Gusskonstruktionen im Stahl- und Hochbau

Autor(en): **Betschart, Peter-Anton**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 40

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75537

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Gusskonstruktionen im Stahl- und Hochbau

Von Peter-Anton Betschart, Stuttgart

Der heutige Stand der Technik erlaubt die sinnvolle Anwendung duktiler Gusswerkstoffe im Bauwesen. Kombinationen von Stahl und Guss erlauben auch ein organisches Konstruieren. Neue Konstruktionsweisen, die sich daraus entwickeln lassen, können zu interessanten architektonischen Lösungen führen. Das Prinzip des Urformens eröffnet Gestaltungsmöglichkeiten, die dem Stahlbau neue Impulse geben können.

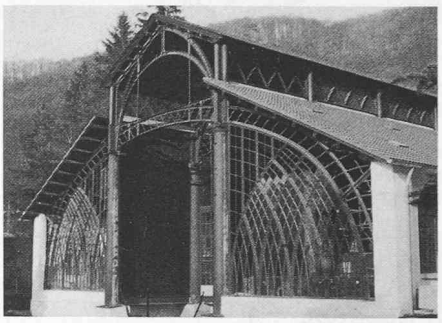


Bild 1. Vorderansicht der Sayner Hütte an der Sayn bei Koblenz, erbaut 1830. Die Konstruktion der Giesshalle in filigraner Bauweise aus Gusseisen und Glas ist eines der wenigen noch übriggebliebenen Beispiele der gusseisernen Fabrikarchitektur

Historische Gusskonstruktionen

Unter Gusskonstruktionen verstehen Baufachleute noch oft nur Eisenkonstruktionen historischer Bauten [1]. Man erinnert sich an die Blütezeit der Gusseisenarchitektur des letzten Jahrhunderts (Bild 1), wie etwa an den Kristallpalast in London, an Gewächshäuser (Kew Gardens oder Wilhelma, Stuttgart), Bahnhöfe, Fabrikbauten oder Brücken. Diese Konstruktionsweise erheischt noch heute Bewunderung, und viele Beispiele werden zu Recht als ästhetisch empfunden.

Guss wird im allgemeinen als spröder Werkstoff betrachtet, was ja für das historische Gusseisen durchaus gilt, dessen Konstruktionsteile unter schlagartiger Zug- oder Biegebeanspruchung zerspringen. Diese Sprödigkeit ist eine nachteilige Eigenschaft des gewöhnlichen Gusseisens (Grauguss). Ihre Ursache liegt in der starken Kerbwirkung, die durch den Lamellengraphit hervorgerufen wird, der in verwundener Form zwischen der ferritischen Grundmasse verteilt ist (Bild 2).

Die Geschichte macht auch deutlich, weshalb Gusskonstruktionen weitgehend in Vergessenheit geraten sind. Die bekannten Vorzüge des Baustahls verdrängten das Gusseisen aus den genannten Gründen um die Jahrhundertwende immer mehr aus dem Bereich der Baukonstruktionen. Nach und nach wurden daher auch die Kenntnisse über die Giesstechnik und deren Werkstoffe für Bauanwendungen nicht mehr weitergegeben. Dies hatte zur Folge, dass in Forschung und Lehre, in Fachbüchern, Normen und Nachschlagewerken des Bauwesens die Giesstechnik lange Zeit nicht mehr behandelt wurde. So ist hier noch wenig bekannt, dass heute verschiedene Gusswerkstoffe verfügbar sind, die mit den Baustählen vergleichbare Festigkeitseigenschaften aufweisen.

Obwohl für andere Verwendungszwekke entwickelt, entsprechen diese neuen Gusswerkstoffe im Gegensatz zum früheren Grauguss meist den statischen Anforderungen heutiger Baukonstruktionen.

Damit sind die entscheidenden Voraussetzungen geschaffen, die besonderen Konstruktions- und Gestaltungsmöglichkeiten [2, 6] der metallischen Gusswerkstoffe für baukonstruktive Aufgaben wieder zu nutzen. Besonders im Stahl- und Holzbau sind in Verbindung mit Guss interessante und meist wirtschaftliche Konstruktionen realisierbar.

Zu den heute im Stahlbau verwendbaren Gusswerkstoffen zählen Stahlguss, Gusseisen mit Kugelgraphit (Bild 3), Gusseisen mit Lamellengraphit, Temperguss und Aluminiumgusslegierungen [3].

