

Gebäude in Stahl-Leichtbauweise

Building with Light Steel Frame Construction (LSF)

Jürgen Volkwein
Karsten Ulrich Tichelmann



1

Leichtigkeit, Tragfähigkeit und variable Nutzungsmöglichkeit sind Vorzüge der Ständerbauweise aus leichten Stahlprofilen.

Hinreichend bekannt sind Trockenbaukonstruktionen im Innenausbau, deren gute bauphysikalische Eigenschaften geschätzt werden. Doch auch Gebäude mit bis zu vier Geschossen können mit Stahl-Leichtprofilen errichtet werden.

Im Gegensatz zum Holzständerbau erlauben die dünnwandigen C-, U- oder Z-Profile verschiedenste Fügeverfahren, können mit unterschiedlichen Werkstoffen beplankt werden und sind zudem unbrennbar. In Deutschland hat die noch relativ junge Bauweise bislang keine weite Verbreitung erlangt: Nur ca. 1 % der Wohnbauten basieren auf Stahl-Leichtprofilen. In Japan und Schweden ist der Anteil mit jeweils ca. 15 % wesentlich höher.

Vor allem im Vergleich zur Holztafelbauweise zeichnet sich die Stahl-Leichtbauweise durch mehrere funktionale und technologische Eigenschaften aus:

- sehr geringes Gewicht (max. 0,075 kN/m)
- herausragendes Verhältnis von Festigkeit zu Eigengewicht
- Maßhaltigkeit der Profile
- Verrottungsstabilität
- gute bauakustische Eigenschaften
- Formstabilität bei Feuchtebeanspruchung
- rasche Baustellenmontage
- hohes Recycling- und Wiederverwertungspotenzial aller im System verwendeten Materialien
- abhängig vom Plattenwerkstoff nicht brennbar (Baustoffklasse A), keine Erhöhung der Brandlasten
- hochwertige Füge- und Verbindungstechnik
- eignet sich zur Vorfertigung

Die 0,6 mm bis 2,5 mm dünnen Profile werden zu einem Stahlskelett verbunden und danach wegen guter bauakustischer Eigenschaften, hoher Brandsicherheit sowie malar- und tapezierfähiger Oberflächen bevorzugt mit Gipsfaser- und Gipskartonplatten beplankt.

Für Nachverdichtungen im Bestand bieten Stahl-Leichtbauweisen einige Vorteile: Aufstockungen können gewichtsreduziert ausgeführt werden oder hohe Gebäude, in denen brennbare Baustoffe nicht mehr zugelassen sind, als nichtbrennbare Konstruktion hergestellt werden.

Aufgrund der gestiegenen Anforderungen an Bauphysik, Bauqualität sowie Flexibilität und Individualität wird es wichtiger, Wohngebäude wirtschaftlich nach Systembauprinzipien zu entwerfen. Dies bedeutet neben der architektonischen Gestaltung auch Herstellung und Montageablauf zu berücksichtigen.

Tragverhalten von Ständerbauweisen

Das Tragsystem besteht aus senkrechten Ständern, die am Fußpunkt und am Kopfende U-Schienen zusammenhalten. Die obere Schiene verteilt die vertikal auftreffenden Lasten auf die Ständer. Deckenelemente werden entweder über Konsolen angeschlossen oder zwischen die vertikalen Elemente gelegt.

Aus statischer Sicht unterscheidet sich der Stahl-Leichtbau wesentlich vom Skelettbau: Die Lastabtragung funktioniert nicht über ein Skelett, das unabhängig von der abschließenden Gebäudehülle steht. Durch die Beplankung entsteht ein Verbundbauteil, eine Tafel, die Lasten sowohl in ihrer Ebene, als auch senkrecht dazu, als Platte, abtragen kann.

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

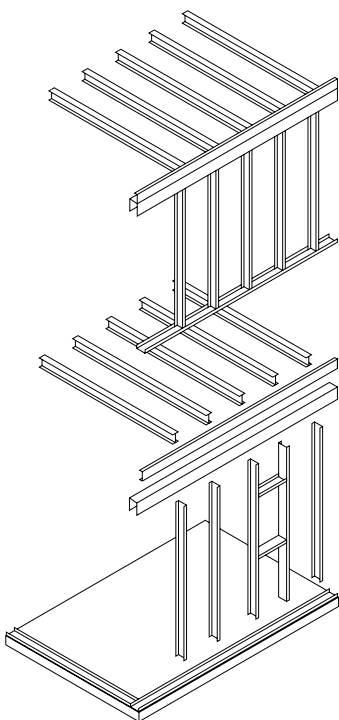
Konstruktionsprinzipien

Man unterscheidet beim Stahl-Leichtbau wie beim Ständerbau zwischen dem Plattform- und dem Balloon-Frame-System. Beim Balloon-Frame werden die Decken seitlich oder vor den Ständern eingehängt; beim Plattform-Konstruktionssystem stehen die Wandelemente auf den Decken. Für den Bauablauf bietet dies den Vorzug des sukzessiven Geschossaufbaus.

Neben den Reinformen dieser Bauweise sind auch Mischformen üblich: Größere Spannweiten können mit warmgewalzten Profilen überbrückt, oder das Tragsystem als Skelettbauweise ausgeführt werden. Für Gebäude mit mehr als vier Geschossen kommt in der Regel eine Stahl-Skelettbauweise zum Einsatz.

Das Rastermaß der Profile ist variabel, sollte sich aber an den Plattenformaten orientieren. Eine wirtschaftliche Regelkonstruktion basiert auf einem Achsmaß von 62,5 cm, das bei höheren Belastungen auf 31,25 cm reduziert wird. Türen und Fenster sollten im Raster liegen, um Profilauswechslungen zu vermeiden. Größere Öffnungen in tragenden Wänden und Decken können mit verstärkten bzw. ineinander gesteckten kaltgeformten Profilen oder mit warmgewalzten Stahlprofilen überbrückt werden.

