



Verbundbau mit der
KÖCO-
Bolzenschweißtechnik

TECHNIK, DIE ÜBERZEUGT

Verbundbau mit der KÖCO-Bolzenschweißtechnik

Was ist Verbundbau?

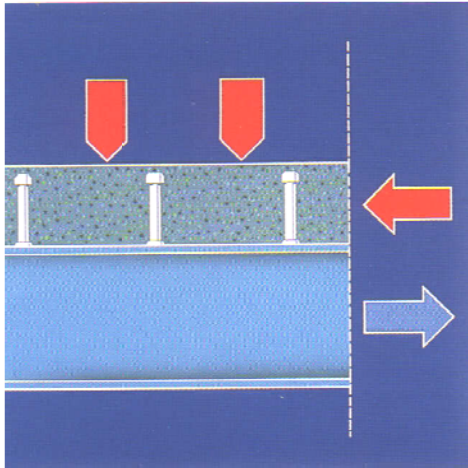


Bild 1: Prinzip des Verbundträgers (schematisch)

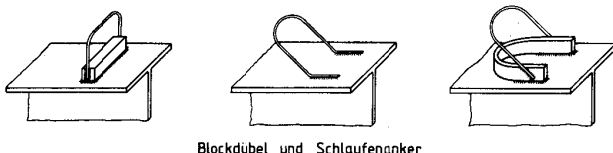
Vorteilhafte und innovative Bauwerke zeichnen sich oft durch ideale Kombinationen verschiedener Baustoffe aus. Das günstige Zusammenwirken von Stahl mit seiner hohen Zugfestigkeit und Duktilität und Beton mit der hohen Druckfestigkeit und dem guten Korrosionswiderstand ist im Massivbau seit langem bekannt. Im Verbundbau gelingt es nun, die positiven Eigenschaften des Stahl- und Massivbaues zu verbinden, ohne ihre Nachteile in Kauf nehmen zu müssen. Dabei wird ein Stahlskelett so mit Betonteilen verbunden, daß eine gemeinsame Tragwirkung entsteht. Die Stahlträger übernehmen die Zugkräfte, der Beton die Druckkräfte und den Brandschutz.

Die Vorteile des Stahl-Beton-Verbundbaus liegen auf der Hand

Hohe Belastbarkeit bei niedrigen Konstruktionshöhen (wichtig im Geschosßbau)
Bei Brücken im Spannweitenbereich von ca. 40 bis 80 m oft die wirtschaftlichste Lösung
Große Spannweiten möglich, daher große stützenfreie Räume (wichtig z.B. bei Parkhäusern)
Hohe Duktilität der Konstruktion, günstig bei seismischer Beanspruchung
Einfache Veränderbarkeit von Installationen durch Klemmverbindungen an den Stahlträgern
Guter Brandschutz durch ummantelte Stahlträger oder Träger mit Kammerbeton
Schnelle Montage wie beim reinen Stahlbau, das Stahlskelett dient als Arbeitsbühne
Einfache Demontage möglich, Stahl und Beton lassen sich leicht trennen
Sichere Verbindung von Stahl und Beton durch bewährte und genormte, vollflächig verschweißte Kopfbolzen

Verbundmittel

Bei Verbundkonstruktionen müssen Stahl und Beton schubfest miteinander verbunden werden, damit eine Verbundwirkung und damit ein gemeinsames Tragverhalten entsteht. In der Anfangsphase des Verbundbaus verwendete man Blockdübel und Schlaufenanker.



Blockdübel und Schlaufenanker

Bild 2: Veraltete Verbundmittel

Zur Aufnahme der abhebenden Kräfte waren stets zusätzliche Verankerungen erforderlich. Der wesentliche Nachteil dieser Verbundmittel besteht in der unzureichenden Duktilität, die zu einem spröden Versagen der Verbundfuge führen kann. Die Herstellung und das Aufschweißen sind zudem sehr teuer.

Den Durchbruch für den Verbundbau in großem Stil brachte in den 60er Jahren der Einsatz von kaltgestauchten Kopfbolzen.

