisen in verschiedener Hinsicht besser ab. Bei gleicher Dicke unterschiedlich konstruierter Bauteile weisen die Stahl-Leichtbauteile sowohl bessere Wärme- als auch bessere Schallschutzeigenschaften auf.

Geht man beim Vergleich der Bauweisen umgekehrt von gleichen bauphysikalischen Eigenschaften aus, so ergibt sich durch die schlankere Konstruktion der Stahl-Leichtbauweise ein

Abb. 27:
Vergleich der
bauphysikalischen
Eigen-
schaften von
Massivbau und
Leichtbau (vgl.
auch Abb. 54
und 77 in den
Kapiteln zur
Bauphysik)

Außenwand- konstruktion	Schichtenaufbau	Dicke	U-Wert	Schalldämm- maß $R'_{w,R}$
	Metallständerkonstruktion Außenputz (armiert, mineralisch) Mineralfaser Ansetzkleber Gipsfaserplatte Metallständer, Mineralwollgedämmung Gipsbauplatte, Dampfbremse Gipsbauplatte, Dispersionsfarbe	23,0 cm	0,25	51 dB
	Mauerwerk mit WDVS Außenputz (armiert, mineralisch) Mineralwolle Ansetzmörtel KS-Lochsteine Innenputz	34,5 cm	0,35	48 dB



Abb. 28:
Lochung von Leichtprofilen mit durchgeführten Installationen

Flächengewinn. Dieser kann bei einem Haus mit 120 m² Wohnfläche 5 – 10 % betragen.

Die Hohlraumkonstruktion von Stahl-Leichtbauteilen ermöglicht eine einfache Ausführung von in der Wand integrierten Installationen. In den Profilen sind standardmäßig Löcher zur Durchführung von Kabeln oder Rohren vorgesehen. Bei der Installation von Rohrleitungen ist darauf zu achten, dass die Durchführungen schalltechnisch richtig ausgeführt werden. Dazu müssen die Installationen von den Metallständern entkoppelt werden, um eine Schallübertragung vom Rohr auf den Ständer auszuschließen.

Durch das geringe Gewicht der Konstruktion ist es mit dieser Bauweise möglich – wie in der Einführung bereits erwähnt –, Gebäude mit geringen Lastreserven aufzustocken. Dieser Vorteil hat auch Auswirkungen auf die Gründung eines Neubaus. Bei Gebäuden bis zu zwei Geschossen ist es möglich, die aufgehenden Wände ohne Streifenfundamente direkt auf der Bodenplatte zu errichten. Bei entsprechender Bewehrung reicht die Steifigkeit der Platte aus, um die Vertikallasten in den Boden abzuleiten. Auf diese Weise kann das Gebäude rundum gedämmt werden, da die Druckfestigkeit des Dämmstoffs (XPS) unter der Bodenplatte für die flächige Lastenleitung ausreicht.

Die Frostsicherheit der Randbereiche der Bodenplatte wird durch eine Kiespackung mit einer Tiefe von 1 m gewährleistet.

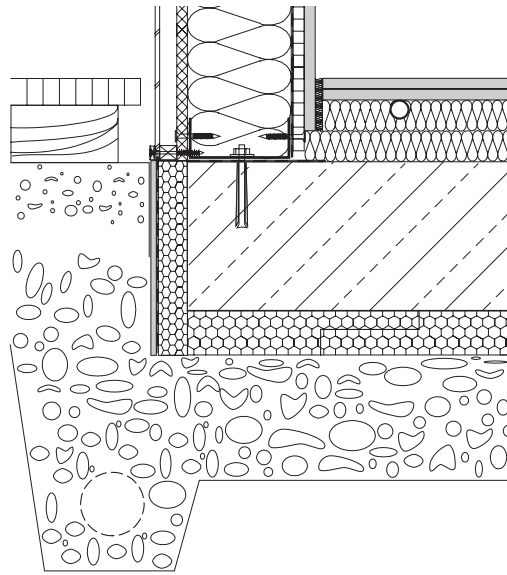


Abb. 29:
Fußpunkt einer Wandscheibe auf der Bodenplatte ohne Streifenfundament

Abb. 30, 31 (unten):
Aus vorgefertigten Tafeln errichtetes Gebäude in Stahl-Leichtbauweise (Rautaruukki Oyj, Finnland)



Entwurfsorganisation und Gestaltung

Das System der Stahl-Leichtbauweise ermöglicht es, Decken bis zu einer Spannweite von 6 m wirtschaftlich auszubilden (vgl. im Kapitel „Kaltgeformte Profile für den Stahl-Leichtbau“ den Abschnitt über Deckenträger). Dadurch ist es möglich, im Wohnungsbau nach gängigen Grundrissstypen ohne Einschränkungen zu planen. Werden größere Spannweiten benötigt, können Profile ineinander geschachtelt werden, oder es wird zur Ergänzung auf warmgewalzte Profile zurückgegriffen. Eine weitere Möglichkeit bietet der Einsatz von Verbundbauweisen mit Trapezblech und Stahlbeton, die wirtschaftlich im Spannweitenbereich bis 7 m eingesetzt werden können.

Der Stahl-Leichtbau lässt sich so entwerfen, dass über die Einfachheit des Bausystems Flexibilität erzeugt werden kann. Aussteifende Wände werden am sinnvollsten in den Außenwänden oder um Treppenkerne und Sanitärbereiche herum angeordnet. So kann die gewünschte Freiheit in der Grundrissaufteilung erreicht werden. Dies wird noch dadurch begünstigt, dass es in dieser Bauweise möglich ist, über die entsprechenden Zugverankerungen auch kurze Wandscheiben von 1,25 m zur Aussteifung zu nutzen, auch wenn sie keine Auflast erhalten.

Bei entsprechender Bauplanung sind Konzepte zur späteren Erweiterung, Neuorganisation oder Funktionstrennung einfach auszuführen. Werden beispielsweise nur die Außenwände als tragend und aussteifend geplant, kann der Innenraum vollkommen frei aufgeteilt werden oder sogar frei bleiben, so dass sich der langlebige Rohbau an sich ändernde Nutzungsbedürfnisse anpasst. Hinsichtlich der Installationen bei zukünftig geplanten Bauabschnitten oder Raumaufteilungen sollte schon von vornherein berücksichtigt werden, dass diese immer gebündelt geführt werden, um eine spätere Umlegung zu vermeiden.

Der Gestaltung von Stahl-Leichtbauteilen und deren Oberflächenbehandlung sind nahezu keine Grenzen gesetzt. Je nach bauphysikalischer und statischer Beanspruchung sind unterschiedliche Beplankungswerkstoffe möglich, die innen roh belassen oder in jeder denkbaren Art nachbehandelt werden können (malen, tapezieren, spachteln, bekleiden etc.). Für Außenoberflächen sind ebenfalls alle gängigen Materialien und Systeme möglich (Putz, Verblendung, Verkleidung etc.).

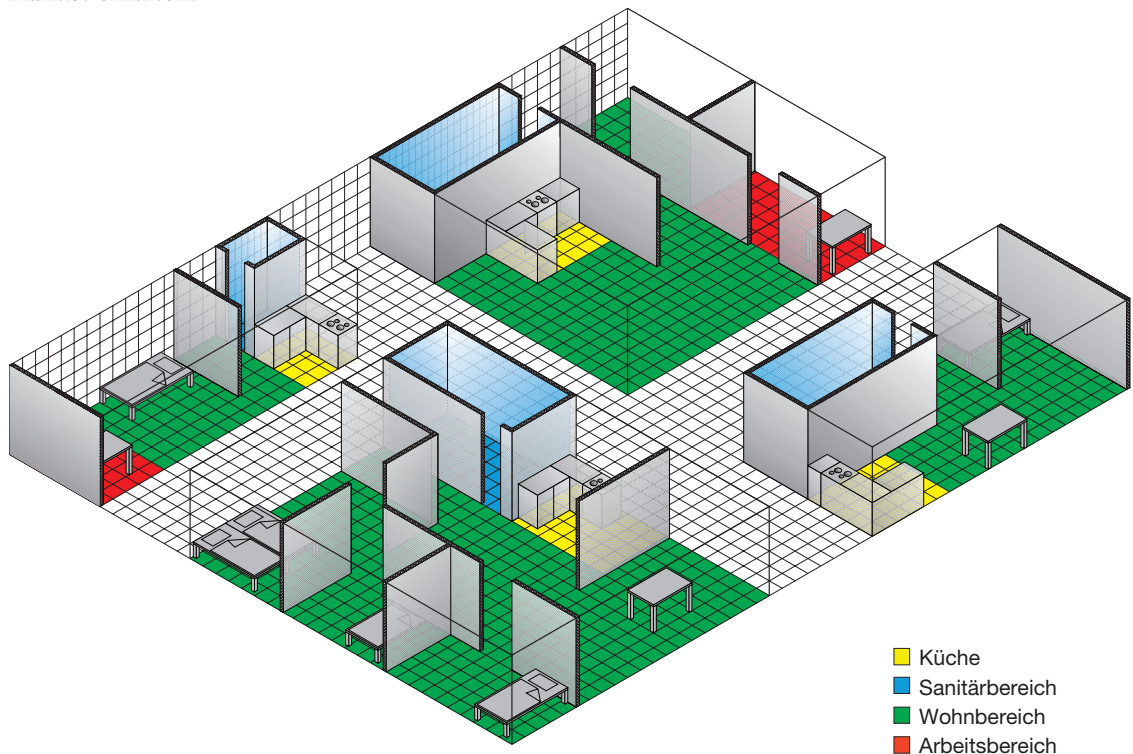


Abb. 32:
Exemplarische
Grundriss-
konfiguration zur
Flexibilität von
Raum-
aufteilungen

Kaltgeformte Profile für den Stahl-Leichtbau

Herstellung und Eigenschaften

Kaltgeformte Profile sind Stahlprodukte, die aus beschichteten oder unbeschichteten, warm- oder kaltgewalzten Stahlblechen hergestellt werden. Die Querschnittsform wird durch Umformen der Bleche mittels Ziehen, Abkanten oder Walzen in kaltem Zustand erreicht.

Einen Überblick über die Eignung von Konstruktionsstählen zur Kaltumformung gibt Tabelle 3.1 des EC 3, 1-3. Die Streckgrenzen dieser Stähle liegen zwischen $f_y = 220$ und 500 N/mm^2 , zum Einsatz kommen überwiegend kontinuierlich feuerverzinkte Bleche mit $f_{y,k} = 320$ oder 350 N/mm^2 .

Durch die nachfolgend beschriebenen Verfahren können unterschiedlichste Querschnittsformen hergestellt werden, die in der Stahl-Leichtbauweise Verwendung finden. Es werden unterschiedliche Systeme von Leichtprofilen in standardisierten Abmessungen am Markt angeboten.

Darüber hinaus sind alle denkbaren Sonderprofile nach Abstimmung mit einem Profilierungsunternehmen lieferbar, sie sind jedoch bei einer geringen Stückzahl in der Produktion nicht wirtschaftlich.

Weitere Angaben zu kaltgeformten Stahlprofilen sind zu finden in: „Wohnungsbau mit Stahl – Profilhandbuch“, Merkblatt 480, Stahl-Informations-Zentrum [6].

Die Blechdicken der in **Abb. 33** gezeigten Profile betragen $t = 1,0$ bis $2,5 \text{ mm}$, dennoch erfüllen sie auch im mehrgeschossigen Wohnungsbau die Anforderungen an statische Belange. Statisch nicht tragende Profile, z. B. für leichte Trennwände oder Akustikprofile, werden bis $0,6 \text{ mm}$ Blechdicke hergestellt.

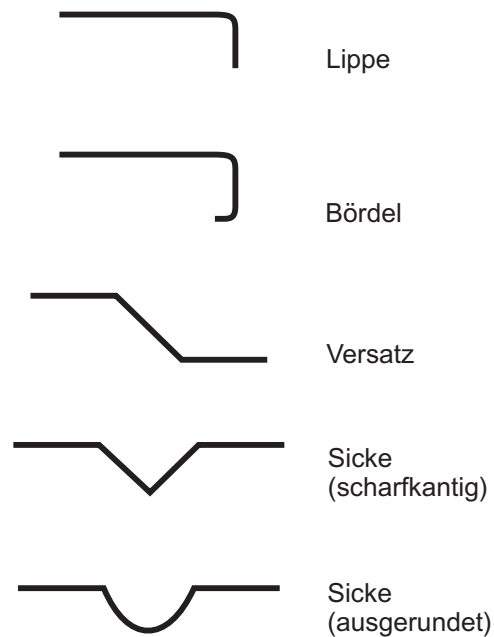


Abb. 34:
Aussteifungs-
formen von Steg
und Flanschen

Der rechnerische Nachweis der Kaltprofile (ab $t = 1,0 \text{ mm}$) erfolgt nach DASt-Richtlinie 016 [11], die demnächst durch EC 3, 1-3, abgelöst werden soll.

Das örtliche Beulen der Profile aufgrund ihrer Dünnwandigkeit hat großen Einfluss auf das Tragverhalten. Da jedoch nach dem Ausbeulen ein stabiler so genannter Nachbeulbereich existiert, der eine weitere Laststeigerung erlaubt, sind die vorangehend genannten Normen geschaffen worden, um eine wirtschaftliche Bemessung von Kaltprofilen zu ermöglichen. Die Verlagerung der Spannungen in der ausgebeulten Platte zu den steiferen Längsrändern wird durch das Berechnungsmodell der „wirksamen Breiten“ berücksichtigt. Durch unterschiedliche Aussteifungsformen (**Abb. 34**) können die zulässigen Beulspannungen der jeweiligen Teilflächen eines Profils deutlich gesteigert

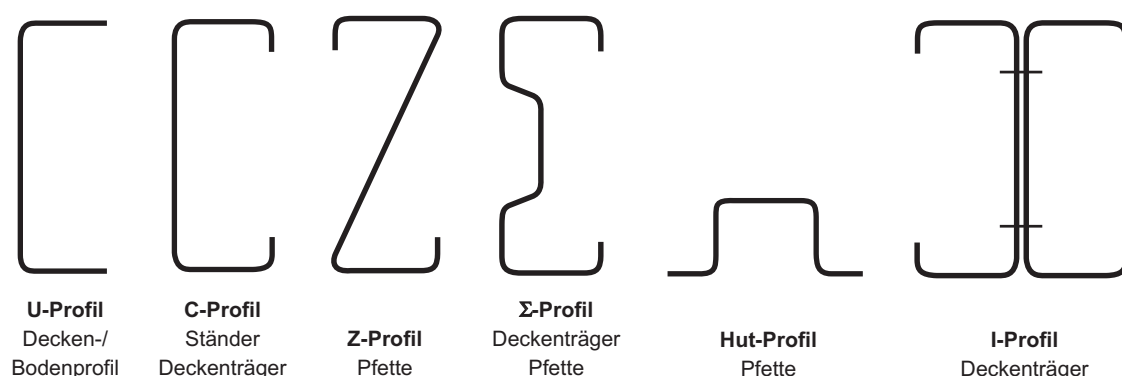
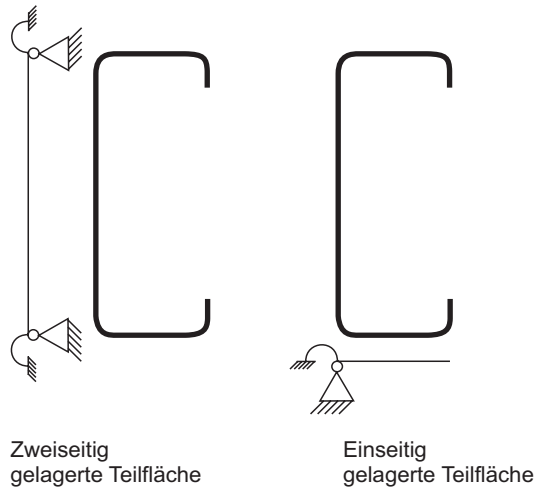


Abb. 33:
Querschnitts-
formen von
kaltgeformten
Profilen für den
Wohnungsbau

Abb. 35:
Einseitig und
zweiseitig
gelagerte
Teilflächen
eines dünn-
wandigen
Stahlprofils



einem mittigen runden Loch unter konstanter Druckspannung wird die „Winterformel“ (vgl. DAST-Richtlinie 016 [11]) zur Ermittlung der wirksamen Breite um einen Term ergänzt:

$$\rho = \frac{1}{\lambda} \cdot \left(1 - \frac{0,22}{\lambda} - \frac{0,8 \cdot d_h}{h} \right)$$

d_h = Lochdurchmesser

h = Steghöhe

$b_{\text{eff}} = \rho \cdot b$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_d}{\sigma_{Ki}}}$$

mit $\sigma_d \leq f_{y,d}$

und σ_{Ki} = idealelastische
Beulspannung

werden (Abb. 35). Dabei sollten folgende grundsätzliche Erkenntnisse beachtet werden:

- Einseitig gelagerte Teilflächen (Flansch) sollten immer mit Lippen ausgeführt werden, um eine wirtschaftliche Nutzung des Profils zu gewährleisten.
- Ein Versatz in einer beidseitig gelagerten Teilfläche (Steg) ist wesentlich effektiver als eine Sicke.
- Da mehr als zwei Sicken zu keiner weiteren Steigerung der Beulspannung führen, dürfen je Teilfläche maximal zwei Sicken rechnerisch berücksichtigt werden.
- Installationsöffnungen sollten nur im Steg der Kaltprofile angeordnet werden und auf keinen Fall Aussteifungen unterbrechen. Der Einfluss dieser Öffnungen auf die Tragfähigkeit der Profile ist in den in Deutschland gültigen Normen nicht geregelt. Die Regelungen der amerikanischen Normung können hierzu als Orientierung gelten.

Der Einfluss von mittig angeordneten runden Löchern in Stegen von Biegeträgern kann vernachlässigt werden, wenn das Verhältnis von Lochdurchmesser zu Steghöhe kleiner als 0,38 ist. Für eine zweiseitig gelagerte Teilfläche mit

Die Herstellung der Kaltprofile erfolgt über drei Verfahren:

- Ziehen
- Abkanten
- Walzprofilieren

Beim Ziehen, genauer Walzziehbiegen, wird das Stahlband vom Coil mit Hilfe eines Zangenwagens durch nicht angetriebene Rollensätze hindurchgezogen. Die Anzahl der einzelnen, hintereinander liegenden Umformstationen ergibt sich aus dem Profilquerschnitt und der gewählten Umformgeometrie. Es können Profile bis zu 12 m Länge hergestellt werden. Das Walzziehbiegen zeichnet sich durch seine relativ geringen Werkzeugkosten aus und ist für die Herstellung von komplizierten Querschnittsformen aus sehr dünnen Materialien gut geeignet.

Das Abkanten erfolgt auf Schwenkbiegemaschinen oder Gesenkbiegepressen. Auf einer Schwenkbiegemaschine wird das Blech zwischen Ober- und Unterwanne fest eingespannt.

Abb. 36:
Werkzeug-
maschinen zum
Abkanten

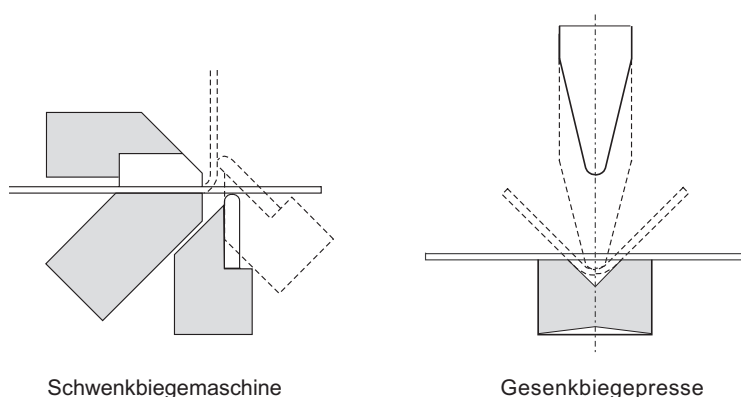
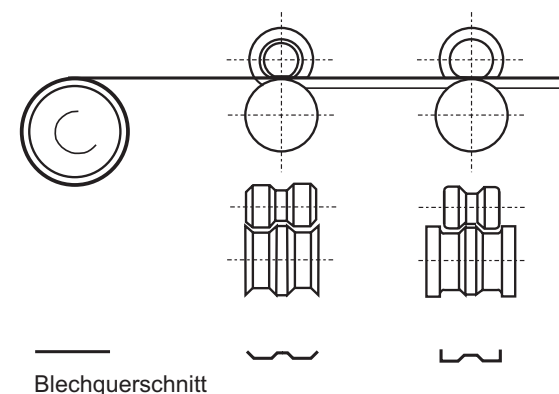


Abb. 37: Maschinenfunktion beim Walzprofilieren



Durch eine dahinter liegende, schwenkbare Wange wird das Blech bis zu dem gewünschten Winkel umgebogen. Mit auswechselbaren Schienen auf den Wangen kann der Biegeradius geändert werden (Abb. 36). In einer Gesenkbiegepresse drückt ein Biegestempel den Blechstreifen in ein offenes v-förmiges Gesenk.

Das Walzprofilieren ist das wichtigste Verfahren für die industrielle Fertigung von Kaltprofilen. Das Stahlband wird vom Coil durch angetriebene, hintereinander angeordnete Rollen kontinuierlich umgeformt (Abb. 37). Durch die Variation der Rollendurchmesser und der Umformgeometrie können die Eigenspannungen infolge der elasto-plastischen Umformungen des Querschnitts günstig beeinflusst werden.

Tragfähigkeitstabellen für Wandständer und Deckenträger

Für die Berechnung der in den Tabellen (Abb. 40 und 41) aufgelisteten Werte werden folgende Vorschriften und Annahmen zugrunde gelegt:

Die Kaltprofile werden nach DASt-Richtlinie 016 [11] nachgewiesen. Der verwendete Stahl hat eine Streckgrenze von $f_{y,k} = 320 \text{ N/mm}^2$, dies entspricht einem Fe E 320 G nach EN 10147. Die in Abb. 40 aufgeführten Tragfähigkeiten gelten nur für Wandtafeln mit beidseitiger Beplankung. Die Plattenwerkstoffe müssen nach bauaufsichtlicher Zulassung als aussteifende Beplankung geeignet sein.

Wandständer

Das statische System der Wandstützen ist eine Pendelstütze. Durch die beidseitige Beplankung kann ein Versagen durch Knicken um die schwache Achse bzw. Biegedrillknicken ausgeschlossen werden. Untersucht werden die Knicklängen 260 cm, 300 cm und 350 cm. Bei Stützen in Außenwänden muss eine ausmittige Lasteinleitung berücksichtigt werden. Unter der Annahme einer linearen Spannungsverteilung am Deckenaufleger beträgt diese Ausmitte e_z maximal $h/6$ (Abb. 38). Bei Innenwänden und Lasten aus Stützen des darüber liegenden Stockwerkes kann dagegen von einer zentrischen Lasteinleitung ausgegangen werden. Tabelliert werden deshalb die Grenzfälle $e_z = 0$, $e_z = h/6$ sowie der Mittelwert $e_z = h/12$. Variiert werden die Steghöhe und die Blechdicke der C-Profile. Um einen Stoß der Beplankungen auf dem Profil zu ermöglichen, sollte die Flanschbreite mindestens 50 mm betragen. Daraus resultiert eine Mindesthöhe der Lippen von 10 mm.

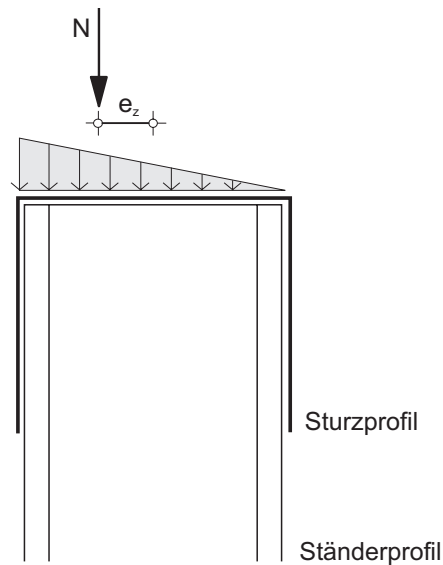


Abb. 38:
Exzentrische
Lasteinleitung in
ein Ständerprofil

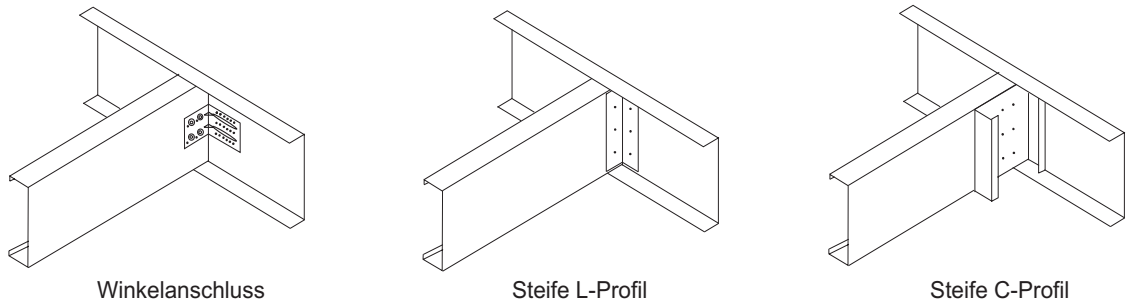
Deckenträger

Beim Deckenaufbau wird von einem Eigengewicht von $\gamma = 1,55 \text{ kN/m}^2$ + Trägereigengewicht ausgegangen. Als Verkehrslasten werden $2,0 \text{ kN/m}^2$ und $3,5 \text{ kN/m}^2$ berücksichtigt. Die Grenzspannweiten für die Deckenträger werden über folgende Nachweise ermittelt, die in Abb. 41 als Versagensform 1 bis 3 bezeichnet werden.

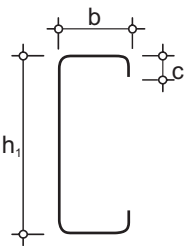
1. Grenzbiegemoment des Trägers $M_{y,Rd} = f_{y,k} \times W_{ef} / \gamma_M$. Ein Stabilitätsversagen der Einfeldträger durch Biegedrillknicken kann ausgeschlossen werden, da durch die Beplankung eine ausreichende Schubfeldsteifigkeit vorhanden ist.
2. Grenzkraft $V_{z,Rd}$
3. Gebrauchstauglichkeit: $\delta_2 \leq L/500$ unter Verkehrslasten gemäß Tabelle 4.1, ENV 1993-1-1. Bis zu einer Spannweite von ca. 5 m werden nach ENV 1993-1-1, Abs. 4.3.2 [12] mit diesem vereinfachten Kriterium auch Schwingungen und Vibrationen ausreichend begrenzt. Bei größeren Spannweiten sollte im Einzelfall die Schwingungsbewegung nachgewiesen werden.

Zusätzlich wird die Grenzauflegerkraft $R_{u1,Rd}$ mit einer Auflagerbreite von 50 mm angegeben. Da die Kaltprofile hinsichtlich Stegkrüppeln im Auflagerungsbereich sehr empfindlich sind, ist dieses Kriterium bei nahezu allen Trägern maßgebend. Die angegebenen Grenzspannweiten gelten deshalb nur bei einer ausreichenden Verstärkung des Trägers im Auflagerungsbereich (Abb. 39).

Abb. 39:
Verstärkungs-
varianten des
Anschlusses von
Trägern im Auf-
lagerungsbereich



C-Profile für Wände



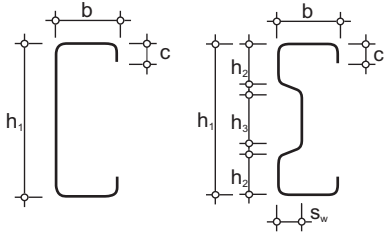
Profil-Kurzzeichen:

Steghöhe h_1
Flanscbreite b
Lippenhöhe c
Nennblechdicke t_n
Blechdicke t

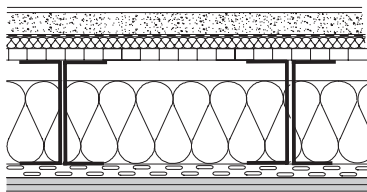
A_{eff}^D = wirksame Querschnittsfläche Druck [mm^2]
 A_{eff}^B = wirksame Querschnittsfläche Biegung [mm^2]
 $W_{eff,y}$ = Widerstandsmoment [cm^3]
 e_{pz} = Abstand Brutto- zu wirksamem Schwerpunkt [mm]
 l = Profillänge (= Knicklänge) [cm]
 e_z = Exzentrizität
 $N_{R,d}$ = Grenzkraft [kN]

Profil $h_1 \times b \times c \times t_n$	t [mm]	A_{eff}^D [mm^2]	A_{eff}^B [mm^2]	$W_{eff,y}$ [cm^3]	e_{pz} [mm]	l [cm]	$N_{R,d}$ [kN] $e_z = 0$	$N_{R,d}$ [kN] $e_z = h/12$	$N_{R,d}$ [kN] $e_z = h/6$
C 100 x 50 x 10 x 1,0	0,92	106,7	163,1	4,75	7,28	260	27,2	21,9	19,9
						300	24,6	20,2	18,5
						350	21,5	17,8	16,5
C 100 x 50 x 10 x 1,5	1,42	217,4	287,4	8,74	2,71	260	54,4	43,8	39,6
						300	48,7	39,7	36,2
						350	41,8	34,5	31,9
C 100 x 50 x 10 x 2,0	1,96	338,7	397,0	12,13	2,18	260	76,4	61,5	55,6
						300	68,3	55,6	50,7
						350	58,4	48,2	44,5
C 150 x 50 x 10 x 1,0	0,92	106,7	163,4	7,35	14,67	260	31,0	24,1	21,2
						300	29,7	23,4	20,7
						350	27,9	22,3	20,0
C 150 x 50 x 10 x 1,5	1,42	220,2	338,0	14,36	5,43	260	64,1	56,2	48,8
						300	64,1	54,4	47,8
						350	64,1	51,7	46,3
C 150 x 50 x 10 x 2,0	1,96	350,0	493,2	20,80	2,96	260	101,8	86,0	74,4
						300	101,8	83,3	73,2
						350	99,1	78,6	70,2

Abb. 40: Tabelle der Tragfähigkeiten von Wandstützen

C-Profile, Σ-Profile und I-Profile für Decken

Profil-Kurzzeichen:

Steghöhe h_1
 Flanschbreite b
 Lippenhöhe c
 Nennblechdicke t_n
 Blechdicke t



Bodenbelag, keramisch, 10 mm
 Nassestrich, 40 mm
 Trittschalldämmung, 20 mm
 Beplankung BFU, 26 mm
 Trägerlage
 Schalldämmung, 120 mm
 Unterdecke, 2 x 12,5 mm

W_{eff} = Widerstandsmoment [cm^3]

I_{eff} = Trägheitsmoment [cm^4]

$M_{y,Rd}$ = maximales Moment [kNm]

$R_{u1,Rd}$ = Auflagerkraft [kN]

$V_{z,Rd}$ = Querkraft [kN]

p = Verkehrslast [kN/m^2]

b = Trägerabstand [cm]

l_{gr} = zul. Spannweite

^{1,2,3} Versagensform

* keine Auflagerverstärkung erforderlich

Deckenaufbau 1,55 kN/m^2

Profil $h_1 \times b \times c \times t_n$ $h_2 \times h_3$	W_{eff} [cm^3]	I_{eff} [cm^4]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	$R_{u1,Rd}$ [kN]	$V_{z,Rd}$ [kN]	$p = 2,0$ $b = 40 \text{ cm}$	$p = 2,0$ $b = 60 \text{ cm}$	$p = 3,5$ $b = 40 \text{ cm}$	$p = 3,5$ $b = 60 \text{ cm}$
						l_{gr} [cm]	l_{gr} [cm]	l_{gr} [cm]	l_{gr} [cm]
C 150 x 50 x 10 x 1,0	7,35	71	2,14	1,69	5,58	288 ¹	235 ¹	240 ¹	196 ¹
C 150 x 50 x 10 x 1,5	14,36	120	4,18	3,50	20,5	364 ³	318 ³	302 ³	264 ³
C 150 x 50 x 10 x 2,0	20,80	165	6,05	6,06	40,1	405 ³	354 ³	336 ³	293 ³
C 200 x 50 x 10 x 1,0	10,07	134	2,93	1,69	4,18	336 ¹	270 ²	281 ¹	188 ²
C 200 x 50 x 10 x 1,5	19,41	228	5,65	3,50	15,4	451 ³	381 ¹	374 ³	318 ¹
C 200 x 50 x 10 x 2,0	30,37	326	8,84	6,06	40,1	508 ³	444 ³	422 ³	369 ³
C 250 x 50 x 10 x 1,5	24,95	378	7,26	3,50	12,3	526 ¹	432 ¹	440 ¹	361 ¹
C 250 x 50 x 10 x 2,0	37,96	549	11,04	6,06	32,4	605 ³	529 ³	502 ³	439 ³
Σ 200 x 65 x 10 x 1,5 36 x 100	29,03	314	8,45	2,17	23,3	502 ³	439 ³	416 ³	364 ³
Σ 200 x 65 x 10 x 2,0 36 x 100	42,08	434	12,24	5,33	48,3	560 ³	488 ³	464 ³	405 ³
Σ 250 x 70 x 10 x 1,5 50 x 120	39,75	541	11,56	2,17	19,0	602 ³	526 ³	499 ³	436 ³
Σ 250 x 70 x 10 x 2,0 50 x 120	58,44	757	17,00	5,33	47,1	673 ³	588 ³	559 ³	488 ³
I 150 x 50 x 10 x 1,5	28,72	240	8,36	7,00	41,0	459 ³ *	400 ³ *	380 ³ *	332 ³ *
I 200 x 50 x 10 x 1,5	38,82	456	11,30	7,00	30,8	568 ³ *	497 ³ *	472 ³ *	412 ³ *
I 250 x 50 x 10 x 1,5	49,90	756	14,52	7,00	24,6	673 ³ *	588 ³ *	588 ³ *	488 ³ *

Abb. 41: Tabelle der Grenzspannweiten von Deckenträgern

Herstellung, Vorfertigung und Montage

Abb. 42 (unten):
Baustellen-
montage von
Einzelständern
zu einem
Ständerwerk
(Armor Steel
Framing Systems,
Kanada)

Aus der Konstruktion von Stahl-Leichtbauweisen ergeben sich gegenüber flächigen, massiven Bauteilen veränderte Entwurfgrundlagen. Die Montage von leichten Stahlprofilen zu einem Ständerwerk ist sowohl auf der Baustelle als auch in einem Vorfertigungswerk möglich. Beide Herstellungsarten unterscheiden sich voneinander in Planung, Ausführung und Logistik, wobei die Vor- und Nachteile für das jeweilige Bauvorhaben abzuwägen sind.