Art und Dicke der Beplankung müssen bauphysikalischen, statischen, brandschutztechnischen und bauakustischen Anforder-

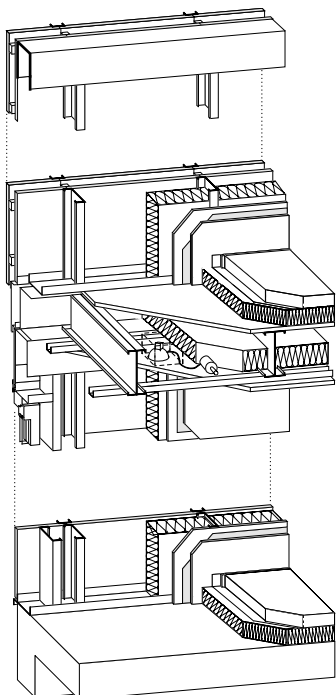


3

- 1, 2 Wohnhaus in Belgien
Architekt: Wim Cuyvers
Hersteller Sadef
- 3 Konstruktionsprinzip
- 4 Konstruktionsaufbau

- 1, 2 House in Belgium,
constructed by Sadef
Architect: Wim Cuyvers
- 3 Structural principle
- 4 Structural assembly

rungen folgen. Ihre Oberflächen können innen roh belassen oder in jeder denkbaren Art nachbehandelt werden. Für Außenoberflächen sind ebenfalls alle gängigen Materialien und Systeme wie Putz, Verblendung, Verkleidung, etc. denkbar. Der Hohlraum zwischen den Ständern wird wie bei üblichen Trockenbaukonstruktionen nach energetischen und bauakustischen Anforderungen gedämmt. Vergleicht man Stahl-Leichtbauweisen und konventionelle monolithische Bausysteme mit gleichen bauphysikalischen Eigenschaften, ergibt sich ein Flächengewinn von 5–10% bei einer Wohnfläche von 120 m². Decken sind mit Spannweiten von bis zu 6,00 m wirtschaftlich. Damit sind im Wohnungsbau gängige Grundrisstypen ohne Einschränkungen machbar. Sind größere Spannweiten nötig, können Profile ineinander gesteckt, oder warmgewalzte Profile ergänzt werden. Auch Verbundbauweisen mit Trapezblech und Stahlbeton sind bis 7,00 m Spannweite wirtschaftlich.



4

Eigenschaften kaltgeformter Profile

Kaltgeformte Profile sind bis zu 12 m lang und bestehen aus beschichteten oder unbeschichteten, kaltgewalzten Stahlblechen. Der Querschnitt wird durch Umformen der Bleche direkt vom Coil durch Ziehen, Abkanten oder Walzen in kaltem Zustand erreicht. Die Stärke tragender Profile beträgt nur 1 bis 2,5 mm, dennoch erfüllen sie auch im mehrgeschossigen Gebäuden die statischen Anforderungen. Der rechnerische Nachweis der Kaltprofile erfolgt nach DAST-Richtlinie 016, die demnächst durch EC 3 1-3 abgelöst werden soll.

Herstellung, Vorfertigung und Montage

Aus der Konstruktion mit Stahl-Leichtbauweisen ergeben sich veränderte Entwurfsgrundlagen. Die Montage von leichten Stahlprofilen zu einem Ständerwerk ist sowohl auf der Baustelle als auch im Werk möglich. Beide Herstellungsarten unterscheiden sich in Planung, Ausführung und Logistik, wobei die Vor- und Nachteile für das jeweilige Bauvorhaben abzuwägen sind. Wird das Ständerwerk vor Ort aus Einzelprofilen erstellt, können diese als nicht zugeschnittenes Rohmaterial, als fertig abgelängte Profile oder als vollständig abgebundene Bauteile (z. B. Dachstuhl oder Wandständerwerk) auf die Baustelle geliefert und auf der Bodenplatte oder der Kellerdecke aufgebaut werden. Schwere Hebezeuge sind nicht nötig und die Verbindungstechniken unkompliziert.

Bei der Vorfertigung wird das Ständerwerk eines Bauteils vollständig im Werk zusammengebaut und ein- oder beidseitig beplankt. Bei einseitiger, meist der äußeren Beplankung, werden vor allem tragende Bauteile qualitätsgesichert hergestellt und auf der Baustelle in kurzer Zeit zu einer witterungsunabhängigen Hülle gefügt. Zweiseitig beplankte Elemente können sämtliche Installationen und fertige Oberflächen erhalten. Dieser Prozess muss im Werk fremdüberwacht werden, da der Aufbau der Elemente mit ihren innenliegenden Materialschichtungen (Folien, Dämmung, etc.) auf der Baustelle nicht mehr zu überprüfen ist.



2

Auch komplette Raumzellen können in Stahl-Leichtbauweise gefertigt und am Bauplatz nur noch montiert werden.

