Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 108 (1990)
Heft: 30-31

Artikel: Stahlverbund im Hochbau: schnell, wirtschaftlich und brandsicher
Autor: Fontana, Mario
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-77479

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

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

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

Download PDF: 11.07.2025

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

Stahlverbund im Hochbau

Schnell, wirtschaftlich und brandsicher

Geschossbauten in Stahlverbundbauweise erleben in den grossen Zentren Europas wie z.B. London, Frankfurt oder Paris einen starken Aufschwung. Zum besseren Verständnis dieser Entwicklung werden hier die Charakteristiken und vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten der Verbundbauweise beschrieben. Auch wird gezeigt, wie leicht sich Brandschutzanforderungen erfüllen lassen.

Stahlverbundbauten sehen gut aus und wachsen in kürzester Zeit von den Fundamenten bis zum Dachgeschoss in 20

VON MARIO FONTANA, WINTERTHUR

oder auch 250 Metern Höhe. Durch den raschen Baufortschritt und die weitgehend von Witterungseinflüssen unabhängige Montagebauweise kann der Bauherr Läden und Büros sehr rasch nutzen und dabei noch erhebliche Zinskosten sparen sowie zusätzliche Mieterträge erwirtschaften.

Geschossbauten in Stahlverbund können auch bei uns einen Aufschwung erleben, denn diese Bauweise erlaubt dem kreativen Architekten, ausdrucksstarke Bauten zu gestalten. Die Schweizerische Zentralstelle für Stahlbau hat für Architekten und Ingenieure eine Reihe von Publikationen bereitgestellt, welche das Entwerfen und Planen in Stahlverbundbauweise erleichtern.

Funktionsweise und Konstruktion

Die Stahlverbundbauweise verbindet die Vorzüge des Stahlbaus mit günstigen Eigenschaften des Betons zu einer wirtschaftlichen Bauweise. Alle Elemente des Tragwerkes lassen sich in Verbundbauweise konstruieren: Träger, Stützen, Decken und Dächer.

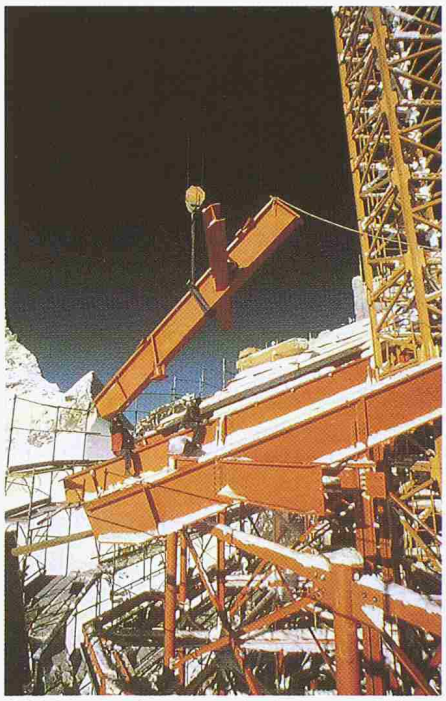

Bild 2. Auch unter schwierigsten Witterungsbedingungen lassen sich Verbundbauten sicher und schnell erstellen, wie dieses Bild von der Montage des «Top of Europe» in 3500 m Höhe auf dem Jungfraujoch beweist.

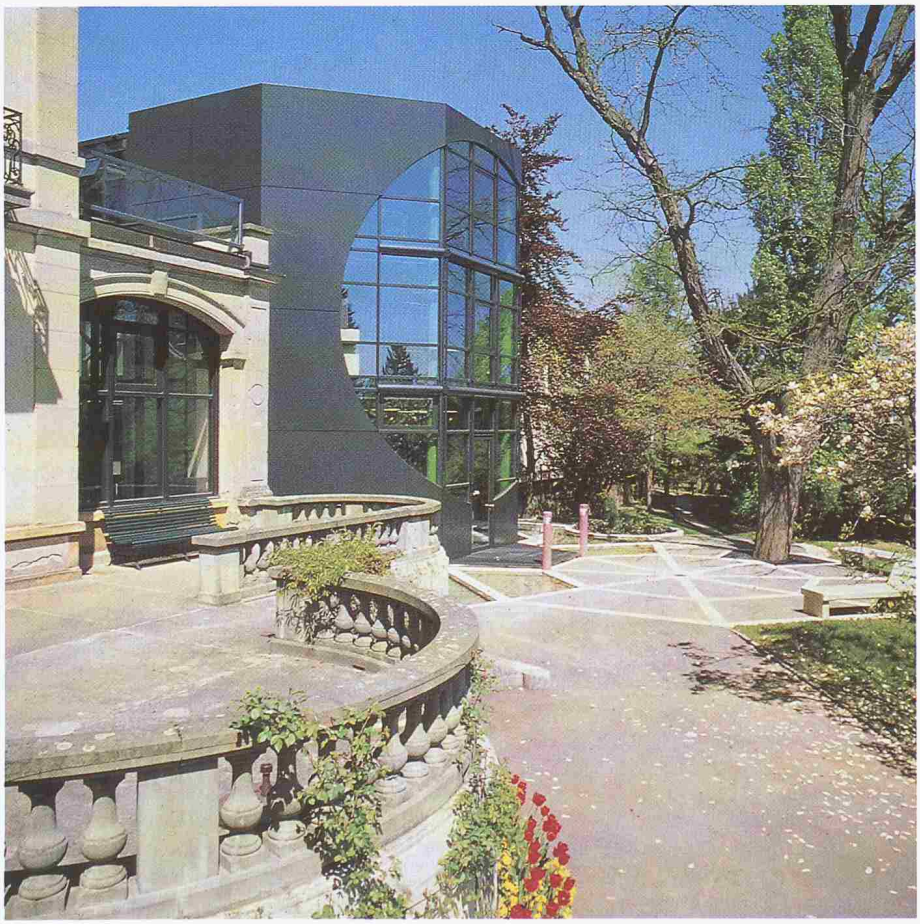

Bild 1. Ethnographisches Museum in Neuenburg. Stahlverbundbauten lassen dem Architekten unbegrenzte Möglichkeiten und Freiheiten in der kreativen Gestaltung seiner Projekte.