Gusswerkstoffe für das Bauwesen

Stahlguss

Stahlguss [4] ist in vielen Sorten, entsprechend den geforderten Eigenschaften, erhältlich. Die Festigkeiten können den Baustählen St 370 und St 520 angepasst werden. Es sind auch höhere Festigkeiten erreichbar, wobei das Formänderungsvermögen (Duktilität) den Anforderungen der Baukonstruktion noch lange gerecht wird. Weiter von Vorteil ist die Möglichkeit, schon in geringen Chargen Stahlgussteile mit besonderen physikalischen Eigenschaften – wie z.B. Korrosionsbeständigkeit

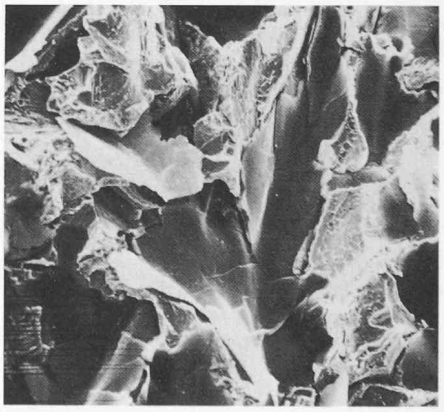
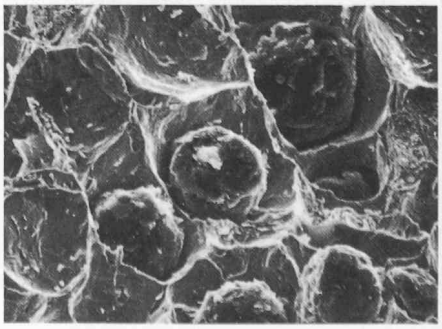


Bild 2. Lamellengraphit im Grundgefüge von Gusseisen mit Lamellengraphit. Bruchbild REM 250:1

Bild 3. Kugelgraphit im Grundgefüge von Gusseisen mit Kugelgraphit. Bruchbild REM 690:1



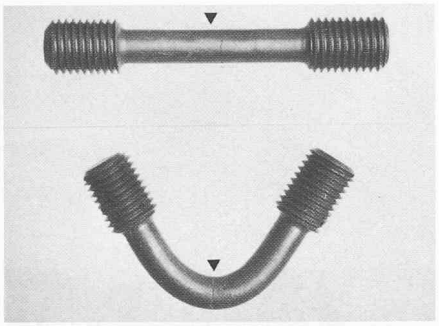
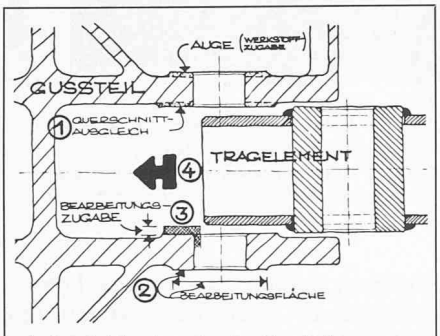


Bild 4. Biegeverformung bis zum Bruch am abgedrehten Probestab. Am Bauteil mit Gusshaut ist die Verformbarkeit geringer. Oben: Gusseisen mit Lamellengraphit (GGL 250). Unten: Gusseisen mit Kugelgraphit (GGG 500). Die Sorte GGG 400 weist ein noch grösseres Formänderungsvermögen auf



1 Ausgleich des durch die Bohrung geschwächten Querschnitts
2 Bearbeitung einfach und auf minimaler Fläche
3 Bearbeitungszugabe zum Toleranzausgleich
4 Erleichterung beim Zusammenbau durch die örtliche Werkstoffzugabe

Bild 5. Fügestelle zwischen gegossenem Verbindungselement (GGG 400) und Tragelement aus rechteckigen Stahlbau-Hohlprofilen

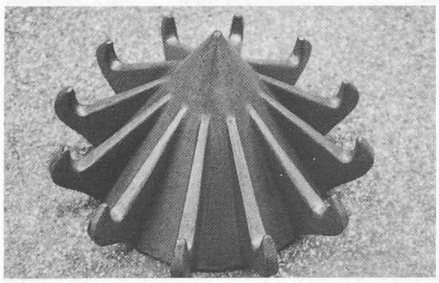


Bild 6. Pylonkrone aus rostfreiem Stahlguss nach einem Entwurf des Verfassers für eine Schirmkonstruktion von Planung Fahr und Partner, München. (Werkfoto PHB-Weserhütte, St. Ingbert)

und gute Schweissbarkeit - wirtschaftlich herzustellen.