Abb. 43
(ganz unten):
Einbau eines
fertig abgebun-
denen Decken-
elements
(SwitchHaus,
Bopfingen)

Baustellenfertigung

Wird das Ständerwerk vor Ort aus Einzelprofilen erstellt, bestehen mehrere Möglichkeiten, wie die Profile auf die Baustelle geliefert werden. Nicht zugeschnittenes Rohmaterial, fertig abgelängte Profile oder auch vollständig abgebun-

dene Bauteile (z. B. Dachstuhl oder Wandständerwerk) können Grundlage für die Arbeit auf der Baustelle sein. Die Profile werden dem System entsprechend auf der Bodenplatte oder der Kellerdecke aufgebaut. Bei dieser Herstellungsart werden vor Ort keine schweren Hebezeuge benötigt. Da die Verbindungstechniken unkompliziert herzustellen sind, kann der Bau auf diese Weise auch in Eigenarbeit erstellt werden.

Aufgrund der Beeinflussung durch die Witterung ist für die Baustellenfertigung ein längerer Zeitraum von ca. vier bis sechs Wochen bis zum vollständigen räumlichen Abschluss des Gebäudes vorzusehen. Eine Durchfeuchtung durch Niederschläge ist in dieser Zeit möglich. Dadurch werden Lagerstätten für das Material nötig (siehe dazu auch Kapitel „Korrosionsschutz“).

Vorfertigung im Werk

Ein sinnvoller Einsatz von Stahl im Wohnungsbau verlangt nach einem hohen Vorfertigungsgrad. Unter Berücksichtigung modularer Bauteile führt dies zum Stahl-Leichtbau mit industrialisierten Produktionsweisen.

Stahl-Leichtbauweisen lassen einen hohen Anteil an industrieller Vorfertigung zu. Grundsätzlich können die verschiedenen Bleche und Stahlbauteile durch Schweißen, Schrauben, Stecken, Clinchen, Klammern oder Nageln zusammengefügt werden. Dabei stehen im Werk mehr Möglichkeiten zur Verfügung als auf der Baustelle. In den meisten Fällen werden die dünnwandigen Bleche miteinander verschraubt. Die Beplankungswerkstoffe werden üblicherweise auf die Metallständer geschraubt.

Bei der Vorfertigung wird das Ständerwerk eines Bauteils vollständig zusammengefügt und beplankt. Dabei besteht die Möglichkeit, einseitig oder beidseitig zu beplanken. Bei einseitiger Beplankung, die hauptsächlich außen angebracht wird, werden vor allem tragende Bauteile qualitätsgesichert hergestellt und auf der Baustelle in kurzer Zeit zu einer witterungsunabhängigen Hülle zusammengefügt.

Die Vorfertigung von zweiseitig beplankten Elementen reicht bis zur Fertigstellung von Installationen und Oberflächen der Bauteile. Die Herstellung muss im Fertigungswerk fremdüberwacht werden, da der Aufbau der Elemente mit allen innen liegenden Materialschichtungen (Folien, Dämmung etc.) bei Anlieferung auf der Baustelle nicht mehr zu überprüfen ist.

Darüber hinaus können auch Raumzellen in Stahl-Leichtbauweise gefertigt werden, die für die Montage am Bauplatz vollständig fertig gestellt sind.



Die Verbindungs- und Fügechnik hat einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Produktion und Montage von Gebäuden. Eine einfache Verbindungs-, Füge- und Montagetechnik hat, unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet, oftmals Vorrang vor materialminimierten Konstruktionen. Bei einem Materialkostenanteil von ca. 30 % im Gegensatz zu den aufgewendeten Lohnkosten von 70 % werden die höheren Materialmengen durch einen geringeren Fertigungsaufwand und eine einfachere Montageausführung kompensiert.

In Deutschland wird zurzeit die Befestigung der Beplankung mit ballistischen Verbindungsmitteln (Nägel, Klammern) entwickelt und für die bauaufsichtliche Zulassung geprüft. Diese Fügechnik ist sehr wirtschaftlich und führt zu einem noch rationelleren Bauablauf. Sie wird im Augenblick noch weitestgehend bei industriell vorgefertigten Bauteilen verwendet.

Ähnlich dem Holzbau werden dabei Nägel und Klammern mit hoher kinetischer Energie in den Stahl eingetrieben. Der Verbund wird durch die Profilierung, durch sich aufspreizende Verbindungsmittel oder bevorzugt durch Punktverlöten bzw. -verkleben herbeigeführt.

Beim Punktverlöten/-verkleben werden die Oberflächenbeschichtungen des Verbindungsmittels durch die beim Eintreiben erzeugte Reibungswärme kurzzeitig zum Schmelzen gebracht. Sie verbinden so das Verbindungsmittel kraftschlüssig im Schnittpunkt mit dem Stahlprofil.

Die im Gegensatz zur Schraubung einfachere und schnellere Verarbeitung ballistischer Verbindungsmittel hat den Nachteil, dass Imperfektionen beim Setzen der Verbindungsmittel auf der Baustelle nur aufwändig nachzuarbeiten sind.

Die Vorteile einer industriellen Vorfertigung liegen insbesondere in der Qualitätssicherung der hergestellten Bauteile. In Produktionshallen kann unter witterungsunabhängigen Bedingungen kontinuierlich gearbeitet werden, und die Produktion unterliegt einer permanenten Überwachung. Bei der Herstellung von größeren Einheiten können andere Werkzeuge als auf der Baustelle eingesetzt werden – bis hin zum Betrieb einer automatisierten Produktionsstraße.

Die Abmessungen von Fertigteilen sind abhängig von den Produktions- und Transportkapazitäten des Herstellers, von den auf der Baustelle anlieferbaren und verarbeitbaren Größen und dem Bausystem. Reguläre Maße bewegen sich bei etwa 3 m x 8 m. Die maximalen Abmessungen liegen bei ca. 6 m x 12 m.

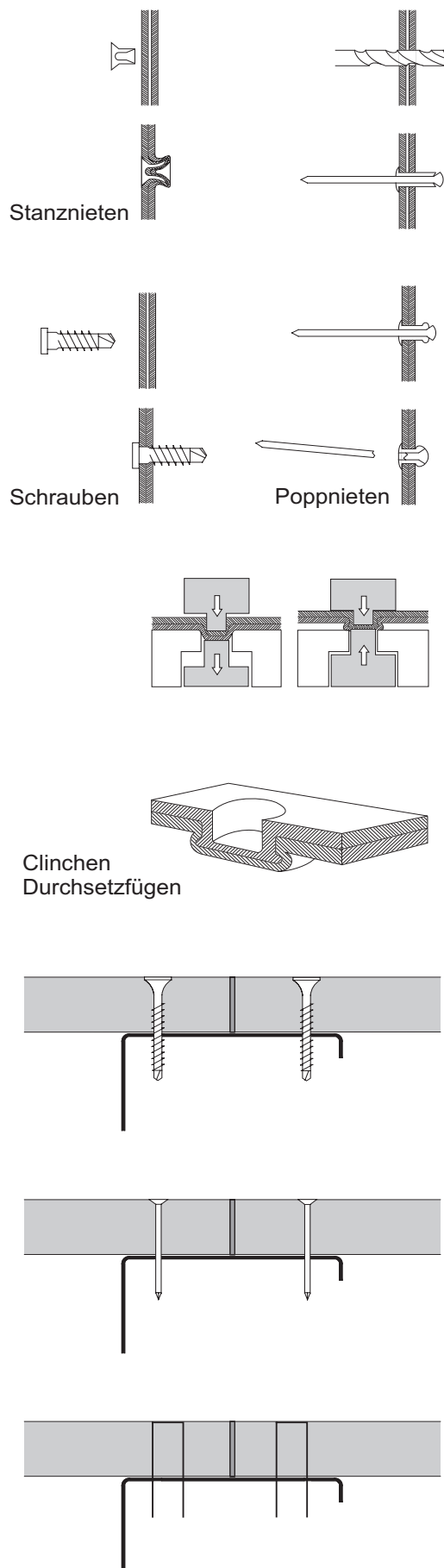


Abb. 44: Verbindungsmöglichkeiten von Leichtprofilen untereinander

Abb. 45: Verbindungsmöglichkeiten für die Beplankung an die Metallprofile



Abb. 46:
Roboter-gesteu-
erte Wandtafel-
fertigung bei
Rautaruukki Oyj
(Finnland)

Abb. 47:
Baustellen-
montage von
Fertigteilen
(Rautaruukki
Oyj, Finnland)



Durch die Vorfertigung ist eine erhebliche Verkürzung der Bauzeit zu erreichen, da das Baugrundstück mit allen Anschlüssen und evtl. auch Außenanlagen fertig gestellt werden kann, während gleichzeitig das Haus produziert wird. Gegenüber der Baustellenfertigung ist der Planungsaufwand höher, und die Entwurfsaufgaben verändern sich.

Es ist nicht nur die Anordnung der einzelnen Materialkomponenten zu planen, sondern auch die Fügungen der Fertigteile bei der Montage müssen im Hinblick auf die bauphysikalischen Anforderungen an die einzelnen Bauteile und Bauteilgruppen (z. B. Luftdichtheit der Bauteilstöße, Flankenübertragung von Schall) geplant werden.



Abb. 48: Ballistisches Nageln in Stahlprofile

Je nach Ausmaß der Vorfertigung im Werk muss die Planung zum Zeitpunkt des Produktionsbeginns abgeschlossen sein. Dieser Zeitpunkt liegt zwischen vier und acht Wochen vor Baubeginn. Endgültige Detailentscheidungen müssen sehr früh getroffen werden. Spätere Änderungen sind nur schwer und kostenaufwändig einzuarbeiten.

Abhängig vom Grad der Vorfertigung, die im Werk getätigt wird, müssen auf der Baustelle noch ganze Bauelemente (z. B. Wände) geschlossen oder auch nur noch die einzelnen Bauteile untereinander verbunden und evtl. Oberflächen an wenigen Stellen nachbearbeitet werden. So kann der Eigenbauanteil an einem Haus auch bei vorgefertigten Elementen gesteuert werden.

Die „just in time“ gefertigten und gelieferten Elemente ermöglichen eine schnelle Montage des Rohbaus. In nur ca. drei bis vier Tagen kann ein Einfamilienhaus so weit fertig gestellt werden, dass mit dem Innenausbau witterungsunabhängig begonnen werden kann. Neben Kosteneinsparungen ist ein Vorhalten von Lager- und Produktionsflächen vor Ort nicht nötig. Der Baustellenmüll wird minimiert.

Wichtig für die Montage auf der Baustelle ist vor allen Dingen die Kontrolle der Fugenausbildung zwischen den Bauteilen, da diese auf die bauphysikalischen Eigenschaften des Gebäudes erheblichen Einfluss nimmt. Diese Details sind unter Betrachtung der Durchführbarkeit exakt zu planen.

Bauphysikalische Anforderungen an Wohnhäuser

Der Entwurf funktionsfähiger Bauteile und Baugruppen für ein Gebäude ist ein komplexer Prozess. Dabei finden bauphysikalische Anforderungen oft erst während einer späten Entwurfsphase die notwendige Beachtung. Ihre Umsetzung erhält dadurch den Charakter einer nachträglichen, aufgesetzten Maßnahme. Das kann dazu führen, dass das Gebäude nicht die geforderten Eigenschaften aufweist oder sie nur durch aufwändige Zusatzmaßnahmen zu erzielen sind, wodurch sich die Gefahr von Ausführungsfehlern erhöht.

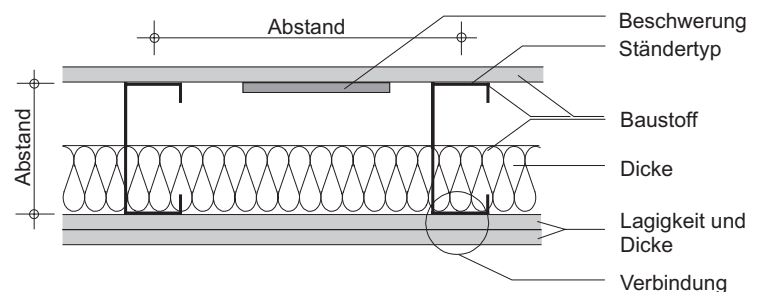
Es ist zu berücksichtigen, dass eine Konstruktion oder ein Bauteil meist verschiedene bauphysikalische Anforderungen gleichzeitig zu erfüllen hat. Mit Gebäuden in Stahl-Leichtbauweise lassen sich die bauphysikalischen Anforderungen bezüglich Schallschutz, Brandschutz und Wärmeschutz sehr gut realisieren. Die frühzeitige Integration der bauphysikalischen Detailplanung in den gesamten Entwurfsprozess ist jedoch sehr wichtig, um systemgerechte Lösungen entwickeln zu können.

Den Detailausbildungen der Anschlüsse ist ein besonderer Stellenwert einzuräumen – nicht nur beim Entwurf, sondern, wie im Kapitel „Herstellung, Vorfertigung und Montage“ erläutert, in gleichem Maße bei der Ausführung. Kombinationen von Bauteilen müssen als Einheit die geforderten Eigenschaften (z. B. Feuerwiderstand, Schalldämmung) erbringen. Nicht zuletzt ist auch das Tragwerk so zu gestalten, dass bauphysikalische Prinzipien nicht verletzt werden (z. B. wärme- und schallbrückenfreie Konstruktion).

In den nachfolgenden Abschnitten wird auf die einzelnen Komponenten einer integrierten bauphysikalischen Planung eingegangen. Die Eigenschaften unterschiedlicher Konstruktionen werden dargestellt, um diese im Planungsablauf umsetzen zu können. Für die entsprechenden technischen Regeln sei auf das Literaturverzeichnis verwiesen.

Schallschutz und Bauakustik

International besteht ein steigendes Interesse an der wirtschaftlichen oder gar kostenneutralen Verbesserung des Schallschutzniveaus in Wohngebäuden und dabei vor allem im Geschosswohnungsbau. Ein hohes Schallschutzniveau der umfassenden Bauteile kann in Stahl-Leichtbauweisen sehr effizient umgesetzt werden.



Schalltechnisches Verhalten von Häusern in Stahl-Leichtbauweise

Zweischalige Bauteile

In der Luftschall- und Trittschalldämmung von Häusern in Stahl-Leichtbauweise gelten die bauakustischen Wirkungsweisen des Trocken- und Leichtbaus. Schalldämmung erfolgt nicht über Masse, sondern wird durch die Prinzipien einer konsequenten Zweischaligkeit und der bauakustischen Entkopplung erreicht.

Bewertet man die Schalldämmung im Verhältnis zum Eigengewicht, zur Bauteildicke und Wirtschaftlichkeit, sind Konstruktionen in Stahl-Leichtbauweise, z. B. mit Gipsbauplatten (Gipskarton- und Gipsfaserplatten), akustisch sehr leistungsfähige Bauteile (**Abb. 54**). Diese bauakustische Leistungsfähigkeit hängt dabei vom Gesamtsystem ab: von dem Plattenwerkstoff, den Metallständern (Ständerart und Ständerabstand), der Hohlraumbedämpfung und der Befestigungs- bzw. Fügetechnik (**Abb. 49**).

Diese Einzelkomponenten bilden ein komplexes System, das aus bauakustischer Sicht ein leichtes „zweischaliges Bauteil“ darstellt.

Den größten Einfluss auf die Schalldämmung haben folgende Faktoren:

- die „Steifigkeit“ der Verbindung der beiden Schalen; diese wird u. a. beeinflusst durch

Abb. 49: Variationsparameter am Grundaufbau eines zweischaligen Bauteils in Stahl-Leichtbauweise

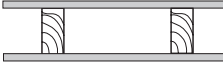
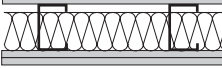
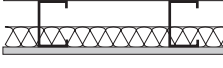
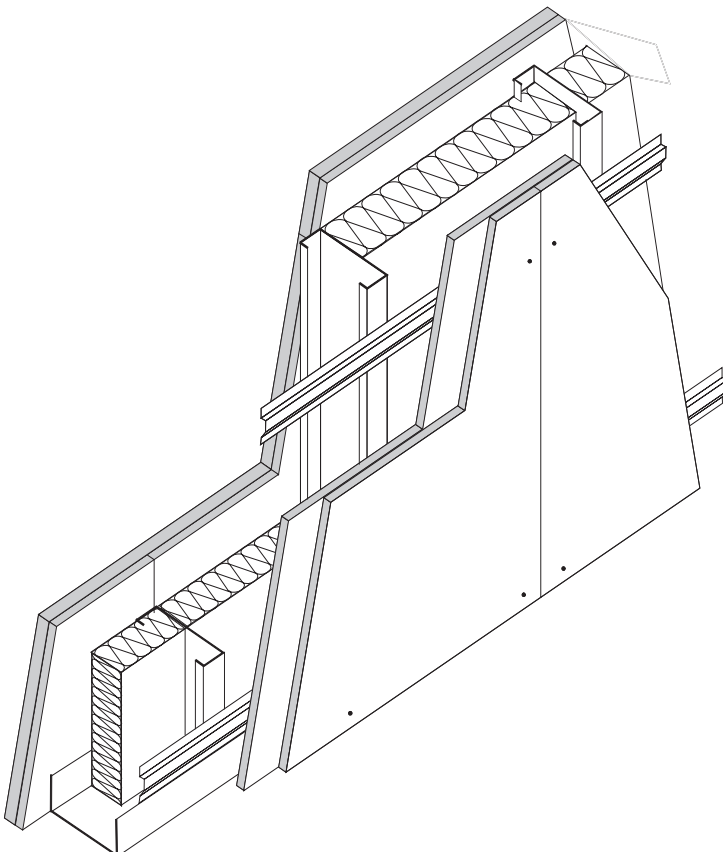
Einflussfaktor	Besser	Schlechter
Ständerart		
Ständerabstand		
Schalenabstand		
Einfachständer/ Doppelständer		
Lagigkeit der Beplankung		
Hohlraum- dämmung		

Abb. 50 (oben):
Einflussfaktoren auf die Schalldämmung von zweischaligen Bauteilen

Abb. 51 (unten):
Aufbau einer Metallständerwand mit Resilient Channels



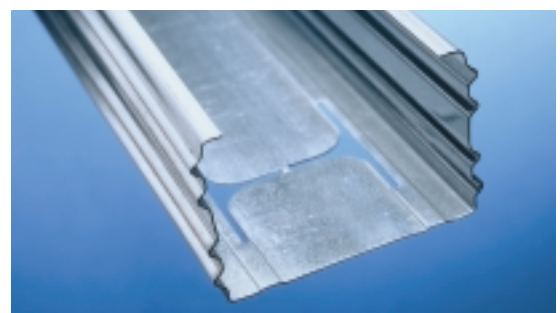
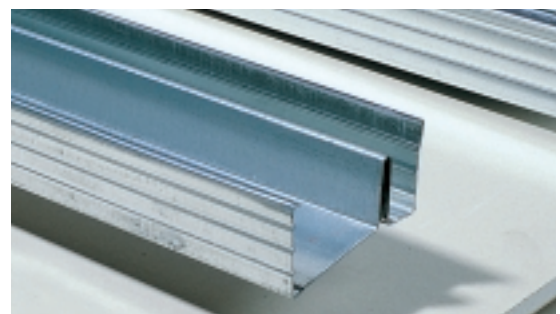
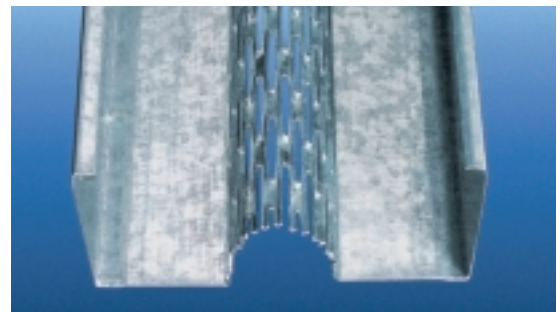
die Bauart und Anordnung der Metallständer und die Befestigung der Platten auf der Unterkonstruktion

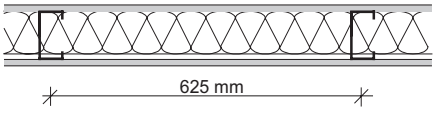
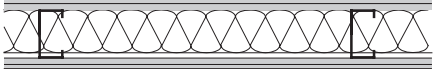
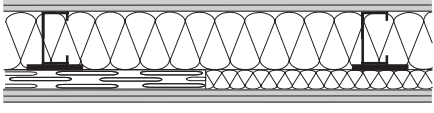
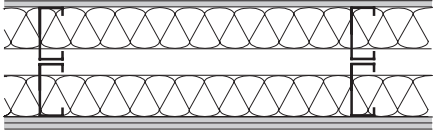
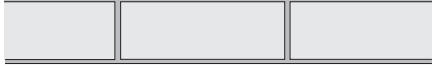
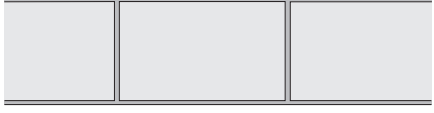
- der Schalenabstand (Wahl der Profile)
- die Biegeweichheit der Einzelschale; diese wird u. a. beeinflusst durch die Plattendicke, das Plattenmaterial und die Plattenstruktur
- die flächenbezogene Masse der Einzelschale; diese wird u. a. beeinflusst durch den Plattenwerkstoff sowie durch einfache oder mehrlagige Beplankungen
- Art, Eigenschaften (z. B. längenspezifischer Strömungswiderstand) und Füllgrad des Dämmstoffs

Abb. 52 (unten):
Akustikprofil mit Stegtrennung aus Streckmetall (Protektor)

Abb. 53a (unten Mitte):
Akustikprofil mit gefaltetem Profilsteg, MW-Profil (Knauf)

Abb. 53b (ganz unten):
Akustikprofil mit gerilltem Profilflansch (Knauf)



Konstruktion	Bauteildicke	Flächenbez. Gewicht	Bewertetes Schalldämmmaß $R_{w,R}$	Brandschutz*
Einfachständerwand, einfache Beplankung mit GF, GKB 	75 – 125 mm	35 – 45 kg/m ²	40 – 54 dB	F 30-A
Einfachständerwand, doppelte Beplankung mit GF, GKB 	100 – 150 mm	45 – 65 kg/m ²	47 – 60 dB	F 60-A F 90-A
Einfachständerwand mit „Resilient Channels“, doppelte Beplankung mit GF, GKB 	ca. 155 mm	ca. 52 kg/m ²	ca. 61 dB	F 60-A F 90-A
Doppelständerwand, doppelte Beplankung mit GF, GKB 	175 – 275 mm	65 – 80 kg/m ²	59 – 65 dB	F 90-A F 120-A
Massive Ziegel- und Kalksandstein- wand, 11,5 cm, verputzt 	145 mm	160 – 240 kg/m ²	42 – 47 dB	F 90-A F 120-A
Massive Ziegel- und Kalksandstein- wand, 24 cm, verputzt 	270 mm	260 – 500 kg/m ²	48 – 55 dB	F 180-A BW

* Brandschutz abhängig vom Einsatz als tragende oder nicht tragende Trennwand.

Abb. 54:
Akustische Eigenschaften von Wandaufbauten in
Stahl-Leichtbauweise im Vergleich zum Massivbau

Luftschalldämmung von Stahl-Leichtbauteilen

Folgende Planungskriterien haben positive Auswirkungen auf die Schalldämmung eines zweischaligen Bauteils.

Biegeweiche Schalen mit hoher flächenbezogener Masse

Für eine gute Schalldämmung muss die Einzelschale (= Beplankung) im schalltechnischen Sinne „biegeweich“ sein. Biegeweiche Schalen sind übliche Bauplatten bis zu einer Dicke von ca. 20 mm, z. B. Gipsfaserplatten, Gipskartonplatten und Holzwerkstoffplatten.

Das Flächengewicht der Bekleidung hat ebenfalls positiven Einfluss auf die Schalldämmung eines Bauteils. Je höher die flächenbezogene Masse der biegeweichen Beplankung, desto besser ist die Schalldämmung des Bauteils.

Maßnahmen

- Höhere Masse der Bekleidung
- Doppelte Bekleidung
- Beschwerung der Bekleidung

Entkopplung der Verbindung zwischen den Schalen

Die Kopplung der beiden Schalen, z. B. durch die Ständer, stellt eine „Schallbrücke“ dar. Für ein günstiges schalldämmendes Verhalten sollte die Verbindung möglichst entkoppelt (weich, federnd durch eine zusätzlich aufgebrachte Lage Querprofile, z. B. Resilient Channels, **Abb. 51**) oder im Idealfall vollständig getrennt sein (Doppelständerwand).

Entwicklungen auf dem Gebiet des Schallschutzes haben Ständerprofile hervorgebracht, deren Steg tief gefaltet ist. Dadurch wirkt dieser als „akustisch wirksame Feder“, die das freie Schwingen der Platte auf dem Ständer fördert.

Außerdem gibt es Profile, deren Flansche genoppt oder gerillt sind, um die Auflagefläche der Platte und damit die Schallübertragung zu reduzieren.

Maßnahmen

- Größerer Ständerabstand
- Größerer Schalenabstand
- Befestigung der Beplankung über Dämmstreifen, Federschienен oder Federelemente
- Schallschutzprofile (z. B. MW-Profil, gerippte oder genoppte Profile)
- Entkopplung der beiden Schalen (Doppelständerwand)

Hohlraumdämmung

Zur Erhöhung der Schalldämmung wird der Hohlraum meist mit schallabsorbierendem Material, in der Regel Faserdämmstoffen, ausgefüllt. Beim Durchgang durch die Fasern wird Schallenergie in Wärmeenergie umgewandelt. Geschlossenzellige Dämmstoffe wie Hartschäume sind zur Schallabsorption im Hohlraum nicht geeignet.

Maßnahmen

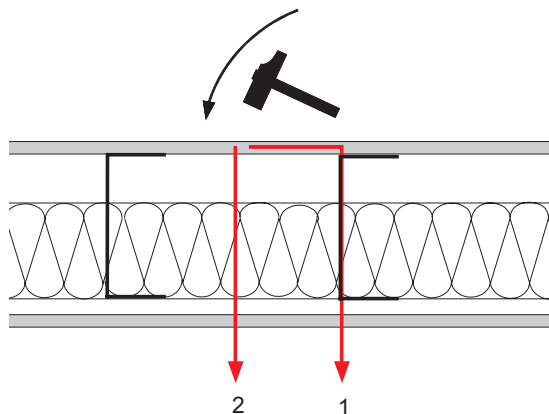
- Füllung mit Faserdämmstoff bis maximal 80 % des Querschnitts (keine Kopplung durch den Dämmstoff)

Decken in Stahl-Leichtbauweise

Bei der Konstruktion von Decken sind für den Luftschallschutz die gleichen Maßnahmen zu treffen wie bei der Konstruktion von Wänden. Neben den Anforderungen der Luftschalldämmung ist das Trittschalldämmmaß ein wichtiges Kriterium zur schalltechnischen Bewertung eines Deckenaufbaus. Die Anforderungen an den Trittschallschutz sind bei leichten Deckensystemen schwieriger zu erfüllen als die Vorgaben des Luftschallschutzes. Darum ist bei leichten Deckensystemen die Hauptaufmerksamkeit auf das Erzielen einer ausreichenden Trittschalldämmung zu richten. Man kann davon ausgehen, dass bei ausreichendem Trittschallschutz ein guter Luftschallschutz automatisch gegeben ist.

Um eine hohe Trittschalldämmung im Stahl-Leichtbau zu erreichen, wird angestrebt, die direkte Körperschallübertragung über die Decke zu unterbinden, indem man den Schalleintrag an der Deckenoberseite von der Schallabstrahlung an der Deckenunterseite möglichst entkoppelt. Dies wird durch eine konsequente Trennung der einzelnen Schichten in einem Deckenaufbau erreicht. Dazu dienen auf der

Abb. 55:
Trittschallübertragung in Stahl-Leichtbaudecken
1. Übertragung über den Träger
2. Übertragung über den Deckenhohlraum



Oberseite Estriche, die in der Regel über Trittschalldämmschichten von der tragenden Konstruktion entkoppelt werden (schwimmender Estrich).

Positiven Einfluss auf die Schalldämmung von Fußbodenaufbauten nehmen folgende Faktoren:

- Biegeweichheit und hohes Flächengewicht des Estrichs
- geringe Steifigkeit der Trittschalldämmung bei großer Dicke (bis 50 mm)
- Vermeidung von Schallbrücken zu den Raumwänden und der Rohdecke
- sorgfältige Ausführung der Anschlüsse an die Raumwände (Randdämmstreifen)
- zusätzlich aufgebrachte Beschwerungen in Form von Schüttungen, Matten oder Steinplatten
- weich federnder Bodenbelag, z. B. Teppichboden (darf für den Nachweis des Mindestschallschutzes nicht angerechnet werden)

Trockenestrichsysteme verbessern den Schallschutz und weisen zudem im Gegensatz zu Nassestrichen die Vorteile eines geringeren Gewichtes und einer sofortigen Begehbarkeit auf. Außerdem wird keine Baufeuchte eingebracht, die austrocknen muss und den Bauablauf verzögert.