Funktionsweise

Die Decken von Stahlhochbauten bestehen im allgemeinen aus Betonplatten auf Stahlträgern. Die Verbundplatte bildet eine horizontale Fläche, welche die Belastungen zu den Trägern leitet. Diese Träger sind mit den Stützen verbunden oder ruhen auf tragenden Wänden, vgl. Bild 3. Stabilisiert werden Verbundbauten durch den Kern des Gebäudes, durch Decken, Wände, Verbände oder biegesteife Stützen. Die Dekkenplatte begrenzt in der Regel die einzelnen Stockwerke und übernimmt damit auch Aufgaben des Schall- und Brandschutzes, vgl. Bild 4.

Konstruktionsformen

Alle Elemente des Tragwerks lassen sich in Verbundbauweise erstellen. Die Vielfalt der Konstruktionsformen setzt der Kreativität des Architekten und Ingenieurs keine Grenzen [1].

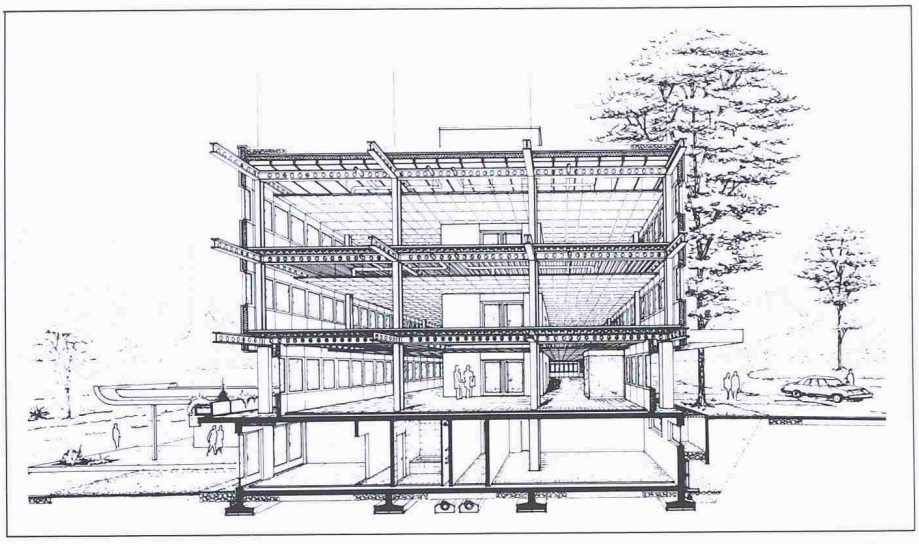

Bild 3. Hochbauten werden schnell, sauber und wirtschaftlich in Stahlverbundbauweise erstellt. Die Vorzüge der Montagebauweise in Stahl verbinden sich mit den Vorteilen des Betons.

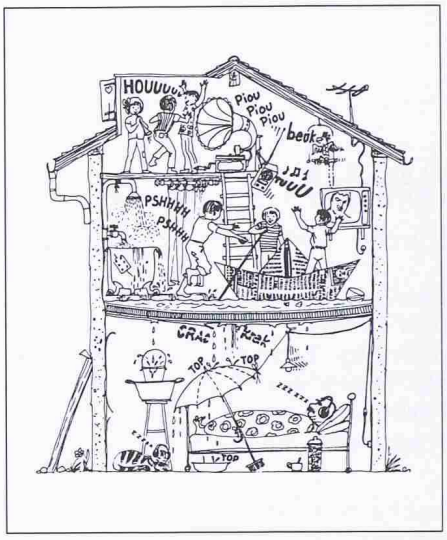

Bild 4. Neben der Lastabtragung übernehmen die Decken auch Aufgaben des Schall- und Brandschutzes.