Nachteilig können in vereinzelten Fällen die Herstellungskosten sein, weil bei Stahlgusskonstruktionen die notwendige gelenkte Erstarrung einen hohen Speiseraufwand erfordert.

Die angeformten Speiser sollen als voluminöseste Partien, die nicht zum eigentlichen Gussteil gehören, zuletzt erstarren, wobei sich alle Verunreinigungen und Lunker darin sammeln sollen. Damit verbunden sind Vorgaben in der Wanddickenausbildung, wobei spezifische Konstruktionsregeln eingehalten werden müssen. Von der Gestalt her stark verwickelte, komplizierte Gussteile können in Stahlguss in mehreren Teilen gegossen und durch Gussschweissen gefügt werden.

Gusseisen mit Kugelgraphit

Dieser relativ neue Gusswerkstoff kann in der Baukonstruktion, vorab im Holz- und Betonbau, einen zunehmenden Stellenwert erlangen; insbesondere die Sorten GGG 400 und GGG 500 [5] eignen sich. Konstruktionen aus diesen Gusseisensorten können bei einwandfreier Gussqualität auf Zug und Biegung beansprucht werden (Bild 4).

Im Gusseisen mit Kugelgraphit liegt der Graphit in kugeliger Form vor, weshalb die Kerbwirkung gegenüber dem Lamellengraphit wesentlich geringer ist (Bild 3). Bei der Sorte GGG 400 werden an Probestäben ohne Gusshaut Bruchdehnungswerte über 15 Prozent (A5) erreicht. Am Bauteil selbst ist die Bruchdehnung geringer [6], sie ist jedoch für baukonstruktive Zwecke meist ausreichend. Die Höhe der Bruchdehnung wird stark von den Erstarrungsbedingungen beeinflusst.

Die Zugfestigkeiten sind mit jenen der üblichen Baustähle vergleichbar, die Druckfestigkeiten liegen nach neuesten Untersuchungen des Entwicklungsinstitutes für Giesserei- und Bautechnik (EGB) etwas darüber. Für die Sorte GGG 400 z.B. beträgt die zulässige Zugspannung 140 N/mm² [6].

Besondere Vorteile des Gusseisens mit Kugelgraphit sind die gute Vergiessbarkeit, welche gestalterisch komplizierte Konstruktionen erlaubt, sowie gute Korrosionsbeständigkeit infolge des hohen Graphitgehalts. Die Herstellungskosten können weit unter jenen von Schweisskonstruktionen liegen. Nachteilig kann sich die gegenüber den Baustählen niedrigere Bruchdehnung auswirken, z.B. bei geringen Wanddicken oder wenn die giessereitechnischen Fertigungsbedingungen nicht eingehalten werden. Eine Verbesserung der Duktilität ist durch Wärmebehandlung möglich.

Temperguss

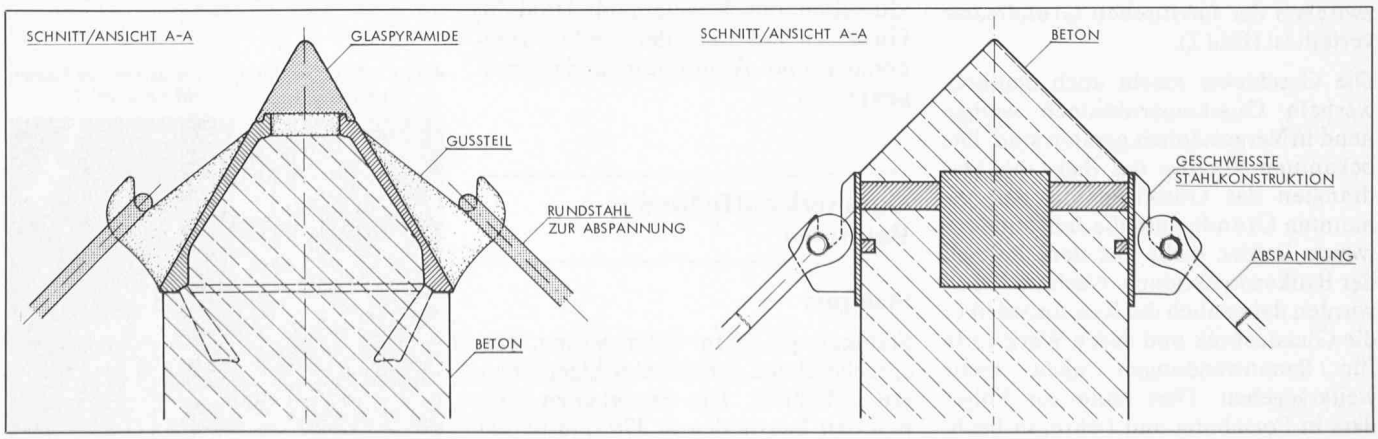
Temperguss [7] ist ein Gusseisen, dessen Graphit durch eine Wärmebehandlung (Tempern) aus den Randzonen ausgeschieden wird. Unter der Voraussetzung geringer Wanddicken - etwa bis zwölf mm - besitzt es gute Festigkeitseigenschaften bei ausreichendem Formänderungsvermögen. Temperguss lässt sich gut mit Baustahl verschweissen, wenn die Wärmebehandlung hierfür gezielt erfolgt.