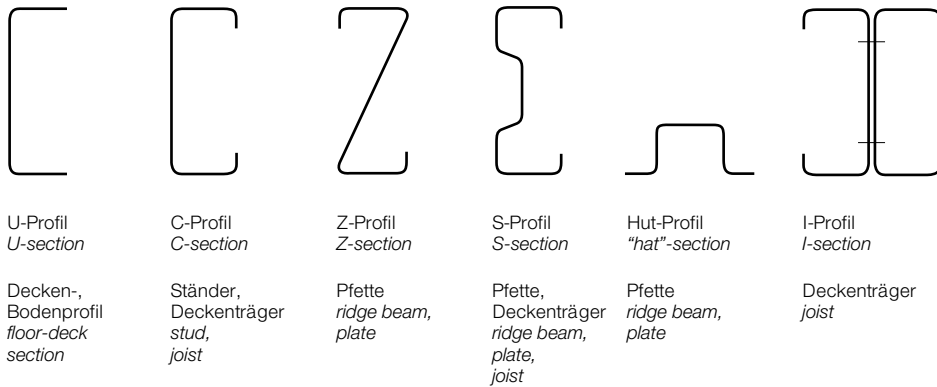
Eine einfache Verbindungs-, Füge- und Montagetechnik hat aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten oftmals Vorrang vor materialminimierten statischen Konstruktionen. Grundsätzlich können die verschiedenen Bleche und Stahlbauteile durch Schweißen, Schrauben, Stecken, Clinchen, Klammern oder Nageln verbunden sein. In Deutschland wird zur Zeit die Befestigung der Beplankung mit ballistischen Verbindungsmitteln (Nägeln, Klammern) entwickelt und für die bauaufsichtliche Zulassung geprüft. Die Abmessungen von Fertigteilen sind abhängig von Produktions- und Transportkapazitäten des Herstellers, von anlieferbaren und verarbeitbaren Größen auf der Baustelle und dem Bausystem. Reguläre Maße bewegen sich bei etwa 3,00 m x 8,00 m. Die maximalen Abmessungen liegen bei ca. 6,00 m x 12,00 m.

Durch die Vorfertigung kann sich die Bauzeit erheblich verkürzen, da das Baugrundstück mit allen Anschlüssen und evt. auch Außenanlagen fertig gestellt werden kann, während gleichzeitig das Haus produziert wird. Gegenüber der Baustellenfertigung erhöht sich der Planungsaufwand und die Planung muss früher (vor Produktionsbeginn) abgeschlossen sein.

Eine Konstruktion oder ein Bauteil muss meist verschiedenen bauphysikalischen Anforderungen gleichzeitig folgen. Mit Stahl-Leichtbauweisen lassen sie sich bezüglich Schallschutz, Brandschutz und Wärmeschutz gut erfüllen. Für eine systemgerechte Lösung ist jedoch die frühzeitige Integration der bauphysikalischen Detailplanung in den gesamten Entwurfsprozess wichtig.

Schallschutz und Bauakustik

In der Luft- und Trittschalldämmung von Wohngebäuden in Stahl-Leichtbauweise gelten die bauakustischen Wirkungsweisen des Trocken- und Leichtbaus. Schalldämmung erfolgt nicht über Masse, sondern durch konsequente Zweischaligkeit und bauakustische Entkopplung.



5

Die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Schalldämmung sind:

- die Steifigkeit der Verbindung beider Schalen; diese wird u.a. beeinflusst durch die Bauart und Anordnung der Ständer und der Befestigung der Platten auf der Unterkonstruktion – je weicher die Verbindung desto leistungsfähiger das Bauteil
- der Schalenabstand durch die Wahl der Profile – je größer desto besser
- die Biegeweichheit der Einzelschale; diese wird u.a. beeinflusst durch Plattendicke, -material und -struktur – je weicher desto besser.
- die flächenbezogene Masse der Einzelschale – je größer desto besser; diese wird u.a. beeinflusst durch den Plattenwerkstoff, einfache oder mehrlagige Beplankungen
- Art, Eigenschaften (z.B. längenspezifischer Strömungswiderstand) und Füllgrad des Dämmstoffs

Die Anforderungen an den Trittschallschutz

sind bei leichten Deckensystemen schwieriger zu erfüllen als der geforderte Luftschallschutz. Dieser ist bei ausreichendem Trittschallschutz meist automatisch gegeben. Um einen guten Wert zu erreichen, sollte der Schalleintrag an der Deckenoberseite von der Schallabstrahlung an der -unterseite entkoppelt sein. Dies wird durch die Trennung der einzelnen Schichten im Deckenaufbau erreicht. Dazu dienen auf der Oberseite schwimmende Estriche, die von der tragenden Konstruktion getrennt sind.

Positive Einflussgrößen auf die Schalldämmung von Fußbodenaufbauten sind:

- 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



6

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, haben im Vergleich zu Nassestrichen ein geringes Gewicht und sind sofort begehbar. Auch bringen sie keine Baufeuchte ein, die austrocknen muss und den Bauablauf verzögert.

Auch bei der Flankenübertragung wirken andere Prinzipien als im Massivbau, denn bei leichten, doppelschaligen Wänden ist die Längsleitung der angrenzenden Bauteile problematisch. Decken, Böden oder Wände als flankierende Bauteile können Schall auf zwei Wegen übertragen: über die Bekleidungsebene und über den Hohlraum. Deshalb wird der Hohlraum mit Faserdämmstoff gedämpft und der Anschlussbereich des trennenden Bauteils abgeschottet. Die durchgehenden Wandschalen werden getrennt und alle offenen Fugen der aneinanderstoßenden Bauteile bauakustisch dicht verschlossen.