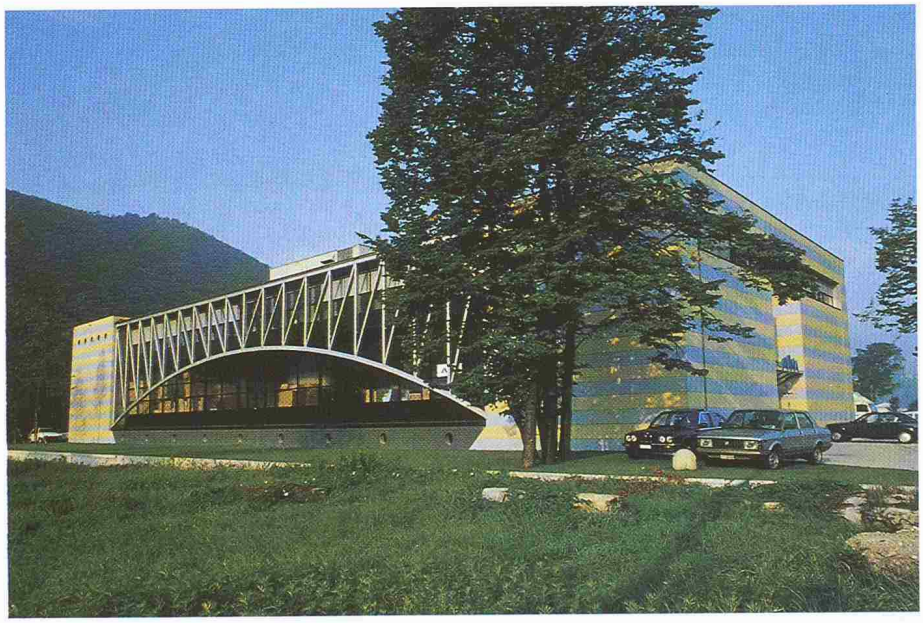

Bild 5. Der Formenreichtum eines modernen Speditionszentrums in Balerna TI

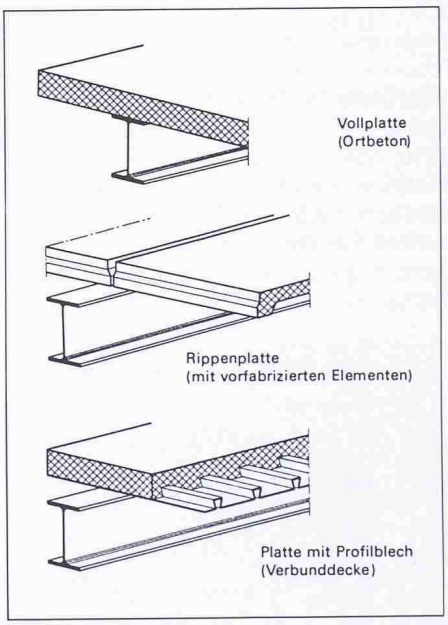

Bild 6. Konstruktionsmöglichkeiten von Deckenplatten auf Stahlträgern

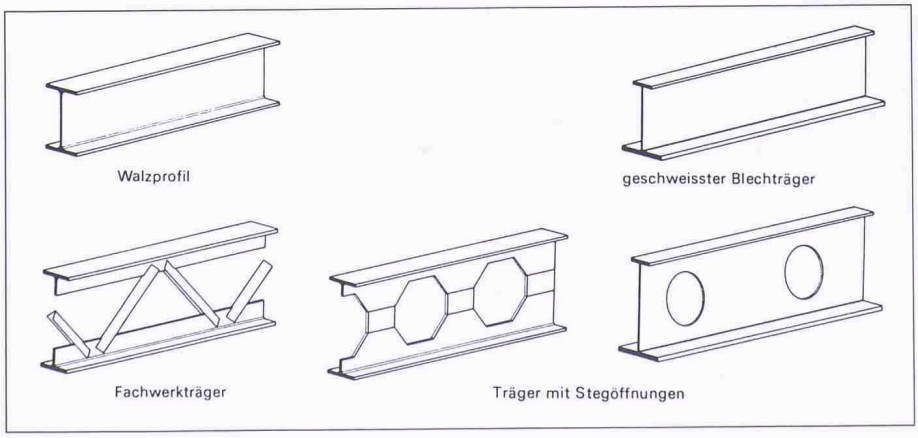

Bild 7. Konstruktionsformen von Deckenträgern und Unterzügen

Verbunddecke

Die aus Beton oder Leichtbeton bestehende Platte wird im allgemeinen auf Profilbleche betoniert (Verbunddecke). Die Bleche sind zugleich Schalung und Armierung. Die Decke kann aber auch als Vollplatte mit konventioneller Schalung oder als vorfabrizierte Elementplatte ausgebildet werden. Bild 6 zeigt die entsprechenden Konstruktionsmöglichkeiten.

Träger

Im Stahlhochbau ruhen die meisten Decken auf Trägern oder Unterzügen aus Walzprofilen, seltener aus geschweissten Blechträgern. Diese Träger können Öffnungen im Steg aufweisen, die die Durchführung von technischen Installationen erleichtern. Typische Konstruktionsformen sind in Bild 7 wiedergegeben.

Verbundträger

Betonplatte und Träger lassen sich zu Verbundträgern mit verbessertem Tragverhalten verbinden. Dabei sind, wie Bild 8 zeigt, ganz verschiedene Ausführungen möglich. Einbetonierte oder kammerausbetonierte Verbundträger besitzen ohne weitere Schutzmassnahmen ein günstiges Brandverhalten.

Verbundstützen

Verbundstützen, gemäss Bild 9, lassen sich ähnlich wie Verbundträger herstellen. Durch die hohe Festigkeit von Stahl haben Verbundstützen sehr kleine Aussenabmessungen. Die Kombination von Stahlstützen mit Stahlpilzen vereinfacht die Leitungsführung entlang der Stützen und verringert die Deckendicke wegen ihres besseren Durchstanzverhaltens. Richtig bemessene und konstruierte Verbundstützen zeigen ein hervorragendes Brandverhalten.

Verbindungen

Die Vorteile der einfachen Verbindungstechnik im Stahlbau kommen auch bei Verbundbauten voll zum Tragen. Bild 10 zeigt typische Anschlüsse von Trägern an Stützen.