Einige wichtige Vorteile von Kopfbolzen im Bauwesen

Kostengünstige Herstellung in großen Mengen und vielen Abmessungen
Bewährt und sicher bei ruhender und dynamischer Beanspruchung
Formschlüssiger Verbund von Stahl und Beton, Abheben der Betonplatte wird verhindert
Hohe Duktilität, erhebliche Traglaststeigerung durch plastische Bemessung
Verankerung von Stahlteilen in Beton für verschiedene Lastrichtungen, keine Spaltkräfte wegen Formschluss
Gezielte Aktivierung von Bewehrung durch vorgeplante und einbetonierte Stahl-Einbauteile
Vollflächiges Aufschweißen mit dem Bolzenschweißverfahren, dadurch kaum Verformung des Stahls
Verarbeitung durch angeleitete Bediener, keine hochqualifizierten Schweißer erforderlich
Elektronisch geregelte und überwachte Bolzenschweißanlagen sorgen für Wiederholgenauigkeit und nachweisbare Qualität der Schweißverbindung
Anerkannte Anwendungsregeln (internationale Normen) schaffen ein hohes Sicherheitsniveau

Typische Anwendungen von Kopfbolzen im Bauwesen

Im Hochbau hat sich die Verbundbauweise einen festen Marktanteil erobert. Die Vorteile der schnellen witterungsunabhängigen Montage verschaffen dem Bauherrn wirtschaftliche Vorteile, weil das Objekt früher nutzbar ist. Die großen, stützenfreien Räume erlauben flexiblere Nutzungen bei höherer Nutzfläche.



Bilder 3a und 3b: Weitgespannte Verbundträger im Parkhausbau



Bild 4: Bolzenschweißen in der Serienfertigung von Verbundträgern



Parkhaustträger werden im Werk bereits vorgebogen und mit Kopfbolzen versehen (Bild 4), so daß nach der Montage nur noch die Fuge mit Spezialmörtel vergossen zu werden braucht. Einbetonierte Betonstahlschlaufen umfassen dabei die Kopfbolzen formschlüssig.

Bild 5: Fuge zwischen zwei Deckenplatten eines Parkdecks vor dem Vergießen

Flexible Nutzung

Industrie- und Verwaltungsgebäude sind bei Einsatz der Verbundbauweise außerdem sehr flexibel in der Nutzung, weil nichttragende Wände schnell versetzt werden können. An die Stahlträger können Kabel und Rohrleitungen mit Klemmverbindern befestigt werden; bei verzinkten Trapezblechen als verlorene Schalung bieten die schwalbenschwanzförmigen Nuten eine ideale Abhängemöglichkeit.

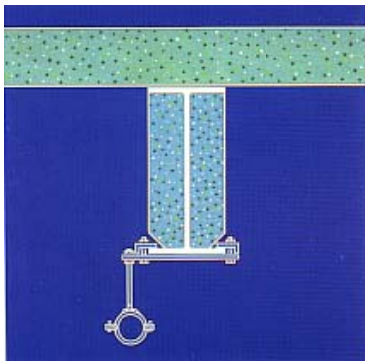


Bild 6: Abhängung am Untergurt

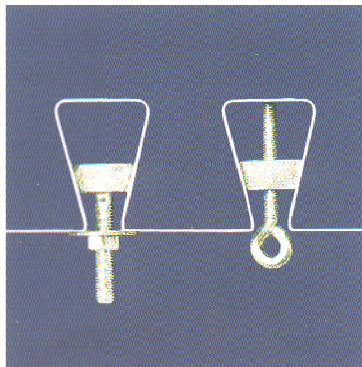


Bild 7: Befestigung in den Nuten des Trapezbleches

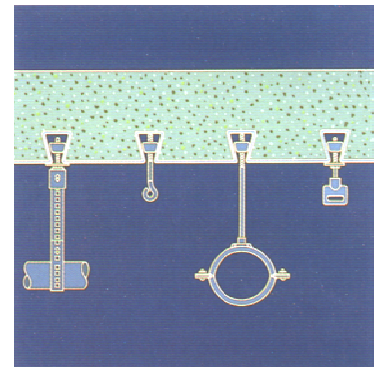


Bild 8: Verschiedene Installationsmöglichkeiten

Brandschutz

Betrummantelte oder kammerbetonierte Träger und Stützen sind bei Gebäuden mit Brandlasten vorteilhaft. Die Wärme wird durch den Beton nur langsam in den Steg geleitet, der daher noch lange fast seine volle Tragfähigkeit behält.