Um die guten bauakustischen Eigenschaften zu erhalten, ist für die Ausführung der Anschlüsse von Bedeutung:

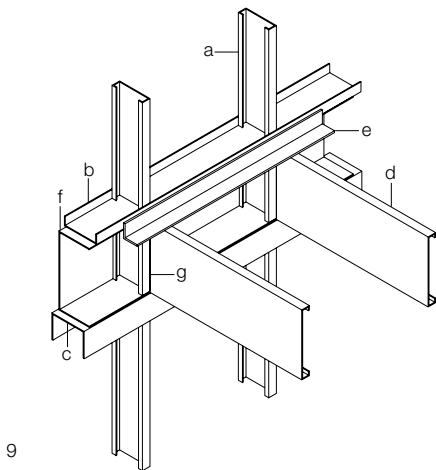
- akustische Trennung von flankierenden Bauteilen
- akustische Trennung von aneinanderstoßenden Bauteilen (Abb. 15)
- Anschluss über Dämmstreifen, -stoffe
- Verwendung spezieller Profile mit angeschlossenen Dichtstreifen
- dichter Verschluss von Fugen durch sorgfältige Verspachtelung

Winterlicher Wärmeschutz

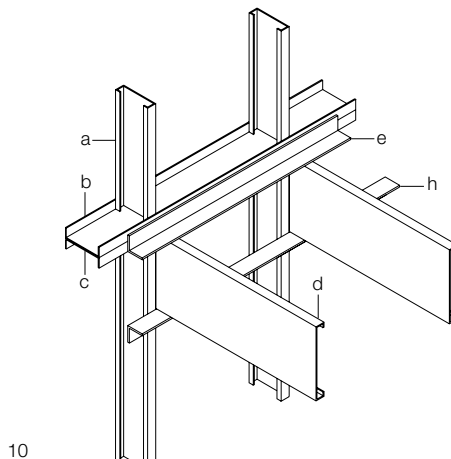
Bei Außenbauteilen ist die primäre Dämmebene integrativ angeordnet, d.h. sie liegt in der Tragwerksebene (Ständerebene). Der Hohlraum muss vollflächig mit Dämmstoff gefüllt sein, um Wärmebrücken und Konvektionsströme zu vermeiden. Die integrative Dämmebene wird meist durch eine additive ergänzt. Diese liegt außen oder auch innen,



7



9



10

- | | | | |
|-----|--|-----|---|
| 5 | Querschnitte kaltgeformter Profile | 5 | Section through cold-formed steel section |
| 6 | Dachtragwerk eines Wohnhauses in Japan | 6 | Roof structure of a house in Japan |
| 7,8 | Wohnhaus, Paris | 7,8 | House in Japan |
| | Architekten: Hamonic + Masson (siehe Seite 796ff.) | | Architects: Hamonic + Masson (see p. 796ff.) constructed by Stytech |
| 9 | Hersteller Stytech | 9 | Manufacturer Stytech |
| 9 | Platform-System | 9 | Platform system |
| 10 | Balloon-Frame-System | 10 | Balloon-frame system |
| | a tragende Stütze | a | load-bearing column |
| | b Fußblech | b | sole plate |
| | c Kopfblech | c | top plate |
| | d Deckenträger | d | floor joists |
| | e Randaufleger | e | edge bearing-surface |
| | f U-Profil | f | U-section |
| | g Stegblechstreifen | g | web strips |
| | h Haltewinkel | h | retaining angle |

um die Wärmebrückenwirkung der Metallständer zu mindern. Den Niedrigenergiehausstandard erreichen Stahl-Leichtbauweisen fast immer. Mit einem zusätzlichen Wärmedämmverbundsystem bzw. einer Außendämmung kann der Passivhausstandard und somit der Verzicht auf ein aktives Heizsystem erreicht werden. Die Berechnung des mittleren U-Wertes nach DIN 4108-5 ist aufgrund der zu unterschiedlichen Wärmedurchlasswiderstände der Metallständer bzw. Stahlprofile und der Hohlraumdämmung nicht möglich. Den Wärmebrückeneinfluss der Ständer auf den tatsächlichen U-Wert des Außenbauteils geben nur Finite-Elemente-Verfahren wieder. Als Planungsgrundlage gilt, dass bei einer additiven Außendämmung, z. B. einem Wärmedämmverbundsystem mit einer Dicke > 60 mm und einem Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/mK, die Wärmebrücke der Unterkonstruktion so gering ist, dass ein raumseitiger Tauwasserausfall ausgeschlossen ist. In hoch gedämmten Außenwänden werden mehrschichtige Dämmebenen und so genannte Thermo-Profile eingesetzt, bei denen der statisch weniger belastete Steg des Stahlprofils Längsschlitze aufweist. Neben der Wärmebrückenfreiheit ist die Luft- und Winddichtheit bedeutend. Sie beeinflusst Raumklima, Bauschadenfreiheit, Innenluftqualität und Energiebilanz. Durch Undichtheiten der Plattenfugen kann vor allem im Winter mit Wasserdampf angereicherte warme Raumluft in die Außenwand transportiert werden (konvektive Wärmebrücken). Die dadurch verursachte Durchfeuchtung des Bauteils führt einerseits zu einer Reduzierung der Wärmedämmwirkung und kann zudem zu Bauschäden wie Korrosion, Pilzbefall, Frostschäden oder optischen Schäden führen. Um dies zu vermeiden, ist die Konstruktion auf der Innenseite mit einer luftdichten Schicht auszustatten. Dies kann über die Beplankungsebene erfolgen, indem alle Fugen dicht verspachtelt werden, oder über eine Folie. Sie dient meist auch der Reduktion der Dampfdiffusion. Der Anschluss an benachbarte Bauteile ist dauer-

haft nur flexibel über Klebebänder zu lösen. In Außenbauteilen als Hohlraumkonstruktion bildet sich kein Tauwasser, wenn folgende Punkte berücksichtigt sind:

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

Hochgedämmte Niedrigenergie- oder Passivhäuser erreichen ihren prognostizierten, niedrigen Energieverbrauch nur bei ausreichend luftdichter Ausführung.