Nachteilig sind die geringere Korrosionsbeständigkeit gegenüber den anderen Gusseisensorten und die durch das Tempern höheren Herstellungskosten.

Gusskonstruktionen

Beim Konstruieren mit Gusswerkstoffen lässt sich architektonisch ansprechende Formgebung mit optimaler Ableitung der Kräfte verbinden. Daraus resultiert ein für das Bauen neuartiges Konstruktionsprinzip, nach welchem zuerst das statische System konzipiert und dann um die Kraftlinien gerade soviel Gusswerkstoff angeordnet wird, wie zur Ableitung der Kräfte erforderlich ist. Dies ist die Voraussetzung für

Bild 7. Pylonkrone gemäss Bild 6. Schnitt und Vergleich mit geschweisster Stahlkonstruktion



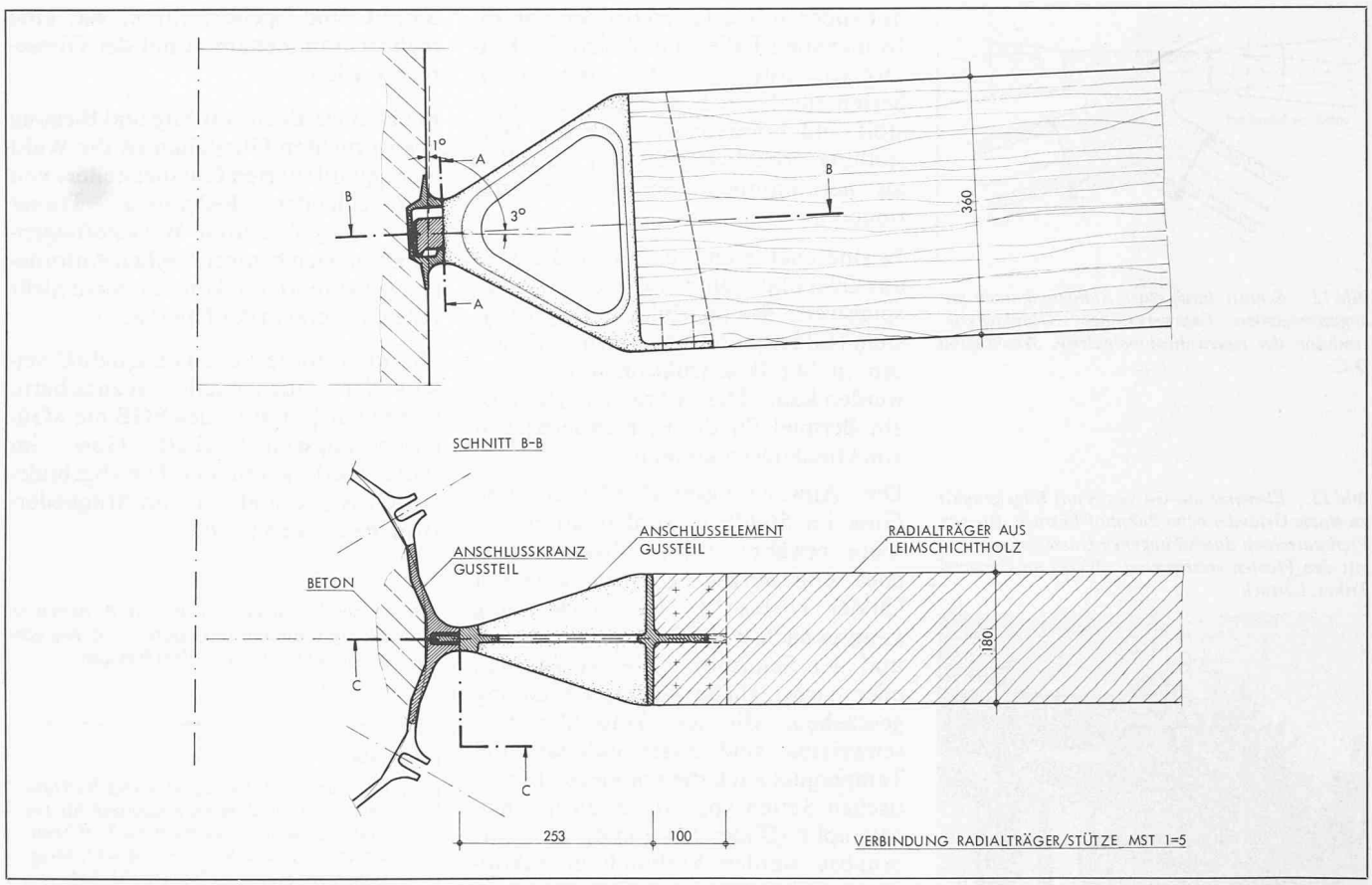


Bild 8. Anschlusselement aus Gusseisen mit Kugelgraphit zwischen Radialträgern aus Holz und Betonstützen für eine Schirmkonstruktion von Planung Fahr und Partner, München. Entwicklung der Gusskonstruktion EGB

ein «organisches Bauen», welches Wachstumsprinzipien der Natur zum Vorbild hat.

