

Das Magazin für Schweißtechnik und mehr



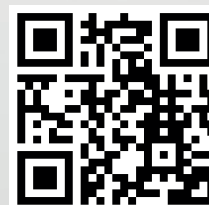
BOLZENSCHWEIßEN

www.bolte.gmbh



ALLES AUS EINER HAND:

- » SCHWEIßBOLZEN
- » KOPFBOLZEN
- » GERÄTETECHNIK
- » ANWENDUNGSBERATUNG



Bolte GmbH
Flurstraße 25
D-58285 Gevelsberg
Ohmstraße 3
D-85221 Dachau
info@bolte.gmbh

Auf die optimale Kombination kommt es an:

Schneidoptiken für das Laserstrahlschneiden

Seite 16

Fit für die Umnutzung:

Schweißtechnische Sanierung eines Fördergerüsts aus dem Jahr 1956

Seite 33

Vorteile durch sorgfältige Planung:

Kopfbolzenschweißen durch verzinkte Profilbleche

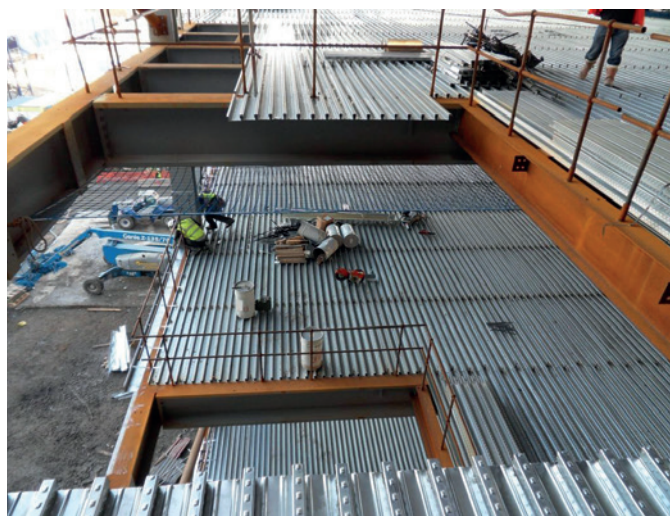
Seite 40

KOPFBOLZENSCHWEISSEN DURCH VERZINKTE PROFILBLECHE

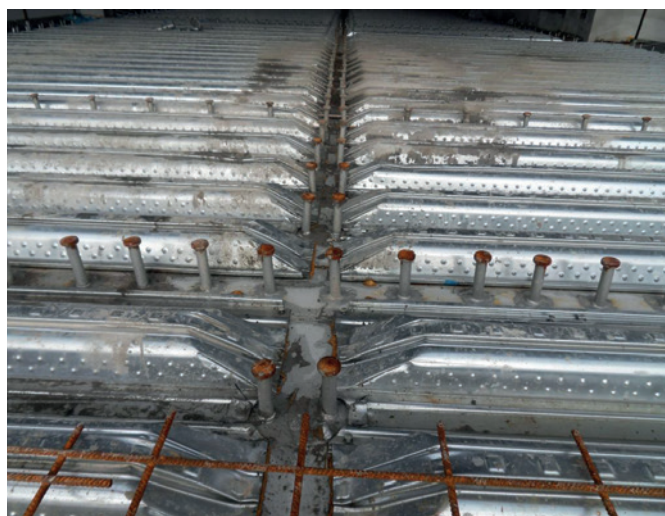
Vorteile durch sorgfältige Planung

Rainer Trillmich, Gevelsberg

Das Kopfbolzenschweißen durch verzinkte Profilbleche wird im Stahlbetonverbundbau seit Jahrzehnten angewendet und bietet manche Vorteile. Der Beitrag stellt die unterschiedlichen Bauweisen und Schweißtechniken vor, beleuchtet die verschiedenen Einflussgrößen und beschreibt ein Anwendungsbeispiel am Flughafen Keflavik in Island.