Sommerlicher Wärmeschutz

Für den sommerlichen Wärmeschutz von Stahl-Leichtbauten sind Speichermassen nicht die maßgeblichen Einflussgrößen. Für die Planung ergeben sich andere Prioritäten. Sie sind entsprechend ihrer Wichtigkeit aufgeführt:

- Größe der möglichen Einstrahlungsintensität (durch Glasflächen) in den Raum reduzieren (Entwurf, Ausrichtung, Raumgeometrie, Verschattungsmaßnahmen, Glaseigenschaften)
- Sicherstellen des Wärmeschutzes und der Wind- und Luftdichtheit der Außenbauteile
- Größe der Heiz- und Kühlquellen im Raum optimieren (interne Wärmequellen im Sommer minimieren, Einsatz kombinierter Heiz-Kühlsysteme)
- Größe der Luftwechselzahl in Verbindung mit der Außenluft auf die Innen-Außen-Klimaverhältnisse anpassen (Querlüftung ermöglichen, insbesondere Nachtlüftung)
- Größe der Wärmedurchgangszahl und der Speichermöglichkeit in Verbindung mit der Strahlungstemperatur durch die richtige Bauteilschichtung optimieren

Brandschutz

Die Tragfähigkeit von Stahl (Festigkeit und Elastizitätsmodul) nimmt bei Temperaturen über 500°C nahezu linear ab. Stahlbauteile sind zwar nicht brennbar (A-Baustoff), verlieren aber im Brandfall ihre Tragfähigkeit. Im Stahl-Leichtbau werden die Stahlprofile

in raumabschließende Bauteile, z. B. in Wänden mit Feuerwiderstandseigenschaften integriert. Darunter versteht man eine thermische Kapselung der Stahlbauteile. Als brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen für Wände, Decken und Böden können nach Verwendbarkeitsnachweis folgende Plattenwerkstoffe eingesetzt werden:

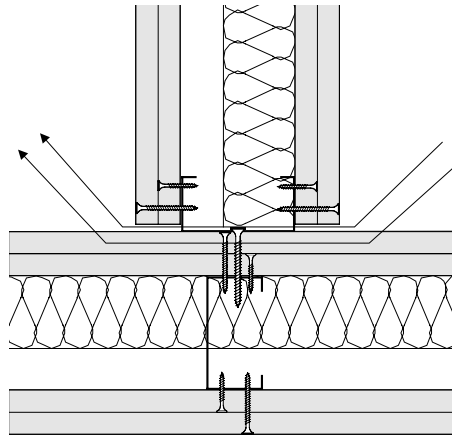
- Gipsbauplatten nach DIN 18180
- Gipsfaserplatten
- Gipsglasvliesplatten
- Kalziumsilikatplatten

Mit dem entsprechenden Dämmstoff ist eine reine A-Bauweise möglich. Eine nichttragende Wand muss den Raumabschluss über die Feuerwiderstandsdauer sichern. Eine tragende oder aussteifende Wand muss zusätzlich ihre statische Funktion beibehalten, weshalb alle tragenden Stahlständer als auch aussteifende Elemente wie Stahlbänder oder Werkstoffplatten von der Brandeinwirkung thermisch zu kapseln sind.

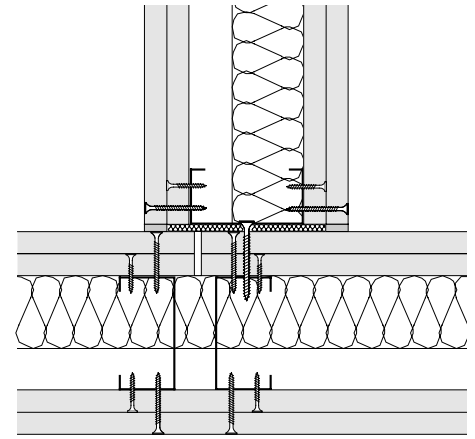


8

- 13 robotergesteuerte Wandtafelfertigung
 14 Schallbrücke im Bereich eines Bauteilanschlusses
 15 schalltechnisch richtige Lösung mit dichtem Bauteilanschluss und Trennung der flankierenden Beplankung
- 13 Robot-operated wall-panel fabrication
 14 Acoustic bridge at a building component connection
 15 Acoustically correct solution with sealed building-component connection and separation of the flanking sheathing



14



15

Auch die Dämmschicht wirkt sich auf das Brandverhalten aus: In einem nichttragenden Bauteil kann die Dämmung den Feuerwiderstand erhöhen, wenn Mineralfaser mit einem Schmelzpunkt $>1000^{\circ}\text{C}$ eingesetzt wird, die den Wärmestrom zu der dem Feuer abgewandten Seite reduziert. In einem tragenden Bauteil verhindert eine Dämmung die Konvektion im Hohlraum, wodurch die kritische Stahl-Temperatur von 500°C schneller erreicht wird. Dampfsperren, Dampfbremsen sowie Folien zur Wind- bzw. Luftdichtheit beeinträchtigen nach DIN 4102-4 den Brandschutz nicht.

Das Brandverhalten und der Feuerwiderstand von Stahl-Leichtbaukonstruktionen werden durch folgende Faktoren 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
- Anordnungen von brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen

Für die brandschutztechnische Klassifizierung von Bauteilen ist der Verwendbarkeitsnachweis durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ) oder ein allgemeines

bauaufsichtliches Prüfzeugnis (AbP) zu erbringen, da die DIN 4102 die im Stahl-Leichtbau eingesetzten Profile nicht berücksichtigt. Auch Brandabschnitte können Stahl-Leichtbauweisen bilden. Es existieren mehrere zugelassene Systeme auf dem Markt, deren Wirkungsweise in Brandprüfungen nachgewiesen wurde. Zur Feuerbeständigkeit (F90) einer Brandwand kommt die erhöhte Belastbarkeit gegen Stoßbeanspruchung. Deshalb wird zwischen die Bekleidungslagen ein durchgängiges Stahlblech eingebracht, das die Flächenstabilität der Bekleidung sichert. Da wie bei den Wandkonstruktionen auch für Decken in Stahl-Leichtbauweise keine Normung besteht, muss auf Prüfzeugnisse und Zulassungen von einzelnen Baustoffen oder Konstruktionen zurückgegriffen werden. Bei raumabschließenden Decken in Stahl-Leichtbauweise mit einer Feuerwiderstandsklasse F30 und einer Brandbeanspruchung von oben ist ein schwimmender Estrich bzw. ein Trockenunterboden erforderlich. Er schützt die tragende Beplankung und verhindert ein frühzeitiges Versagen der Stahlprofile.