Einige weitere Vorzüge sind gestalterische Freiheit in der Formgebung, Ermöglichen weicher Übergänge und abgerundete Kanten, Einbeziehen von Verstärkungsrippen (Bild 5) und Bohrungen, Optimierung der Festigkeitseigenschaften durch Wärmebehandlung usw. Gusskonstruktionen sind energiesparend und umweltfreundlich durch die gewichts- und materialsparende Dimensionierungsmöglichkeit und durch die vollständige Wiederverwendbarkeit aller Gusswerkstoffe.

Anwendungsbereiche

Im Hochbau sind Gusskonstruktionen insbesondere bei anspruchsvollen Formteilen wirtschaftlich, beispielsweise für komplizierte Fügestellen, Knoten, Verbindungen mit Walz-, Blech- und Holzprofilen oder zur Verbindung

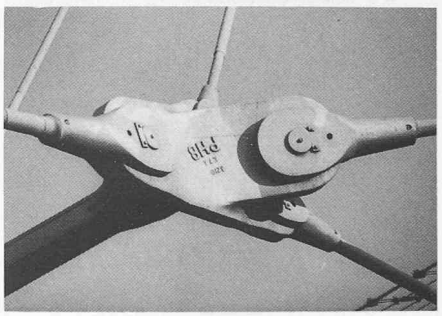


Bild 9. Verteilerknoten aus Stahlguss in der Seilnetzkonstruktion des Olympiadaches in München (Werkfoto PHB-Weserhütte, St. Ingbert)

Bild 10. Modellaufnahme eines vom Verfasser konzipierten Tragrostsystems aus Gusseisen mit Kugelgraphit, für Gebäude mit hohem Installationsaufwand und Verkehrslasten bis zu 10 KN/m² und stützenfreien Spannweiten bis zu 12,0 m x 12,0 m