Das für Massivdecken übliche Rechenverfahren mit Verbesserungsmaßen von Fußbodenaufbauten ist für leichte Deckensysteme nur begrenzt anwendbar. Die für Massivdecken ermittelten Verbesserungsmaße für verschiedene Deckenaufbauten, meist schwimmende Estriche, sind nicht auf Konstruktionen mit Metallprofilen zu übertragen. Die Schwachpunkte der Trittschalldämmung liegen bei Massivdecken in hohen Frequenzbereichen, bei leichten Deckensystemen dagegen in tiefen. Da die Dämmwirkung von Estrichen bei tiefen Frequenzen geringer ist als bei hohen, kommt es zu dem Phänomen, dass das für Massivdecken ermittelte Verbesserungsmaß eines Fußbodenaufbaus größer ist als das für eine leichte Decke.

In Abhängigkeit vom Aufbau der leichten Deckensysteme können sich prinzipiell Unterschiede im Trittschallverbesserungsmaß für einen Trockenunterboden ergeben. Das auf einer bestimmten Leichtbaudecke ermittelte Trittschallverbesserungsmaß gilt demnach nur für diese Decke und kann nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand nicht, wie bei Massivdecken, beliebig auf andere Decken übertragen werden. Um Fehlinterpretationen der erreichbaren bauakustischen Ergebnisse zu vermeiden, ist eine Übertragung der gemessenen Trittschall-



Abb. 56 (oben): Resilient Channels zur schalltechnisch entkoppelten Befestigung der Unterdecke an den Tragprofilen (Profilhaus, Ettlingen)

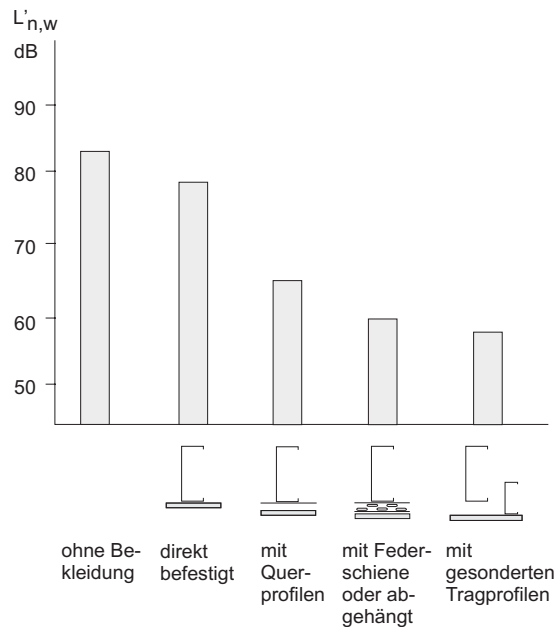
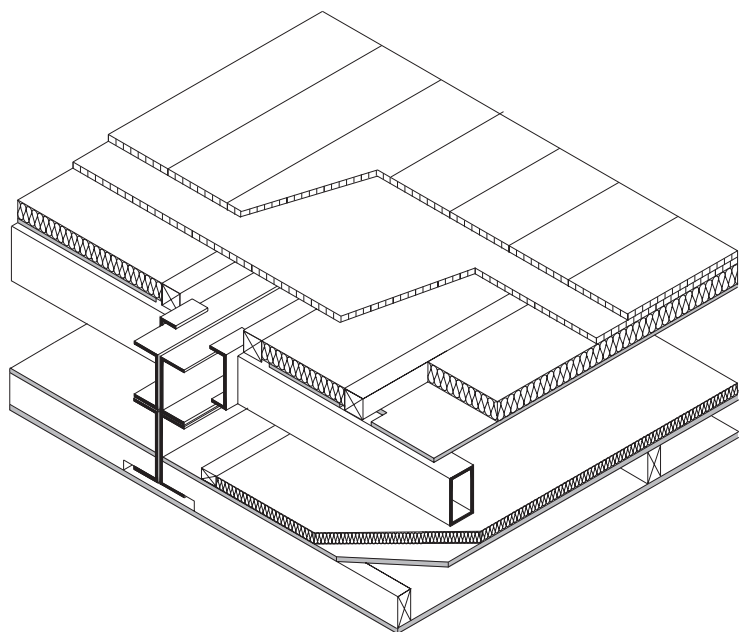


Abb. 57 (Mitte): Minderung des Normtrittschallpegels $L'_{n,w}$ durch Lockerung der Verbindung zwischen unterseitiger Verkleidung und Tragprofil (Abschätzung der Werte auf der Grundlage von Holzbalkendecken)

Abb. 58 (unten): Deckenaufbau mit drei voneinander entkoppelten Schalen; Trittschallpegel $L'_{n,w,eq,R} = 41$ dB; Luftschalldämmung $R'_{w,R} = 70$ dB



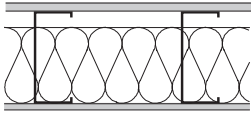
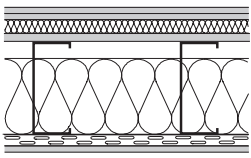
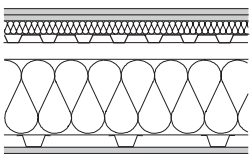
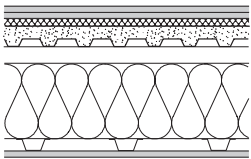
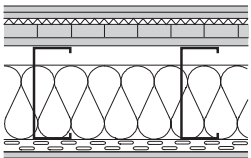
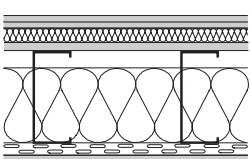
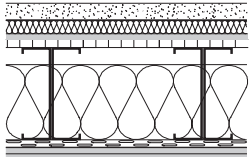
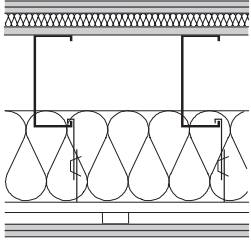
Bauteilaufbau		Schall- dämmmaß $R_{w,R}$	Trittschall- pegel $L_{n,w,R}$
	Zementgebundene Faserplatte 22 mm Deckenträger 200 mm Dämmstoff Mineralfaser 160 mm GKB 12,5 mm	38 dB*	73 dB*
	Trockenunterboden GF 2x10 mm Trittschalldämmung 20 mm Zementgebundene Faserplatte 22 mm Deckenträger 200 mm Dämmstoff Mineralfaser 160 mm Federschiene 25 mm GKB 12,5 mm	52 dB*	58 dB*
	Trockenunterboden GF 2x10 mm Trittschalldämmung 20 mm Trapezblech 25 mm Deckenträger 200 mm Dämmstoff Mineralfaser 160 mm Federschiene 25 mm GKB 12,5 mm	52 dB*	58 dB*
	Trockenunterboden GF 2x10 mm Trittschalldämmung 15 mm Beton 50 mm Trapezblech 25 mm Deckenträger 200 mm Dämmstoff Mineralfaser 160 mm Federschiene 25 mm GKB 12,5 mm	56 dB*	52 dB*
	Trockenunterboden GF 2x10 mm Trittschalldämmung 10 mm Beschwerung Sandmatten 34 mm Zementgebundene Faserplatte 22 mm Deckenträger 200 mm Dämmstoff Mineralfaser 160 mm Federschiene 25 mm GKB 12,5 mm	58 dB*	50 dB*
	Trockenunterboden GF 2x12,5 mm Trittschalldämmung 20 mm Zementgebundene Faserplatte 22 mm Deckenträger 200 mm Dämmstoff Mineralfaser 160 mm Federschiene 25 mm GKB 2x12,5 mm	54 dB*	53 dB*
	Zementestrich 50 mm Trittschalldämmung 30 mm Gipsbauplatte 12,5 mm Spanplatte 19 mm Deckenträger 200 mm Dämmstoff Mineralfaser 160 mm Federschiene 25 mm GKB 2x12,5 mm	69 dB nach Prüfzeugnis	45 dB nach Prüfzeugnis
	Trockenunterboden GF 2x12,5 mm Trittschalldämmung 20 mm Zementgebundene Faserplatte 22 mm Deckenträger 200 mm Dämmstoff Mineralfaser 160 mm Abhängung Grund- und Trag-CD-Profil 2x25 mm GKB 2x12,5 mm	53 dB*	52 dB*

Abb. 59:
Schallschutz-
werte und
Deckenaufbau-
ten in Stahl-
Leichtbauweise

* Schallschutzwerte und Deckenaufbauten in Stahl-Leichtbauweise.

verbesserungsmaße nur möglich, wenn die wesentlichen konstruktiven Einflussfaktoren des Aufbaus der Decken übereinstimmen. Diese sind beispielsweise:

- Profilart
- Profilquerschnitt
- Profilabstände
- Art und Dicke der Deckenbeplankung
- Art, Dicke, Lagigkeit und Befestigung der Unterdecke/Deckenbekleidung, falls vorhanden
- Art der Füllung und Füllgrad des Deckenhohlraumes
- Beschwerung

An der Unterseite wird die tragende Konstruktion durch eine Unterdecke ergänzt. Diese kann direkt an den Deckenträgern befestigt oder über verschiedene Maßnahmen entkoppelt werden. Eine Verbesserung der Schalldämmung von Unterdecken wird durch folgende Punkte erreicht:

- Biegeweichheit und hohes Flächengewicht der Bekleidung
- Akustisch weiche Befestigung der Unterdecke an die tragende Konstruktion mittels Dämmstreifen, Federschiene, einer doppelten Lage Hutprofile oder federnder Abhängung

Zur Einhaltung der Trittschallschutz-Mindestanforderungen von Wohnungstrenndecken müssen beim Einsatz von Trockenestrichsystemen auf Leichtbaudecken folgende Vorgaben eingehalten werden:

- Trockenestrichplatte ≥ 20 mm Dicke
- hochwertiger Trittschalldämmstoff (Mineralwolle) ≥ 20 mm
- tragende Deckenschalung ≥ 19 mm Dicke
- Hohlraumdämmung, Füllgrad ≤ 80 %
- Federschiene, Federbügel, körperschall-entkoppelte Abhänger
- zweilagige Deckenbekleidung $\leq 2 \times 15$ mm

Die Anforderungen lassen sich ohne eine federnde Befestigung der unteren Deckenbekleidung und mit einer nur einlagigen Deckenbekleidung im Allgemeinen nicht erfüllen. Die Deckenbekleidung sollte möglichst schwer und biegeweich sein, z. B. aus 10 – 12,5 mm dicken Gipsfaserplatten oder 12,5 – 15 mm dicken Gipskartonplatten bestehen. Mit einem derartigen Aufbau werden bewertete Luftschalldämmmaße von ca. 60 dB erreicht sowie bewertete Norm-Trittschallpegel von ca. 51 – 54 dB. Die Trittschallschutzanforderungen an Wohnungstrenndecken werden knapp erfüllt.

Durch eine Entkopplung des Trockenunterbodens von den Deckenbalken, z. B. mit trittschalldämmten Auflagerprofilen oder Befestigungsclips, können Trittschallschutzmaße von $L'_{n,w} = 51 - 54$ dB erreicht werden. Eine weitere Verbesserung ist mit einer zusätzlichen Beschwerung auf der Deckenbeplankung möglich.

Bei Verzicht auf die Federschiene (federnde Befestigung der Deckenbekleidung) werden die Mindestanforderungen an Wohnungstrenndecken im Allgemeinen nur in Verbindung mit schwimmenden Massivestrichen (knapp) erfüllt.

Bei der Kombination von Massivestrichen mit einer Federschiene oder einer Beschwerung (ohne Federschiene) lassen sich niedrige Trittschallpegel ($L_{n,w,R}$ ca. 44 – 50 dB) erreichen, die in etwa der Kombination Trockeneestrich + Beschwerung + Federschiene entsprechen.

Die niedrigsten Trittschallpegel ($L_{n,w,R} \leq 42$ dB) stellen sich bei der Kombination Massivestrich + Beschwerung + Federschiene ein.

Schall-Längsleitung

Der erforderliche Schalldämmwert zwischen Räumen ist nicht nur vom trennenden Bauteil an sich zu erbringen, sondern stellt einen resultierenden Wert dar, der die Schallübertragung über alle Nebenwege mit einbezieht.

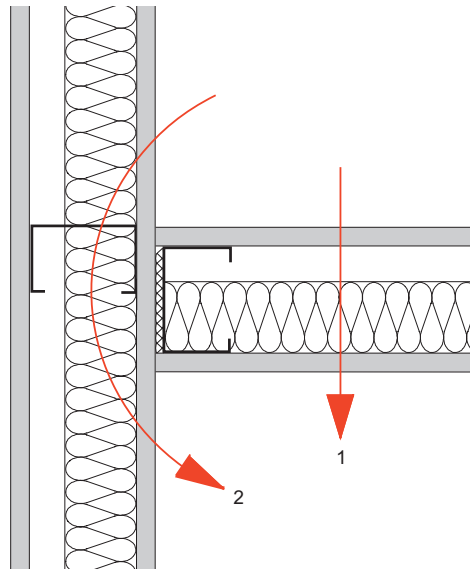
Eine Art der Nebenwegsübertragung ist die Schall-Längsleitung über angrenzende „flankierende“ Bauteile. Über diese Bauteile setzen sich die Schallwellen fort und führen im Nachbarraum zu einer Schallabstrahlung.

Im Stahl-Leichtbau wirken auch bei der Flankenübertragung andere Prinzipien als im Massivbau. Durch die biegesteife Verbindung des trennenden und flankierenden Bauteils kommt es im Massivbau zu einer so genannten „Stoßstellendämpfung“, die das bewertete Schalldämmmaß der Trennwand verbessert. Bei Stahl-Leichtbauweisen sind trennendes und flankierendes Bauteil bauakustisch gelenkig miteinander verbunden. Dadurch können sie unabhängig voneinander schwingen und beeinflussen sich somit nicht.

Das bedeutet aber nicht, dass die Flankenübertragung des Schalls in diesem Fall geringer ist als bei der biegesteifen Anbindung. Im Gegenteil, bei leichten, doppelschaligen Wänden ist die Längsleitung der flankierenden Bauteile unter Umständen von großer Bedeutung und darf deshalb nicht vernachlässigt werden.

Abb. 60:
Schallüber-
tragungswege
im Leichtbau

Übertragung
über das tren-
nende Bauteil
und über das
flankierende
Bauteil



Schallüber-
tragungswege
im Massivbau

Gegenseitige
Beeinflussung
von trennendem
und flankieren-
dem Bauteil bei
der Schallüber-
tragung mit vier
unterschiedli-
chen Übertra-
gungswegen

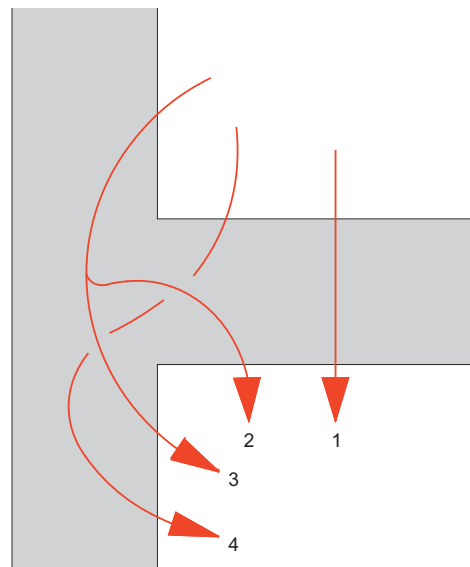
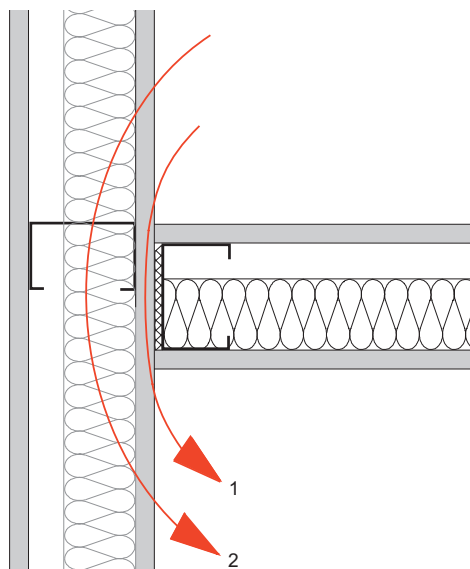


Abb. 61:
Schallübertra-
gungswege im
flankierenden
Bauteil

1. Übertragung
über die
Beplankung
(z. B. Decklage,
Wandschale)
2. Übertragung
über den
Hohlraum



Die Schall-Längsdämmmaße für leichte, zwei-schalige Wände liegen nach DIN 4109 Teil 1 zwischen 53 und 75 dB. Grundsätzlich existieren bei diesen Konstruktionen als flankierende Bauteile zwei Wege, auf denen Schall übertragen wird, unabhängig davon, ob es sich um Decken, Böden oder Wände handelt. Das ist zum einen die Bekleidungsebene und zum anderen der Hohlraum.

Alle Maßnahmen zur Verringerung der Schall-Längsleitung setzen an diesen beiden Übertragungsweisen an.

Um eine Übertragung von Schallwellen im Hohlraum zu minimieren, wird dieser mit Faserdämmstoff bedämpft oder im Anschlussbereich des trennenden Bauteils abgeschottet.

Die Schallübertragung über die Wandschale wird durch den Aufbau der Wandschale beeinflusst. Eine höhere Masse wirkt sich positiv aus, so ist z. B. die Schall-Längsleitung über eine zweilagige Bekleidung geringer als über einfach beplankte Wände.

Am wirkungsvollsten ist die Trennung der flankierenden Wandschale im Anschlussbereich des trennenden Bauteils, d. h., es existiert keine durchgehende Beplankung zwischen zwei Nachbarräumen. Bei derartigen Konstruktionen sind die Schall-Längsdämmwerte so hoch, dass eine Schall-Längsleitung über die Wände praktisch kaum mehr stattfindet. Diese Lösung stellt die schalltechnisch günstigste Konstruktion dar.

Bauteilanschlüsse

Eine besondere Bedeutung kommt bei biegeweichen, zweischaligen Bauteilen den Anschlüssen an die flankierenden Bauteile zu (Boden, Decke, Wände). Beim Leichtbau muss der Ausführung von Anschlüssen große Beachtung geschenkt werden, um die weiter vorn erläuterte Schall-Längsleitung über das flankierende Bauteil so gering wie möglich zu halten. Außerdem stoßen die Bauteile mit offenen Fugen aneinander. Wichtig ist deshalb die bauakustisch dichte Anschlussausführung (Abb. 62 und 63). Undichtheiten wirken wie Luftkanäle, durch die der Luftschall – ohne eine Umsetzung in Körperschall – von einem Raum zum anderen gelangen kann. Sie können somit die Schalldämmung drastisch verringern.

Um die guten bauakustischen Eigenschaften des Stahl-Leichtbaus zu erhalten, sind folgende Punkte für die Ausführung von Anschlüssen von Bedeutung (**Abb. 63**):

- akustische Trennung von flankierenden Bauteilen
- akustische Trennung von aneinander stoßenden Bauteilen
- Anschluss über Dämmstreifen, Dämmstoffe
- Verwendung spezieller Profile mit angeschlossenen Dichtstreifen (**Abb. 64**)
- dichter Verschluss von Fugen durch sorgfältige Verspachtelung

Werte für die Schall-Längsdämmung abhängig von der Beplankung der flankierenden Wand und der Anschlussausbildung zur Trennwand sind in DIN 4109 Beiblatt 1, Tabelle 32 [18], sowie in entsprechenden Veröffentlichungen [1] und Herstellerunterlagen angegeben. Für den schalltechnischen Nachweis von Wohnungstrennwänden sind die Angaben der DIN 4109 Beiblatt 1 ungenügend (zu niedrige Schall-Längsdämmmaße). Hier muss auf Werte zurückgegriffen werden, die durch Prüfzeugnisse nachgewiesen wurden, wie sie z. B. für Gipsfaserplatten vorliegen. Durch „Kombination“ der Dämmwerte der flankierenden Bauteile (Wände, Decke, Boden) und des trennenden Bauteils kann das resultierende Schalldämmmaß ermittelt werden. Für die Durchführung der Berechnung des resultierenden Schalldämmmaßes sei auf DIN 4109 [18], Beiblatt 1, die BAKT-Schrift SS3 [4], den Trockenbau Atlas [2] oder Berechnungsblätter von Systemherstellern verwiesen.

Für eine korrekte schalltechnische Planung kann **Abb. 68** als Checkliste dienen. Aufgelistet sind die häufigsten Wege der Schallübertragung.

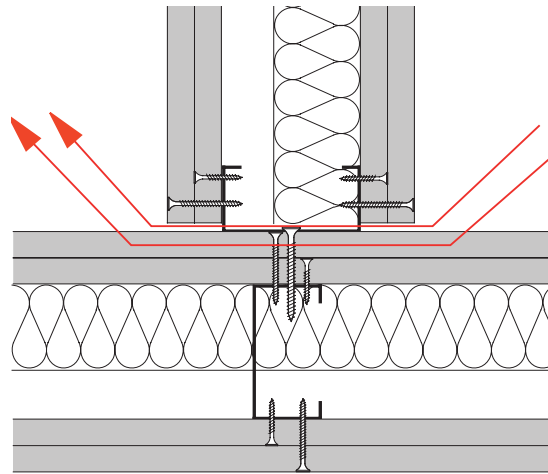


Abb. 62:
Schalltechnische
Undichtheit und
Schallbrücke
im Bereich eines
Bauteilanschlusses

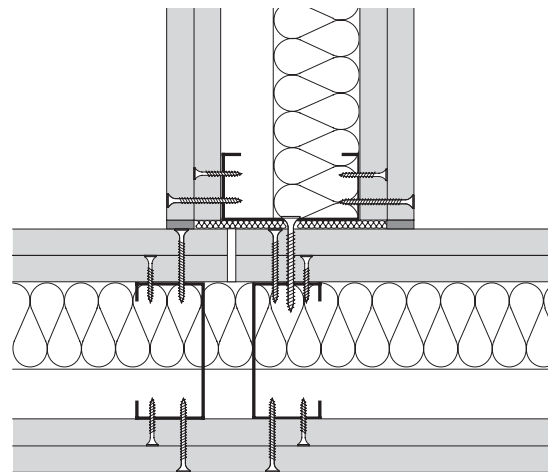


Abb. 63:
Schalltechnisch
richtiger Bauteil-
anschluss mit
dichtem Wand-
anschluss und
Trennung der
flankierenden
Beplankung

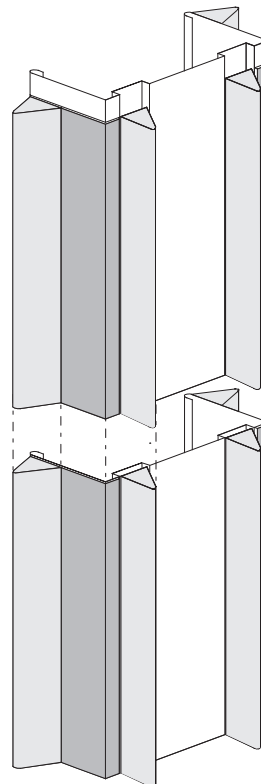
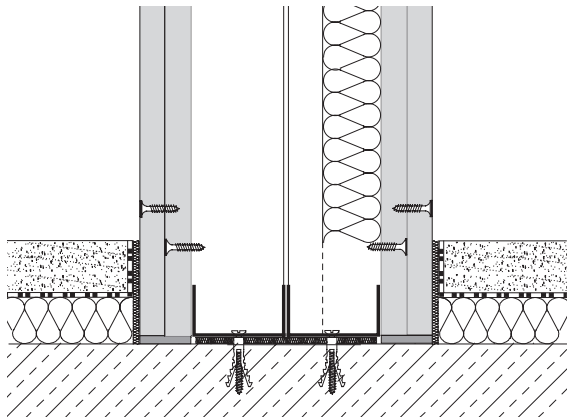
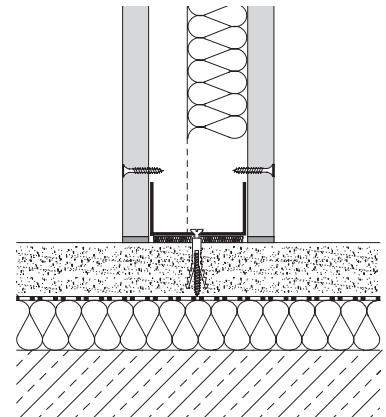


Abb. 64:
Metallprofil mit
angeschlossener
trockener
Dichtung

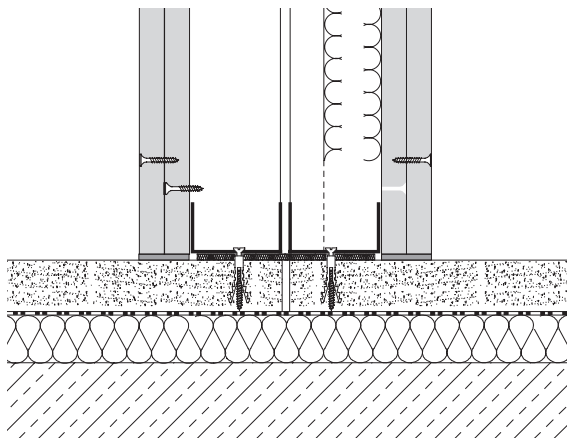
Abb. 65:
Anschlussdetails:
Trennwand an
Massivestrich,
Trennwand-
bekleidung GKB,
Zementestrich
(schwimmend),
 $R'_{w,R}$ errechnet
nur unter Berücksichtigung
der Trennwand und
des Bodens



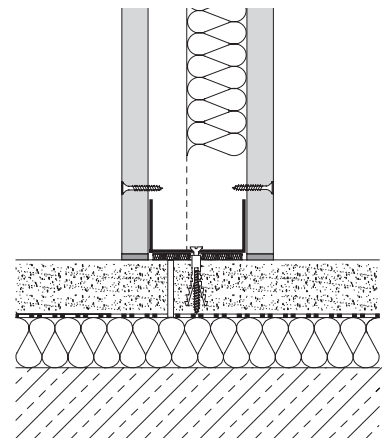
Trennwand $R_{w,R} = 60 \text{ dB}$
Massivestrich $R_{L,w,R} = 70 \text{ dB}$
 $R'_{w,R} = 59 \text{ dB}$



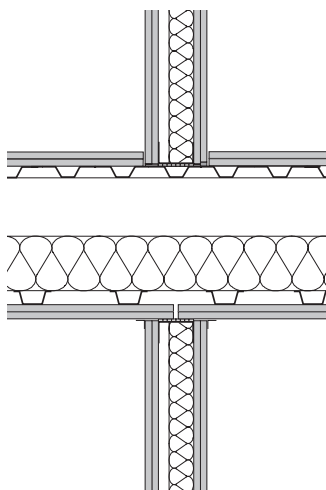
Trennwand $R_{w,R} = 41 \text{ dB}$
Massivestrich $R_{L,w,R} = 38 \text{ dB}$
 $R'_{w,R} = 36 \text{ dB}$



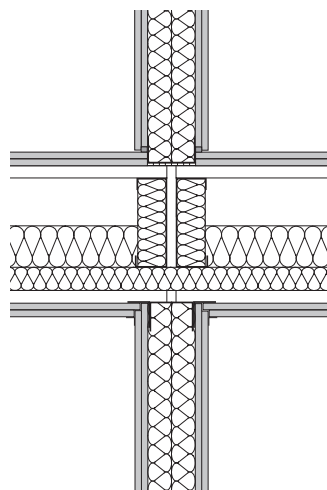
Trennwand $R_{w,R} = 60 \text{ dB}$
Massivestrich $R_{L,w,R} = 55 \text{ dB}$
 $R'_{w,R} = 53 \text{ dB}$



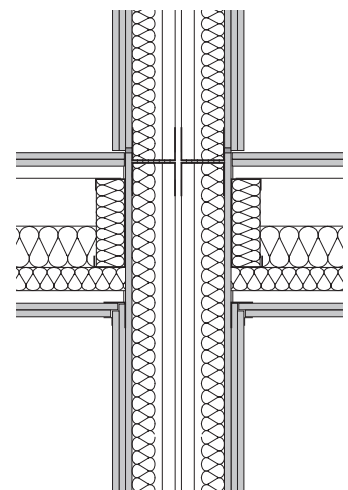
Trennwand $R_{w,R} = 41 \text{ dB}$
Massivestrich $R_{L,w,R} = 55 \text{ dB}$
 $R'_{w,R} = 40 \text{ dB}$



$R'_w = 44 \text{ dB}$ $L_{n,w,R} = 54-57 \text{ dB}$



$R'_w = 52 \text{ dB}$ $L_{n,w,R} = 52-53 \text{ dB}$



$R'_w = 60 \text{ dB}$ $L_{n,w,R} = 43-47 \text{ dB}$

Abb. 66:
Trennwand-
anschlüsse
an Decken

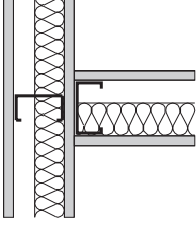
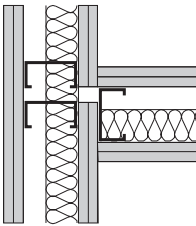
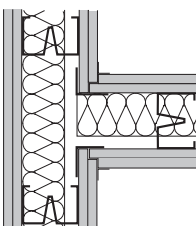
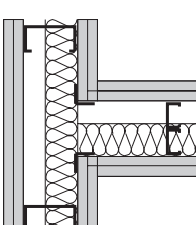
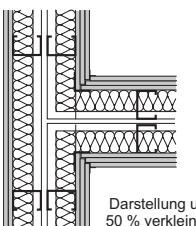
Anschlussausbildung der flankierenden Wände an die Trennwand	Schall-Längsdämmmaß $R_{L,w,R}$ der flankierenden Wände	Schalldämmmaß $R_{w,R}$ der Trennwand	Resultierendes Schalldämmmaß $R'_{w,R}$ ¹⁾
1 	53 dB nach DIN 4109, GKB	42 dB GKB ²⁾	41 dB
	57 dB Prüfzeugnis, GF	52 dB Prüfzeugnis, GF	49 dB
2 	57 dB nach DIN 4109, GKB	52 dB GKB ²⁾	49 dB
	62 dB Prüfzeugnis, GF	57 dB Prüfzeugnis, GF	54 dB
3 	75 dB in Anlehnung an DIN 4109, GKB	54 dB GKB ²⁾	54 dB
	75 dB in Anlehnung an Prüfzeugnis, GF	60 dB GF ²⁾	59 dB
4 	75 dB nach DIN 4109, GKB	60 dB GKB ²⁾	59 dB
	75 dB Prüfzeugnis, GF	64 dB Prüfzeugnis, GF	63 dB
5 	ca. 76 dB in Anlehnung an DIN 4109, GKB	ca. 64 dB GKB	63 dB
	ca. 76 dB in Anlehnung an Prüfzeugnis, GF	ca. 68 dB GF	66 dB
Vergleichskonstruktion zu 4 	300 kg 17,5 cm KS-1,8	960 kg ~ 42 cm Stahlbeton	63 dB
	400 kg 24 cm KS-1,8	810 kg ~ 35 cm Stahlbeton	63 dB
	600 kg 30 cm KS-1,8	600 kg ~ 26 cm Stahlbeton	63 dB

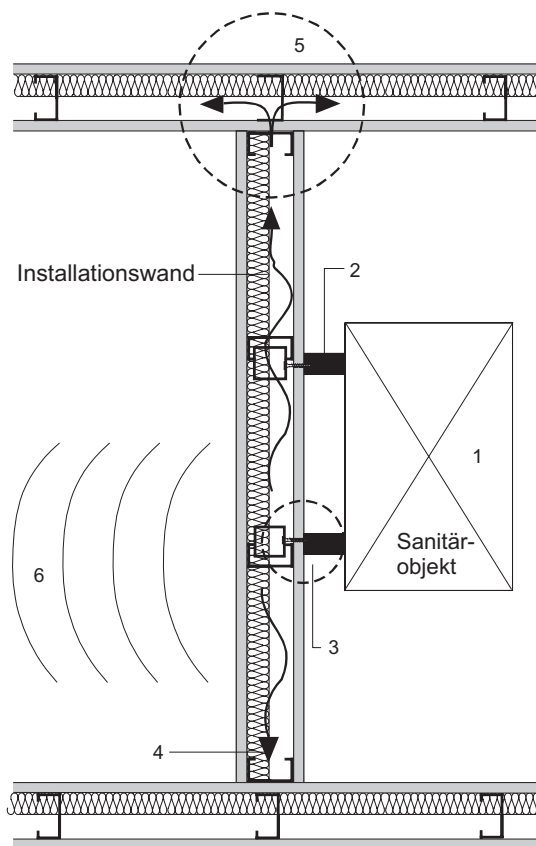
Abb. 67:
Maßnahmen zur Verringerung der Schall-Längsleitung am Beispiel von Wand-T-Stößen

¹⁾ Schallübertragung über die Trennwand und zwei gleichartige flankierende Wände [dB], entsprechend der Abbildung.