Feuer kann sich im Hohlraum der Stahl-Leichtbaukonstruktion ausbreiten und gesundheitsschädliche Gase in nicht feuerbelastete Gebäudeteile leiten. Um den Brandüberschlag zu verhindern und die Rauchdichtigkeit zu sichern, müssen Fugen mit nichtbrennbaren Mineralwollstreifen (Baustoffklasse A1), Kitt oder Aufschäumdichtungen abgedichtet und sorgfältig verspachtelt werden.

Korrosionsschutz

Kaltgepresste Stahlprofile bestehen aus feuerverzinktem Bandstahl mit einer Zinkschichtdicke von $20\ \mu\text{m}$, das entspricht einem Zinkgewicht von $275\ \text{g}/\text{m}^2$. Die Feuerverzinkung stellt über die Lebensdauer eines Bauwerks einen guten Korrosionsschutz dar. Beschädigungen der Schutzschicht entstehen durch Transport und Lagerung. Daher sollte die Transportverpackung mechanische Schäden ausschließen. Bei der Lagerung der Profile dürfen sich weder Schmutz noch Wasser in ihnen sammeln.

Bei üblichem Innenraumklima wird ca. $0,1\ \text{g}/\text{m}^2$ Zink pro Jahr durch Korrosionsvorgänge abgebaut, sodass die Schichtdicke einen Korrosionsschutz weit über die Nutzungsdauer eines Hauses sicherstellt. Durch die kathodische Schutzwirkung von Zink, durch die beschädigte Stellen »geheilt« werden können, müssen Schnittkanten von dünnwandigen Stahlprofilen nicht zusätzlich verzinkt werden.

Entwicklungsmöglichkeiten

Stahl ermöglicht konstruktive Lösungen, die hinsichtlich der industriellen Vorfertigung, der hohen Variabilität in der Ausstattung und der gestalterischen Flexibilität große Potentiale aufweisen. Durch Nachverdichtung und Sanierung im Baubestand können damit kostengünstige Gebäude geschaffen und auf technische und soziale Veränderungen reagiert werden. Die Wissenschaft und die Kunst des ressourcenoptimierten Bauens mit Stahl stehen noch am Anfang. Durch die Realisierung von weiteren, beispielhaften Projekten in Stahl-Leichtbauweise wird der Weg zur Verringerung der Stoffströme neue, innovative und ästhetische Gebäude hervorbringen.

Der Artikel ist ein Auszug aus der Dokumentation 560 »Häuser in Stahl-Leichtbauweise« Stahl-Informations-Zentrum Düsseldorf, 2002, die von Dipl.-Ing. Architekt Jürgen Volkwein und Prof. Dipl.-Ing. Karsten Ulrich Tichelmann verfasst wurde.

Prof. Dipl.-Ing. Karsten Ulrich Tichelmann und Prof. Dipl.-Ing. Architekt Karl-Heinz Petzinka sind Geschäftsführer des ITL Institut für Trocken- und Leichtbau in Darmstadt.

Dipl.-Ing. Architekt Jürgen Volkwein ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Entwerfen und Gebäudetechnologie von Prof. Dipl.-Ing. Architekt Karl-Heinz Petzinka an der TU Darmstadt.

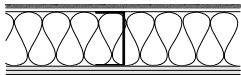
Literatur:

- Tichelmann, K.; Pfau, J.: Entwicklungswandel Wohnungsbau: Neue Gebäudekonzepte in Trocken- und Leichtbauweise, Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden 2000
 Becker K.; Pfau J.; Tichelmann, K.: Trockenbau Atlas: Grundlagen, Einsatzbereiche, Konstruktionen, Details, 3. Auflage, Rudolf Müller, Köln, 2003
 Tichelmann, K.; Ohl, R.: Wärmebrücken-Atlas für den Trockenbau, Stahl-Leichtbau, Bauen im Bestand, 1. Auflage, Rudolf Müller, Köln, 2005
 Bauen im Bestand in Stahl-Leichtbauweise, Dokumentation 591 Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf, August 2006



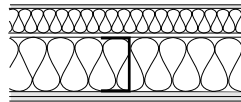
13

16



Bauteilaufbau Konstruktion A
building component construction A

Wärmedämmputz 10 mm
Spanplatte V100 13 mm
Wärmedämmung 100 mm
Metallständer 60/100/0,6 mm
GF 2x 12,5 mm
10 mm thermal-insulation rendering
13 mm V100 chipboard
100 mm thermal insulation
60/60/0.6 mm metal stud
2x 12.5 mm plaster fibre board



Bauteilaufbau Konstruktion B
building component construction B

Wärmedämmverbundsystem 60 mm
Spanplatte V100 13 mm
Wärmedämmung 100 mm
Metallständer 60/100/0,6 mm
GF 2x 12,5 mm
60 mm composite thermal insulation system
13 mm V100 chipboard
100 mm thermal insulation
60/60/0.6 mm metal stud
2x 12.5 mm plaster fibre board

16 Einfluss des Metallständers auf die Oberflächentemperatur der Innenseite

16 Influence of a metal stud on the surface temperature of the interior face

The merits of stud construction in lightweight steel profiles are manifold: low weight, ability to bear large loads, and accommodation of multiple uses. It is well known with respect to use in interiors – its favourable building-physics characteristics are highly valued. But also buildings up to four storeys high can be erected in LSF-construction.