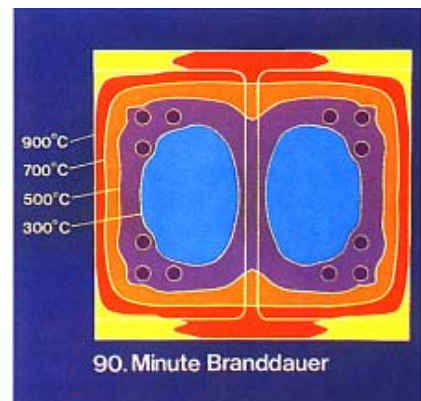
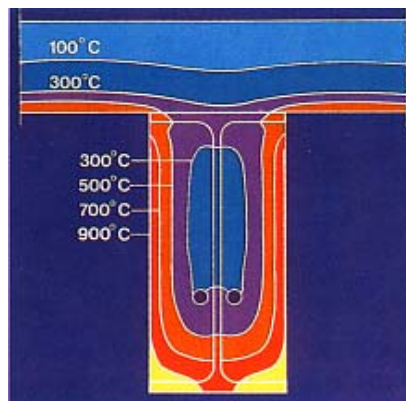


Bild 9: Temperatureinwirkung durch Brand in einem Verbundträger

Schlanke und steife Stützen

Stützen in mehrgeschossigen Gebäuden gewinnen an Steifigkeit und Brandsicherheit durch Stahl- oder Betonkerne, wobei z.B. ein Stahlprofil mit Kopfbolzen im Betonmantel verankert wird. Ein betongefülltes Stahlrohr umschürt den Beton und wirkt so wie eine starke Verbügelung mit Bewehrungsstahl.

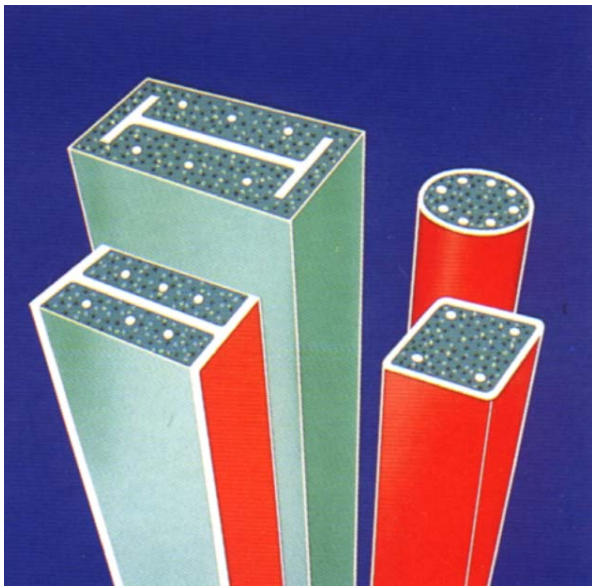


Bild 10: Verschiedene Arten von Verbundstützen

Verbundbrücken

Verbundbrücken sind herausragende Bauwerke, die ohne Kopfbolzen undenkbar sind. Auf langen Brücken befinden sich oft mehrere Zehntausend Bolzen und verbinden Stahlunterbau und Betonplatte dauerhaft. Beim sog. Doppelverbund wird auch der Untergurt als Verbundquerschnitt ausgeführt.



Bild 11: Verbundbrücke Einsiedelstein (BAB A1)



Bild 12: Verbundbrücke bei Bad Oeynhausen



Bild 13: Donaubrücke Lauingen



KÖCO-Kopfbolzen im Massivbau (CE-konform)

Zur Befestigung von Stahl- oder Holzkonstruktionen an Stahlbetonbauteilen sind einbetonierte Ankerplatten mit aufgeschweißten KÖCO-Kopfbolzen hervorragend geeignet. Der große Vorteil von Ankerplatten mit Kopfbolzen ist die Verankerung von auch sehr hohen Lasten sicher im Beton, auch in der Zugzone.