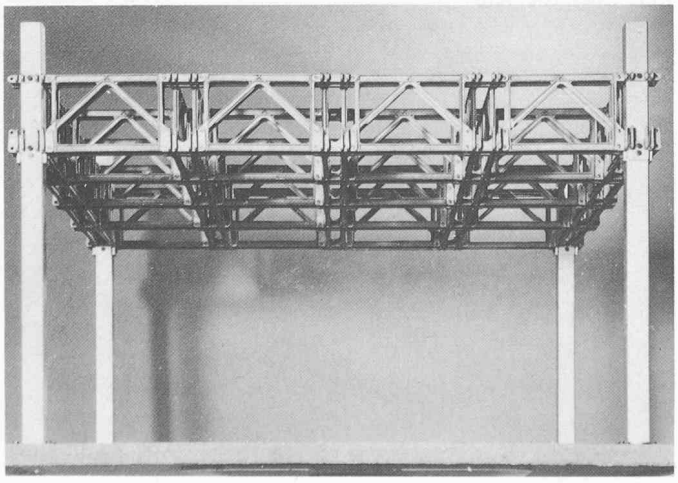
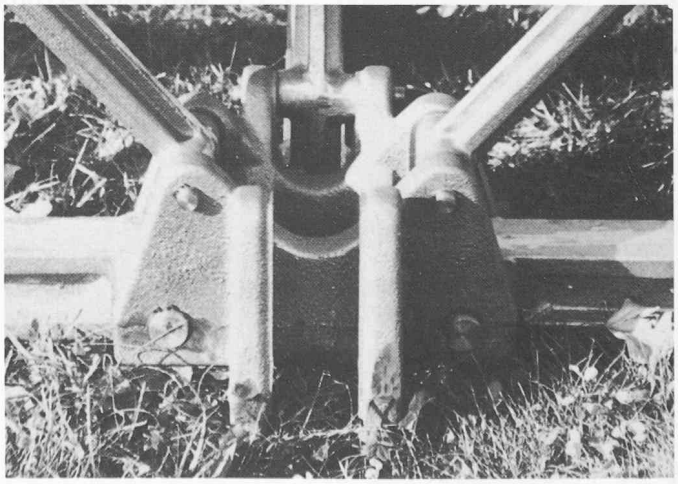


Bild 11. Der Untergurtknoten des Tragsystems aus Gusseisen mit Kugelgraphit zeigt gestalterische und kraftflussgerechte Möglichkeiten unter der Verwendung einfacher Verbindungsbolzen beim Konstruieren mit Gusswerkstoffen



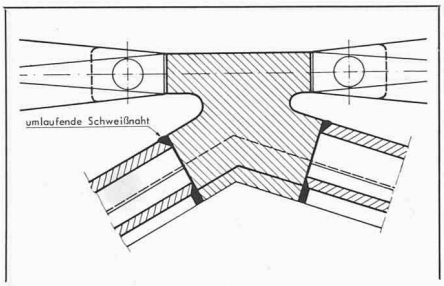
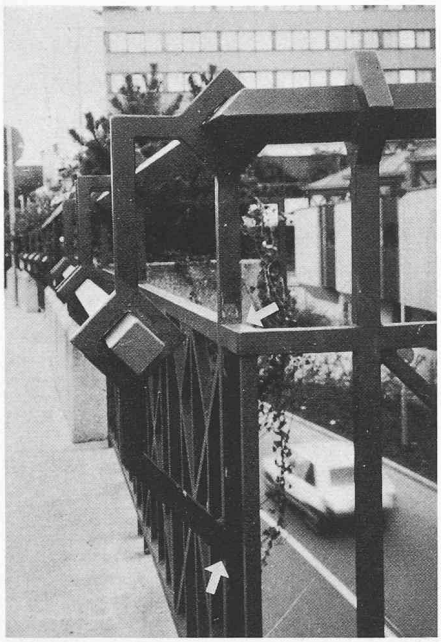


Bild 12. Schnitt durch einen Stahlgussknoten mit angeschweissten Fachwerkstäben. Glasdachkonstruktion der neuen Nationalgalerie, Washington D.C.

Bild 13. Elemente aus Gusseisen mit Kugelgraphit an einem Geländer beim Bahnhof Lörrach. Die von Vierkantrohren durchdrungenen Gusselemente sind mit den Pfosten verschweisst. (Werkfoto Giesserei Trikes, Lörrach)



Weitere Anwendungsbeispiele mit Konstruktionsrichtlinien und Hinweisen auf Form- und Giessverfahren zeigt ab Februar 1985 die Wanderausstellung «Neue Gusskonstruktionen in der Architektur». Anregungen, Anwendungsbeispiele oder Ideenentwürfe können an das Entwicklungsinstitut für Giesserei- und Bautechnik (EGB) gesandt werden.

mit anderen Baustoffen (Bilder 5 bis 8). In manchen Fällen lohnt sich der Einsatz von Guss schon bei Einzelteilen. Serienteile können je nach Gusswerkstoff und Formverfahren in der Herstellung erheblich günstiger ausfallen als herkömmliche Schweisskonstruktionen.