In contrast to wood-stud construction, the thin-walled C-, U-, or Z-sections permit a range of connection options, can be sheathed with a number of different materials, and are not flammable. In Germany this construction method has not yet spread: only ca. 1 % of residential projects utilise light steel sections. In Japan and in Sweden the percentage is considerably larger at approximately 15%. Above all, in comparison to wood panel construction, LSF-construction exhibits the following characteristics:

- extremely lightweight (max. 0.075 kN/m)
- exceptional ratio of stiffness to own weight
- dimensional stability of the sections
- stable with respect to corrosion
- favourable acoustic characteristics
- shape of sections unaffected by moisture
- quick assembly on site
- potential for recycling and reusing all materials in system
- certain board materials fire-resistant
- high standard of joint and connection technology
- conducive to prefabrication

Structural behaviour of stud-construction

The structural system consists of vertical studs which are connected at the top and the bottom by channel tracks. The upper track distributes the vertical loads to the studs.

Floor decks are attached either with consoles or are laid between the vertical members.

From the structural-engineering perspective, LSF-construction differs considerably from frame construction. The transferral of loads does not function via a skeleton which stands independent of the building envelope.

Through the sheathing a composite building component results: a panel which transfers loads both within its plane as a slab, and also perpendicular to it as a plate. The stiffness of

the sheathing is so great that, with sufficient fastening, buckling of the sections can be ruled out.

Construction principles

As in wood frame construction, in LSF-construction there are platform and balloon-frame systems. In the balloon-frame system the ceilings are supported laterally or in front of the studs; in the platform system the wall elements rest directly on the floor deck. This offers the advantage of successive floor construction for building progress.

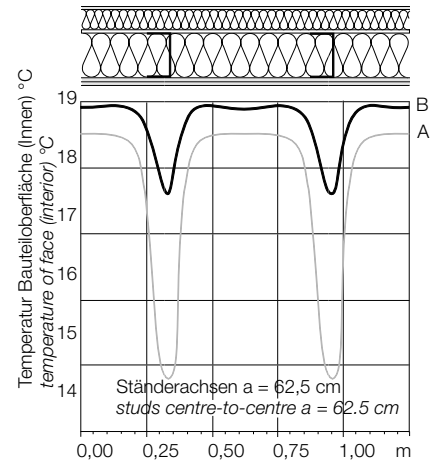
In addition to the pure forms of this construction type, hybrids are also in use: larger distances can be spanned with hot-milled sections, or the structural system can be executed as frame construction. For buildings of more than four storeys steel frame construction typically comes into play.

The grid dimension of the sections varies, but should be oriented to the sheet formats. An economical standard construction is based upon 62.5 cm, which, when the loads are greater, can be reduced to 31.25 cm. Doors and windows should adhere to the grid in order to avoid disrupting the vertical members. Large openings in the load-bearing walls and floor decks can be spanned with reinforced or doubled-up cold-formed sections or with hot-rolled steel profiles. Type and thickness of the sheathing must adhere to building physics, structural, fire-protection and acoustic requirements.

Characteristics of cold-formed sections

Cold-formed sections are up to 12 m long and consist of coated or uncoated cold-milled steel sheets. The transverse section is attained by extracting, bevelling or rolling in a cool state. The wall thickness is only 1–2.5 mm, yet the sections meet structural requirements in multi-storey buildings.

Fabrication, Prefabrication and Assembly Construction in LSF involves addressing altered design criteria. Assembling light-steel-section stud framing is possible both on the building site and in the factory. The two types of fabrication differ in detailing, execution, lo-



gistics, whereas the advantages and disadvantages must be weighed for each project. The framing may be constructed of individual sections at the building site, as uncut raw material, as sections delivered to site in the desired length, or as completely separate building components (e.g. roof framework or wall framing) and set up on the floor deck or on the basement deck.

With prefabrication the construction time can also be significantly reduced, since the construction site can be hooked up to utilities and possibly also the landscaping can be completed, while at the same time the construction of the building is progressing. The planning is more time-consuming than for on-site framing and must be completed earlier (prior to shop fabrication).

An assembly or a building component typically must adhere to different building physics standards. In LSF-construction these can be met with respect to acoustics, fire protection, and thermal insulation. However, for a solution attuned to the system, the early integration of detailing addressing building physics is crucial in the overall design process.

Sound protection and acoustics

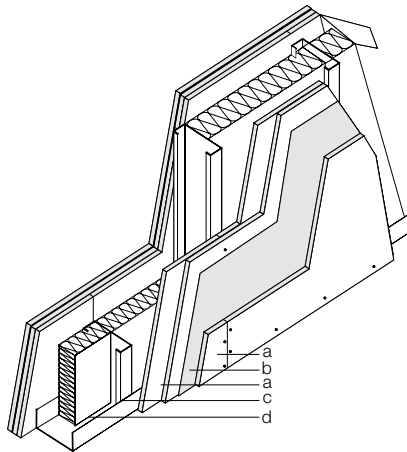
For residential projects with the acoustic insulation and the sound-impact insulation in LSF-construction, the same operative acoustic forces are valid as in other light construction types. Acoustic insulation is not attained through mass, but with consistent discontinuous construction (of the two faces) and acoustic uncoupling.