▲ Bild 1. Stahltragwerk mit aufgelegten Profilblechen



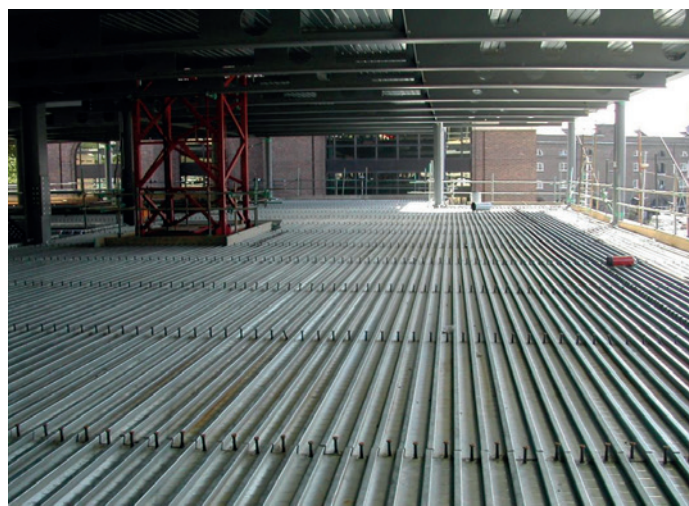
▲ Bild 2. Die Öffnungen der Profilbleche sind durch Herunterdrücken geschlossen.

Bolzenschweißen ist zwar ein Randgebiet unter den schweißtechnischen Fügeverfahren. Dennoch sind Bolzenschweißverbindungen in vielen Produkten zu finden. Schweißbolzen dienen ganz überwiegend der Kraftübertragung an deutlich größere Teile. Der Bolzen ist einerseits Befestigungsmittel, aber auch Schweißzusatzwerkstoff. „Kleine“ Bolzen

schweißt man an „große“ Fahrzeuge, Schiffe, industrielle Feuerungsanlagen, Brücken, Parkhäuser, Maschinen, Apparate usw. Dabei gibt es eine Vielzahl von Bolzenformen, runde von etwa 3 bis etwa 25 mm Durchmesser, auch rechteckige und Drahtformteile. Die Bolzenform außerhalb des Schweißquerschnitts ist (fast) beliebig, rotationssymmetrische

Querschnitte sind aber am einfachsten zu verarbeiten.

Im Bauwesen dominiert der „Kopfbolzen“, ein runder Bolzen mit einem angestauchten Kopf. Dieser dient der formschlüssigen Kraftübertragung zwischen dem Stahlteil, einem Träger oder einem Stahleinbauteil, und dem Beton, in den der Bolzen eingebettet wird. Die Bauweise, in der der Kopfbolzen überwiegend auf Schub beansprucht wird, zum Beispiel auf einem Biegeträger, nennt man Stahlbetonverbundbau. Dabei wirken Stahlträger und Betonplatte wie ein Teil, weil die Relativbewegung zwischen Stahl und Beton bei Belastung durch die Kopfbolzen (im Bauwesen auch vielfach Kopfbolzendübel genannt) verhindert wird. Schlanke, weit gespannte Träger mit wenigen Stützen sind ein Vorteil dieser Bauweise.



◀ Bild 3. Die gesamte Deckenfläche ist bei sorgfältigem Verlegen der Profilbleche ohne Öffnungen.

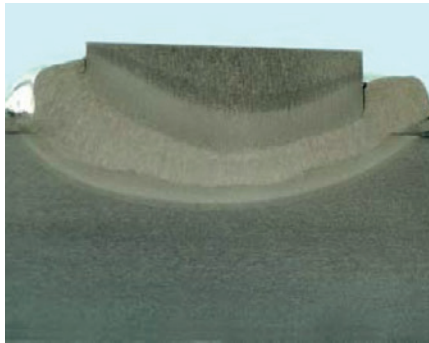
Unterschiedliche Bauweisen

Eine elegante Methode, die zum Betonieren erforderliche Schalung bereitzustellen, sind Profilbleche. Sie können in einer Verbunddecke die untere Bewehrungslage

ersetzen, dürfen statisch angesetzt werden und dienen gleichzeitig als Arbeitsplattform (**Bild 1**). Profilblech und Kopfbolzen liegen auf einer Ebene, und es stellt sich die Frage, in welcher Reihenfolge Bolzen und Blech aufgebracht werden. Die beiden gängigen Methoden sind diese:

1. Die Kopfbolzen werden im Werk auf die Träger geschweißt, die Profilbleche werden entsprechend der Spannweite nur zwischen zwei Trägern verlegt, sodass die Kopfbolzenreihe frei bleibt. Jedes Blech wirkt nur als Einfeldträger und hat keine direkte Verbindung mit dem Kopfbolzen. Das ist die traditionelle Bauweise in Deutschland.
2. Die Profilbleche werden über mehrere Felder verlegt (Durchlaufwirkung), die Kopfbolzen schweißt man auf der Baustelle. Die Schweißung verbindet Träger, Profilblech und Kopfbolzen unlösbar miteinander. Je länger das Blech ist, umso weniger Öffnungen müssen vor dem Betonieren verschlossen werden. Diese Bauweise wird von angelsächsischen Planungsbüros bevorzugt, man findet sie in Großbritannien und auf vielen Baustellen im Nahen und Mittleren Osten.

Bei beiden Methoden müssen die Öffnungen der Profilbleche vor dem Betonieren verschlossen werden, entweder durch Herunterdrücken der Öffnung (**Bild 2**) oder durch Verstopfen mit einem Formstück aus Schaumstoff. Dabei ist natürlich die Methode 2 im Vorteil, weil weniger Öffnungen zu verschließen sind.



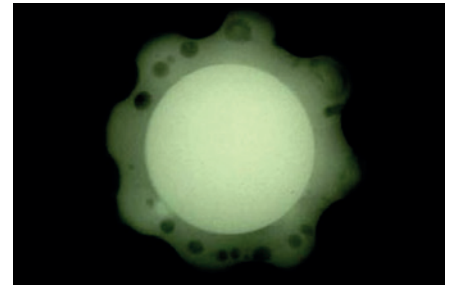
▲ Bild 4. Einwandfreie Durchschweißung durch verzinktes Blech

Bei gut passenden Stoßstellen gibt es Öffnungen nur an den Enden der Betonfläche (**Bild 3**).

Angepasste Schweißtechnik

Besonders im Blick auf die Schweißtechnik zeigen sich Vor- und Nachteile beider Methoden. Profilbleche haben eine Zinkauflage von etwa 20 µm beidseitig. Zink ist immer problematisch beim Schweißen, weil es bereits bei 906°C verdampft, also weit unter der Schmelztemperatur des Stahls. Der Bolzenschweißvorgang ist nach weniger als 2 s beendet, sodass Porenbildung in unzulässigem Ausmaß nicht auszuschließen ist. Dem muss der ausführende Betrieb mit einer angepassten Schweißtechnik begegnen.

Auch die Qualifikation der Schweißanweisung (WPS) berücksichtigt nach DIN EN ISO 14555 [1] das Schweißen durch verzinkte Profilbleche („Durchschweißtechnik“). Als diese Norm unter deutscher Federführung und auf Grundlage einer nationalen Vorgängernorm (DIN 8563 T. 10) entstand, zunächst



▲ Bild 5. Schweißzone eines durchgeschweißten Bolzens ohne Unregelmäßigkeiten, der Wulstbereich bleibt nach Norm dabei unberücksichtigt.