Bild 14: Ankerplatten mit aufgeschweißten KÖCO-Kopfbolzen in der Fertigung

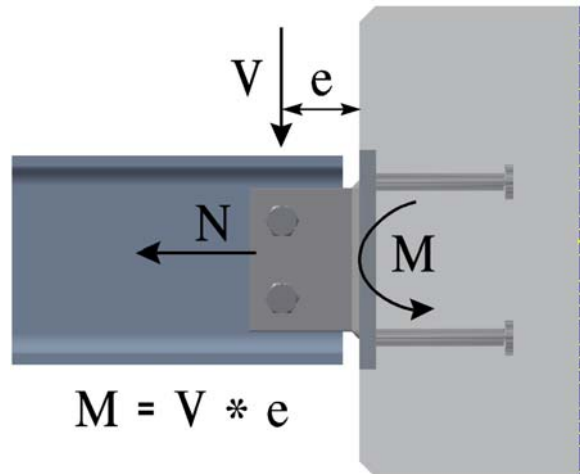


Bild 16: Schematische Darstellung der Lastabtragung durch eine einbetonierte Ankerplatte



Bild 15: Ankerplatten in einem Kernkraftwerk



KÖCO-Kopfbolzen sind in der Europäischen Technischen Zulassung ETA-03/0039 zur Verwendung auf Stahleinbauteilen (Ankerplatten) geregelt.

Zum Nachweis der Tragfähigkeit von Stahleinbauteilen in Beton stellen wir das Bemessungsprogramm „StudCalc Pro“ (www.koeco.net → Downloadcenter → Software-Download) kostenlos zur Verfügung.

Damit können Sie schnell und sicher unterschiedliche Ankerplatten, Belastungen und Betonbauteile bemessen.

Als erste Orientierung finden Sie in der folgenden Tabelle Hinweise auf die Tragfähigkeit von gängigen Ankerplattengrößen mit aufgeschweißten KÖCO-Kopfbolzen.

Die zulässigen Belastungen wurden ohne Berücksichtigung von Randeinfluss und möglicher Rückhängebewehrung ermittelt. Die Querkraft wurde bei rechteckigen Ankerplatten in Richtung der langen Seite wirkend angenommen. Die zulässigen Zug- und Querkräfte dürfen nicht gleichzeitig angenommen werden. Die Tabelle soll einen Überblick zur Abschätzung geben; eine genaue Rechnung sollte mit dem Programm „StudCalc Pro“ erfolgen.

Die Werte werden ohne Gewähr mitgeteilt. Verantwortlich für die Einhaltung der technischen Regeln ist in jedem Fall der Konstrukteur.