The most important factors influencing acoustic insulation are:

- the flexural strength of the connection of the two faces
- the distance between the two faces, determined by the choice of sections – the larger the better
- the low bending rigidity of the individual faces
- the ratio of mass to area of the individual faces – the larger the better
- type, characteristics (e.g. flow resistance specific to length) and filling ratio of the insulation

This article is excerpted from "Dokumentation 560: Light Steel Frame Houses", written by Jürgen Volkwein and Karsten Ulrich Tichelmann.

Professor Karsten Ulrich Tichelmann and Professor Karl-Heinz Petzinka are principals of ITL Institute für Trocken- und Leichtbau in Darmstadt. Architect Jürgen Volkwein is research assistant to Karl-Heinz Petzinka in the area Design and Building Technology at the University of Technology Darmstadt.



- 17 Brandwand
- a Beplankung Gipsfaserplatte 12,5 mm
 - b Blechtafel 0,38 mm
 - c CW-Profile Achsabstand 416 mm
 - d Faserdämmstoff (nicht zwingend)
- 17 Fire-wall
- a sheathing 12.5 mm plaster fibreboard
 - b 0.38 mm metal sheet
 - c C-section, 416 mm centre-to-centre
 - d fibre insulation (optional)

The impact-sound-proofing requirement is more difficult to fulfil in lightweight floor deck systems than is the airborne sound-proofing. The latter is usually automatically fulfilled when the impact-sound insulation is sufficient. In order to attain a good value the sound immision on the upper side of the floor deck should be decoupled from the lower side. This can be achieved with floating screed above, separated from the load-bearing structure. Positive influences on the acoustic insulation of floor constructions are:

- low bending rigidity and high unit weight of screed
- low rigidity of impact-sound insulation at large depth (up to 50 mm)
- avoidance of acoustic bridge at walls and ceiling
- careful execution of the connections at walls (edge insulation-strips)
- weighting down with rubble, mats or stone plates
- resilient flooring, e.g. carpeting

Dry-assembly sub-flooring systems improve sound-proofing, weigh less than screed and can support loads immediately following installation. No moisture – which would require time to dry out – is introduced.

In order to attain the targeted acoustic characteristics attention must be paid to the execution of the connections:

- acoustic separation from flanking building segments
- acoustic separation from adjoining building components
- connections via insulating strips and insulation
- special sections with integrated sealing strips

Thermal protection in winter

For exterior building components the primary insulation is integratively arranged, i.e. it is in the same plane as the studs. The cavity must be completely filled with insulation in order to avoid thermal bridging and convectional current. The integrative insulation plane is typically supplemented with an additive layer. This is placed on the outside or, in some cas-

es, inside to mitigate the thermal-bridging effect of the metal studs.

LSF-construction almost always meets energy-efficiency standards. With an additional composite thermal insulation system or exterior insulation it can fulfil passive-solar standards, making it possible to do without an additional heating system.

Thermal protection in summer

For thermal protection of LSF buildings in the summer, thermal mass is not the determining factor. Other priorities play a role in the planning. They are listed in order of their importance:

- reducing amount of potential irradiation intensity (through glass surfaces) in the space (design, orientation, layout, shading, glass characteristics)
- sufficient thermal insulation and wind- and airtight exterior building components
- optimisation of dimensioning of the space's heating and cooling sources
- adjust air exchange rate in combination with exterior air to the interior-exterior climate conditions (enable cross-ventilation, particularly at night)
- optimisation of dimensioning of thermal transmission coefficient and the storage capacity in combination with the radiation temperature through the correct building component layering

Fire protection

The load-bearing capacity of steel decreases nearly linearly at temperatures above 500°C. In LSF-construction, the steel sections are in space-enclosing components, e.g. are integrated in walls with resistance characteristics. The following board materials can be used for fire-protective claddings for walls and ceilings:

- plasterboard in accordance with DIN 18180
- plaster-fibreboard
- glass-fibre-reinforced plasterboard
- calcium-silicate boards

With the appropriate insulation Category A construction is possible.

A non-load-bearing wall must guarantee the room enclosure for the duration fire-resist-

ance. A load-bearing or stiffening wall must, in addition, retain its structural integrity, which is why all load-bearing steel studs must be encapsulated.

The insulating layer also has an effect on behaviour: in a non-load-bearing component the insulation can increase the fire-resistance if mineral fibres with a melting point >1000 °C are used. In a load-bearing member, the insulation prevents convection in the cavity, resulting in conditions in which the critical temperature 500 °C is more quickly reached. According to DIN 4102-4, neither vapour barriers nor wind- and airproofing membranes inhibit fire protection.

Fire can spread in the cavity of the LSF-construction, forcing noxious fumes into parts of the building unaffected by fire. In order to prevent fire from spreading from floor to floor, and to secure that they are smoke-tight, the joints must be sealed with mineral-wool sealing strips, putty or foam sealants and carefully infilled.

Corrosion Protection

Cold-formed steel sections consist of hot-dip galvanised strip steel, its zinc coating 20 µm thick, which corresponds to 275 g zinc per square metre. The hot-dipping constitutes good corrosion-resistance for the lifespan of a building. Assaults on the protective coating can occur during transport and storage. Thus, transport packaging should rule out mechanical damage. While in storage the sections should not come in contact with dirt or moisture. Due to the cathodic protection of zinc, which can "heal" damaged parts, the ends do not require additional galvanisation.

Potential developments

With steel, structural solutions are possible which have great potential with respect to industrialised fabrication, variability of fitting out, and the flexibility in design. The science and art of optimal use of resources in steel construction are in the initial stages. By realising additional exemplary projects in LSF-construction, the path to limiting material excesses will bring about new, innovative and aesthetic buildings.