²⁾ Mittelwert für die dargestellte Konstruktion, ermittelt in einer Messreihe der Gipskartonplatten-Industrie für Gipskarton-Metallständerwände.

Schallübertragungswege	
Übertragung durch die Trennwand	- Durch freie Öffnungen oder Undichtheiten in der Fläche (z.B. gegenüberliegende Steckdosen, Sanitärinstallationen) - Durch Schwächungen im Wandaufbau (z. B. Schattenfugen, verdeckte Fußleisten)
Übertragung im Deckenbereich	- Über durchlaufende Deckenbalken - Über „leichte“ Decken, z. B. Hohlkörperdecken - Entlang einer durchlaufenden Deckenbekleidung oder Unterdecke - Durch den Deckenhohlraum (zwischen den Balken)
Übertragung entlang einer flankierenden Wand (Flurwand/Außenwand)	- Durch das Wandelement - Durch die Anschlussfuge - Durch die Tür und dann über den Flur - Entlang einer durchlaufenden Wärmedämmschicht
Übertragung entlang durchlaufender Bauteile	- Sanitärinstallation - Heizungsrohre - Elektroinstallationskanäle

Abb. 68:
Schallüber-
tragungswege
(nach Ruhe)



1. Reduzierung der Anregung durch Einsatz geräuscharmer Sanitär-objekte
2. Reduzierung der Anregung der Leichtbaukonstruktion durch geeignete Befestigung der Sanitär-objekte
3. Reduzierung der Anregbarkeit von Leichtbaukonstruktionen durch konstruktive Maßnahmen
4. Reduzierung der Körperschallweiterleitung in den Installationswänden
5. Reduzierung der Körperschallweiterleitung von der Installationswand auf flankierende Bauteile
6. Reduzierung der Luftschallabstrahlung durch die Installationswand

Abb. 69:
Maßnahmen zur
Reduzierung der
Körperschall-
übertragung bei
Installationen

Schallschutz bei Sanitärinstallationen

Körperschallübertragung von Installationsgeräuschen

Installationsgeräusche entstehen beim Betrieb der Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen).

Fließgeräusche werden als Körperschall auf die Tragkonstruktion übertragen und führen so unter Umständen zur Schallabstrahlung in schutzbedürftige Wohnbereiche. Somit sind Probleme mit Installationsgeräuschen in der Regel durch eine ungenügende Körperschall-dämmung verursacht.

Insgesamt lässt sich der Gesamtkomplex der Installationsgeräusche in drei Teilbereiche untergliedern, die im Hinblick auf das Körperschallverhalten optimiert werden müssen:

- Bereich der Anregung
- Bereich der Übertragung
- Bereich der Abstrahlung

Für eine möglichst geringe Körperschallübertragung sind diese drei Bereiche voneinander akustisch zu entkoppeln. Für die Anregung bedeutet dies den Einsatz schalltechnisch optimierter Sanitärgegenstände und Armaturen sowie deren schallweiche Befestigung.

Für die Reduzierung der Schallübertragung ist eine Trennung der Bereiche Anregung und Abstrahlung günstig, d. h., Befestigung der Schallerzeuger (Sanitärgegenstände, Rohrleitungen) sind an Bauteilen, die selbst nicht an der Schallabstrahlung in Nachbarräume beteiligt sind, zu befestigen. Diese Entkopplung kann im Bereich der Anregung durch eine Vorwandinstallation oder durch eine Doppelständerwand erfolgen.

Die Entkopplung der Abstrahlung kann durch die Anordnung einer Vorsatzschale in Nachbarräumen hergestellt werden.

Um die Abstrahlung selbst zu minimieren, sind entsprechend geeignete Wandschalen der Ständerwände mit schwerer, biegeweicher Beplankung auszubilden.

Die in DIN 4109 [18] enthaltenen Planungs- und Ausführungshinweise zur Erfüllung der Schallschutzanforderungen sind in erster Linie auf den Massivbau anwendbar und nicht ohne weiteres auf die Bedingungen des Leichtbaus zu übertragen. Werden die nachfolgend aufgeführten Planungsregeln zur Reduktion der Körperschallübertragung eingehalten, ist die Schallübertragung geringer als im herkömmlichen Massivbau.

Als grundlegende Planungsvorgaben für die schalltechnisch richtige Ausführung von Sanitärinstallationen im Stahl-Leichtbau können folgende Punkte gelten:

- Grundsätzlich körperschallgedämmte Befestigung von Installationsleitungen an der Tragkonstruktion durch die Verwendung von Rohrschellen mit elastischer Gummieinlage (**Abb. 72**). Beim Einsatz von Befestigungsbändern müssen Rohre im Befestigungsbereich durch körperschalldämmende Materialien gegenüber dem Band und der Wandkonstruktion isoliert sein.
 - Vermeidung jeder starren Anbindung zwischen Saniterelementen und Wänden/Decken:
 - körperschallgedämmte Befestigung von Sanitärkeramik und Spülkästen sowie Trägerrahmen an der Tragkonstruktion durch die Verwendung elastischer Zwischenschichten bei der Befestigung
 - Wanne und Wannenschürze körperschallgedämmt auflagern (z. B. Hartschaumwannenträger) oder auf den schwimmenden Estrich stellen
 - Wanne und Wannenschürze von den Wänden mittels Dämmstreifen trennen, Verwendung geeigneter körperschalldämmender Wannenrandprofile
 - Körperschalldämmung der Armaturenanschlüsse (z. B. zu den Fliesen) durch elastische Zwischenschichten oder die Verwendung von Armaturanschlussdosen aus Kunststoff
 - körperschallgedämmte Rohrdurchführungen durch Wände und Decken durch Ummantelung des Rohres im Durchgangsbereich
 - Verwendung spezieller Schallschutzrohre in besonders empfindlichen Bereichen; bei schallgedämmten Rohren ist ihr größerer Außendurchmesser (z. B. ca. 120 mm statt 100 mm für ein Abwasserrohr) zu beachten.
 - Vermeidung von Kontakt (Körperschallbrücken) zwischen Trink- und Abwasserleitungen (Rohre und Fittings)
 - Auffüllen von verbleibenden Hohlräumen in Installationswänden und Vorwandinstallationen mit schallabsorbierendem Dämmmaterial (**Abb. 74**)
 - Ummantelung aller Rohrleitungen mit weich federndem Material (Dämmschläuche, Wickelfilze etc., kein PU-Schaum)
 - Verwendung von Armaturen der Armaturen-geräuschgruppe I und Verringerung des Fließdruckes
 - geräuscharme Ausführung von Spülkästen
 - möglichst hohe Vorfertigung von Installationswänden, Vorwandinstallationssystemen oder deren Elementen, um Ausführungsfehler bei der Montage vor Ort zu vermeiden; in Belangen des Schallschutzes geschulte Mitarbeiter
- Die aus schalltechnischer Sicht gegebene Empfehlung, Dusch- oder Badewannen auch auf den schwimmenden Estrich zu stellen, kann wegen der Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht und der sich daraus ergebenden Absenkungen des Wannenrandes für die Randabdichtung problematisch sein, wenn diese mehr als 1 mm beträgt. Hierfür sind Dämmstoffe mit hoher Steifigkeit zu verwenden.

Abb. 70
(unten links):
Vorwandinstallation für Sanitäreinbauten (halbhoch und raumhoch)

Abb. 71
(unten rechts):
Doppelständer-Installationswand. Die Ständer sind durch Plattenstreifen miteinander verbunden.

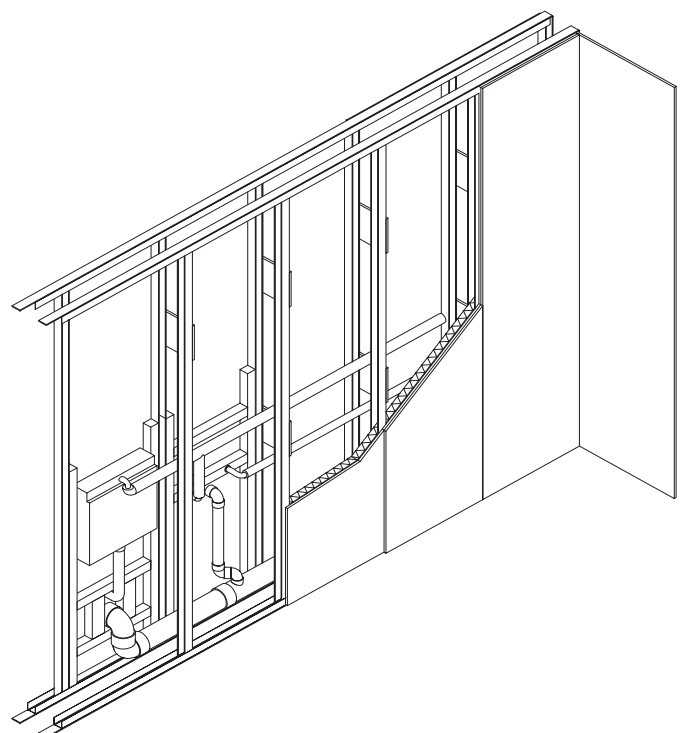
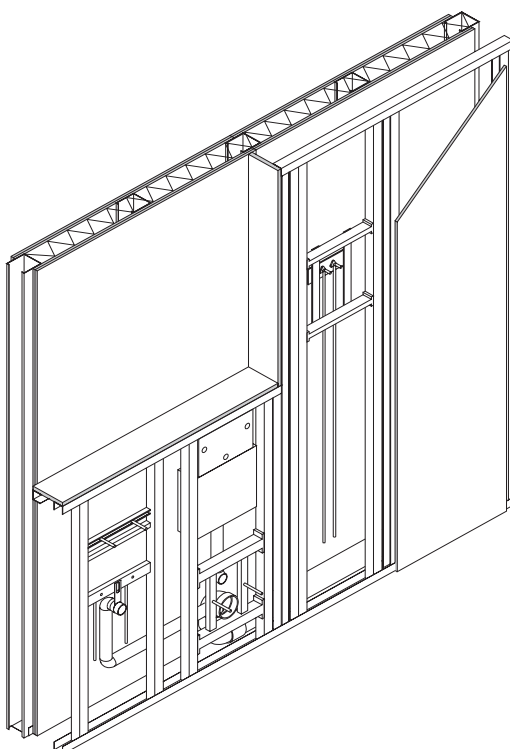


Abb. 72:
Körperschall-
gedämmte
Befestigung von
Installations-
leitungen in
einer Trocken-
bauwand



Abb. 73:
Schalltechnische
Entkopplung mit
federnder
Dämmschicht
zur horizontalen
und vertikalen
Leitungsführung
in Einfach- und
Doppelständer-
wänden

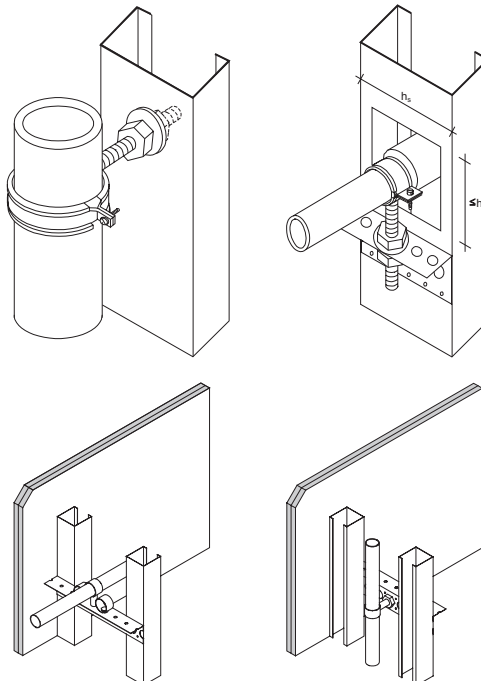


Abb. 74:
Schallschutzrohr
in einer Einfach-
ständerwand

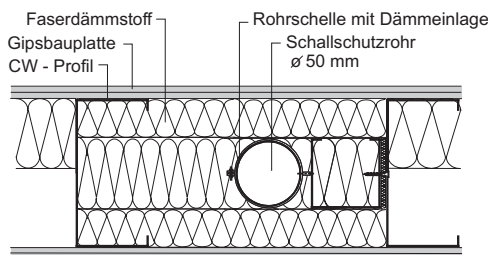
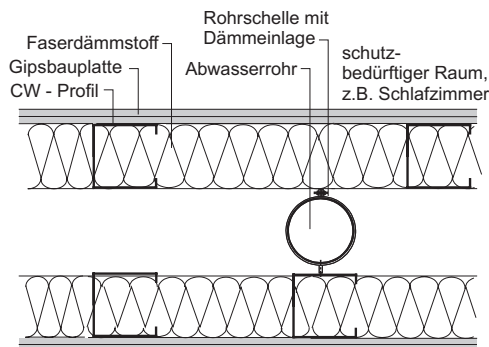


Abb. 75:
Schallschutzrohr
in einer Doppel-
ständerwand



lauter Raum, z.B. Bad

Durch die Nachhärtung bestimmter elasto-plastischer Dichtungsmaterialien (z. B. Silikone oder Acrylate) können sich ggf. Schallschutzverschlechterungen der damit abgedichteten raumabschließenden Bauteile einstellen.

Grundsätzlich ist der Einsatz von Installationsvorsatzschalen der direkten Installation in Trennwänden vorzuziehen. Trotzdem bieten sich die Hohlräume von Stahl-Leichtbauwänden, quasi als Schacht, zum Führen von Installationsleitungen an. Die Metallständer sind je nach Bauart mit Aussparungen und Durchlässen ausgestattet, durch die Installationen verlegt werden können. Ein guter Schallschutz ist auch bei integrierten Installationsleitungen zu erreichen, wenn folgende Punkte beachtet werden:

- Befestigung der Rohrleitungen in Schächten nicht an den Ständern, an denen die raumseitige Beplankung befestigt ist, sondern auf der Rückseite des Schachtes oder an gesonderten Vorrichtungen (separate Ständer, Boden, Decke)
- Befestigung der Rohrleitungen bei Doppelständerwänden nur an den Ständern auf der Seite des lauten Raumes oder an gesonderten Vorrichtungen (separate Ständer, Boden, Decke; **Abb. 75**)
- Versetzen der Ständer gegeneinander. Es darf keine Verbindung (Körperschallbrücke) zwischen der Beplankung zum schutzbedürftigen Raum und den Rohrleitungen existieren. Zwischen den Installationen und dieser Beplankung ist durchgängig Faserdämmstoff zu verlegen.
- Die Schacht- bzw. Wandbreite muss so bemessen werden, dass der Raum zwischen den Schalen genug Platz für den größten Rohrdurchmesser bietet.
- durchgehende Faserdämmstoffschicht (≥ 40 mm) zwischen Wasserleitungen und dem schutzbedürftigen Raum
- grundsätzlich doppelte Beplankung
- Volldämmung von Schächten, der Dämmstoff darf dabei nicht stark gepresst werden (**Abb. 74**)
- Bei Doppelständerwänden wird auch auf der Seite zum lauten Raum Faserdämmstoff eingebracht (**Abb. 75**)
- Bei Wohnungstrennwänden muss ein zusätzliches Vorwandinstallationssystem verwendet werden. Liegen auf beiden Seiten einer Doppelständer-Wohnungstrennwand laute Räume (Bäder), so kann bei geeigneter Ausführung die Wohnungstrennwand auch als Installationswand oder Schacht eingesetzt werden (**Abb. 75**).

Wärme- und Feuchteschutz

Winterlicher Wärmeschutz

Bei Außenbauteilen in Stahl-Leichtbauweise ist die primäre Dämmebene integrativ angeordnet, d. h., sie liegt in der Tragwerksebene (Ständerebene).

Dadurch hängt die Wahl des Profilquerschnitts außer von den statischen Anforderungen auch von den gewünschten energetischen Eigenschaften ab. Der zwischen den Stahl-Leichtprofilen liegende Hohlraum muss vollflächig mit Dämmstoff gefüllt werden, um Wärmebrücken und Konvektionsströme in der Dämmstoffebene zu vermeiden. Die integrative Dämmebene wird in den meisten Fällen durch eine weitere additive Dämmebene ergänzt. Diese wird außen oder auch innen angeordnet, um die Wärmebrückewirkung der Metallständer zu mindern.

Der Niedrigenergiehausstandard wird bei Stahl-Leichtbauweisen nahezu immer erreicht. Mit einem zusätzlichen Wärmedämmverbundsystem bzw. einer Außendämmung ist auch der Passivhausstandard und somit der Verzicht auf ein aktives Heizsystem möglich.

Bei gleichen Wärmeschutzeigenschaften bietet die Stahl-Leichtbauweise durch die reduzierten Wandquerschnitte Flächengewinne zwischen 5 und 10 % im Vergleich zu konventionellen, monolithischen Bausystemen. Bei der Ausnutzung eines zulässigen Baufensters werden dadurch die Wohnflächen maximiert (Abb. 77).

Vermeidung von Wärmebrückeneinflüssen

Zu einem günstigen energetischen Verhalten von Gebäuden in Stahl-Leichtbauweise gehören nicht nur gut dämmende Außenbauteile, sondern auch entsprechende Bauteilanschlüsse.

Um die Gefahr zusätzlicher Wärmeabflüsse und niedriger raumseitiger Bauteil-Oberflächentemperaturen bis hin zum Tauwasserausfall während der Heizperiode abzuwehren, muss auf die Vermeidung von Wärmebrücken unbedingt geachtet werden. Diese entstehen im Bereich von Eck- und Verbindungsstellen (geometrische Wärmebrücken), Bauteilfugen und Durchdringungen von Bauteilen mit erhöhter Wärmeleitfähigkeit (stoffliche Wärmebrücken) sowie durch Undichtheiten (konvektive Wärmebrücken) in der Außenhülle. Die Auswirkungen von Wärmebrücken stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit dem U-Wert der angrenzenden Bauteile. Mit fallendem U-Wert des gesamten Bauteils steigt der Anteil der Wärmeenergie-

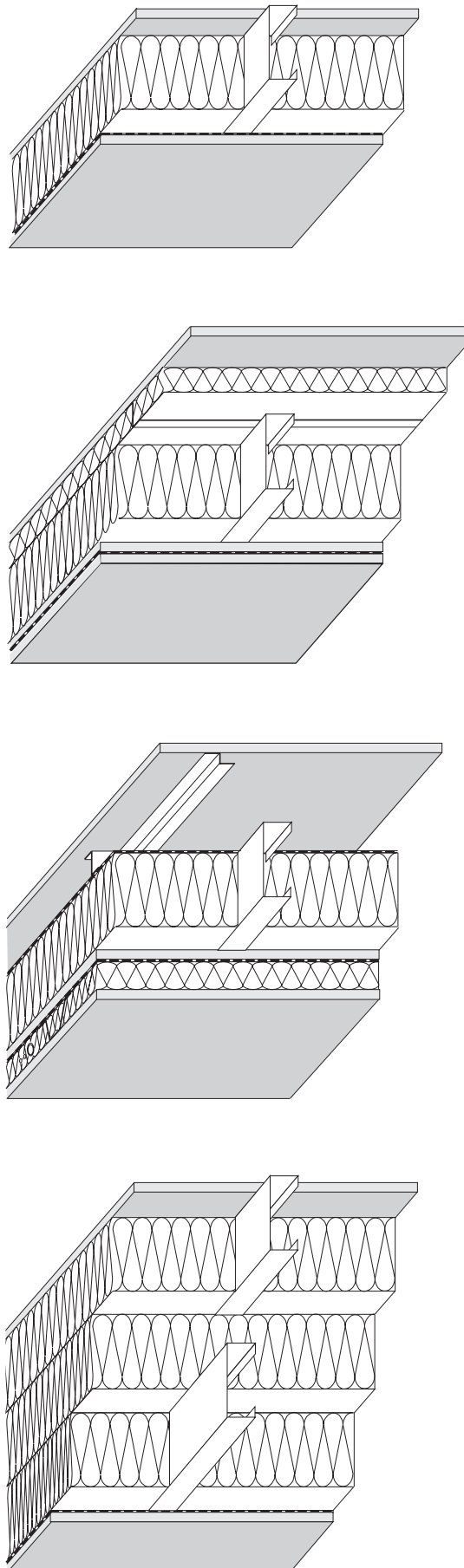
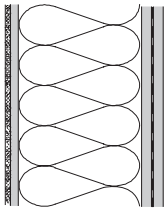
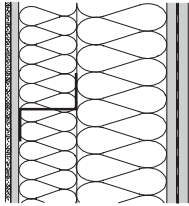
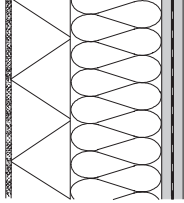
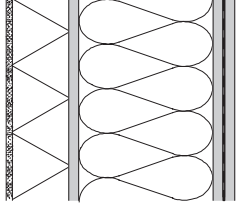
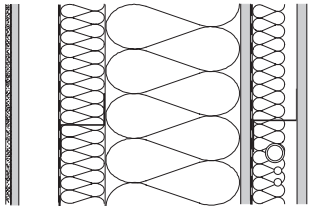
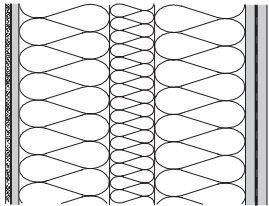


Abb. 76:
Aufbauprinzipien
von Außen-
wänden in Stahl-
Leichtbauweise

Abb. 77 (Teil 1):
U-Werte von
Außenwand-
aufbauten

Bauteilaufbau	Metallprofil $t = 1,5 \text{ mm}$, ungelocht $a = 0,625 \text{ m}$ Mineralwolledämmung WLG 040	Dicke [mm]	U-Wert [W/m ² K]	Brand- schutz
	Außenputz (armiert, mineralisch) Putzträgerplatte Metallständer/Mineralwolledämmung Dampfbremse Innenbekleidung GKF, doppelt	10 15 150 - 2 x 12,5 200	0,48	F 30-A
	Außenputz (armiert, mineralisch) Putzträgerplatte Metallprofil/Mineralwolledämmung Metallständer/Mineralwolledämmung Dampfbremse Innenbekleidung GKF, doppelt	10 15 80 100 - 2 x 12,5 230	0,25	F 30-A
	Außenputz (armiert, mineralisch) Holzweichfaserplatte Metallständer/Mineralwolledämmung Dampfbremse Innenbekleidung GKF, doppelt	10 80 100 - 2 x 12,5 215	0,29	F 30-AB
	Außenputz (armiert, mineralisch) WDVS Mineralfaser Putzträgerplatte Metallständer/Mineralwolledämmung Dampfbremse Innenbekleidung GKF, doppelt	15 80 15 150 - 2 x 12,5 285	0,22	F 30-A
	Außenputz (armiert, mineralisch) Putzträgerplatte Metallprofil, doppelt/Dämmung Winddichtheitsschicht Metallständer/Mineralwolledämmung Gipsfaserplatte Dampfbremse Installationsebene/Dämmung (40 mm) Gipsfaserplatte	10 15 2 x 60 - 150 10 - 60 12,5 377,5	0,19	F 30-A
	Außenputz (armiert, mineralisch) Putzträgerplatte Metallständer, Mineralwolle Mineralwolle Metallständer Mineralwolle (versetzt) Dampfbremse Innenbekleidung GKF, doppelt	10 15 100 50 100 - 2 x 12,5 300	0,18	F 30-A

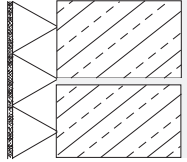
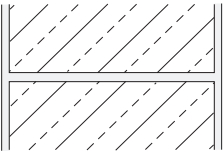
Bauteilaufbau		Dicke [mm]	U-Wert [W/m ² K]	Brand- schutz
	Außenputz (armiert, mineralisch) Mineralwolle Ansetzmörtel KS-Lochsteine Innenputz	10 80 5 175 15 285	0,39	F 120-A
	Außenputz, mineralisch Porenbeton-Planblock GWP 2/0,5 Innenputz	20 365 15 400	0,37	F 120-A

Abb. 77 (Teil 2):
U-Werte von
Außenwand-
aufbauten

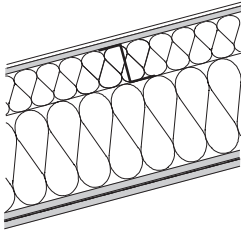
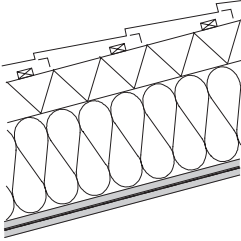
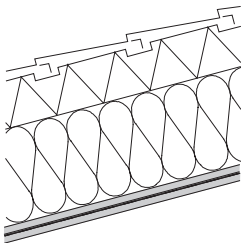
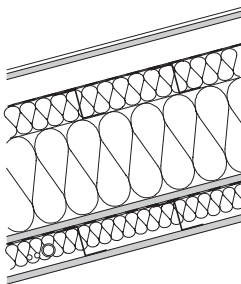
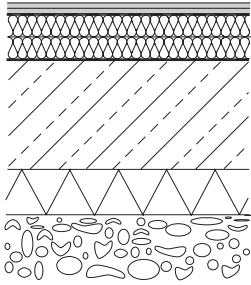
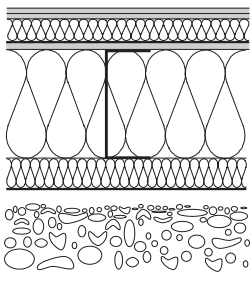
Bauteilaufbau	Metallprofil t = 2,0 mm, ungelocht a = 0,40 m Mineralwollgedämmung WLG 040	Dicke [mm]	U-Wert [W/m ² K]	Brand- schutz
	Dachdeckung Metall Schalung Metallprofil/Dämmung Tragprofil/Dämmung Dampfsperre Innenbekleidung GKF, doppelt	1,5 22 80 200 - 2 x 12,5 328,5	0,21	F 30-A
	Dachdeckung Ziegel Lattung Holzweichfaserplatte, imprägniert Tragprofil/Dämmung Dampfbremse Innenbekleidung GKF, doppelt	40 30 80 200 - 2 x 12,5 375	0,27	F 30-AB
	Dachdeckung Ziegel Dämmung EPS Tragprofil/Dämmung Dampfsperre Innenbekleidung GKF, doppelt	40 80 200 - 2 x 12,5 345	0,21	F 30-AB
	Dachdeckung Metall Schalung Metallprofil (Hinterlüftung) Unterspannbahn Metallprofil/Dämmung Tragprofil/Dämmung Bekleidung GF Dampfbremse Metallprofil/Dämmung (40 mm) Innenbekleidung GKF	1 22 60 - 60 200 12,5 - 60 12,5 380,5	0,19	F 30-A

Abb. 78:
U-Werte von
Dachkonstruk-
tionen

Abb. 79:
U-Werte von
Bodenplatten
und Decken

Bauteilaufbau	Dicke [mm]	U-Wert [W/m ² K]	Brand- schutz
	2 x 10 - 80 - 200 80 -	0,23	ohne Anforderung
380			
	2 x 10 40 - 20 200 60 1 - -	0,19	F 60-A
341			

ableitung über Wärmebrücken und somit deren negativer Einfluss überproportional an.

Durch die hohe Wärmeleitfähigkeit von Stahl ist bei Außenbauteilen in Stahl-Leichtbauweise in besonderem Maße auf die Vermeidung von Wärmebrücken zu achten. Typische Wärmebrücken sind die Profile in Außenwänden, Träger in Dächern und metallische Verbindungsmittel. Durchgehende Stahlbauteile sind grundsätzlich zu vermeiden.

Im Bereich der Profile kann die Taupunkttemperatur auf der raumseitigen Bauteiloberfläche unterschritten werden. Hierbei weisen die mechanischen Verbindungsmittel, wie z. B.

die Verschraubung der Plattenwerkstoffe in die Ständer der Unterkonstruktionen, die niedrigsten Oberflächentemperaturen auf.

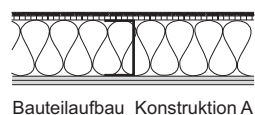
Durch eine thermovisuelle Betrachtung der Außenwand (**Abb. 81**) zeigt sich, dass die Außenoberflächentemperatur der Metallständersstruktur im Vergleich zur umgebenden Bauteiloberfläche höher ist. Im gezeigten Fall beträgt die Differenz 1 °C.

Abb. 82 zeigt die technisch richtige Behandlung der Überlagerung der stofflichen Wärmebrücke Stahl und der geometrischen Wärmebrücke im Bereich einer Außenwanddecke.

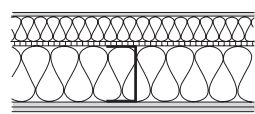
Die Berechnung des mittleren U-Wertes nach DIN 4108 Teil 5 [17] ist aufgrund der zu unterschiedlichen Wärmedurchlasswiderstände der Metallständer bzw. Stahlprofile und der Hohlraumdämmung nicht möglich. Das Verfahren darf nur angewendet werden, wenn sich die Wärmedurchlasswiderstände von Gefach und Ständer maximal um den Faktor 5 unterscheiden. Dies kann einfach durch einen mehrschaligen Aufbau und eine zusätzliche Außendämmung erzielt werden.

Den Wärmebrückeneinfluss der Metallständersprofile auf den tatsächlichen U-Wert der Wand zeigt **Abb. 85**, die Berechnungsdaten aus einem Finite-Elemente-Verfahren wiedergibt. Durch die Ergänzung eines Wärmedämmverbundsystems wird der Wärmebrückeneinfluss der Metallständer so weit reduziert, dass der tatsächliche U-Wert nur noch minimal kleiner ist als der des Gefachs.