Tragfähigkeit von einbetonierten Stahlplatten mit KÖCO-Kopfbolzen (in kN) fett rot gedruckt: Werte gemäß KÖCO-Zulassung ETA-03/0039 ($f_{uk} = 470 \text{ N/mm}^2$) normal gedruckt: Werte gemäß DIN EN ISO 13918 ($f_{uk} = 450 \text{ N/mm}^2$), gelb: Stahlversagen entscheidend										
Ankerplatte Typ/Abmessung	Plattendicke (mm)	Kopfbolzen	C20/25		C30/37		C40/50		C50/60	
			N _{zul}	V _{zul}	N _{zul}	V _{zul}	N _{zul}	V _{zul}	N _{zul}	V _{zul}
1/100x100 Einzelbolzen	10	10/75	14,4/ 14,4	12,4/ 13/	17,5/ 17,5	12,4/ 13/	17,4/ 18,2/	12,4/ 13/	17,4/ 18,2/	12,4/ 13/
		13/100	21,6/ 21,6	21,0/ 21,9/	26,3/ 26,3	21,0/ 21,9/	29,2/ 30,5/	21,0/ 21,9/	29,2/ 30,5/	21,0/ 21,9/
2/200x100 2er Gruppe	10	10/75	23,6/ 23,6	24,9/ 26/	28,7/ 28,7	24,9/ 26/	33,4/ 33,4	24,9/ 26/	36,5/ 36,5	24,9/ 26/
		13/100	32,2/ 32,2	41,9/ 43,8/	39,1/ 39,1	41,9/ 43,8/	45,5/ 45,5	41,9/ 43,8/	47,1/ 47,1	43,8/ 43,8/
3/300x150 3er Gruppe	10	10/75	29,8/ 29,8	37,4/ 39,1/	36,3/ 36,3	37,4/ 39,1/	42,2/ 42,2	37,4/ 39,1/	46,2/ 46,2	37,1/ 39,1/
		13/100	39,2/ 39,2	62,9/ 65,7/	47,7/ 47,7	62,9/ 65,7/	55,5/ 55,5	62,9/ 65,7/	60,8/ 60,8	65,7/ 65,7/
	15	16/150	63,2/ 63,2	96,7/ 101,2/	76,9/ 76,9	96,7/ 101,2/	89,3/ 89,3	96,7/ 101,2/	97,8/ 97,8	101,2/ 101,2/
4/200x200 4er-Gruppe	15	13/100	50/ 50	84/ 87,7/	60,8/ 60,8	84/ 87,7/	70,7/ 70,7	84/ 87,7/	77,5/ 77,5	84/ 87,7/
4/250x250 4er-Gruppe	20	16/150	86,2/ 86,2	129,2/ 135/	104,8/ 104,8	129,2/ 135/	121,9/ 121,9	129,2/ 135/	133,5/ 133,5	129,2/ 135/
5/300x200 6er-Gruppe	20	13/100	62,7/ 62,7	125/ 125	76,3/ 76,3	125,4/ 131/	88,7/ 88,7	125,4/ 131/	97,2/ 97,2	125,4/ 131/
		16/150	85,7/ 85,7	171/ 171	104/ 104	194/ 202,6/	121/ 121	194/ 202,6/	132,8/ 132,8	194/ 202,6/
6/300x300 9er-Gruppe	20	13/100	75,6/ 75,6	151/ 151	92/ 92	184/ 184	107/ 107	188,6/ 197/	117/ 117	188,6/ 197/
		16/150	99/ 99	198/ 198	121/ 121	241/ 241	141/ 141	280/ 280	153,5/ 153,5	305/ 305
		22/175	111/ 111	222/ 222	135/ 135	270/ 270	157/ 157	314/ 314	172/ 172	344/ 344

N_{zul} (Zug und Druck) und V_{zul} (Querkraft) sind die charakteristischen Lasten (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_F = 1,35$, gerissener Beton) gemäß CEN/TS 1992-4 bzw. Europäischer Technischer Bewertung ETA-03/0039, berechnet mit StudCalc Pro 3.0.3. Der Achsabstand bei Bolzengruppen wurde so gewählt, daß der Randabstand 25 mm vom Rand der Stahlplatte beträgt. Die Bemessung der Plattendicke muss gesondert unter Berücksichtigung des Anschlussprofils erfolgen, z.B. mit StudCalc Pro.

Profitieren Sie von den erhöhten Werten der KÖCO-Kopfbolzen!

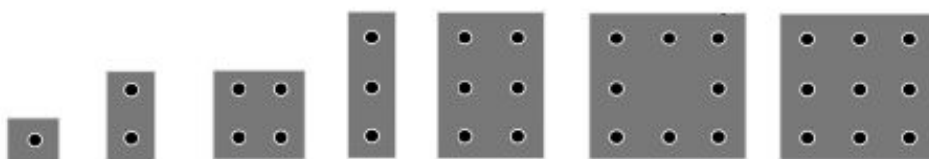


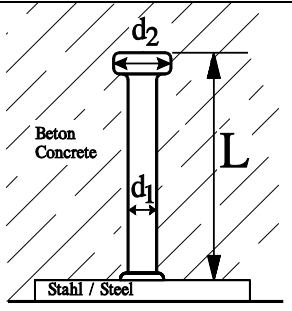
Bild 17: Typen von Ankerplatten nach Europäischer Technischer Bewertung ETA-03/0039