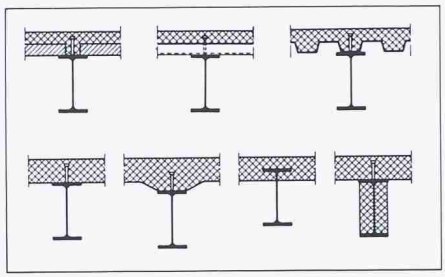

Bild 8. Verbundträger mit vielfältigen Querschnittsformen

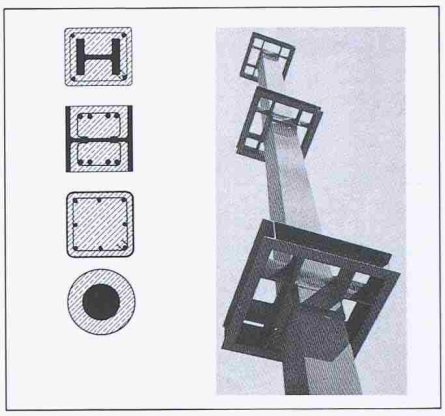

Bild 9. Querschnittsausbildung von Verbundstützen, Stahlpilz als wirksame Durchstanzsicherung

Höhe	540 ohne Verbund	410 mit Verbund
Profil	IPE 400	IPE 270

Bild 11. Querschnittsreduktion dank Verbundwirkung bei gleichem Biegewiderstand

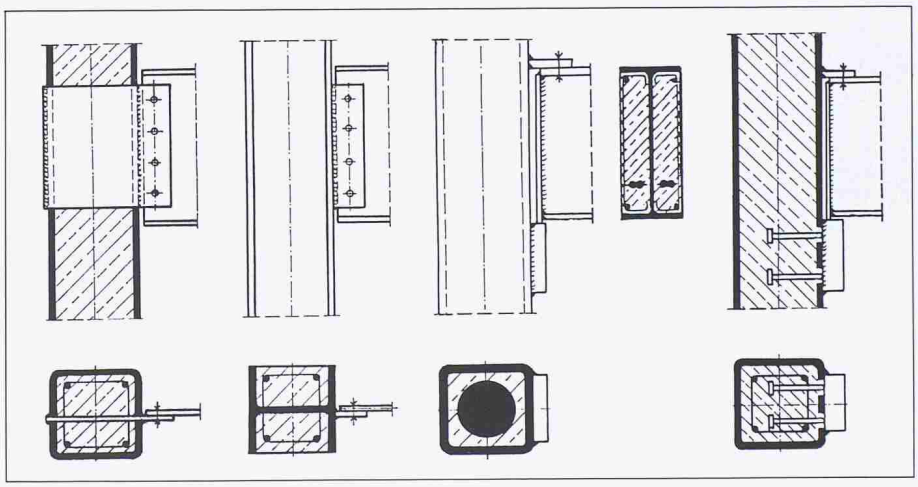

Bild 10. Anschlussdetails von Verbundträgern an Verbundstützen [2]

Vorteile der Verbundbauweise

Die Verbundbauweise weist durch den optimalen Einsatz der Werkstoffe und dank rationeller Montageverfahren viele Vorteile auf:

- ☐ Kleine Bauteilabmessungen aufgrund der hohen Zug- und Biegefestigkeit des Stahls und der Druckfestigkeit des Betons, vgl. Bild 11.
- ☐ Einsparung der Rüstung, Schalung und Armierung, weil die profilierten Stahlbleche zugleich als Schalung und Armierung wirken.
- ☐ Kurze Bauzeiten. Da der Bau auch rasch trocken ist, kann in den unteren Geschossen bereits mit dem Ausbau begonnen werden, während oben noch montiert wird.
- ☐ Grosse Flexibilität bei späteren Nutzungsänderungen.
- ☐ Einfache Leitungsführung auch bei extremem Platzbedarf, vgl. Bild 12.

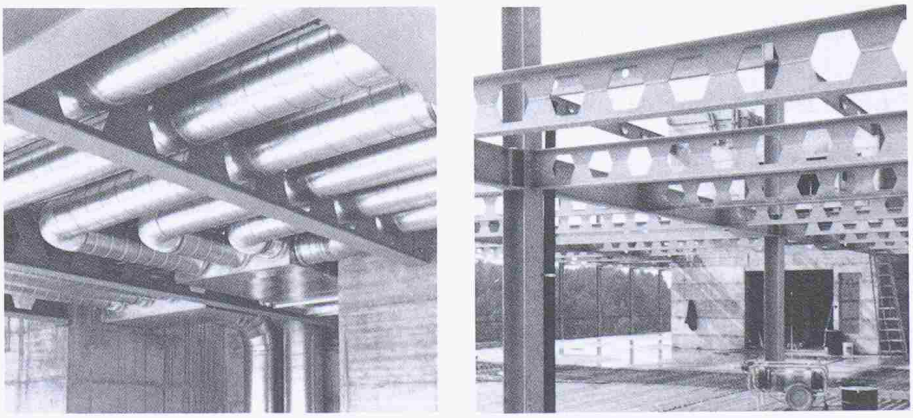

Bild 12. Problemlose Leitungsführung in Verbunddecken. Der Wegfall der Schalung führt zu kurzen Bauzeiten und wirtschaftlichen Bauabläufen.

Verhalten bei Brand

Der Brandschutz von Stahlbauten war früher vielfach Gegenstand lebhafter Diskussionen zwischen den ausführenden Architekten und den zuständigen Behörden. Forschungsarbeiten und gute Erfahrung haben zu neuen Erkenntnissen und realistischen Brandschutzvorschriften geführt. Insbesondere Verbundkonstruktionen ermöglichen einfache und wirtschaftliche Brandschutzlösungen. Aber man muss schon beim Projektbeginn daran denken, denn Brandschutz ist eine Frage der Konzeption.

Feuerpolizeiliche Anforderungen an den Feuerwiderstand

Brandschutz ist Gegenstand des kantonalen Rechts. Als Grundlage für die kantonalen Brandschutzvorschriften dienen im Sinne von Mustervorschriften die Wegleitungen für Feuerpolizeivorschriften der Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen (VKF) [3].