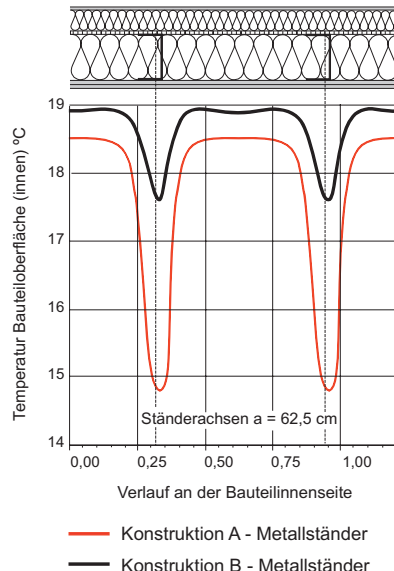
Abb. 80:
Stoffliche
Wärmebrücke;
Einfluss des
Metallständers
auf die Ober-
flächentempe-
ratur der
Innenseite



Bauteilaufbau Konstruktion A
Wärmedämmputz, 10 mm
Spanplatte V100, 13 mm
Wärmedämmung, 100 mm
GF, 2 x 12,5 mm



Bauteilaufbau Konstruktion B
Wärmedämmverbundsystem
60 mm
Spanplatte V100, 13 mm
Wärmedämmung, 100 mm
GF, 2 x 12,5 mm
Metallständer
60 mm x 100 mm x 0,6 mm



Als allgemeine Planungsgrundlage gilt, dass bei einer additiven Außendämmung, z. B. in Form eines Wärmedämmverbundsystems mit einer Dicke ≥ 60 mm und einer Wärmeleitfähigkeit von $0,04$ W/mK des Dämmstoffs, die Wärmebrücke der Unterkonstruktion so weit reduziert wird, dass ein raumseitiger Tauwasserausfall ausgeschlossen werden kann.

In hochgedämmten Außenwänden werden mehrschichtige Dämmebenen und so genannte „Thermoprofile“ eingesetzt. Der statisch weniger belastete Steg des Stahlprofils wird dabei mit Längsschlitzten ausgeführt, um den Wärmedurchgang zu reduzieren. Die versetzt angeordneten Öffnungen verhindern den direkten Wärmedurchgang über den Profilsteg. Je nach Anordnung der Schlitzte und der Stegbreite der Profile wird der Weg der Wärmeübertragung bis auf das Dreifache der Stegbreite erhöht (**Abb. 84**). Dies führt zu einer merklichen Reduzierung des Wärmestroms und ist ein intelligentes Beispiel, wie mit weniger Material und Rohstoffen die Funktionseffizienz von Bauteilen gesteigert werden kann.

Luftdichtheit und Winddichtheit

Die Luftdichtheit und Winddichtheit von Bauteilen und Gebäudehüllen ist eine grundlegende Eigenschaft, die in vielfältigen Zusammenhängen Raumklima, Bauschadenfreiheit, Innenluftqualität und Energiebilanz von Gebäuden beeinflusst.

Unter *Luftdichtheit* wird die Verhütung jeglicher konvektiven Strömung in Richtung des Dampfdruckgefälles verstanden, z. B. das Eindringen von Luft in das Bauteil (von innen nach außen oder ggf. auch umgekehrt). Luftdichteitesebenen werden in der Regel auf der Innenseite von Außenbauteilen angeordnet.

Von *Winddichtheit* ist die Rede, wenn Außenluft so weit am Eindringen gehindert wird, dass sie nicht in die Wärmedämmschicht oder Hohlräume gelangt und dadurch die Dämmeigenschaften des Bauteils nicht negativ beeinträchtigt werden. Windsperrschichten werden auf der Außenseite der Umfassungsbauteile angeordnet (**Abb. 88**).

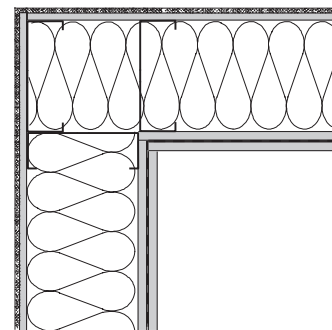
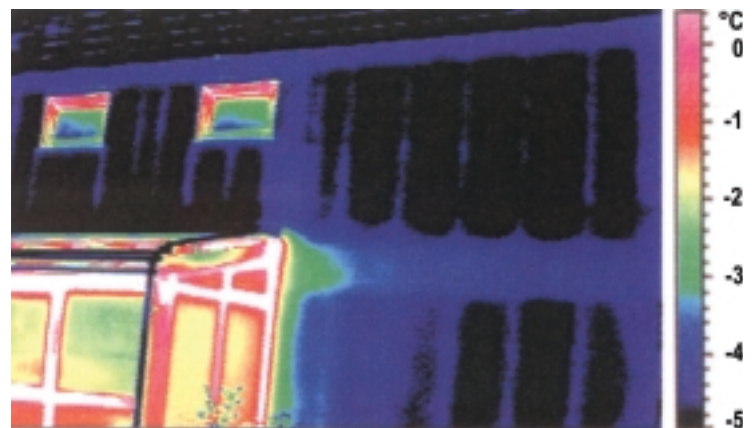
Die Durchströmung von Undichtheiten in der Gebäudehülle von außen nach innen kann zu unangenehmen Zuglufterscheinungen führen. Kalte Luft sammelt sich im Fußbodenbereich und führt zu Fußkälte und großen vertikalen Temperaturdifferenzen.

Die Luftdichtheit der Außenhülle einer Wohnung ist eine Voraussetzung für eine gute Innenraumluftqualität. Das Einströmen von störenden

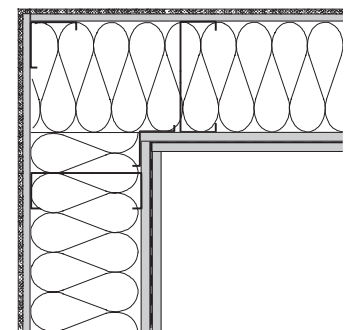
Abb. 81 (oben):
Thermovisionsaufnahme eines Gebäudes in Stahl-Leichtbauweise

Abb. 82 (Mitte):
Überlagerung einer stofflichen mit einer geometrischen Wärmebrücke im Stahl-Leichtbau

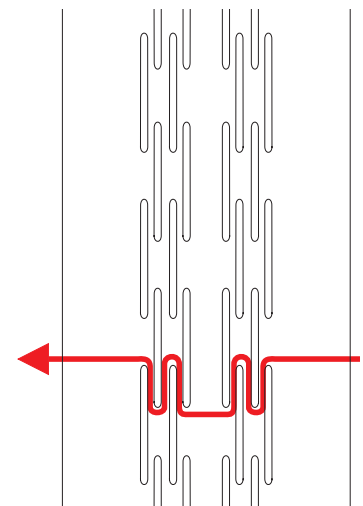
Abb. 83, 84 (unten):
Steg eines „Thermoprofils“ und Wärmefluss durch den Querschnitt



Vergrößerte Wärmeübertragung durch zusätzlichen Metallständer



Verbesserter Aufbau durch getrennte Metallständerkonstruktion



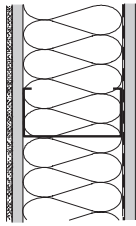
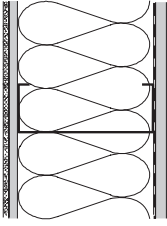
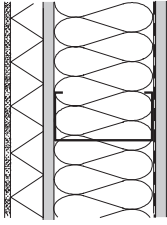
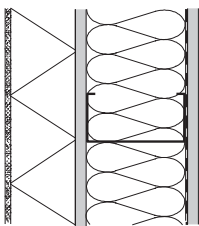
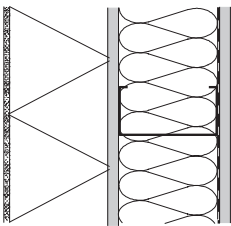
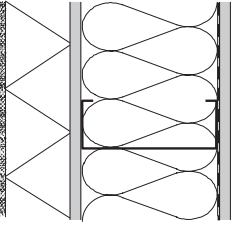
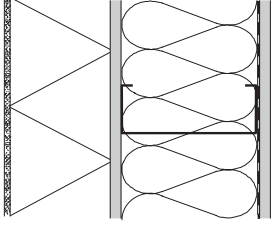
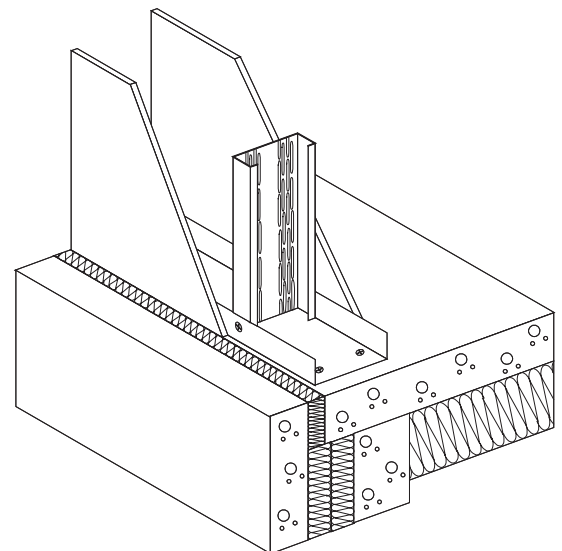
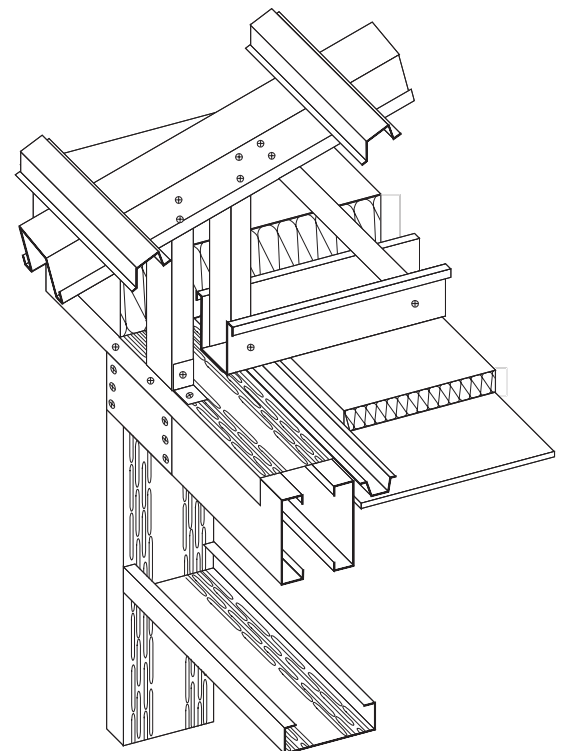
	$U_{\text{Gefach}} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{tatsächlich}} = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$	Gipsbauplatte 20 mm Mineralwolle WLG 040 / Stahlprofil 150 mm Spanplatte 19 mm Putz 15 mm
	$U_{\text{Gefach}} = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{tatsächlich}} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$	Gipsbauplatte 20 mm Mineralwolle WLG 040 / Stahlprofil 200 mm Spanplatte 19 mm Putz 15 mm
	$U_{\text{Gefach}} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{tatsächlich}} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$	Gipsbauplatte 20 mm Mineralwolle WLG 040 / Stahlprofil 150 mm Spanplatte 19 mm EPS WLG 040 60 mm Putz 15 mm
	$U_{\text{Gefach}} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{tatsächlich}} = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$	Gipsbauplatte 20 mm Mineralwolle WLG 040 / Stahlprofil 150 mm Spanplatte 19 mm EPS WLG 040 100 mm Putz 15 mm
	$U_{\text{Gefach}} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{tatsächlich}} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	Gipsbauplatte 20 mm Mineralwolle WLG 040 / Stahlprofil 150 mm Spanplatte 19 mm EPS WLG 040 150 mm Putz 15 mm
	$U_{\text{Gefach}} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{tatsächlich}} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	Gipsbauplatte 20 mm Mineralwolle WLG 040 / Stahlprofil 200 mm Spanplatte 19 mm EPS WLG 040 100 mm Putz 15 mm
	$U_{\text{Gefach}} = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{tatsächlich}} = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$	Gipsbauplatte 20 mm Mineralwolle WLG 040 / Stahlprofil 200 mm Spanplatte 19 mm EPS WLG 040 150 mm Putz 15 mm

Abb. 85 (links):
U-Wert-Vergleich unterschiedlicher Dämmstoffstärken und -aufbauten im Hinblick auf den Wärmebrückeneinfluss der Metallständerprofile (a = 62,5 cm)

Abb. 86 (unten):
Dachanschluss mit Thermoprofilen

Abb. 87 (ganz unten):
Sockelanschluss mit Thermoprofilen



Gerüchen aus benachbarten Wohnungen, von evtl. mit Schimmelpilzsporen belasteter Kellerluft, von Feinstäuben oder problematischen Emissionen aus dem Innern von Bauteilen wird dadurch verhindert.

Vermeidung von Energieverlusten (Lüftungswärmeverluste)

Hohlraumkonstruktionen in Stahl-Leichtbauweise haben bauweisenbedingt Fugen an der bauteilabschließenden Oberfläche. Die in den Hohlräumen angeordneten plattenförmigen, offenporigen Faserdämmstoffe, Matten, Bahnen oder Schüttungen erzeugen in der Regel keine luftdichte Bauteilebene. Durch Undichtheiten (konvektive Wärmebrücken) in den Flächenabschlüssen der Konstruktion findet ein unkontrollierbarer Luftaustausch zwischen innen und außen statt. Eine Undichtheit der innenseitigen Beplankung oder eines Bauteilanschlusses kann über den Hohlraum mit einer Undichtheit in der außenseitigen Beplankung in Verbindung stehen. Dadurch strömt warme Raumluft in das Bauteil und führt zu erheblichen Energieverlusten. Um dies zu vermeiden, ist die Konstruktion auf der Innenseite mit einer luftdichten Schicht auszustatten. In umgekehrter Richtung kann es zu einer Luftströmung von außen in den Hohlraum kommen. Ist die auf der Außenseite eines Außenbauteils anzuordnende Winddichtheitsschicht nicht vollständig dicht ausgeführt, dringt Kaltluft in das gesamte Bauteil ein und verteilt sich bis in Nachbarbauteile. Faserdämmstoffe werden dabei durchströmt, und Wärmedämmung wird so wesentlich reduziert.

Je besser die Außenhülle eines Gebäudes wärmedämmend ist, desto größer ist der prozentuale Anteil der Lüftungswärmeverluste durch Undichtheiten an der Gesamtheizenergiebilanz. Damit diese Lüftungswärmeverluste so gering wie möglich gehalten werden, sind Fugen und Bauteilanschlüsse luftdicht auszuführen (**Abb. 89 – 93**). Es ist zu beachten, dass eine (z. B. mit Unterdruck) festgestellte raumseitige Bauteilundichtheit keinen direkten Rückschluss auf die Lage der äußeren Einströmstelle ermöglicht und umgekehrt.

Eine hohe Luftdichtheit ist ebenso wichtig wie eine ausreichende Wärmedämmung. Hochgedämmte Niedrigenergie- oder Passivhäuser erreichen ihren prognostizierten, niedrigen Energieverbrauch nur bei ausreichend luftdichter Ausführung.

Dies ist auch Voraussetzung für die Installation einer Lüftungsanlage, die in hochwärmedämmten Häusern die aus hygienischen

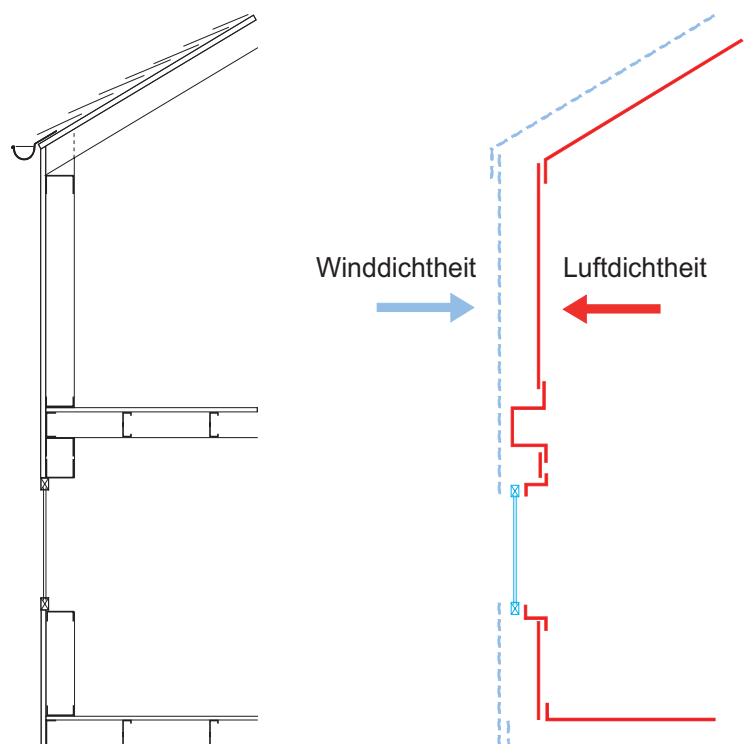
Gründen erforderliche Luftwechselrate gewährleistet. In den Hohlraumkonstruktionen der Stahl-Leichtbauweise ist eine Integration der Lüftungsleitungen in Wänden und Decken einfach möglich.

Vermeidung von feuchtebedingten Bauschäden

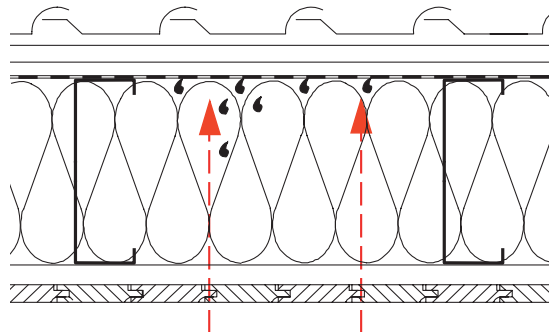
Infolge von Undichtheiten der raumseitigen Bekleidungsschichten kann mit Wasserdampf angereicherte warme Raumluft vor allem im Winter in die Außenbauteilkonstruktion transportiert werden (Konvektion). Die dadurch verursachte Durchfeuchtung des Bauteils führt zu einer Reduzierung der Wärmedämmwirkung des Bauteils und kann zudem Bauschäden wie Korrosion, Pilzbefall, Frostschäden oder optische Schäden an der Oberfläche zur Folge haben. Tauwasserausfall im Innern von Bauteilen ist unbedingt zu vermeiden, da die Konstruktion nicht einsehbar ist und die Schäden somit verdeckt bleiben.

Die Intensität der Durchfeuchtung eines Bauteils ist durch Konvektion weitaus höher als bei der Diffusion, da die von Luftströmungen mitgeführten Feuchtemengen bedeutend größer sind.

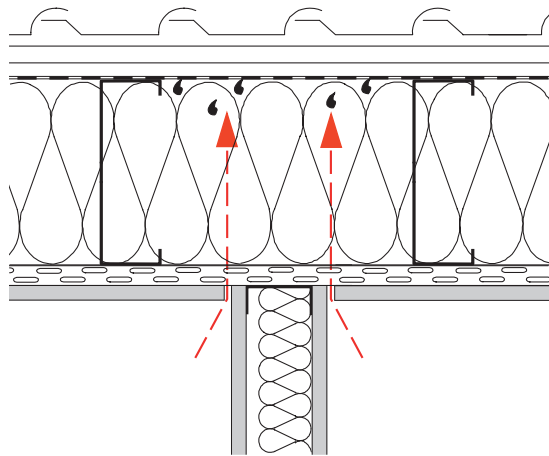
Abb. 88:
Unterscheidung
von Luftdichtheit
und Winddichtheit



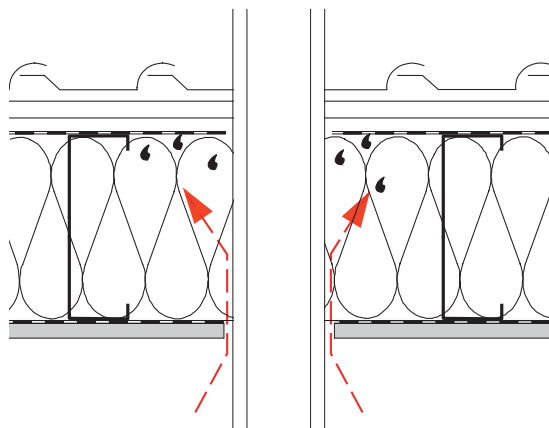
Planung und Ausführung der Luft- und Winddichtheit von Stahl-Leichtbauweisen



a) Luftdurchlässige untere Bekleidung



b) Undichte Anschlüsse an einer Trennwand



c) Undichte Anschlüsse an einer Dachdurchdringung

Abb. 89:
Konvektive Wärmebrücken durch Undichtheiten in
Außenbauteilen mit daraus folgender Kondensatbildung

Um mit geringem Aufwand die Dichtheit eines Außenbauteils erreichen zu können, muss bereits in frühen Planungsphasen das Luft- und Winddichtheitskonzept berücksichtigt werden. Bauteilaufbauten und Tragwerkssysteme sind unter dem Aspekt der Luftdichtheit zu bewerten. Durchdringungen sollten vermieden werden, da ihre bautechnisch richtige Ausführung arbeits- und somit kostenintensiv ist. Im Rahmen der Detailplanung müssen alle Anschlüsse konstruktiv durchgearbeitet und zeichnerisch dargestellt werden. Mangelhafte Luftdichtheit infolge schlechter Planung ist nachträglich auch mit großem Aufwand nicht dauerhaft zu beheben.

Die Luftdichtheit kann zum einen über die Beplankungsebene erfolgen, indem alle Fugen dicht verspachtelt werden, oder über eine Folie, die auf der Innenseite der Außenbauteile angebracht wird und die in den meisten Fällen auch zur Reduktion der Dampfdiffusion dient.

Die Fugen der Plattenstöße von Stahl-Leichtbauteilen liegen hauptsächlich über den Ständern. Dadurch sind sie einfach durch Verspachtelung abzudichten. Daneben können die Stöße auch geklebt werden (Abb. 90). Der Anschluss an benachbarte Bauteile ist dauerhaft nur über ein flexibles Klebeband möglich (Abb. 91). Deshalb ist diese Ausführung nur für verdeckte Anschlüsse geeignet, z. B. bei doppellagigen Bekleidungen.

Um Rissbildungen langfristig auszuschließen, ist der Einsatz von Gipsplattenwerkstoffen zu empfehlen. Diese haben im Gegensatz zu Holzwerkstoffplatten ein niedriges Schwind- und Quellmaß, das maximal 0,02 % Längenänderung je Prozent Feuchtigkeitsänderung beträgt. In dieser Hinsicht kommt dem Einsatz einer maßhaltigen Unterkonstruktion eine besondere Bedeutung für die Herstellung wind- bzw. luftdichter Konstruktionen zu.

Werden Folien zur Luftdichtung benutzt, so müssen bei der Verarbeitung verschiedene Aspekte berücksichtigt werden.

Um Querstöße zu vermeiden, sollte die Folienbreite größer als die entsprechende Bauteilhöhe sein, im Dachbereich werden Folien durchgehend unter den Profilsparren vom First zur Traufe verlegt. Gestoßene Folien müssen sich mindestens 100 mm überlappen und grundsätzlich verklebt werden (Abb. 92). Dabei sind auf die Folie abgestimmte, systemtreue Klebebander, Doppelklebebander oder Klebstoffe zu verwenden. Längsstöße mit Überlappungen werden im

Bereich der Unterkonstruktion (Ständer, Sparren) ausgeführt, um durch die Beplankung oder eine Konterlattung zusätzlich angepresst werden zu können. Bei formstabiler Wärmedämmung und festeren Folien sind auch schwebende Verklebungen oder Querstöße ausführbar, wenn geeignete Klebebänder eingesetzt werden und ein Anpressen beim Verkleben möglich ist.

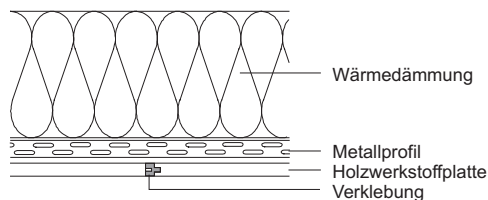
An benachbarten Bauteilen sind die Anschlüsse mit ausreichender Überlappung zu verkleben oder mit Profilen bzw. Latten auf voller Länge anzupressen (**Abb. 93**). Um Unebenheiten auszugleichen, ist dabei im Anpressbereich zwischen der Folie und diesen Bauteilen ein elastisches Klebe- oder Fugenband einzulegen.

Neben der Ausführung der Anschlüsse an Nachbarbauteile muss der Ausführung von Durchdringungen durch Elektro-, Wasser- und Heizungsinstallationen oder Fenstereinbauten besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. In Hohlraumkonstruktionen kann durch Instal-

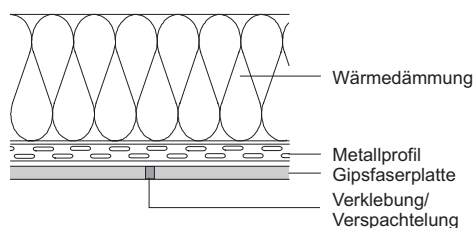
lationen (z. B. Steckdosen), abhängig von deren Ausführung, die luftdichte Fläche durchdrungen und eine Verbindung zum Wandhohlraum geschaffen werden. Eine sorgfältige Abdichtung der Durchdringungen ist deshalb erforderlich. Eine gute Luftdichtheit im Leicht- und Trockenbau wird durch folgende Maßnahmen erreicht:

- Abstimmung der Konstruktion auf das Luft- und Winddichtheitskonzept, z. B. durch die Vermeidung von Durchdringungen in der Außenhülle, Trennung von Bauteilen (z. B. vorgestellter Balkon) oder Ähnliches

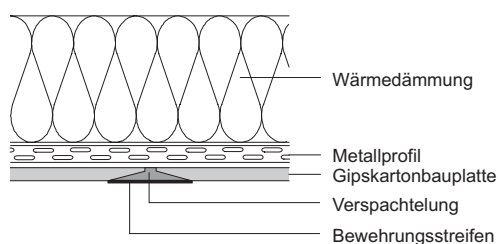
Abb. 90:
Herstellung einer luftdichten Ebene mit Plattenwerkstoffen



Abdichtung der Fuge durch Verkleben



Abdichtung der Fuge durch Verkleben oder Verspachteln



Abdichtung der Fuge durch Verspachteln mit Bewehrungsstreifen

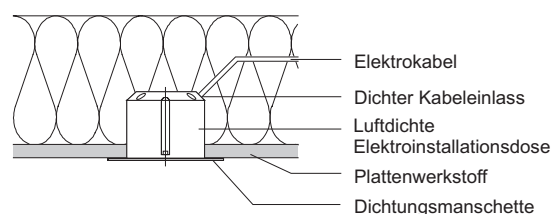
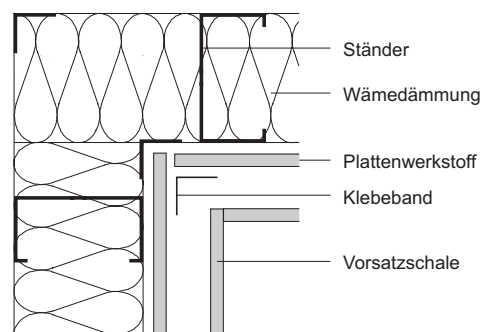
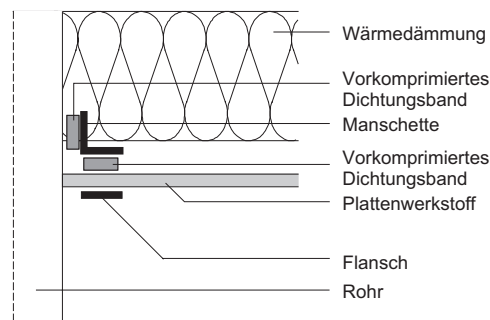
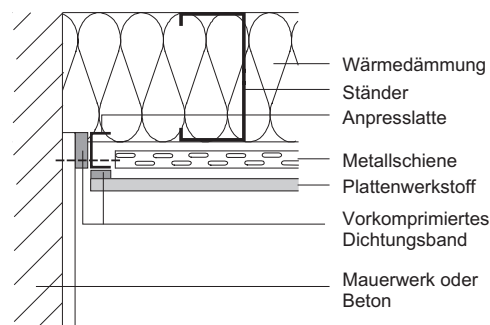
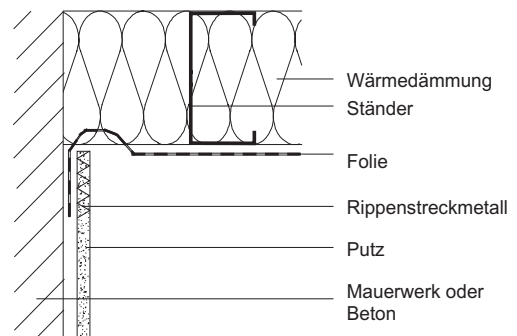
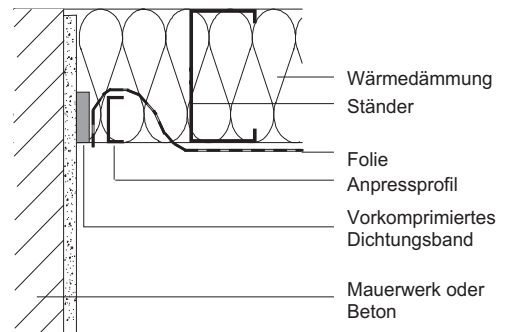
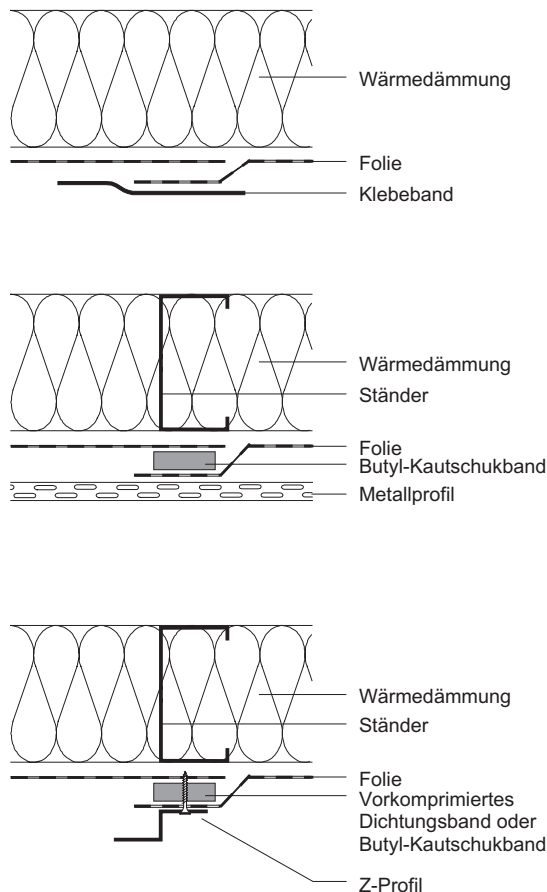


Abb. 91:
Anschluss der Plattenwerkstoffe an Nachbarbauteile zur Herstellung einer luftdichten Ebene/Einbau einer luftdichten Steckdose

- Ausführung einer luftdichten Ebene, z. B. mit verklebten Plattenstößen oder Folien bei sorgfältiger Ausführung und Überlappung der Folienstöße und Anschlüsse von mindestens 100 mm (**Abb. 92**)
- Verwendung von größtmöglichen Folienstücken, um die Fugenlängen zu minimieren
- sorgfältige Einarbeitung von Durchdringungen, z. B. von Rohren, in die luftdichte Ebene des Bauteils (Folie). Dabei kommen beispielsweise Manschetten zum Einsatz. (**Abb. 91** und **Abb. 93**)
- Verwendung von speziell unter Luftdichtheitsaspekten für Hohlraumkonstruktionen entwickelten Einbauelementen, z. B. Dachflächenfenster mit Anschlussmöglichkeit für Folien oder luftdichte Elektroinstallationsdosen (**Abb. 91**)
- konstruktive Trennung von Luftdichtheits- und Raumabschlussebene durch die Ausführung einer inneren Installationsebene oder Vorsatzschale zur einfachen und sicheren Vermeidung von Beschädigungen der Luftdichtheitsschicht (**Abb. 94**)

Wird die Luftdichtheitsebene durch zu viele Störungen durchdrungen, z. B. durch auskragende Deckenbalken (Balkone, Laubengänge),



Anschluss der Folie an einen Giebel aus Mauerwerk oder Beton

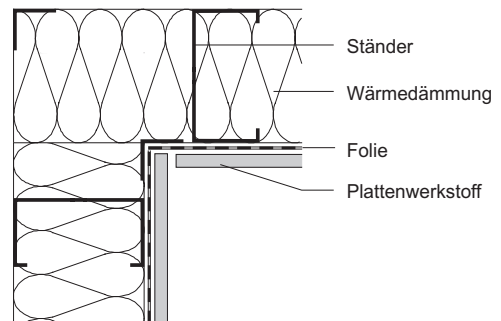
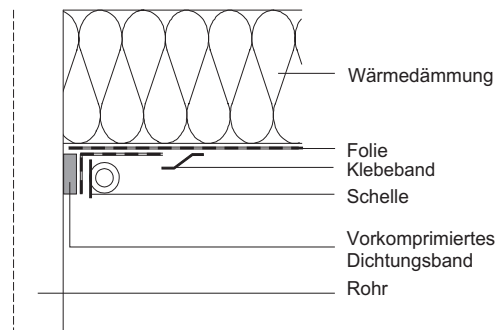


Abb. 93: Luftdichter Anschluss von Folien an Nachbarbauteile

Kehlbalkenlagen oder auskragende Sparren bei Aufsparrendämmung, ist eine fachgerechte, dauerhafte Abdichtung baupraktisch nicht möglich. Deshalb sind diese „traditionellen“ Konstruktionen im Stahl-Leichtbau zu vermeiden und müssen durch luftdichte Varianten ersetzt werden, was auch im Hinblick auf die Wärmebrückenfreiheit bautechnisch günstiger zu bewerten ist (vgl. Kapitel „Wärme- und Feuchteschutz“).