KÖCO als Anbieter im Verbundbau

Die Entwicklung des Verbundbaus wurde von KÖCO von Anfang an aktiv mitgestaltet. Bereits Mitte der 60er Jahre wurden von KÖCO Millionen von Kopfbolzen hergestellt und auch verschweißt. Kopfbolzen werden auf Mehrstufenpressen gefertigt, die schrittweise den Kopf und die Stirnfläche kalt umformen. Gegenüber dem Warmumformen werden Streckgrenze und Festigkeit erhöht; der besonders geeignete doppelt beruhigte Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt hat trotzdem noch eine ausreichend hohe Bruchdehnung von mindestens 15%. Kaltumformung gewährleistet eine hohe Maßgenauigkeit bei sauberer Oberfläche, so dass beim Bolzenschweißen der erforderliche gute Stromkontakt sichergestellt ist.

Abmessungen der Kopfbolzen (alle Maße in mm)

Bolzendurchmesser d_1	Kopfdurchmesser d_2	Mindestlänge L_{min}	Höchstlänge L_{max}
10	19	50	200
13	25	50	400
16	32	50	525
19	32	75	525
22	35	75	525
25	40	75	525



KÖCO gewährleistet für KÖCO-Kopfbolzen gemäß ETA-03/0039 höhere Werte für Streckgrenze (f_{yk}) und Zugfestigkeit (f_{uk}) als in der DIN EN ISO 13918 gefordert. Sie erreichen dadurch in vielen Fällen höhere zulässige Lasten.

ETA bzw. Norm	f_{yk} N/mm ²	f_{uk} N/mm ²
KÖCO ETA-03/0039:2018	375	470
DIN EN ISO 13918	350	450

Kopfbolzen werden fast ausschließlich mit dem Verfahren „Bolzenschweißen mit Hubzündung“ (Nr. 783 nach ISO 4063) aufgeschweißt. Dabei schmilzt ein Lichtbogen Bolzenstirnfläche und Werkstück innerhalb kurzer Zeit mit hohem Strom an. Die Höhe dieses Stromes muß in einem bestimmten Verhältnis zum Bolzendurchmesser stehen und beträgt bis zu 2500 A. Nach Ablauf der Schweißzeit wird der Bolzen durch Federkraft in die Schmelze eingetaucht und der Strom abgeschaltet. Es entsteht eine vollflächige Verbindung, deren Festigkeit höher ist als die von Bolzen oder Grundwerkstoff.

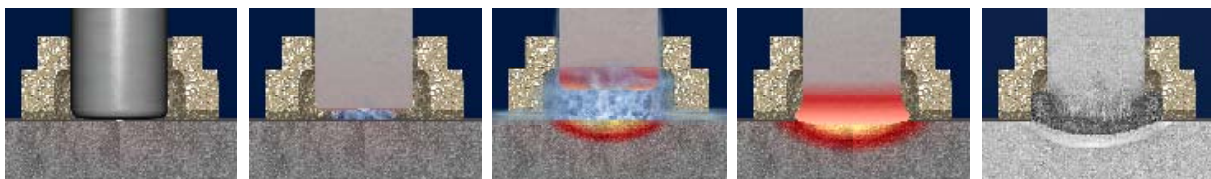


Bild 18: Bolzenschweißung mit Hubzündung und Keramikring als Schweißbadschutz

Für ein wirtschaftliches Aufschiessen von großen Mengen Kopfbolzen in kurzer Zeit werden hohe Anforderungen an die Schweißanlagen gestellt. Folgende Eigenschaften machen KÖCO-Geräte zur ersten Wahl, wenn es um Bolzenschweißen geht:

1. Elektronische Stromregelung beim Schweißen, d.h. die wichtigste Einflußgröße wird unabhängig von Netzspannungsschwankungen und Erwärmung der Stromquelle konstant gehalten
2. Zündung des Lichtbogens über einen Pilotstromkreis mit Prüfung auf ausreichenden elektrischen Kontakt
3. „Heißes Eintauchen“ des Bolzens in das Schweißbad vermeidet Bindefehler in der Schweißzone
4. Schweißkabelquerschnitte bis 120 mm² erlauben auch größere Entfernungen zwischen Stromquelle und Bediener bei geringer Erwärmung.
5. Digitale Vorwahl der elektrischen und mechanischen Einstellwerte gibt dem Bediener Sicherheit.