Diese Wegleitungen haben zum Ziel, risikokonforme Feuerwiderstandsanforderungen in massgeschneiderter Form zu erlassen.

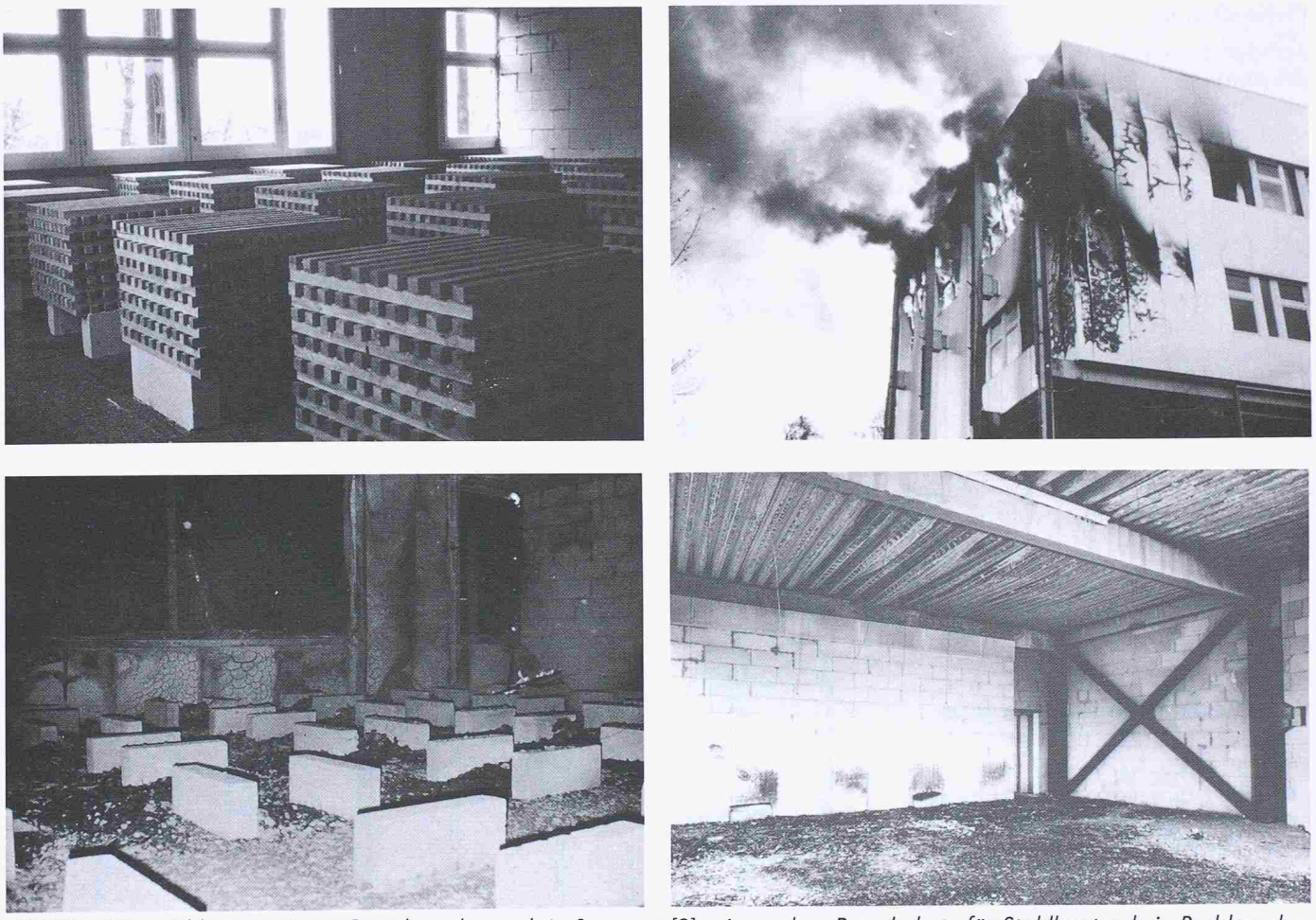

Bild 13. Diese Bilder von einem Grossbrandversuch in Stuttgart [2] zeigen, dass Brandschutz für Stahlbauten kein Problem darstellt: Brennholzstösse (a), Vollbrand mit über 1000 °C (b), alles Holz ist verbrannt (c), die Stahlstruktur blieb praktisch unbeschädigt (d)

Die kürzlich überarbeitete VKF-Weglegung «Baustoffe und Bauteile, Tragwerke» legt folgende Anforderungen fest:

☐ *Einstöckig:* keine Anforderung

☐ *Zweistöckig:*

Einfamilienhäuser		keine Anforderung
Mietshäuser	EG	F30
	OG	keine Anforderung
Kaufhäuser	EG	F30
	OG	keine Anforderung
Industrie	EG	F30
	OG	keine Anforderung

☐ *Drei- und mehrstöckig:*

Im obersten Geschoss besteht keine Anforderung. Im übrigen ist der Feuerwiderstand abhängig von der Brandlast:

bis 250	MJ/m² <	F30
251... 500	MJ/m²	F30
501...1000	MJ/m²	F60
1001...2000	MJ/m²	F90