Werden Außenbauteile im Werk vorgefertigt und auf der Baustelle montiert, weisen die so erstellten Gebäude oder Gebäudeteile eine höhere Anzahl von Verbindungs- bzw. Stoßfugen auf als herkömmliche Gebäude in monolithischer Bauweise. Diese Stoßfugen zu angrenzenden Bauteilen sind bei der Planung auf die Anforderungen der Wind- und Luftdichtheit abzustimmen und entsprechend auszuführen.

Bei einer leichtbauspezifischen Planung unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen an Anschlüsse und die Fügetechnik ist mit geringem Aufwand die Ausführung luftdichter Konstruktionen und Anschlüsse möglich.

Klimabedingter Feuchteschutz

Im Gegensatz zu monolithischen Bauteilen ist durch die Schichtung von unterschiedlichen Baustoffen der Diffusionsstrom durch die Außenbauteile von Stahl-Leichtbauweisen besonders zu betrachten. Die Wasserdampfdiffusionswiderstände der einzelnen Bauteilschichten müssen von innen nach außen abnehmen, damit ein Ausfall von Tauwasser ausgeschlossen ist.

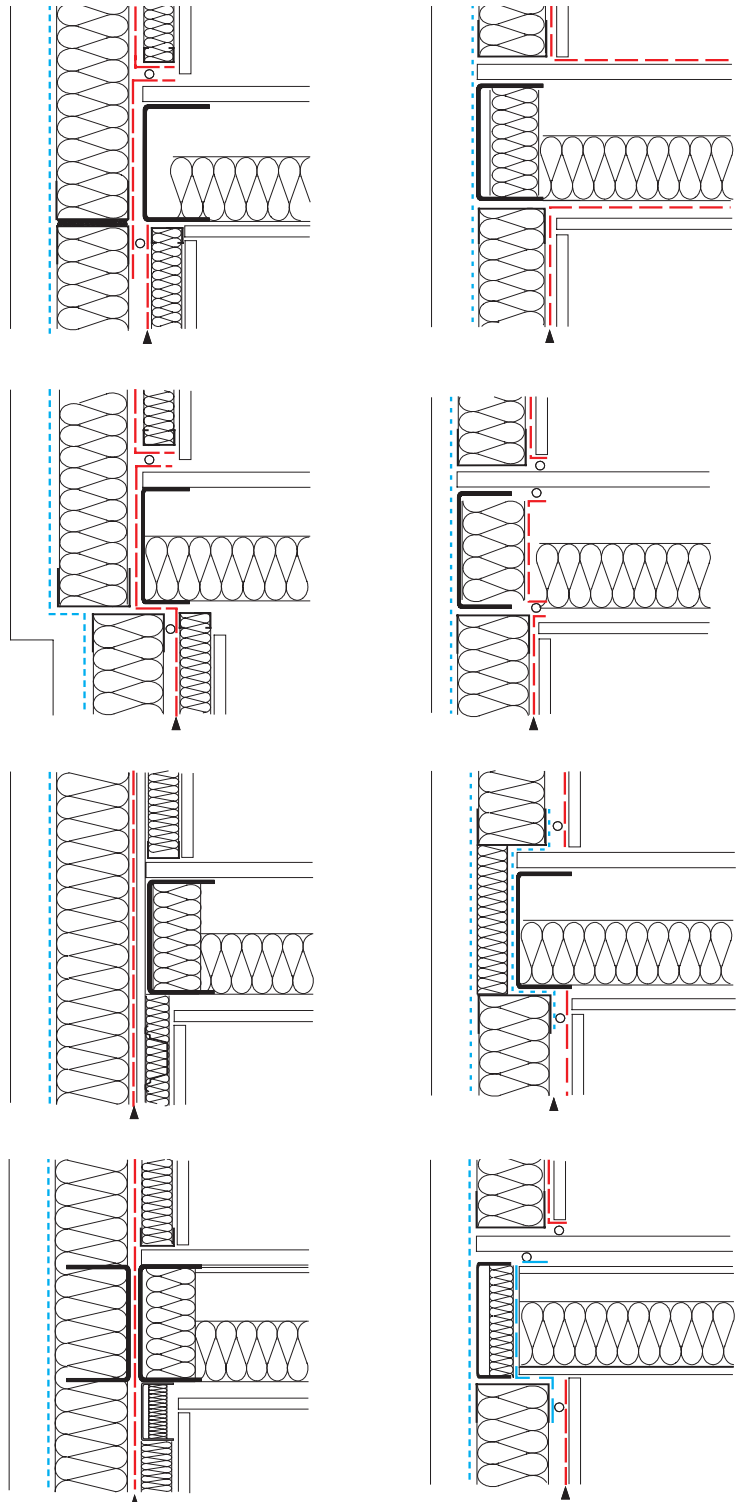
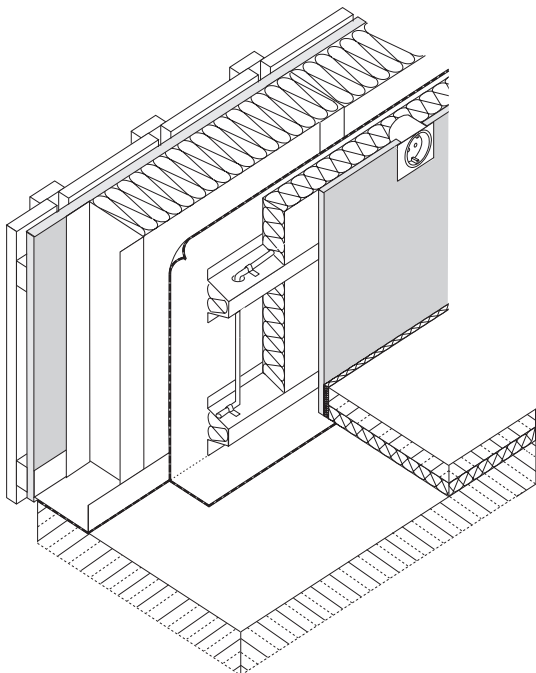


Abb. 94 (links):
Aufbau einer innen liegenden Installationsebene mit ungestörter Luftdichtheitsebene

Abb. 95 (oben):
Varianten des Anschlusses der Geschossdecke an die Außenwand im Balloon-Framing und Platform-Framing.
Darstellung der luftdichten Ebene innen und der winddichten Ebene außen.
Die rote Folie ist dampfbremsend, die blaue Folie diffusionsoffen.

Tauwasserbildung an Bauteiloberflächen

Das Auftreten von innenseitigem Tauwasser bei kurzfristigem, starkem Ansteigen der relativen Luftfeuchtigkeit kann gemindert werden, wenn als raumseitige Bekleidung feuchtigkeitsausgleichende, sorptionsfähige Materialien verwendet werden, zu denen u. a. Werkstoffe aus Gips und Holz zählen. Um die Sorptionsfähigkeit zu erhalten, dürfen die Oberflächen nur mit diffusionsoffenen Beschichtungen behandelt werden. Kurzfristiger Feuchtigkeitsniederschlag ist bei diesen Oberflächen unbedenklich, da sie aufgrund ihrer Gefügestruktur Feuchtigkeit aufnehmen und verzögert wieder an die Raumluft abgeben.

Tauwasserausfall im Innern von Bauteilen – Wasserdampfdiffusion

In DIN 4108 Teil 3 [17] sind keine Konstruktionen in Stahl-Leichtbauweise aufgeführt. Für diese Bauteile ist ein rechnerischer Nachweis der Funktionssicherheit oder der Nachweis über ein Prüfzeugnis vom Hersteller erforderlich. Der rechnerische Nachweis erfolgt nach dem „Glaserverfahren“ gemäß DIN 4108 Teil 5 [17].

Wird über den rechnerischen Nachweis Tauwasserausfall im Bauteil festgestellt, so ist die Konstruktion durch folgende Maßnahmen zu verändern:

- Hinterlüftung der tauwassergefährdeten Schicht
- Anordnung einer Dampfbremse auf der „warmen“ Seite des Bauteils (innen)

Im Allgemeinen können Hohlraumkonstruktionen (z. B. Ständerwände) als Außenbauteile dann als unbedenklich hinsichtlich Tauwasserausfall angesehen werden, wenn nachfolgende Punkte eingehalten werden:

- ausreichender Wärmeschutz
- ausreichender Diffusionswiderstand der innenseitigen Schicht (z. B. Dampfbremse) bei gleichzeitiger Hinterlüftung der Außenbekleidung

Sommerlicher Wärmeschutz

In der Planung von Gebäuden ist, unabhängig von der Bauweise, der sommerliche Wärmeschutz zu berücksichtigen, damit im Sommer kein unbehagliches Raumklima entsteht. Der Grund für die Wärmezufuhr ist die Sonneneinstrahlung und die damit verbundene erhöhte Außentemperatur. Ein guter sommerlicher Wärmeschutz ist als Stand der Technik anzusehen.

Die Klimastabilität in Häusern wird oft fälschlicherweise mit großen Speichermassen assoziiert. Dies ist, zumindest für gut gedämmte Häuser, irreführend.

Einflussgrößen

Der Wärmeeintrag in das Gebäude wird maßgeblich von der zugeführten Sonnenenergie bestimmt. Dies gilt für massive und leichte Bauweisen gleichermaßen. Durch transparente Bauteile wie Fenster fällt Sonnenstrahlung ein, wird innerhalb des Gebäudes in Wärmeenergie umgewandelt und ist dadurch die wesentliche Einflussgröße für den Anstieg der Raumlufttemperatur. Auch ohne direkte Sonnenbestrahlung können also die Bauteile aus diffuser und reflektierter Strahlung erhebliche Wärmemengen empfangen. Darüber hinaus können zu hohe Raumtemperaturen durch mangelhafte Wärmedämmung, Undichtheiten der Konstruktion, nicht oder ungenügend verschattete Fensterflächen sowie durch fehlerhaftes Lüftungsverhalten entstehen.

Die Temperaturerhöhung der Raumluft in Gebäuden wird von folgenden Größen bestimmt:

- Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung (g-Wert)
- Größe und Orientierung der Fenster
- Sonnenschutz der Fenster innen oder außen (z. B. Markisen, Jalousien, Sonnenschutzverglasung)
- Lüftungsmöglichkeiten des Raumes, insbesondere Nachtlüftung
- Wärmespeicherefähigkeit der Bauteile (auch der innen liegenden Bauteile)
- Temperaturleitfähigkeit der Baustoffe in Außenbauteilen
- Phasenverschiebungsverhalten der Außenbauteile

In gut gedämmten Häusern sind die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht gering. Dadurch halten sich die Speichermöglichkeiten von Bauteilen in Grenzen und werden besonders dann überschätzt, wenn man

zusätzlich die Einrichtung des Gebäudes (Möbiliar, Treppen, Estriche etc.) in die Betrachtung miteinbezieht. Große Wandschränke, dicke Teppiche oder abgehängte Decken mit Dämmstoffauflagen können die Wärmespeicherungsfähigkeit dahinter liegender, massiver Bauteile erheblich reduzieren.

Eine geringere Wärmespeicherfähigkeit, wie dies bei Stahl-Leichtbauweisen gegenüber schweren Massivbauweisen der Fall ist, kann teilweise durch einen erhöhten Wärmeschutz kompensiert werden. In Bezug auf die Wirksamkeit der Wärmespeicherung ist zu berücksichtigen, dass bei Massivwänden im Tag-Nacht-Rhythmus nur eine Schicht von ca. 6 bis 10 cm speicheraktiv ist, und zwar mit abnehmendem Temperaturniveau von der Oberfläche ins Wandinnere (Abb. 96).

Größten Einfluss auf das Aufheizen hat primär der Glasflächenanteil und seine Ausrichtung. Die Wärmeenergie muss am Eindringen gehindert und eingedrungene Wärmeenergie wieder abgeführt werden. In DIN 4108 Teil 2, Abschnitt 8 (3/2001) [17] werden Empfehlungen für den Wärmeschutz im Sommer gegeben. Dabei werden folgende Gebäudeeigenschaften und Nutzungseinflüsse miteinander in Beziehung gesetzt.

1. Fensterflächenanteil (f)
2. Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung (g -Wert)
3. Einfluss von Verschattungsmaßnahmen (F_C -Wert)

Der Sonneneintragskennwert (S) wird aus diesen Faktoren mit folgender Formel berechnet:

$$S = f \times (g \times F_C) \times F_F / 0,7$$

F_F : Abminderungsfaktor infolge des Rahmenanteils. Ohne genauere Angaben ist $F_F = 0,8$ anzusetzen.

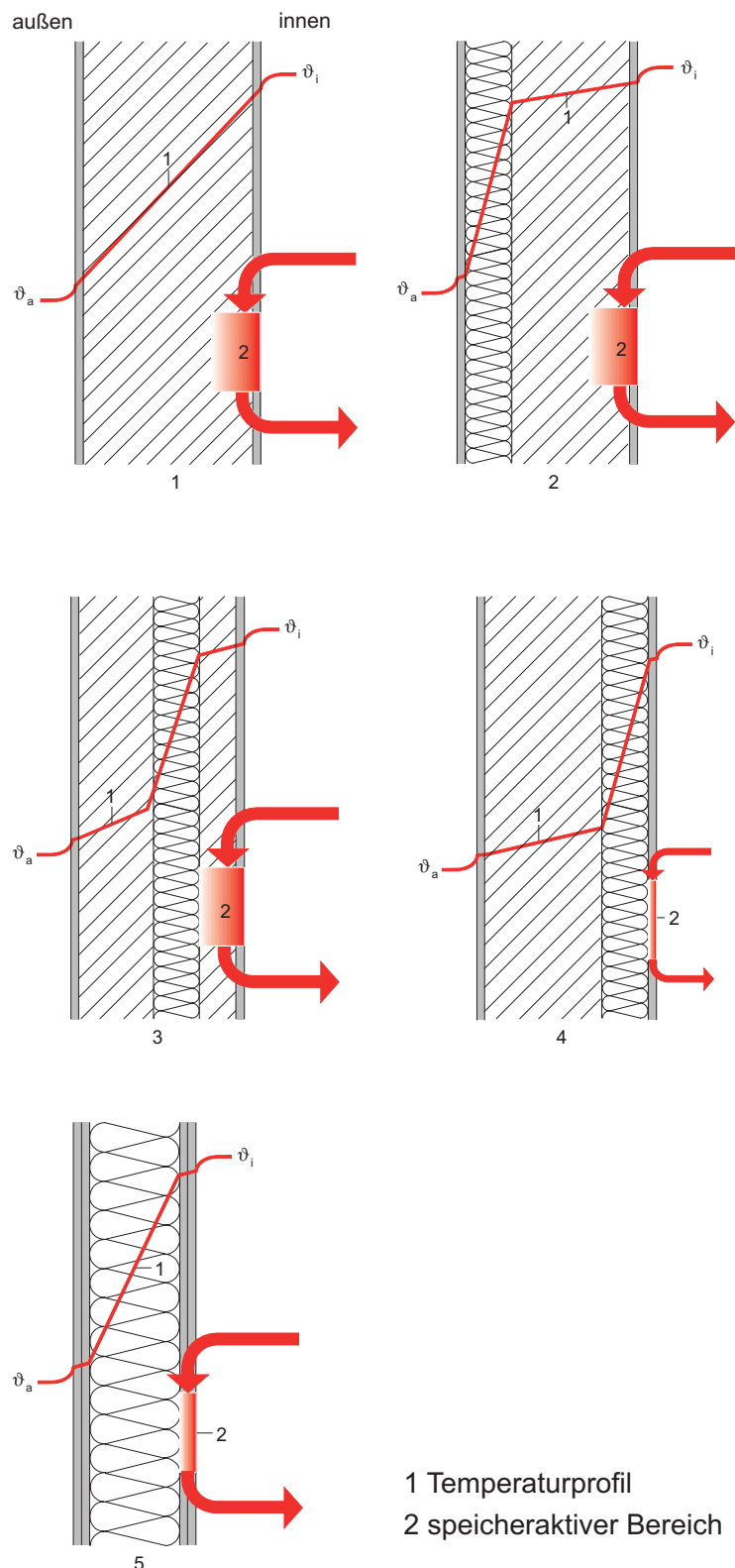


Abb. 96:

Unterschiedliches Speicherverhalten von Baustoffen

1. Monolithisch gedämmte Wand: Die Wärmespeicherfähigkeit einer monolithischen Wand ist auf die ersten 8 – 10 cm begrenzt. Die theoretische Speicherkapazität kann nicht genutzt werden.
2. Außen gedämmte Wand
3. Kerngedämmte Wand: Die Speicherfähigkeit wird maßgeblich durch die Lage der Dämmschicht bestimmt. Speicheraktiv ist nur der Bereich vor der Dämmebene.
4. Innen gedämmte Wand: Raumseitige Dämmschichten begrenzen die Speicherfähigkeit zwar auf die raumseitige Bekleidungsschicht, ermöglichen jedoch eine schnelle Temperierung des Raumes.
5. Gefachgedämmte Wand: Die Speicherfähigkeit solcher Wände wird maßgeblich durch die raumseitigen Plattenwerkstoffe und durch die Ständer (Material und Ständeranteil) bestimmt.

Zeile	Gebäudelage bzw. Beschaffenheit	Zuschlagswert Δs_x
1	Gebiet mit erhöhter sommerlicher Belastung ^a	-0,04
2	Bauart	
2.1	Leichte Bauart: Holzständerkonstruktion, leichte Trennwände, untergehängte Decken	-0,03
2.2	Extrem leichte Bauart: vorwiegend Innendämmung, große Halle, kaum raumschließende Flächen	-0,10
3	Sonnenschutzverglasung, $g < 0,4$ ^b	+0,04
4	Erhöhte Nachtlüftung während der zweiten Nachthälfte $n > 1,5 \text{ h}^{-1}$	bei leichter Bauart +0,03
5		bei schwerer Bauart +0,05
6	Fensterflächenanteil $f > 65\%$	-0,04
7	Geneigte Fensterausrichtung: Neigung bis 60° gegenüber der Horizontalen	-0,12 x f
8	Nord-, Nordost- und Nordwestorientierte Fassaden	+0,10

a Gebiete mit mittleren monatlichen Außentemperaturen oberhalb 18 °C nach DIN V 4108-6, z.B. Gebiete der Regionen 8,11,12,13 und 14

b Als gleichwertige Maßnahme gilt eine Sonnenschutzvorrichtung, die die diffuse Strahlung permanent reduziert und deren $g_{\text{max}} < 0,4$ erreicht.

Abb. 97:
Zuschlagswerte für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108 Teil 2, Tabelle 8

Abb. 98:
Beispielrechnungen zum Zusammenwirken verschiedener Randbedingungen beim sommerlichen Wärmeschutz

Fensterflächenanteil f	Verglasung g	Verschattung F_c	Höchstwert S_{max}
40%	0,80	1,00	0,36
40%	0,65	1,00	0,30
Zuschläge aus Tabelle 8, DIN 4108 Teil 2			
Zeile 2.1	-0,03		
Zeile 4	+0,03		
Gesamt 0,00			S = 0,18

Trotz erhöhter Nachtlüftung (Zuschlag Zeile 4) ist durch die Wahl eines besseren g-Wertes der Verglasung der **Nachweis nicht erbracht**.

60%	0,80	1,00	0,48
60%	0,80	0,25	0,13
Zuschläge aus Tabelle 8, DIN 4108 Teil 2			
Zeile 2.1	-0,03		
Zeile 4	+0,03		
Gesamt 0,00			S = 0,18

Durch wirkungsvolle Verschattungsmaßnahmen und erhöhte Nachtlüftung ist der **Nachweis erbracht**.

80%	0,80	1,00	0,64
80%	0,40	0,50	0,18
Zuschläge aus Tabelle 8, DIN 4108 Teil 2			
Zeile 2.1	-0,03		
Zeile 3	+0,04		
Zeile 4	+0,03		
Zeile 6	-0,04		
Gesamt 0,00			S = 0,18

Trotz größerer Fensterfläche ist durch die Kombination von geeigneter Verglasung mit geringem g-Wert und Verschattungsmaßnahmen der **Nachweis erbracht**.

Der Wert für S darf den nach Formel 6 aus DIN 4108 Teil 2 [17] ermittelten Höchstwert S_{max} nicht überschreiten. $S \leq S_{\text{max}}$

$$S_{\text{max}} = S_0 + \sum \Delta S_x \quad (\text{Formel 6})$$

Als Basiswert wird S_0 mit 0,18 angenommen. Die Zuschlagswerte ΔS_x werden DIN 4108 Teil 2, Tabelle 8, [17] entnommen (**Abb. 97**).

In der Berechnung des Sonneneintragswertes (S) findet die Bauart keinen Eingang. Betrachtet man daraufhin die Gewichtung der einzelnen Faktoren in Tabelle 8, wird erkennbar, dass hier die Art der Bauweise nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die Differenz von 0,02 für die Berücksichtigung der Nachtlüftung bei leichter und schwerer Bauart in Zeile 4 ist so gering, dass sie mit anderen Maßnahmen, z. B. Fensterflächenanteil oder Sonnenschutzverglasung, ohne Schwierigkeiten ausgeglichen werden kann.

Dazu folgen Beispielrechnungen (**Abb. 98**), die deutlich den Einfluss dieser Planungskriterien unabhängig von der Bauweise aufzeigen.

Planungshinweise

An diesen Betrachtungen zeigt sich, dass die Haupteinflussgrößen des sommerlichen Wärmeschutzes nicht die Bauart bzw. die Speichermassen des Gebäudes sind. Für die Planung ergeben sich daraus folgende Prioritäten, die entsprechend ihrer Wichtigkeit in der aufgeführten Reihenfolge zu berücksichtigen sind:

- Intensität der möglichen Einstrahlung (durch Glasflächen) in den Raum reduzieren (Entwurf, Ausrichtung, Raumgeometrie, Verschattungsmaßnahmen, Glaseigenschaften)
- Sicherstellen des Wärmeschutzes und der Dichtigkeit der Außenbauteile
- Größe der Heiz- und Kühlquellen im Raum optimieren (interne Wärmequellen im Sommer minimieren, Einsatz kombinierter Heiz-Kühl-Systeme)
- Größe der Luftwechselzahl in Verbindung mit der Außenluft an die Innen-Außen-Klimaverhältnisse anpassen (Querlüftung ermöglichen, insbesondere Nachtlüftung)
- Größe der Wärmedurchgangszahl und der Speichereigenschaft in Verbindung mit der Strahlungstemperatur durch die richtige Bauteilschichtung optimieren

Als grundsätzliches Planungskriterium gilt es, die Wärmeenergie am Eindringen zu hindern und eingedrungene Wärmeenergie wieder abzuführen. Die natürliche Lüftung wird durch einen Grundriss gefördert, der eine Quer-

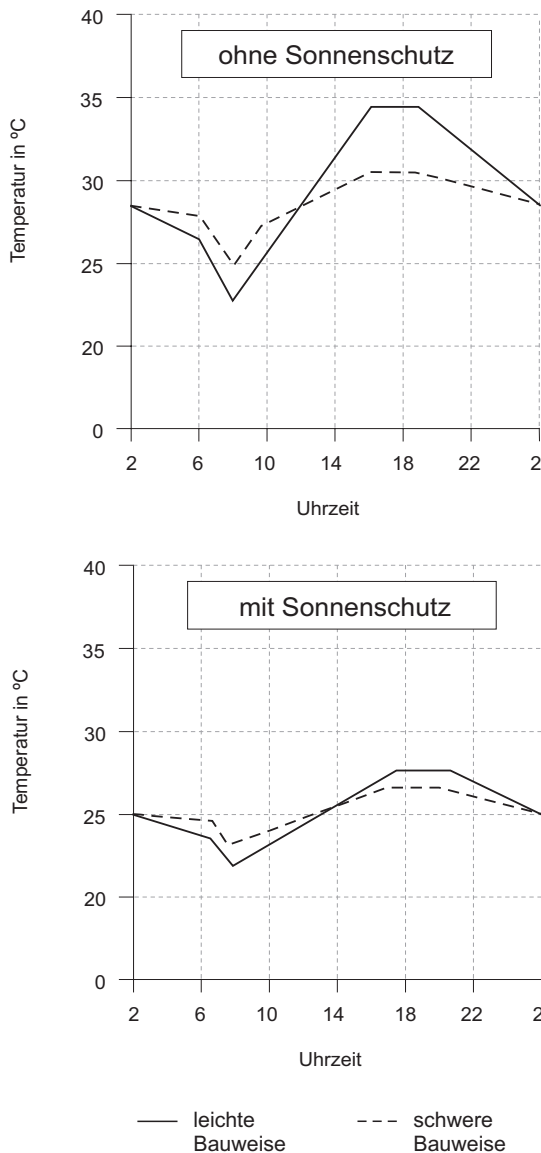


Abb. 99:
Einfluss der Abschattung von Fensterflächen auf das Aufheizverhalten von Gebäuden [7]

lüftung zulässt. Da der Mensch im Sommer tagsüber auf Hitze eingestellt ist, von der kühlen Nachtluft aber Erholung erwartet, kommt nachts der wirksamen natürlichen Belüftung eine besondere Bedeutung zu.

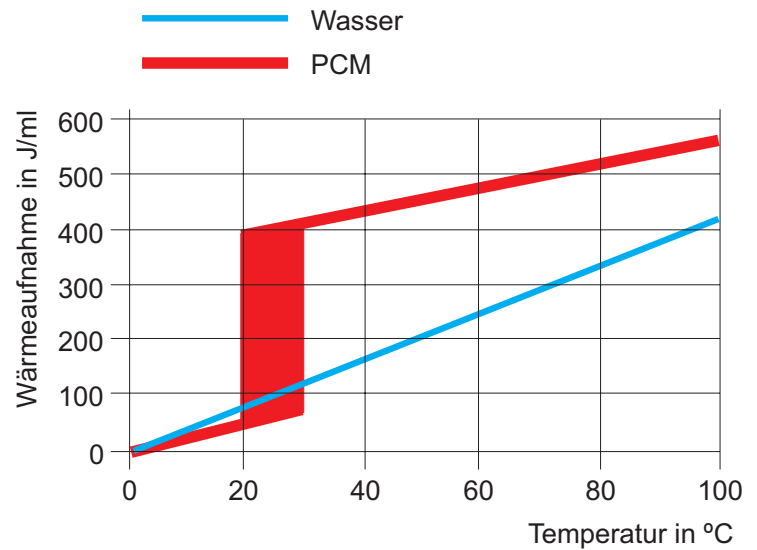


Abb. 100:
Energieaufnahme eines „Phase Changing Material“ (PCM) im Vergleich zu Wasser

Bei Berücksichtigung dieser Planungsregeln weisen Häuser in Stahl-Leichtbauweise auch im Sommer sehr gute wohnklimatische Verhältnisse auf.

Im Durchschnitt liegen die Temperaturen lediglich um 0,5 – 1,0 K über den Werten von Massivbauwerken. Der Einfluss von Verschattungsmaßnahmen dagegen ist mit Temperaturdifferenzen von ca. 16 – 19 K zu bewerten (Abb. 99). Bei der Entscheidung für eine Leicht- oder Massivbauweise spielt die Frage des sommerlichen Wärmeschutzes keine Rolle.

Neuste Entwicklungen zur weiteren Verbesserung der Behaglichkeit in leichten Gebäuden zielen auf so genannte „Latentwärmespeicher“ ab. In Gipsplattenwerkstoffe werden ca. 20 % eines Additivs aus kleinsten Paraffinwachskügelchen eingebunden. Dieses Material wird als PCM – „Phase Changing Material“ – bezeichnet. Beim Phasenübergang des Paraffinwachses (Schmelzen) wird viel Wärme benötigt, die im Material gebunden wird. Im umgekehrten Fall wird diese als „latente Wärme“ wieder abgegeben. So kann ein derartig ausgestattetes Bauteil ein Äquivalent an Wärme speichern, das einer 11,5 cm dicken Kalksandsteinwand entspricht.

Gebäude in Stahl-Leichtbauweise, ausgestattet mit derartigen Latentwärmespeicherplatten, sind in ihren Behaglichkeitseigenschaften konventionellen Massivhäusern überlegen.

Brandschutz

Schutzziele

Die Tragfähigkeit von Stahl (Festigkeit und Elastizitätsmodul) nimmt bei Temperaturen über 500 °C nahezu linear ab. Stahlbauteile sind nicht brennbar (A-Baustoff). Sie haben aber, vor allem dünnwandige und filigrane Stahlkonstruktionen, ungeschützt keinen Feuerwiderstand und müssen im Brandfall vor hohen Temperatureinwirkungen geschützt sein. Nur so können starke thermische Verformungen und das statische Versagen des Bauteils verhindert werden.

Im Stahl-Leichtbau werden die Stahlprofile konstruktionsbedingt in den meisten Fällen in raumabschließende Bauteile, z. B. in Wände mit Feuerwiderstandseigenschaften, integriert. So erhält die Konstruktion einen Raumabschluss und wird wirtschaftlich durch brandschutztechnische Bekleidungen geschützt. Darunter versteht man eine thermische Kapselung der Stahlbauteile.

Brandverhalten der im Stahl-Leichtbau verwendeten Baustoffe

Bauteile in Stahl-Leichtbauweise, die Brandschutzanforderungen erfüllen, bestehen aus der vorteilhaften Kombination einzelner Baustoffe und Bauelemente (**Abb. 101**).

Die Grundkonstruktion aus dünnwandigen Stahlprofilen ist nicht brennbar und stellt so im Brandfall keine zusätzliche Brandlast dar. Sie muss aber, wie oben erwähnt, mit brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen vor den Einwirkungen eines Brandes geschützt werden.

Als brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen können nach Verwendbarkeitsnachweis folgende Plattenwerkstoffe eingesetzt werden:

- Gipsbauplatten nach DIN 18180 [15]
- Gipsfaserplatten
- Gipsglasvliesplatten
- Kalziumsilikatplatten

Diese unbrennbaren Baustoffe eignen sich dazu, brennbare und tragende Bauteile vor direkter Brandbeanspruchung zu schützen und als Wand-, Decken- und Bodenbekleidungen den Raumabschluss zu erhalten.