6. Einstellwerte für unterschiedliche Bedingungen lassen sich dauerhaft speichern und auf Knopfdruck abrufen.
7. Bei Störungen können KÖCO-Stromquellen die Ursache anzeigen und so zur schnellen Beseitigung beitragen
8. Fertigung nach allen relevanten Normen (CE)



Bild 19: KÖCO-Bolzenschweißstromquellen der Reihe "ELOTOP"

Gütesicherung von Bolzenschweißverbindungen im Bauwesen

Für sichere Bolzenschweißverbindungen sind neben modernen Bolzenschweißgeräten auch die fachgerechte Konstruktion, die richtige Werkstoffauswahl und eine Fertigung nach den Regeln der Technik erforderlich. Regeln für das Bolzenschweißen findet man zuerst in DIN EN ISO 14555. Hier werden u.a. die Prüfungen von Bolzenschweißungen festgelegt. Dazu gehören

1. Sichtprüfung des Schweißwulstes auf Vollständigkeit und auf richtige Länge des Bolzens nach dem Schweißen
2. Biegeprüfung vor Fertigungsbeginn und Stichproben während der Fertigung
3. Makroschliffe zur Kontrolle des Einbrandes und Untersuchung auf Bindefehler, Risse und Poren, die auf ungeeigneten Werkstoff oder falsche Schweißparameter schließen lassen.
4. Durchstrahlungsprüfungen oder Zugprüfungen dienen dazu, die gesamte Schweißfläche auf Fehler zu untersuchen. Sie werden im Allgemeinen nur bei der erstmaligen Qualifikation eines Betriebes für das Bolzenschweißen durchgeführt.



Bild 20: KÖCO-Bolzenschweißpistolen der Reihe "CLASSIC"

Bewährte Bolzen sind in EN ISO 13918 genormt. Werden Sie verwendet, braucht der Anwender keine Bedenken wegen ungeeigneter Werkstoffe oder Bolzenformen zu haben. KÖCO liefert neben den genormten Bolzenformen und -werkstoffen aber auch Sonderbolzen, z.B. überlange Kopfbolzen und Gewindebolzen aus höherfestem, aber trotzdem schweißgeeignetem Stahl.

Vergleich einiger wichtiger Eigenschaften von Stahlbau und Massivbau	
Stahlbau	Massivbau
Herstellung weitgehend in der Werkstatt, witterungsunabhängig, schnelle Montage durch hohen Vorfertigungsgrad	Herstellung meistens auf der Baustelle, witterungsabhängig, teuer durch aufwendige Schalung (außer bei Betonfertigteilen)
Aufwendiger Brandschutz bei Gebäuden mit Brandlast erforderlich	Brandschutz eingebaut
Große Spannweiten mit wenig Materialeinsatz möglich, leichte Konstruktionen	Große Spannweiten erfordern massive Träger, schwere Konstruktionen
Schwingungsempfindlich	Schwingungsunempfindlich
Wartung (Korrosionsschutz) während der Lebensdauer erforderlich	Bei richtiger Gestaltung Korrosionsschutzmaßnahmen gering
Umbau und Umnutzung verhältnismäßig einfach	Umbau und Umnutzung schwierig
Bei Abriss geringe Entsorgungskosten, Verkauf der Reste als Schrott	Bei Abriss hohe Entsorgungskosten, keine Wiederverwendung möglich

Der Verbundbau macht sich die Vorteile beider Bauweisen zunutze und vermeidet viele Nachteile.

Bildnachweis:

Bild 1, 6, 7, 8, 9, 10: Stahl-Informationszentrum, Düsseldorf

Bild 2: Beton-Kalender 1993, Verlag Ernst & Sohn (Roik, Bergmann, Haensel, Hanswille „Verbundkonstruktionen, Bemessung auf der Grundlage des Eurocode 4 Teil 1)

Bild 5: Goldbeck, Bielefeld

Bild 12: Ingenieurbüro HRA, Bochum

Bild 13: Prof. Gunter Hauf, Gundelfingen

Bild 3, 4, 11, 14 bis 20: Köster & Co. GmbH Bolzenschweißtechnik, Ennepetal