☐ *Hochhäuser:* generell F90

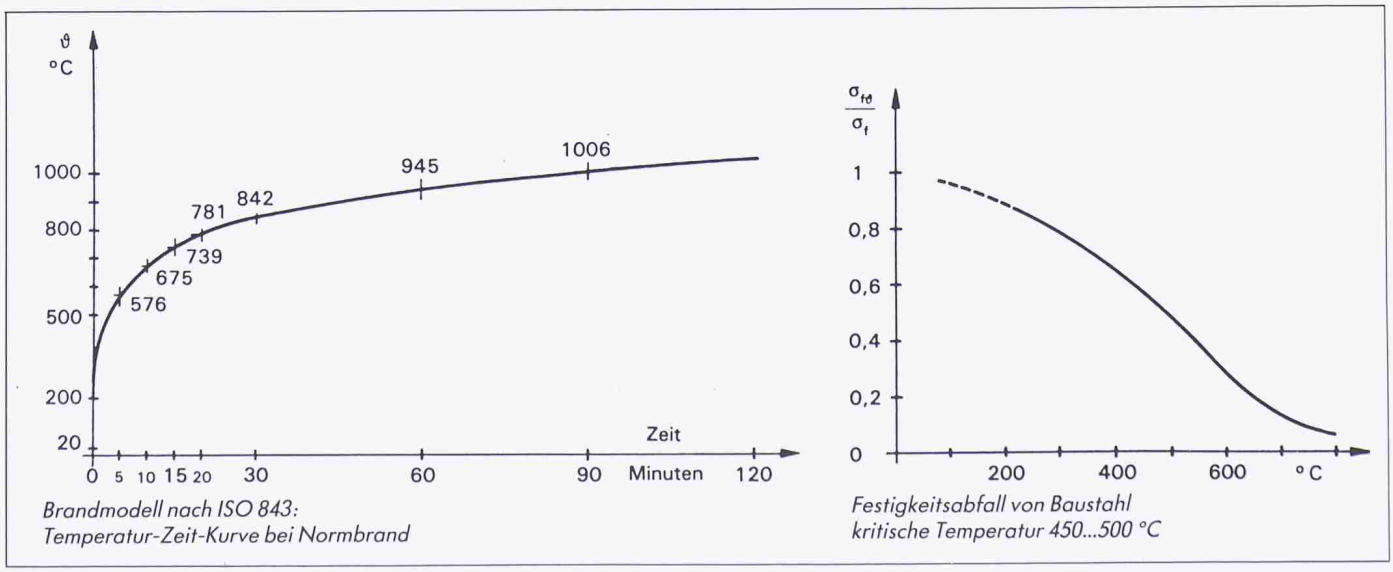

Bild 14. ISO-Normbrandkurve und Warmfestigkeitskurve zur rechnerischen Bestimmung des Feuerwiderstandes von Bauteilen aus Stahl

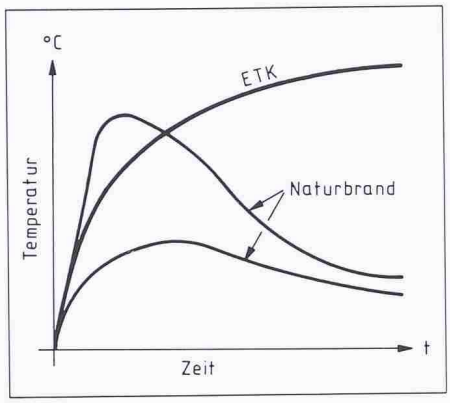

Bild 15. Normbrandkurve (Einheitstemperaturkurve ETK) nach ISO 834 im Vergleich zu in Brandversuchen gemessenen Temperaturzeitkurven

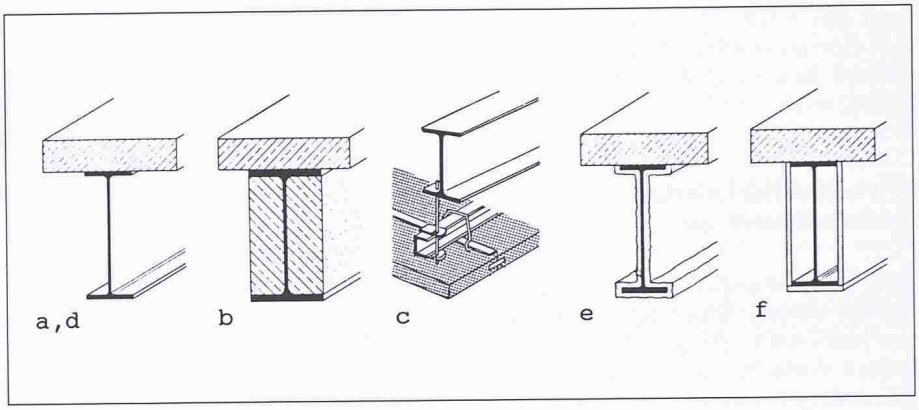

Bild 16. Passive bauliche Brandschutzmassnahmen: (a) unverkleidete Profile im Verbund mit Betondecken für Feuerwiderstandsdauern bis F30, (b) kammerausbetonierte Profile [9], (c) feuerwiderstandsfähige Unterdecken, (d) Brandschutz-Farbanstriche, (e) Sprays und Putze, (f) Verkleidungen

Die Wegleitungen der VKF ermöglichen auch alternative Brandschutzkonzepte, d.h. die Abminderung des Feuerwiderstandes und die Erhöhung der Brandabschnittgrössen, falls aktive Brandschutzmassnahmen wie z.B. Brandmelde- und Sprinkleranlagen vorgesehen sind. Grundlage für die risikogerechte Beurteilung bildet die SIA-Dokumentation 81 [4].