In **Abb. 102** sind charakteristische Durchbrandkurven verschiedener Plattenwerkstoffe zusammengestellt. Die Ergebnisse sind zur Orientierung anwendbar und geben Aufschluss über die Dauer der Kapselung der Stahlbauteile bzw. der in der Konstruktion enthaltenen Brandlasten. Infolge von Prüferfahrungen werden Gipsfaserplatten brandschutztechnisch den GKF-Platten gleichgestellt.

Beim Einbringen einer Dämmschicht in den Hohlraum der Ständerkonstruktion ist es von Bedeutung, ob es sich um ein tragendes oder nichttragendes Bauteil handelt.

In einem nichttragenden Bauteil kann die Dämmung den Feuerwiderstand der Konstruktion erhöhen. Es werden Mineralfaserdämmstoffe eingesetzt, die einen Schmelzpunkt > 1000 °C aufweisen. Durch diese wird der Wärmestrom zu der dem Feuer abgewandten Seite hin reduziert, und nach Abfallen der feuerzugewandten Bekleidung verzögert die Dämmung ein Übergreifen des Feuers auf die andere Seite des Bauteils.

In einem tragenden Bauteil ist das Erreichen der kritischen Stahltemperatur von 500 °C das maßgebende Kriterium für die Tragfähigkeit der Wand. Durch eine eingebrachte Dämmung wird die Konvektion im Hohlraum verhindert, wodurch sich die Innenoberfläche der feuerzugewandten Seite stark erwärmt und die kritische Temperatur schneller erreicht wird als ohne Dämmung (**Abb. 103**).

Ist aus brandschutztechnischer Sicht keine Dämmschicht erforderlich oder wäre sie sogar nachteilig, kann dennoch aus Gründen des Wärme- und/oder Schallschutzes ein Dämmstoff notwendig sein. Die Vor- und Nachteile sind im Einzelfall abzuwägen. Wird ein Dämmstoff aufgrund bauakustischer oder thermischer Anforderungen eingebracht, so muss er mindestens der Baustoffklasse B2 angehören und für die Konstruktion zugelassen sein, da Dämmschichten das Brandverhalten auch negativ beeinflussen können.

In Stahl-Leichtbaukonstruktionen eingelegte Dampfsperren, Dampfbremsen sowie Folien zur Wind- bzw. Luftdichtheit beeinträchtigen nach DIN 4102 Teil 4 [16] den Brandschutz nicht.

Abb. 101:
Brandschutz-
technische
Klassifizierung
von im Stahl-
Leichtbau
verwendeten
Baustoffen

		Baustoffklasse
Tragkonstruktion/ Unterkonstruktion	Metallprofile (kaltgeformte Profile und warmgewalzte Träger und Stützen)	A1
Plattenwerkstoffe, Bekleidungs-/ Beplankungsmaterialien	Gipsbauplatten (Gipsfaser-, Gipskarton- und Gipsglasvliesplatten)	A1, A2
	Platten aus mineralisch gebundenen Fasern	A1
	Zementglasvliesplatten	A1
	Holzwerkstoffplatten	B2, B1
Dämmstoffe	Mineralfaserdämmstoffe	A1
	Organische Dämmstoffe	B2
Anschluss- dichtungsstoffe	Dichtungsbänder - Mineralfaserstreifen	A1
	Mineralische Spachtelmassen	A1

Klassifikation und Nachweise der Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen in Stahl-Leichtbauweise

Um die Brandweiterleitung in benachbarte Räume oder in andere Geschosse zu vermeiden, müssen „raumabschließende Bauteile“ wie Wände und Decken während der geforderten Feuerwiderstandsdauer folgende Anforderungen nach DIN 4102 Teil 2 [16] erfüllen:

- Verhinderung des Feuerdurchgangs
- Dichtigkeit gegenüber dem Durchtritt entzündbarer Gase
- Begrenzung der „Rückseitentemperatur“ auf der dem Feuer abgewandten Seite

Zusätzliche Anforderung bei tragenden Konstruktionen:

- Erhaltung der Tragfähigkeit unter der zulässigen Gebrauchslast:
Raumabschließende Wände werden beim Brandversuch einer zusätzlichen Beanspruchung durch eine Festigkeitsprüfung unterzogen, bei der die geforderten Kriterien erfüllt werden müssen.

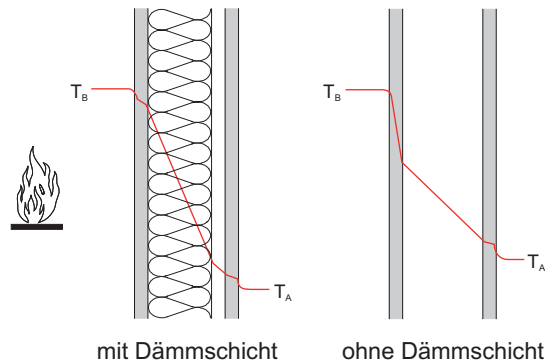


Abb. 103:
Temperaturverlauf in einer Trennwand mit und ohne Dämmung bei einseitiger Brandbelastung

Das Brandverhalten und der Feuerwiderstand von Gebäudekonstruktionen und Bauteilen in Stahl-Leichtbauweise werden durch folgende Faktoren maßgeblich bestimmt:

- Brandbeanspruchung (einseitig bei Wänden bzw. mehrseitig z. B. bei Stützen)
- Bauteilabmessungen
- Konstruktionsart (die einzelnen Komponenten und deren Zusammenwirken)
- statisches System
- Lastausnutzungsgrad des Bauteils
- verwendete Baustoffe
- Anordnung von brandschutztechnischen Schutzbekleidungen

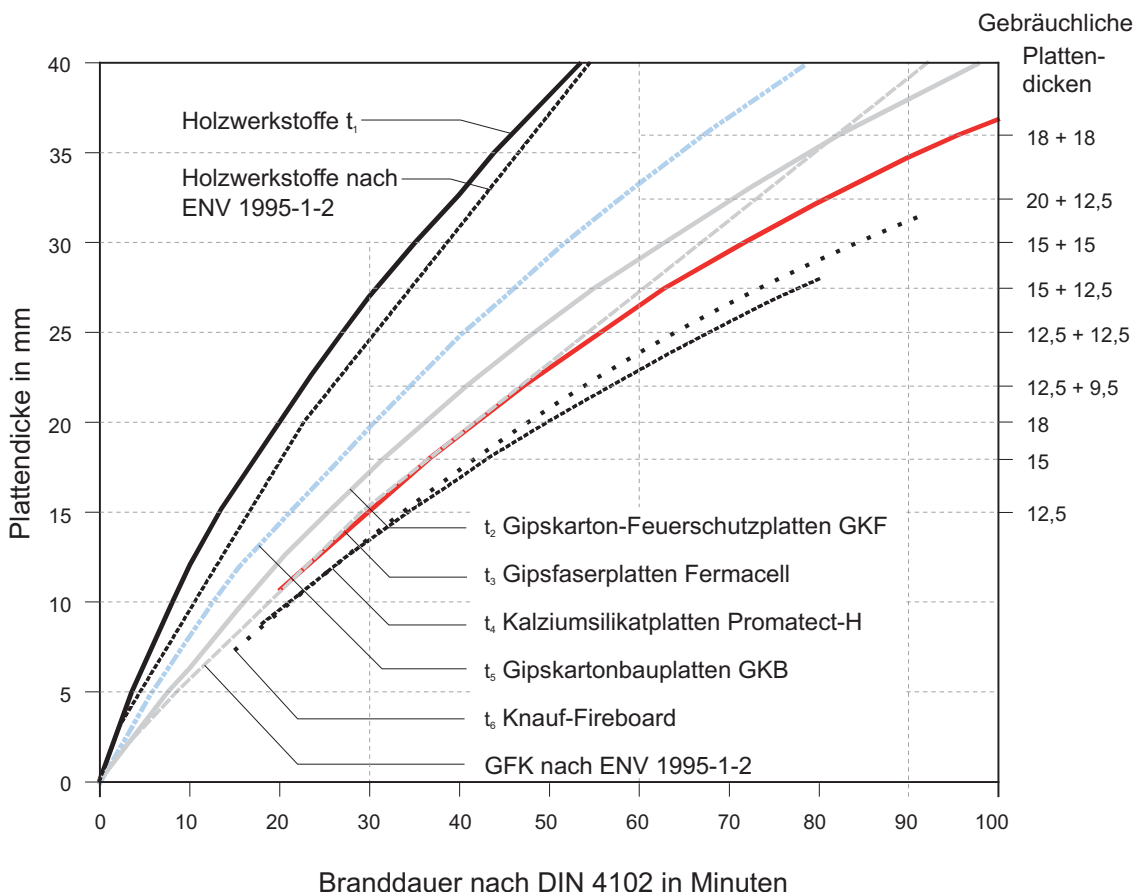


Abb. 102:
Charakteristische Durchbrandzeiten verschiedener Plattenwerkstoffe

Die einzelnen Komponenten eines Stahl-Leichtbauteils und deren Anordnung entscheiden über die Feuerwiderstandsklasse des gesamten Bauteils.

Im Entwurf der Muster-Bauordnung (Stand 2000) werden Bauteile nach dem Brandverhalten der verwendeten Baustoffe in vier Gruppen eingeteilt.

Feuerwiderstandsklassen	
F x - A	Aus nicht brennbaren Baustoffen
F x - AB	In den wesentlichen Teilen aus nicht brennbaren Baustoffen
F x - B	Aus brennbaren Baustoffen
F x - BA	Mit raum- oder bauteilabschließenden „brandschutztechnisch wirksamen“ nicht brennbaren Bekleidungen

Durch die Grundkonstruktion aus Metallständern ist in Kombination mit nicht brennbaren Plattenbekleidungen und entsprechendem Dämmstoff eine Stahl-Leichtbauweise als reine A-Bauweise möglich.

Der Plattenabstand, die Dicke und Lagigkeit der Bekleidung sowie die Dicke des Dämmstoffs entscheiden über die Feuerwiderstandsklasse eines Bauteils. Mit der Addition von feuerwiderstandswirksamen Bekleidungen kann die Feuerwiderstandsklasse eines Bauteils bis zu den höchsten Anforderungen erfüllt werden.

Brandschutztechnische Bekleidungen für Stahlkonstruktionen werden über das U/A-Verhältnis der Profile bestimmt. DIN 4102 [16] berücksichtigt derartige Bekleidungen erst ab einem U/A-Verhältnis $< 300 \text{ m}^{-1}$. Da die im Stahl-Leichtbau eingesetzten Profile U/A-Verhältnisse von über 300 m^{-1} aufweisen, kann nicht auf die Werte nach DIN zurückgegriffen werden. Zudem enthält die in DIN 4102 Teil 4 [16] aufgeführte Zusammenstellung klassifizierter Bauteile keine Konstruktionen in Stahl-Leichtbauweise. Für die brandschutztechnische Klassifizierung von Bauteilen ist daher der Verwendbarkeitsnachweis durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ) oder ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (AbP) zu erbringen.

Im Allgemeinen wird eine Konstruktion in Stahl-Leichtbauweise für den Brandschutz über die Schichtung von Plattenwerkstoffen mit Herstellerzulassung in eine Feuerwiderstandsklasse eingeordnet. Entweder liegen dafür Prüfungszeugnisse für spezielle Baustoffe vor (z. B. Knauf-Fireboard), oder eine Konstruktion lässt sich aus einer anderen zugelassenen Konstruktion ableiten (z. B. Schachtbekleidungen). Das

maßgebende Prüfkriterium für solche Versuche ist die maximale Temperaturerhöhung auf der feuerabgewandten Seite der Konstruktion um 140 K im Mittel. Wird dieses Kriterium erfüllt, so kann die Konstruktion als Kapselung der Stahlteile eingesetzt werden, da die kritische Stahltemperatur von 500 °C (nach DIN 18180 [15]) über die geprüfte Zeitdauer nicht erreicht wird und somit die Tragfähigkeit eines Bauteils gewährleistet werden kann.

Wände mit brandschutztechnischen Anforderungen

Tragende und raumabschließende Wände

Der Aufbau einer tragenden oder nicht tragenden Wand ist im Hinblick auf den Brandschutz gleich. Maßgebend für die Feuerwiderstandsdauer sind die Art und Dicke der Bekleidung sowie die des Dämmstoffs im Wandhohlraum.

Eine nicht tragende Wand muss den Raumabschluss über die Feuerwiderstandsdauer gewährleisten. Eine tragende oder aussteifende Wand muss zusätzlich ihre statische Funktion beibehalten. Das bedeutet, dass alle tragenden Teile von der Brandeinwirkung zu kapseln sind. Dies betrifft sowohl die Stahlständer als auch aussteifende Elemente wie Stahlbänder oder Werkstoffplatten (Abb. 106).

Brandwände

Brandwandabschnitte können durch tragende und nicht tragende Brandwandsysteme erstellt werden. Ein Brandwandsystem besteht dabei aus einzelnen Komponenten, deren Wirkungsweise in Brandprüfungen nachgewiesen wurde. Zur Feuerbeständigkeit (F 90) einer Brandwand kommt noch die erhöhte Belastbarkeit gegen Stoßbeanspruchung. Deshalb wird zwischen den Bekleidungslagen eine durchgängige Lage Stahlblech eingebracht, die die Flächenstabilität der Bekleidung gewährleistet (Abb. 105).

Brandwandkonstruktionen sind zu unterteilen in „belastbare“, „tragende“ und „nicht tragende“ Wände. Belastbare Brandwände dürfen im Brandfall nur bis zur maximal zulässigen Wandbelastung belastet werden. Die maximalen Wandbelastungen (kN/m) werden durch den Systemgeber vorgegeben und sind im Prüfzeugnis (AbZ) beschrieben. Belastbare Brandwände sind auf die zugelassene Tragfähigkeit zu überprüfen, die durch die zu erwartenden Deckenlasten nicht überschritten werden darf. Tragende Brandwände werden nach den statisch auftretenden Belastungen dimensioniert. Dies betrifft maßgeblich die Unterkonstruktion (Stahl-

profile). Der statische Nachweis ist dem Verwendbarkeitsnachweis (AbP) beizufügen.

Beim Einsatz nicht tragender Systembrandwände muss durch geeignete Maßnahmen dafür gesorgt werden, dass diese Wände im Brandfall keinen außerplanmäßigen Belastungen ausgesetzt sind, z. B. infolge von Deckendurchbiegungen.

Ist infolge von Lasteinwirkung oder Kriechen mit einer Deckendurchbiegung von mehr als 10 mm zu rechnen, ist der Deckenanschluss nicht tragender Wände gleitend auszubilden (Abb. 107). Bei der Ausführung einer Brandwand unterscheidet sich dieser gleitende Deckenanschluss von dem Standardanschluss der Montagewände.

Es ist zu berücksichtigen, dass alle für eine Trennwand mit brandschutztechnischen Eigenschaften nötigen Aussteifungskonstruktionen wie z. B. angrenzende Wände und Decken mindestens die gleiche Feuerwiderstandsdauer aufweisen müssen wie die Wand selbst. Damit Ständerwände den geforderten Feuerwiderstand erreichen, müssen neben dem Wandaufbau auch alle Bauteilanschlüsse den Raumabschluss sicherstellen. Das stellt erhöhte Anforderungen an die Fugenausbildung, die im Kapitel „Brandschutztechnische Eigenschaften von Hohlraumkonstruktionen“ beschrieben sind.

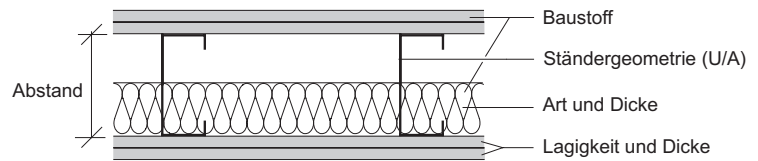
Besondere Aufmerksamkeit ist neben der fachgerechten Montage deshalb auch bei folgenden Punkten erforderlich:

- vertikale und horizontale Stöße der Wandelemente
- angrenzende Wand- und Deckenanschlüsse
- Einbau von lichtdurchlässigen Elementen (z. B. Verglasungen)
- Einbau von Türen
- Durchführung von Installationen

Elektroinstallationen in Ständerwänden

Hohlwanddosen können an jeder beliebigen Stelle einer tragenden oder nicht tragenden Konstruktion eingebaut werden. Zu beachten sind die in Abb. 108 aufgeführten Einschränkungen. Auch Installationen können durch den Hohlraum von Wänden hindurchgeführt werden. Dazu sind die im folgenden Kapitel „Installationen in Decken“, in Abb. 111 und die im Kapitel „Brandschutztechnische Eigenschaften von Hohlraumkonstruktionen“ erläuterten Randbedingungen zu beachten.

Abweichende Ausführungen sind durch ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis nachzuweisen.



- Nach DIN 4102 Teil 4 [16] dürfen bei raumabschließenden Wänden Steck- und Schaltdosen nicht unmittelbar gegenüberliegend eingebaut werden (Abb. 108.1), sondern müssen in unterschiedlichen Gefachen liegen (Abb. 108.3).
- Gegenüberliegende Elektrodosen in einer Doppelständerwand mit einem Abstand ≤ 600 mm müssen durch eine GKF-Platte ≥ 600 mm x 600 mm und der Wandbekleidung entsprechenden Dicke voneinander getrennt werden (Abb. 108.2).
- Brandschutztechnisch notwendige Dämmschichten im Bereich von Hohlwanddosen dürfen nach DIN 4102 Teil 4 [16] im Wandinneren nur auf maximal 30 mm zusammengedrückt werden (Abb. 108.3).
- Bei Wänden mit nicht brandschutztechnisch wirksamem bzw. brennbarem Dämmstoff oder ganz ohne Dämmstoff sind Hohlwanddosen mit Gipsbett (Dicke ≥ 20 mm) oder Plattenstreifen allseitig zu umschließen. Die Ausführung richtet sich nach der geforderten Feuerwiderstandsklasse der Wand, d. h. nach der entsprechenden Dicke der Wandbekleidung (Abb. 108.4 – 108.6).

Abb. 104:
Einflussmöglichkeiten bei Metallständerkonstruktionen für die Verbesserung des Brandschutzes

Stahlträgerdecken mit brandschutztechnischen Anforderungen

Die brandschutztechnische Klassifizierung und Einstufung von Deckensystemen in Stahl-Leichtbauweise erfolgt analog zu den oben beschriebenen Verfahren. Dabei ist die Decke

Abb. 105:
Brandwand in Stahl-Leichtbauweise

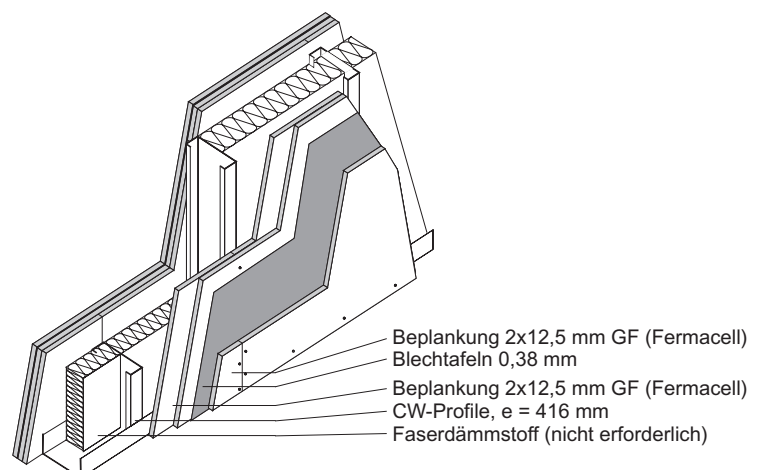
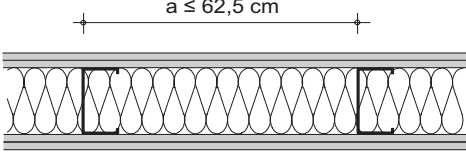
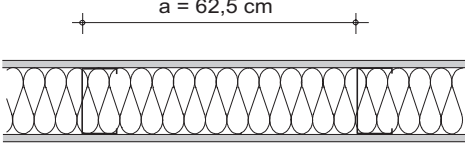
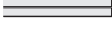
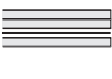
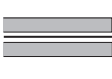
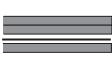
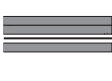
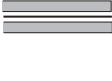


Abb. 106:
Aufbau der
Bekleidung von
tragenden und
nicht tragenden
Wandkonstruk-
tionen mit der
resultierenden
Feuerwider-
standsdauer

	Ständerwand, tragend		Ständerwand, nicht tragend	
				
	Beidseitige Beplankung	Dämmung Dicke [mm] Dichte [kg/m³]	Beidseitige Beplankung	Dämmung Dicke [mm] Dichte [kg/m³]
F 30-A	 2 x 12,5 mm GKF, Knauf	nicht erforderlich	 2 x 12,5 mm GKB, DIN 4102	40 30
	 10 + 12,5 mm GF, Fermacell	nicht erforderlich	 12,5 mm GKF	nicht erforderlich
	 20 mm Fireboard	nicht erforderlich	 12,5 mm GF, Fermacell	40 20
F 60-A	 2 x 15 mm GF, Fermacell	nicht erforderlich	 2 x 12,5 mm GKF, DIN 4102	40 40
	 2 x 15 mm Fireboard	nicht erforderlich	 25 mm GKF, Gyproc	40 40
F 90-A	 2 x 25 mm GKF, Knauf	nicht erforderlich	 2 x 12,5 mm GKF	40 100
	 2 x 20 mm Fireboard	nicht erforderlich	 2 x 12,5 mm GF	50 50
	 3 x 12,5 mm GF, Fermacell	nicht erforderlich	 25 mm GKF, Gyproc	60 50
			 a = 31,25 cm 20 mm Fireboard	100 40
F 90-A Brandwand	 25 mm GKF Metallblech 25 mm GKF Knauf	nicht erforderlich	 2 x 12,5 mm GKF Metallblech 12,5 mm GKF	nicht erforderlich
	 20 mm Fireboard Metallblech 20 mm Fireboard	nicht erforderlich	 2 x 12,5 mm GF Metallblech 12,5 mm GF	nicht erforderlich
	 2 x 12,5 mm GF Metallblech 12,5 mm GF Fermacell	nicht erforderlich	 15 mm Fireboard Metallblech 15 mm Fireboard	nicht erforderlich

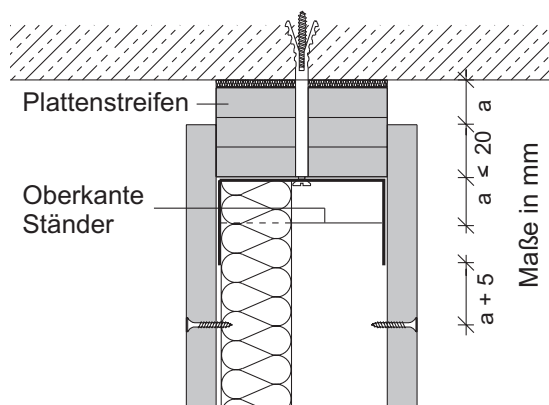


Abb. 107:
Gleitender
Deckenanschluss
einer nicht
tragenden Wand
mit Feuerschutz-
anforderungen

immer als Gesamtkonstruktion zu betrachten. Stahldeckenprofile werden durch brandschutztechnische Unterdecken vor einer Brandbeanspruchung von unten und durch klassifizierte Estriche von oben geschützt. Es gelten die gleichen brandschutztechnischen Planungs- und Konstruktionskriterien wie für Trockenbaukonstruktionen.

Die Klassifizierung, z. B. in F 90-A, wird von den Baustoffklassen der wesentlichen Teile der Rohdecke bzw. der Unterdecke bestimmt. Wesentliche Teile sind alle tragenden oder aussteifenden Teile, die zur Standsicherheit der Decke beitragen. Dies gilt für Rohdecken mit unterseitiger direkter Bekleidung ebenso wie für abgehängte Decken.

Brandbeanspruchung von unten

Da wie für Wandkonstruktionen auch für Decken in Stahl-Leichtbauweise keine Normung besteht, muss auf Prüfzeugnisse und Zulassungen von einzelnen Baustoffen oder Konstruktionen zurückgegriffen werden, um Decken brandschutztechnisch zu klassifizieren. Dabei wird hauptsächlich auf Unterdecken zurückgegriffen, die bei einer Brandbeanspruchung von unten allein einer Feuerwiderstandsklasse angehören, um den erforderlichen Brandschutz zu gewährleisten („selbstständige Unterdecken“).

Der Aufbau der Unterkonstruktion von Unterdecken ist nach DIN 18181 in Lastklassen (kN/m^2) eingeteilt. Es werden ein Grund- und ein Tragprofil kreuzweise übereinander angeordnet, die Konstruktionsabstände sind nach Lastklassen festgelegt. Bei Stahl-Leichtbaudecken kann das Grundprofil durch die Deckenträger substituiert werden. Dazu muss aber ein Prüfzeugnis des Herstellers vorliegen.

Einige Konstruktionen (**Abb. 109**) können auch ganz ohne Unterkonstruktion an der Decke befestigt werden. Dazu dürfen die Deckenträger jedoch nicht weiter als 40 cm auseinander liegen, und es bedarf der Zustimmung durch die Brandschutzbehörde.

Brandbeanspruchung von oben

Bei raumabschließenden Decken in Stahl-Leichtbauweise mit der Feuerwiderstandsklasse F 30 ist bei einer Brandbeanspruchung von oben ein schwimmender Estrich bzw. ein Trockenunterboden erforderlich. Dieser schützt die tragende Beplankung auf den Stahlträgern vor dem Feuer und verhindert ein frühzeitiges Versagen sowie das Durchbrechen der Decke. Der Feuerwiderstand der Stahl-Leichtbaudecke bei einer Brandbeanspruchung von oben hängt maßgeblich von der Art und Dicke des Trockenunterbodens sowie der Dämmschicht ab.

Nach DIN 4102 Teil 4 [16] können bis zur Feuerwiderstandsklasse F 60 Mörtel-, Gips- und Asphaltestriche sowie Trockenunterböden aus Gipskartonplatten, Gipsfaserplatten und Holzwerkstoffplatten eingesetzt werden. Für Trockenunterböden aus Gipsfaserplatten ist die Eignung als schwimmender Estrich durch Prüfzeugnisse (AbP) erbracht. Bei Decken mit F 90-Anforderungen können auf der Grundlage von Prüfzeugnissen oder gutachterlichen Stellungnahmen auch Trockenbodensysteme aus Gips- und Gipsfaserplatten verwendet werden.

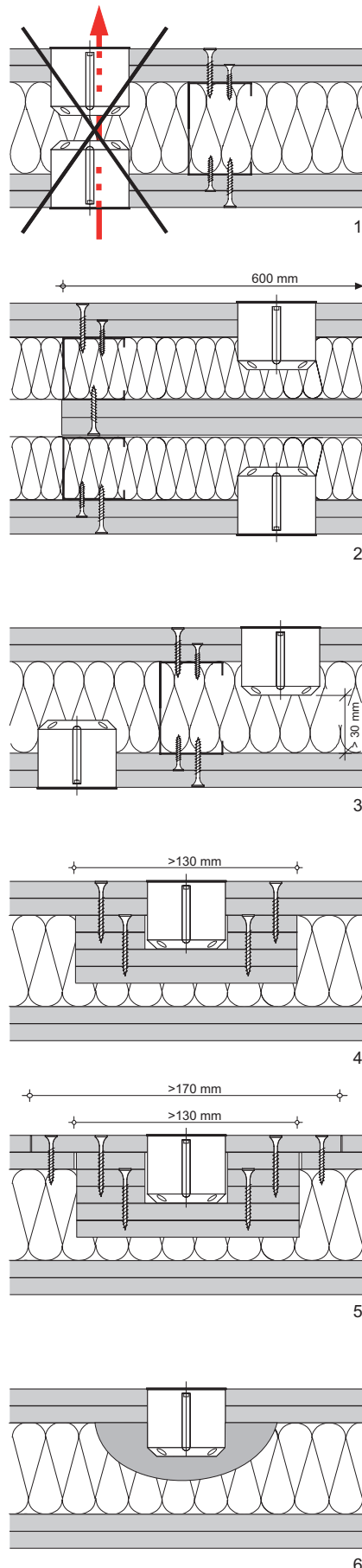
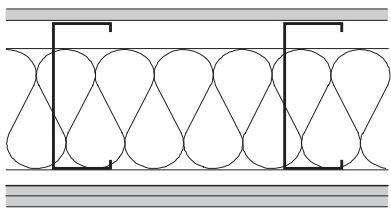
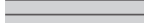


Abb. 108:
Einbauregeln
für Elektroinstal-
lationsdosen in
eine Wand mit
brandschutz-
technischen
Anforderungen

	
	Unterseitige Deckenbekleidung
F 30-A	 2 x 12,5 mm GKF, Knauf  2 x 10 mm GF*, Fermacell  20 mm Fireboard*
F 60-A	 18 + 15 mm GKF, Knauf  2 x 15 mm GF*, Fermacell  2 x 15 mm Fireboard*
F 90-A	 2 x 20 mm GKF, Knauf  25 + 18 mm GKF, Knauf  2 x 20 mm Fireboard*  4 x 10 mm GF*, Fermacell  1 x 15 mm +  2 x 12,5 mm GF*, Fermacell
Unterkonstruktion der Deckenbekleidung nach Lastklassen der DIN 18181 * Diese Konstruktionen können nach Zustimmung durch die Brandschutzbehörde auch direkt an der Tragkonstruktion angebracht werden, wenn der Abstand zwischen den Deckenträgern 40 cm nicht übersteigt.	

Dachkonstruktionen

Dächer, die im Aufbau mit Deckensystemen identisch sind, werden bezüglich ihrer Brandschutzeigenschaften gleichgestellt. Es gelten die genannten Bestimmungen für eine Brandbeanspruchung von unten sinngemäß.

Dächer müssen im Allgemeinen zum Schutz gegen Brandbeanspruchung von außen die Anforderung einer „harten Bedachung“ erfüllen. Das bedeutet, dass das Dach ausreichend widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme nach DIN 4102 Teil 7 [16] sein muss. „Weiche Bedachungen“, z. B. Dachdichtungsbahnen, sind möglich, wenn z. B. größere Gebäudeabstände vorhanden sind, die die Gefahr des Brandüberschlages reduzieren.

Installationen in Decken

Einzelne elektrische Leitungen können durch Unterdecken hindurchgeführt werden, ohne dass der Feuerwiderstand beeinträchtigt wird, wenn die verbleibenden Öffnungen z. B. mit Gips verschlossen werden. Eine besonders sorgfältige Ausführung verlangen vertikal geführte Leitungen, die die gesamte Decke senkrecht durchstoßen. Gebündelte Leitungen bis zu einem Durchmesser von 50 mm dürfen ohne besondere Maßnahmen durch die Unterdecke geführt werden. Die Durchführungsstelle ist mit dicht gestopfter Mineralwolle mit einem Schmelzpunkt von > 1000 °C und einer Verspachtelung z. B. aus Gips abzudichten (DIBt-Mitteilungen 5/96).