Es sind auch Konstruktionen, die ganz aus Guss bestehen, realisierbar, wie beispielsweise das abgebildete Tragrostsystem (Bilder 9 und 10), welches wiederum in Stahlkonstruktionen integriert werden kann. Dieses Tragrostsystem ist ein Beispiel für die Elementierbarkeit von Gusskonstruktionen.

Die Anwendungsmöglichkeiten von Guss im Stahlbau werden durch die schon erwähnte Schweissbarkeit mancher Gusswerkstoffe noch erweitert (Bilder 11 bis 13). Die Schweissung kann je nach Wahl der Gusswerkstoffe und der Stahlsorte ohne Vorwärmen oder nachträgliche Wärmebehandlung geschehen. Mit den Baustählen verschweissbar sind ausser Stahlguss und Temperguss auch die vorwiegend ferritischen Sorten von Gusseisen mit Kugelgraphit (Bilder 3, 4 und 8). Im Fahrzeugbau werden Verbundkonstruktionen zwischen Stahl und Guss für hochbeanspruchte Konstruktionen, wie z.B. für Hinterachsen, schon längere Zeit mit Erfolg angewendet.

Voraussetzungen für die Anwendung von Gusskonstruktionen

Das Konstruieren mit metallischen Gusswerkstoffen erfordert die Beachtung spezifischer Konstruktions- und Bemessungsrichtlinien. An Grundlagen für eine Normung wird am EGB seit längerer Zeit gearbeitet.

Voraussetzung für das Gelingen einer guten Gusskonstruktion sind ausserdem giessereitechnische Kenntnisse, insbesondere Erfahrungen über Form- und Giessverfahren und über die Anschnitt- und Speisertechnik, was eine frühe Zusammenarbeit mit der Giesserei erfordert.

Bei hochwertigen, auf Zug und Biegung beanspruchten Gussteilen ist die Wahl eines qualifizierten Gussherstellers von entscheidender Bedeutung. Dieser muss die geforderten Werkstoffeigenschaften nach bautechnischen Anforderungen garantieren können, wozu nicht jede Giesserei in der Lage ist.

Um die erforderliche Gussqualität seitens der Gusshersteller abzusichern, wurde auf Initiative des EGB die «Gütesicherungsgemeinschaft Guss im Bau» (GGB) gegründet. Die abgebildeten Gussteile sind u.a. von Mitgliederfirmen gegossen worden.

Adresse des Verfassers: Dr.-Ing. *A. P. Betschart*, Entwicklungsinstitut für Giesserei- und Bautechnik, Tuchmachergasse 3a, D-7000 Stuttgart.

Literatur

[1] *Betschart, A. P.:* Die Entwicklung der Giessereitechnik und deren Bedeutung für die Baukonstruktion. Sammelband VDI-Technikgeschichtliche Vorträge 1980–81, Hrsg. *Leiner, W.*, Stuttgart (1981) S. 193–224

[2] *Betschart, A. P.:* Metallische Gusswerkstoffe in der Baukonstruktion. Baumeister H. 4 (1977). S. 367–368

[3] Konstruieren mit Gusswerkstoffen, Hrsg. Verein Deutscher Giessereifachleute und Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf (1966)

[4] DIN 1681, Stahlguss für allgemeine Verwendungszwecke. Juni 1967, Entwurf April 1983

[5] DIN 1693, Gusseisen mit Kugelgraphit; Werkstoffsorten. Teil 1: Eigenschaften im getrennt gegossenen Probestück. Oktober 1973, Teil 2: Eigenschaften im angegossenen Probestück. Oktober 1977

[6] *Betschart, A. P.:* Untersuchungen neuerer metallischer Gusswerkstoffe für Baukonstruktionen. Dissertation, Fortschrittsberichte der VDI-Zeitschriften, VDI-Verlag, Düsseldorf 1980

[7] DIN 1692 Temperguss; Eigenschaften. Januar 1982

[8] *Betschart, A. P.:* Neue Möglichkeiten im Holzbau mit gegossenen Verbindungselementen. Bauen mit Holz, H. 4 (1984) S. 226–236