Klassierung und Nachweis des Feuerwiderstandes

Der Nachweis des Feuerwiderstandes kann durch Bauteilprüfungen in Ofenversuchen erfolgen. Festgestellt wird dabei, wie lange der Bauteil unter Gebrauchslast einem Normbrand standhalten kann. Bei Bauteilen mit brandabschnittsbildender Funktion wird gemessen, wie lange es dauert, bis auf der dem Feuer abgewandten Seite eine Temperaturerhöhung von 140 °C auftritt. Die derart geprüften Markenprodukte und ihre Klassierung finden sich im Brandschutzregister der VKF [5].

Heute gibt es auch anerkannte Methoden zur rechnerischen Bestimmung des Brandwiderstandes von Bauteilen, z.B. die Dokumentationen SIA 82 für Stahlbauten [6] und SIA 83 für den Holzbau [7]. Die Rechenverfahren berücksichtigen die Tatsache, dass Baumaterialien wie Beton und Stahl bei extrem hohen Temperaturen nur noch eine geringe Festigkeit und Steifigkeit aufweisen, vgl. Bild 14.

Mit diesen Methoden kann die Feuerwiderstandsdauer eines Bauteils berechnet werden. Die Feuerwiderstandsdauer ist die Zeitdauer, während der ein Bauteil unter seiner effektiven Belastung der Normbrandeinwirkung widerstehen kann.

In manchen Fällen weichen die effektiven Temperaturen während eines Gebäudebrandes wesentlich von der Normbrandkurve ab, vgl. Bild 15. Aus wirtschaftlichen Motiven oder Sicherheitsüberlegungen ist man dann an einer realistischen Erfassung des Brandverlaufes interessiert. Dazu stehen verschiedene computerunterstützte Berechnungsverfahren zur Verfügung. In der Schweiz hat die Firma Geilinger AG, Winterthur, solche Programme entwickelt und erfolgreich eingesetzt.

Diese ingenieurmässigen Verfahren berücksichtigen die im Falle eines Gebäudebrandes massgebenden Einflüsse: Brandbelastung, Ventilationsverhältnisse (Fenster und andere Öffnungen), Raumgeometrie sowie thermische Eigenschaften der Decken und Wände.

Ziel solcher Verfahren ist der Nachweis des Nichteinsturzes des Tragwerks unter Brandeinfluss oder zumindest die Sicherstellung der Flucht und Rettung von Menschen. Sie führen zu effizienten und wirtschaftlichen Brandschutzkonzepten.

Brandschutzlösungen und Massnahmen

Die Brandsicherheit der Tragwerke kann auf drei Arten erreicht werden.

- ☐ Rechnerischer Nachweis der Tragsicherheit im Brandfall ohne besondere Massnahmen (vgl. [4, 6, 8]) mittels Modellbrandsimulationen und unter Ausnutzung allfälliger statischer Tragreserven (z.B. aus Membranzuständen).
- ☐ Aktive Brandschutzmassnahmen (z.B. Sprinkler) lassen einen Feuersprung gar nicht erst entstehen. Dadurch werden Menschen und Sachgüter am besten geschützt.
- ☐ Passive bauliche Massnahmen verbessern den Feuerwiderstand, z.B. gemäss Bild 16.

Brandschutzmassnahmen müssen nicht teuer sein. Sie sollten aber frühzeitig ins Baukonzept einbezogen werden. So kann z.B. durch Einbau einer feuerwiderstandsfähigen Unterdecke zusam-

Bild 17. Eine interessante Stahlverbund-Kreation für das Verkehrshaus in Luzern

men mit Verbundstützen oder durch eine Sprinkleranlage in der Regel auf weitere Brandschutzmassnahmen verzichtet werden [16].

Wirtschaftlichkeit der Verbundbauweise

Die Erstellungskosten von Verbundbauten unterscheiden sich wenig von konventionellen Massivbauten. Es gibt jedoch Vorteile, welche sich beim Vergleich der Erstellungskosten nicht so offen zeigen:

Wegen der kurzen Bauzeit kann das Gebäude früher genutzt werden. Dadurch werden Zinsen gespart, und zusätzliche Mieterträge können erwirtschaftet werden. Bedingt durch die hohen Bodenpreise, gewinnt dieses Argument zunehmend an Bedeutung.

Die Verbundbauten sind wie alle Stahlbauten anpassungsfähig und flexibel. Neue Nutzungswünsche des Bauherrn und Installationsänderungen können einfach und schnell ausgeführt werden.

Der kreative Architekt setzt mit Stahl, Glas und Farbe Akzente, die sein Gebäude deutlich von der Masse der Nützlichkeitsbauten abheben.

Planungshilfen

Das Beschreiten neuer Wege, Freude am Kreativen und Liebe zum Detail brauchen Zeit. Die Schweizerische Zentralstelle für Stahlbau hat deshalb für innovative Architekten und Ingenieure eine ganze Reihe von Hilfsmitteln erarbeitet, die sie von Alltäglichem entlasten und ihnen Zeit für Entwurf und Konstruktion lassen:

Das Werk als eine nicht so ganz ernste Einführung in die Geheimnisse und Details des Stahlbaus . . .

«bauen in stahl für jedermann» [10]

. . . und eine Reihe von Berechnungs- und Konstruktionshilfen für die sichere Bemessung: [1], [11] bis [15].

Alle diese SZS-Publikationen wollen dazu beitragen, dass die Freude über das gelungene Verbundbauwerk bereits in der Planungsphase aufkommt.

Adresse des Verfassers: *Dr. Mario Fontana*, dipl. Ing. ETH/SIA, Geilinger AG, Departement Stahlbau, Scheideggstrasse 30, Postfach, 8401 Winterthur.