Abb. 109:
Unterseitige Bekleidungen für Decken in Stahl-Leichtbauweise als selbstständige Unterdecke zur Erfüllung von Brandschutzanforderungen

Brandschutzbekleidungen an tragenden und aussteifenden Konstruktionen

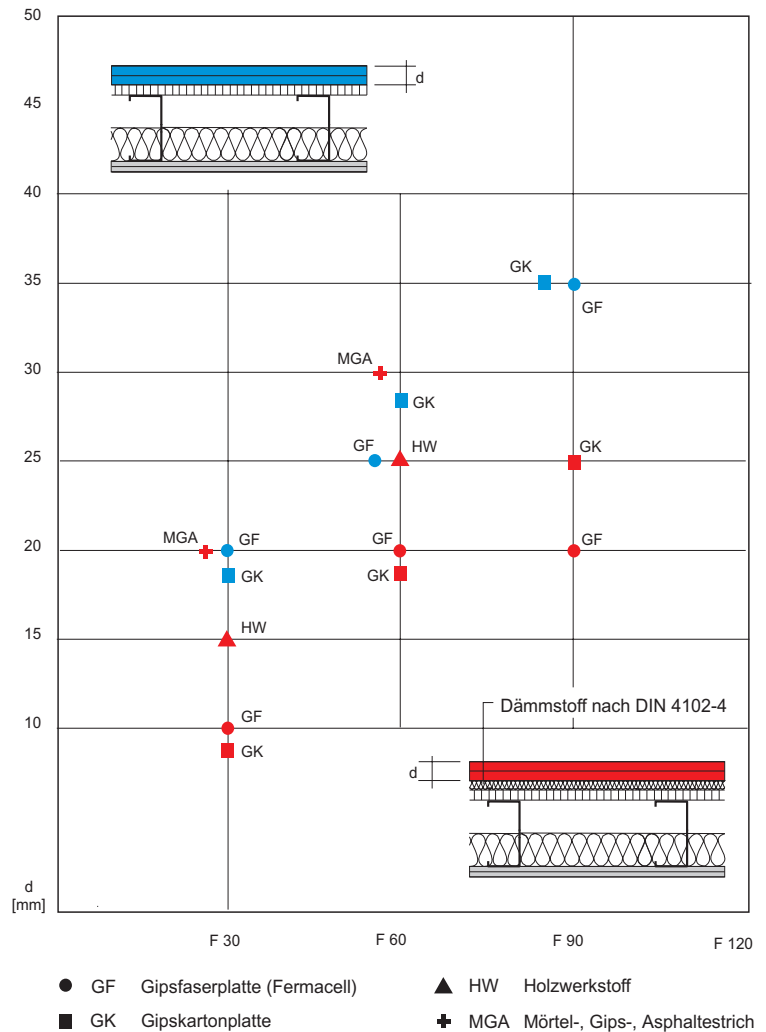
Werden in einem Stahl-Leichtbau Stützen oder Träger verwendet, die nicht in den Konstruktionen von Wänden oder Decken eingebunden sind, so sind zum Erreichen der erforderlichen Feuerwiderstandsklasse geeignete Maßnahmen zu treffen, die die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit des Stahls für die geforderte Feuerwiderstandsdauer sicherstellen. Wirtschaftlich erfolgt die Bekleidung der Stahlbauteile in Trockenbauweise mit Brandschutzplatten. Daneben kann auch verputzt oder mit Dämmschichtbildnern beschichtet werden. Stahlbauteile können einer schützenden Bekleidung auch dann bedürfen, wenn sie schon durch eine Unterdecke oder auch durch Einbinden in eine Wand gegen Brandeinwirkung teilweise abgedeckt sind.

Zur Gewährleistung der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer sind die folgenden Kriterien zu berücksichtigen:

- Anforderungen an das Bauteil (F 30, ..., F 180)
- Brandbeanspruchung des Bauteils (1-, 2-, 3- oder 4-seitig)
- Bauteilgeometrie von Stahlprofilen, Profilfaktor (U/A-Verhältnis)
- Auswahl des Bekleidungsmaterials, z. B. Gipskarton, Gipsfaser, Kalziumsilikat, Vermiculite oder Mineralwolleplatten mit bauaufsichtlichem Nachweis durch DIN 4102 Teil 4 oder allgemeinem bauaufsichtlichem Prüfzeugnis
- Ermittlung der erforderlichen Bekleidungsstärke
- Maßnahmen zum Erreichen einer anstrichfähigen Oberfläche
- Schutz der Bekleidung in Bereichen, in denen Beschädigungen auftreten können (z. B. Kantenschutz)

Werden Stahlprofile verwendet, deren U/A-Verhältnis unter 300 m^{-1} liegt, kann dafür die jeweils erforderliche Bekleidungsstärke je nach Baustoffart aus DIN 4102 Teil 4 [16] abgelesen werden. Gipsfaserplatten werden den GKF-Platten brandschutztechnisch gleichgestellt.

Werden Profile verwendet, die ein U/A-Verhältnis $> 300 \text{ m}^{-1}$ aufweisen – wie alle gängigen dünnwandigen Profile –, so muss auf den Verwendbarkeitsnachweis der Systemhersteller zurückgegriffen werden. Entsprechend den vorn angeführten Erläuterungen ist dafür die Prüfung auf das 140-K-Kriterium maßgebend, um die Tragfähigkeit eines Bauteils sicherzustellen.



Als nicht genormte Baustoffe werden folgende Plattenarten für Brandschutzbekleidungen verwendet:

- Gipsfaserplatten, Spezialgipsplatten (Glasvliesplatten)
- zementgebundene Feuerschutzplatten
- Kalziumsilikatplatten
- Vermiculite-Platten
- Mineralfaserplatten

Für die Ausführung der Konstruktion ist die Befestigung der Bekleidung am Bauteil von großer Bedeutung. Sie gewährleistet, dass die Bekleidung im Brandfall nicht abfällt (Abb. 114). Es sind am Markt geprüfte Stützen- und Trägerbekleidungen mit bauaufsichtlich zugelassenen Baustoffen erhältlich, die aufgrund ihrer mechanischen Festigkeit lediglich über die Stirnkanten durch mechanische Befestigungsmittel (Schrauben oder Klammern) miteinander verbunden werden und ohne Hilfskonstruktionen auskommen.

Abb. 110: Feuerwiderstand von Stahl-Leichtbaudecken mit Estrichsystemen bei Brandbeanspruchung von oben

Abb. 111 (links): Brandschutztechnisch richtige Ausführung von Öffnungen und Durchdringungen in Stahl-Leichtbaudecken

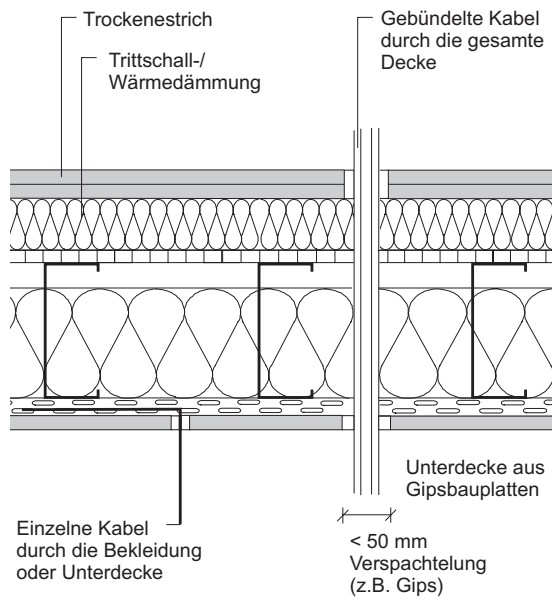


Abb. 112 (Mitte links): Brandschutztechnisch wirksamer Bauteilanschluss am Beispiel eines Wand-T-Stoßes

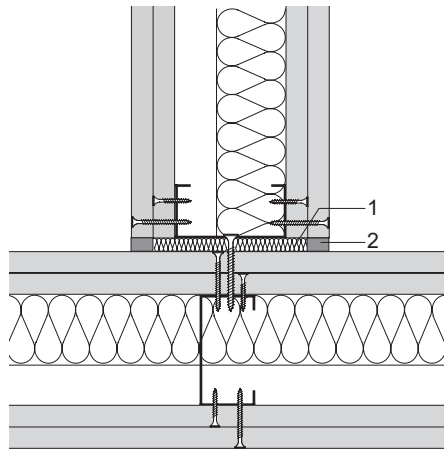


Abb. 113 (ganz rechts): In der Planung zu berücksichtigende Detailanschlüsse zur Verhinderung der Rauchausbreitung und Brandweiterleitung in Hohlraumkonstruktionen

- 1 Anschlussstreifen aus Mineralwolle 10 mm Schmelzpunkt > 1000 °C
- 2 Dichte Verspachtelung

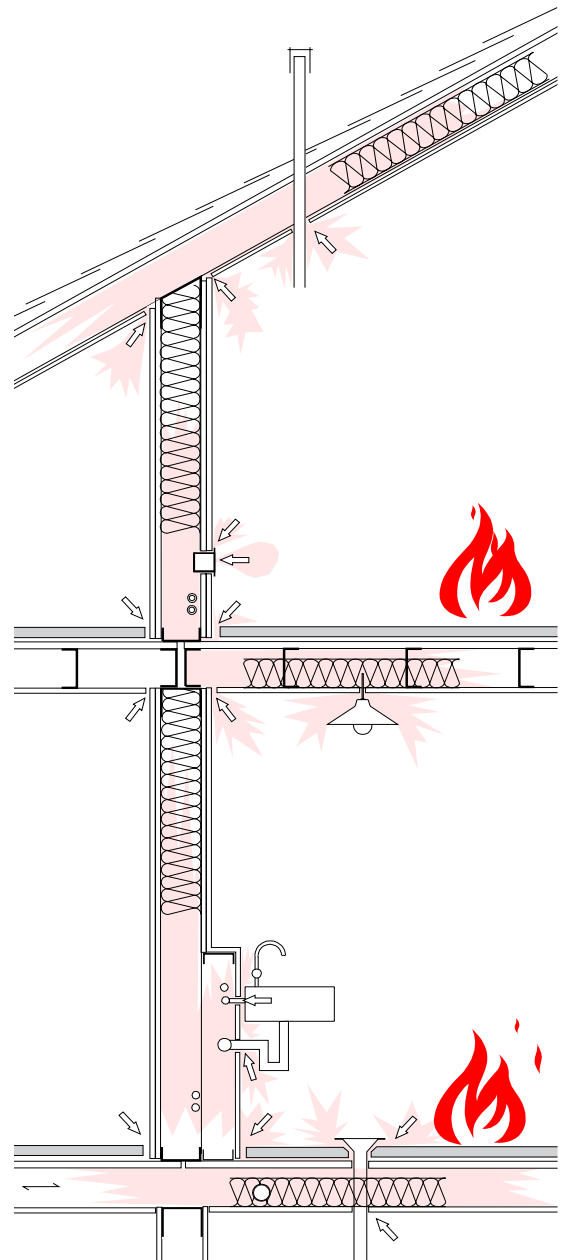
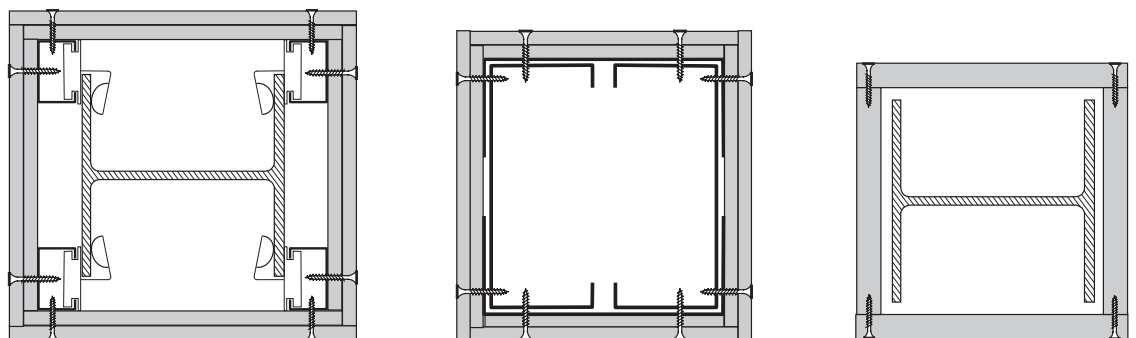


Abb. 114: Bekleidungen von Stahlprofilen mit Gipswerkstoffplatten zur Brandschutzsicherung



Brandschutztechnische Eigenschaften von Hohlraumkonstruktionen

Bei der Stahl-Leichtbauweise handelt es sich um eine so genannte „Hohlraumkonstruktion“. Feuer kann sich im Hohlraum ausbreiten, und gesundheitsschädliche Gase können in nicht feuerbelastete Gebäudeteile vordringen.

Um die Brandweiterleitung im Gebäude zu verhindern und die Rauchdichtigkeit von Bauteilanschlüssen zu gewährleisten, müssen verschiedene Punkte beachtet werden (**Abb. 113**).

Bauteilanschlüsse und Installationsführung

In erster Linie ist die Fugendichtigkeit von horizontalen und vertikalen Bauteilanschlüssen zu beachten. Diese müssen mit nicht brennbaren Mineralwollgedichtstreifen (Baustoffklasse A1), Kitteln oder Aufschäumdichtungen abgedichtet werden. Die abschließende Verspachtelung der Fugen muss sorgfältig ausgeführt sein (**Abb. 112**).

Diese Ausführung gilt entsprechend bei Bauteildurchdringungen und Installationsdurchführungen. Diese Punkte stellen Schwächungen der brandschutztechnischen Bekleidung dar und geben dem Feuer Zugang zum Hohlraum in der Konstruktion (**Abb. 113**). Durchdringen Installationsleitungen ein Bauteil, so ist neben der Dichtigkeit zur raumabschließenden Fläche auch zu gewährleisten, dass sich der Brand nicht durch die Installationsöffnung hindurch ausbreitet. Bei Öffnungen > 50 mm muss die Installationsleitung außerhalb der Wand brandschutztechnisch gekapselt sein, oder es muss sich um eine nicht brennbare Installationsleitung handeln, die die geforderten Kriterien der durchdrungenen Wand gewährleistet.

Korrosionsschutz

Kaltprofilierter Stahlprofile werden aus feuerverzinktem Bandstahl hergestellt. Sie weisen eine Zinkschichtdicke von 20 µm auf, das entspricht einem Zinkgewicht von 275 g/m². Die Feuerverzinkung stellt über die Lebensdauer eines Bauwerkes einen guten Korrosionsschutz dar, wenn die Konstruktionsdetails und Schichtungen korrekt geplant und ausgeführt werden. Die ernsthaftesten Angriffe auf die Schutzschicht entstehen durch Transport und Lagerung. Daher ist sicherzustellen, dass die Transportverpackung mechanische Schäden so weit wie möglich ausschließt. Die Profile müssen so gelagert werden, dass sich weder Schmutz noch Wasser in ihnen ablagern können.

Bei normalem Innenraumklima wird ca. 0,1 g/m² Zink pro Jahr durch Korrosionsvorgänge abgebaut, so dass die übliche Schichtdicke einen Korrosionsschutz weit über die Nutzungsdauer eines Hauses hinaus sicherstellt. Zink hat zudem die Eigenschaft, durch seine kathodische Schutzwirkung beschädigte Stellen zu „heilen“. Kommt Feuchtigkeit mit einer freiliegenden Stahloberfläche in Verbindung, entsteht ein galvanisches Element. Das unedlere Zink geht als Opferanode in „Lösung“ und lagert sich an die Stahloberfläche, die als Kathode fungiert, an. Dadurch entsteht ein „anodischer“ Überzug aus Zink, der sie vor Korrosion schützt. Aus diesem Grund müssen Schnittkanten von verzinkten, dünnwandigen Stahlprofilen nicht zusätzlich verzinkt werden.

Die Oberfläche frisch verzinkter Produkte zeigt einen auffallenden Glanz, der sich binnen einiger Wochen in ein mattes Grau verwandelt. Diese „Passivierungsschicht“ entsteht bei der Reaktion von Zink mit Wasser, Sauerstoff und Kohlendioxid. Das sich bildende wasserunlösliche, basische Zinkkarbonat stellt einen guten Schutz der Zinkoberfläche gegen weitere Korrosionsangriffe dar. Deshalb sollte seine Bildung durch unsachgemäße Lagerung nicht behindert werden, d. h., die Stahlprofile sind vor Feuchtigkeitszutritt zu schützen. Eine ausreichende „Luftumspülung“ muss gewährleistet sein. Kommt ein Stahl-Leichtprofil kurz nach der Herstellung mit Feuchtigkeit in Kontakt, bildet sich bei unzureichender Zufuhr von Sauerstoff und Kohlendioxid Weißrost. Das pulverige, weiße Zinkoxidhydrat ist sehr voluminös. Wenn es sich leicht entfernen lässt, ohne deutliche Spuren auf dem Grundmaterial zu hinterlassen, ist der Korrosionsschutz nicht beeinträchtigt. Zeigen sich starke Veränderungen der Grund-

beschichtung, ist der Korrosionsschutz zu prüfen. Eine luftige Lagerung neuer Profile verhindert die Weißrostbildung (**Abb. 115**).

Wird eine starke Korrosionsbeanspruchung erwartet, z. B. bei Gebäuden, die in besonderem Maße dem Seeklima ausgesetzt sind und in denen offen liegende Profile verbaut wurden, kann zusätzlich zur Verzinkung noch eine organische Beschichtung aufgebracht werden. Man spricht dann vom so genannten „Duplex-System“. Die organische Beschichtung verhindert den langsamen Abtrag der Passivierungsschicht. Die Zinkschicht verhindert die Unterwanderung der Beschichtung durch Rost, die bei normal beschichteten Bauteilen an den Stellen auftreten kann, die kleine mechanische Schäden oder Alterung zeigen. Die Schutzdauer von Duplex-Systemen ist durch den Synergieeffekt ca. 1,8- bis 2,5-mal größer als die Summe der Einzelschutzdauern aus Verzinkung und Beschichtungssystem.

Dünnes Stahlblech, wie es für die Herstellung von Kaltprofilen verwendet wird, kann bandbeschichtet werden, d. h., direkt nach der Verzinkung wird die organische Schutzschicht als Lack oder Folie aufgebracht. Dadurch wird eine sehr viel höhere Qualität erreicht als durch Aufrollen oder Aufstreichen der Beschichtung auf der Baustelle. Für Bauteile in Stahl-Leichtbau-

weise werden bandbeschichtete Profile verwendet, wenn die entsprechende Oberfläche oder eine hohe Korrosionssicherheit gefordert ist.

Da Feuchtigkeit die Korrosion beschleunigt, sollten offene Profile mit nach unten zeigender Öffnung eingebaut werden oder einen gelochten Steg haben. Dadurch wird vermieden, dass sich Regenwasser während der Bauzeit im Profil sammelt und Korrosion auslöst. Hohlräume, wie sie z. B. im Bereich von Verbindungen entstehen können, sollten so konstruiert werden, das evtl. eindringendes Wasser direkt ablaufen kann.

Bei der Wahl der Verbindungsmittel ist die Kontaktkorrosion zu vermeiden. Sie entsteht infolge der elektrochemischen Spannungsreihe, wenn unterschiedliche Metalle miteinander in Berührung kommen. Verzinkte Bauelemente sollten daher mit Verbindungsmitteln aus Stahl, die z. B. galvanisch verzinkt sind, verbunden werden. Im Außenbereich, d. h. bei direkter Bewitterung oder wenn Tauwasserbildung im Bereich der Verbindungsmittel auftreten kann, sollten Edelstahlschrauben eingesetzt werden. Im Innenbereich können auch phosphatierte Schrauben verwendet werden. Dazu muss aber eine Feuchtigkeitseinwirkung auf die Verbindung ausgeschlossen werden.

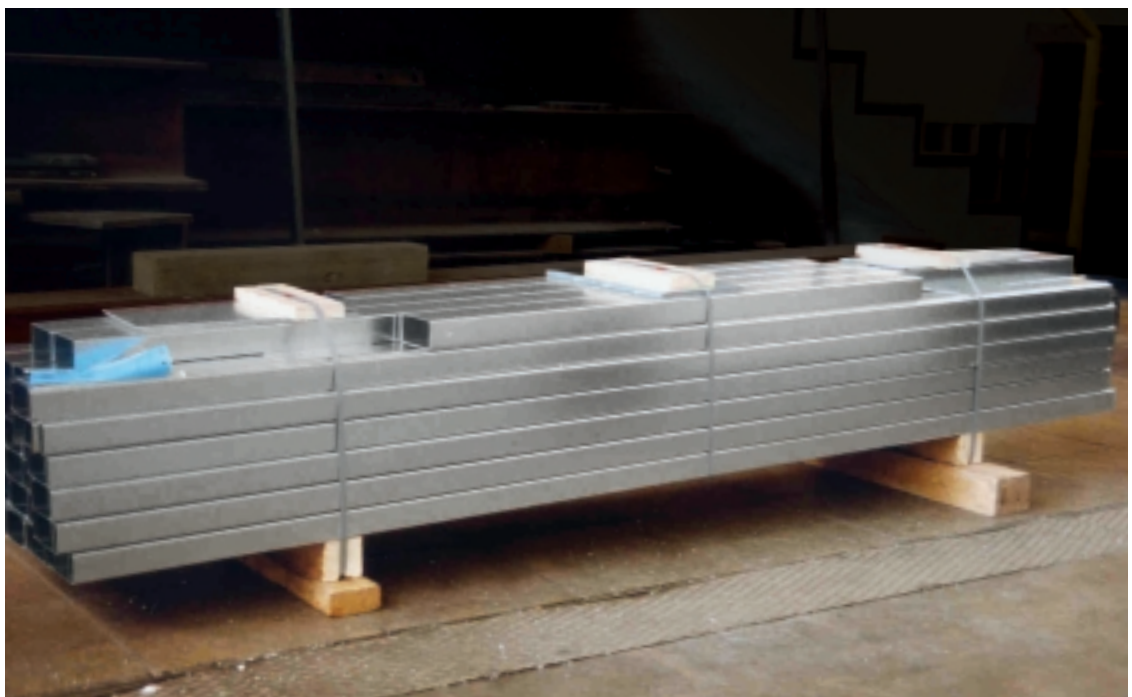


Abb. 115:
Leicht geneigte
Lagerung von
Profilen zur
Gewährleistung
des Korrosions-
schutzes

Entwicklungsmöglichkeiten des Stahl-Leichtbaus

Leichtigkeit, hohe Tragfähigkeit und Variabilität bei der Nutzung sind Vorzüge von raumtrennenden Stahl-Leichtbaukonstruktionen. Unternehmen schätzen diese Bauweise für Innenwände bei Büro-, Lager- und Produktionsgebäuden. Grundrisse von Hotels, Kindergärten und Krankenhäusern lassen sich mit wenig Aufwand an veränderte Nutzungsanforderungen anpassen. Aber auch Wohnhäuser mit mehreren Vollgeschossen werden wirtschaftlich mit Tragwerken aus Stahl-Leichtprofilen verwirklicht und stoßen bei Architekten, Wohnungsbau-gesellschaften, Bauträgern und Bauherren auf großes Interesse.

Der Werkstoff Stahl ist in den letzten Jahren kontinuierlich weiterentwickelt worden und bietet heute die Grundlage für zahlreiche innovative Produkte, die im Wohnungsbau Anwendung finden. Eine neue Generation von Stahlprofilen, die durch ihre optimierte Formgebung leichte und schlanke Tragkonstruktionen ermöglicht, ist entwickelt worden. Die bekannten Verbindungstechniken Schweißen und Schrauben werden ergänzt durch neue Fügeverfahren wie Clinchen und Druckluftnagelung. Oberflächenveredelte, duplexbeschichtete und nicht rostende Stähle bieten Sicherheit vor Korrosion.

Bauherren suchen nach Problemlösungen, die kompetent, schnell und aus einer Hand zur Verfügung gestellt werden. Neben den Erstellungskosten erlangen Bewirtschaftungskosten und Wertstabilität einer Immobilie immer größere Bedeutung. Diese Aspekte werden maßgeblich von Langlebigkeit und Qualität bestimmt. Verantwortlich für die Qualität der Bauleistung ist in erster Linie das Bauteam: kreative Architekten und Ingenieure bei der Projektierung, gut ausgebildete Monteure in der Vorfertigung und Endmontage. Optimale Qualitätssicherung bieten Fertigungsprozesse unter stets gleichen Bedingungen – in der Werkshalle.

Daher muss der eigentliche Bauprozess wesentlich stärker auf elementiertes, von Facharbeitern in der Werkstatt vorgefertigtes Bauen umgestellt werden. So lassen sich industriell vorgefertigte Bauelemente mit Profilen aus verzinktem Stahlblech kostengünstig in gleich bleibend hoher Qualität herstellen. Sie sind langlebig, lassen sich beim Rückbau sortenrein trennen und dem Recycling zuführen.

Die in dieser Broschüre vorgestellten Stahl-Leichtbaukonstruktionen sind ein erster Schritt zur Modernisierung des Wohnungsbaus. Im Automobilbau praktizierte Verfahren der rationalen Produktion werden künftig auch im Baubereich Anwendung finden mit industriellen, elektronisch gesteuerten Montageabläufen (Abb. 116).

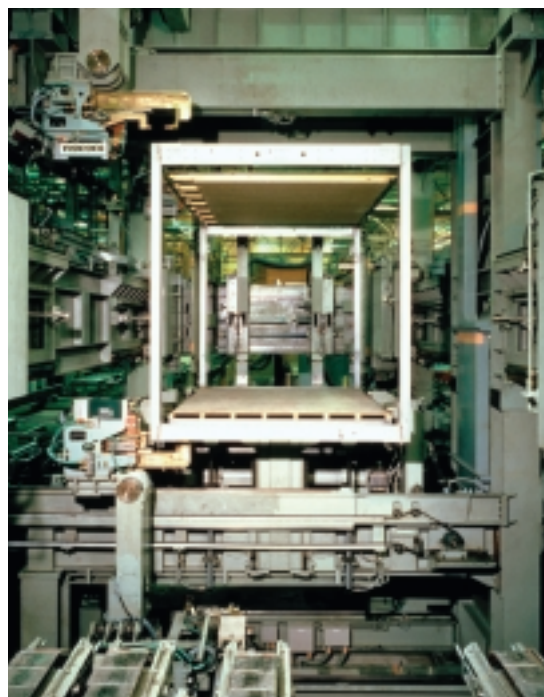


Abb. 116:
Industrielle
Produktions-
straße von Raum-
zellen aus Stahl
(Sekisui Heim,
Japan) im Ver-
gleich zu einer
Automobil-Pro-
duktionsstraße
(DaimlerChrysler)

Literatur

- [1] Tichelmann/Pfau:
Entwicklungswandel Wohnungsbau,
Vieweg-Verlag, Wiesbaden 2000
- [2] Becker/Pfau/Tichelmann:
Trockenbau Atlas, 2. Auflage,
Rudolf Müller Verlag, Köln 1998
- [3] Dokumentation 548:
Kostengünstiger Wohnungsbau mit Stahl,
Stahl-Informations-Zentrum,
Düsseldorf 1999
- [4] BAKT-Schrift SS3, Schallschutz,
Bundesarbeitskreis Trockenbau
- [5] RWE Bau-Handbuch, 10. Ausgabe,
Energie-Verlag, Essen 1990
- [6] Merkblatt 480:
Wohnungsbau mit Stahl – Profilhandbuch,
Stahl-Informations-Zentrum,
Düsseldorf 2002
- [7] Fritzen/Kleinen und andere:
Holzrahmenbaupraxis,
Bruderverlag, Karlsruhe 1990
- [8] Kordina/Meyer-Ottens,
Brandschutzhandbuch Holzbau,
Deutsche Gesellschaft für Holzforschung,
München 1994
- [9] EN 10142:
Kontinuierlich feuerverzinktes Band
und Blech aus weichen Stählen zum
Kaltumformen, Ausgabe 7/2000
- [10] Broer/Martin-Bullmann:
Kaltprofile, 4. Auflage,
Verlag Stahleisen, Düsseldorf 1993
- [11] DASt-Richtlinie 016:
Bemessung und konstruktive Gestaltung
von Tragwerken aus dünnwandigen
kaltgeformten Bauteilen, Ausgabe 1988
- [12] ENV 1993 Teil 1-3:
Bemessung und Konstruktion von Stahl-
bauten – Ergänzende Regeln für kalt-
geformte dünnwandige Bauteile und
Bleche, Ausgabe 1996
- [13] AISI:
Specification for the Design of Cold-
Formed Steel Structural Members,
1996 Edition
- [14] Zulassungsbescheid für Verbindungselemente zur Verwendung bei Konstruktionen mit „Kaltprofilen“ aus Stahlblech – insbesondere mit Stahlprofiltafeln, IFBS Industrieverband zur Förderung des Bauens mit Stahlblech e. V., Düsseldorf 2000
- [15] DIN 18180:
Gipskartonplatten; Arten, Anforderungen, Prüfung, Ausgabe 9/1989
- [16] DIN 4102:
Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Ausgabe 5/1981
- [17] DIN 4108:
Wärmeschutz im Hochbau,
Ausgabe 8/1981
- [18] DIN 4109:
Schallschutz im Hochbau,
Anforderungen und Nachweise,
Ausgabe 11/1989
- [19] Merkblatt 110:
Schnittflächenschutz und kathodische
Schutzwirkung von bandverzinktem und
bandbeschichtetem Feinblech,
Stahl-Informations-Zentrum,
Düsseldorf 1996
- [20] Merkblatt 400:
Korrosionsverhalten von
feuerverzinktem Stahl,
Stahl-Informations-Zentrum,
Düsseldorf 2001
- [21] DIN 55928 Teil 8:
Korrosionsschutz von tragenden
dünnwandigen Bauteilen, Ausgabe 7/1994
- [22] EN 10147:
Kontinuierlich feuerverzinktes Band und
Blech aus Baustählen, Ausgabe 7/2000
- [23] Hass, Meyer-Ottens, Richter:
Stahlbau Brandschutz Handbuch,
Ernst und Sohn, Berlin 1993

Folgende Schriften zum Thema „Wohnungsbau mit Stahl“ können beim Stahl-Informations-Zentrum angefordert werden:

Stahl und Form 037
Zwei Wohngebäude in Konstanz

Dokumentation 070
Wohnhaus in Münster

Dokumentation 071
Bio-Solar-Haus

Dokumentation 072
Geschosswohnungsbau in Konstanz

Dokumentation 073
Reihenhäuser in Villingen-Schwenningen

Dokumentation 074
Wohnhaus mit Galerie in Tübingen

Dokumentation 075
Doppelhaus in Rudolstadt

Dokumentation 076
Aufstockung eines Fachwerkhauses
in Dinslaken

Dokumentation 077
Wohnhaus in Walddorfhäslach

Dokumentation 078
Wohnhaus in Manderscheid

Dokumentation 079
Wohnhaus mit Büro in Nagold-Hochdorf

Dokumentation 080
Reihenhäuser in Darmstadt

Merklblatt 480
Wohnungsbau mit Stahl – Profilhandbuch

Dokumentation 532
Wohnbauten in Stahl – weltweit

Dokumentation 548
Kostengünstiger Wohnungsbau mit Stahl
Symposium, Düsseldorf, 22.9.1998

Dokumentation 559
Wohnungsbau mit Stahl
Symposium, Erfurt, 8.12.1999

Dokumentation 561
Wohnungsbau mit Stahl – Musterhäuser

Dokumentation 563
Stahl-Innovationspreis 2000

Dokumentation 573
Stahl im Wohnungsbau –
innovativ und wirtschaftlich

Dokumentation 574
Neues Wohnen mit Stahl
Internationaler Architektur-Kongress,
Essen, 17.1.2002

Stahl und elementierte Bausysteme im
Wohnungsbau
2. Runder Tisch im Landtag in Düsseldorf
am 25.11.1999

Newsletter
(Aktionsgemeinschaft Stahl-Wohnungsbau)

Beispiele



Doppelhaus in
Ramstein (Profil-
haus Consult,
Dettingen)



Zweifamilien-
haus in
Waldeck-
Hörsinghausen
(Richter System,
Griesheim)





Aufstockung
eines histo-
rischen Fach-
werkhauses
in Dinslaken
(Rasta-Haus,
Wesel)



Einfamilienhaus
in Böbingen/
Rems
(SwitchHaus,
Bopfingen)



Diese Publikation entstand mit Unterstützung der



International Zinc Association
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brüssel
E-Mail: email@iza.com · Internet: www.zincworld.org



Stahl-Informationen-Zentrum
Postfach 10 48 42
40039 Düsseldorf
E-Mail: siz@stahl-info.de · Internet: www.stahl-info.de