Literatur

[1] «Verbundträger im Hochbau», Schweizerische Zentralstelle für Stahlbau (SZS), Zürich 1982

[2] «Brandverhalten von Stahl- und Stahlverbundkonstruktionen», Abschlussbericht der Studiengesellschaft für Eisen und Stahl e.V, Verlag TÜV Rheinland, Köln 1986

[3] «Wegleitungen für Feuerpolizeivorschriften», Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen, (VKF), Bundesgasse 20, 3001 Bern

[4] «Brandrisikobewertung», Dokumentation 81, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich 1984

[5] «VKF Brandschutzregister», Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen VKF, Bundesgasse 20, 3001 Bern, erscheint jährlich

[6] «Feuerwiderstand von Bauteilen aus Stahl», Dokumentation 82, SIA, Zürich 1985

[7] «Brandschutz im Holzbau», Dokumentation 83, SIA, Zürich 1984

[8] *S. Bryl, T. Frangi, U. Schneider:* «Simulation von Modellbränden in Räumen», Schweizer Ingenieur und Architekt, Zürich, Heft 15/1987

[9] «AF 30/90 Verbundträger» und «AF 30/120 Verbundstützen», Ausgabe CH, TRADE Arbed, 4002 Basel, Feb. 1986

[10] «bauen in stahl für jedermann», SZS, Zürich 1988

[11] «Brandwiderstand von Blechverbunddecken», SZS, Zürich 1988

[12] «Brandwiderstand von Verbundstützen», SZS, Zürich, (in Vorbereitung)

[13] «Brandwiderstand von Verbundträgern», SZS, Zürich, (in Vorbereitung)

[14] «Rahmentragwerke in Stahl», SZS, Zürich 1987

[15] «Brandschutz-Verkleidungen von Stahlbauteilen», SZS, Zürich 1986

[16] *Hart, Henn, Sontag:* «Stahlbauatlas», Institut für internationale Architektur-Dokumentation, München 1982

Bücher

Galvano-Dokumentation 1990/91

Hrsg. Verband Galvanobetriebe der Schweiz (VGAS). 107 Seiten, Preis: Fr. 15.–, 1990. Bezug: Sekretariat VGAS, Wartenbergstr. 47, 4052 Basel, Tel. 061/312 45 90, Fax 061/312 93 18.

Aufgrund vieler Anfragen beim Verband der Galvanobetriebe der Schweiz (VGAS) wurde vor drei Jahren die Schweizer Galvano-Dokumentation zum erstenmal erarbeitet. Sie stiess auf grosses Interesse; eine überarbeitete Neuauflage drängte sich daher auf.

Die Übersicht gibt Auskunft über alle Galvanisierverfahren, welche von den über 70 Mitgliedern des VGAS heute in der Schweiz angeboten werden. Sie wendet sich an Firmen, die Lieferanten für eine galvanisierte Oberflächenbehandlung suchen. Die detaillierten Angaben sollen es dem Konsultierenden ermöglichen, mühelos den richtigen Lieferanten in seiner Nähe ausfindig zu machen. Die Dokumentation wird in deutscher und französischer Sprache zum Selbstkostenpreis angeboten.

Leitfaden für die Modernisierung bestehender Wasserkraftanlagen

EPRI Hydroplant Modernization Guides. Volume 1: Hydroplant Modernization, EPRI GS-6419 Vol. 1, Final Report, July 1989, 568 pages. Preis: US $ 700.–. Volume 2: Turbine Runner Upgrading, EPRI GS-6419 Vol. 2, Final Report, July 1989, 412 pages. Preis: US $ 700.–. Volume 3: Automation, EPRI-GS-6419 Vol. 3, Final Report, June 1989, 156 pages. Preis: US $ 400.–. Die Guides können unter Beilage eines Schecks in gedruckter Form oder als Mikrofilm bestellt werden bei: Research Report Center, P.O. Box 50490, Palo Alto, CA 94303, USA.

Es handelt sich um umfangreiche, mit vielen Grafiken und Tabellen ausgestattete Anleitungen, die es dem Betreiber älterer Wasserkraftwerke ermöglichen sollen, seine Anlagen zu beurteilen, Modernisierungsmöglichkeiten zu identifizieren, verschiedene Varianten auszuarbeiten und aufgrund einer wirtschaftlichen Beurteilung zu optimieren. Dazu wird ein systematisches Vorgehen dargestellt. Für die Hauptkomponenten von Wasserkraftwerken sind die für eine Vordimensionierung notwendigen Berechnungswerte und Richtkosten enthalten. Ausführliche Hinweise für die Zustandsbeurteilung der bestehenden Anlageteile sowie Anleitungen für diesbezügliche Versuche unterstützen die Erfassung von Mängeln und Verbesserungsmöglichkeiten.

Die «Guides» wurden im Auftrag des Electric Power Research Institutes, der Forschungsgesellschaft der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft, von der Black & Veatch/Motor Columbus, Associates in Kansas City erarbeitet. Sie sind naturgemäss auf die Bedürfnisse der amerikanischen Kraftwerksbetreiber ausgerichtet, dürften aber auch ausserhalb der USA für alle Besitzer älterer Wasserkraftanlagen von Interesse sein. Dass in vielen bestehenen Anlagen noch ungenutztes Potential schlummert, trifft nicht nur auf die USA zu, ebensowenig die Tatsache, dass Neuanlagen heute nur mit Schwierigkeiten zu realisieren sind.

Eine Kurzfassung der Bände 1 und 2, Modernisierung und Ersatz von Turbinenlaufrädern, ist in Vorbereitung und wird im Frühjahr 1990 im Bulletin SEV/VSE, Zürich, in deutscher und französischer Sprache erscheinen.

O. Hartmann, Baden