als Europäische Norm, war das Ziel, entgegenstehende nationale Normen damit zu ersetzen. In Deutschland gab es keine besonderen Regeln für Durchschweißtechnik, sodass möglicherweise die neue Europäische Norm EN ISO 14555 in England nicht akzeptiert worden wäre, weil sie die dort geltenden nationalen Regeln nicht zu ersetzen in der Lage gewesen wäre. Die Qualifikation war nämlich in England deutlich verschieden von der in Deutschland und in Frankreich (dort gab es auch eine nationale Norm zum Bolzenschweißen). Während man auf dem Kontinent den Schweißprozess einmal beim ausführenden Betrieb qualifizierte, was Sichtprüfung, Biegeprüfung, Makroschliff und Durchstrahlung, in Frankreich auch Oberflächenrissprüfung (PT) nach Abtrennen des Bolzens, umfasste, konzentrierte man sich in England auf die Baustellenbedingungen. Nach Information der englischen Mitglieder der Arbeitsgruppe der Norm gilt dort die Qualifikation immer nur für ein Projekt, da das Profilblech, dessen Zinkauflage,



▲ Bild 6. Versuch einer Schweißung durch ein Profilblech auf einen beschichteten Obergurt



▲ Bild 7. Der abgeklebte Bereich bleibt unbeschichtet.



▲ Bild 8. Die Beschichtung auf dem Obergurt muss entfernt werden, leichter Rost ist unbedenklich.



▲ Bild 9. Misslungene Schweißungen bei einem Spalt zwischen Blech und Träger

die Schweißstromquelle, Kabellängen usw. immer unterschiedlich sein können. Es werden zehn Bolzen geschweißt und diese einer Sichtprüfung und einer Biegeprüfung (30° Biege­winkel) unterzogen – kein Schliff, keine Durchstrahlung. Die Entnahme der Prüfstücke dafür wäre auch praktisch fast unmöglich. Allerdings verlangt dann die Fertigungsüberwachung zusätzlich zur Sichtprüfung auch eine Klangprobe an allen Bolzen. Diese auch in der EN ISO 14555 geregelte Klangprobe hat gelegentlich zu Kopfschütteln geführt, manchmal wird sie aber auch vorgeschrieben bei Schweißungen, die direkt geschweißt, also nicht „durchgeschweißt“ wurden, was nach Norm so nicht vorgesehen ist. Die geschweißten Bolzen werden dabei mit einem Hammer (die Details stehen in der Norm) so angeschlagen, dass der Bolzen leicht plastisch verformt wird. Wenn die Schweißzone zu viele Unregelmäßigkeiten enthält, wird die Schlagenergie des Hammers durch innere Rissvorgänge teilweise aufgezehrt, was sich in einem dumpfen Ton niederschlägt. Ist der Ton hell und klar, wird die Schweißzone als gesund angesehen. Wichtig: Ein Anschlagen des Bolzens mit zu geringer Energie erzeugt auch bei „kranken“ Schweißungen einen klaren Ton. Deshalb fordert die Norm ausreichende Erfahrung des Prüfpersonals. Ausdrücklich soll diese Probe nur bei vorwiegend ruhend beanspruchten Bauwerken angewendet werden.

Dass man grundsätzlich erfolgreich durch verzinkte Profilbleche schweißen kann, wurde in einer Untersuchung der SLV München nachgewiesen [2]. Beispielhaft zeigt **Bild 4** einen Makroschliff und **Bild 5** eine

Durchstrahlungsaufnahme eines durchgeschweißten Bolzens.

Welche Einflussgrößen sind zu berücksichtigen?

Warum gibt es beide Varianten und warum konzentrieren sich diese auf bestimmte Länder? Nun, abgesehen, von einem gewissen Beharrungsvermögen der Planer (man macht das, was man gelernt hat), spielen auch eingespielte Gewerke und technische Bestimmungen eine Rolle.

Beschichtung

Der Verfasser erinnert sich an eine Veranstaltung, in der ein Vortragender berichtete, dass sein großer Stahlbaubetrieb bis etwa 1975 erfolgreich Bolzen durch Profilbleche in Deutschland geschweißt habe. Bei einem Projekt seien dann plötzlich sehr viele Fehlschweißungen bemerkt worden. Die Ursache

war bald gefunden, die Beschichtung auf dem Obergurt des Trägers verhinderte zusammen mit der Zinkauflage gute Ergebnisse. Generell wird in Deutschland jedes Stahlbauteil zumindest mit einem Grundanstrich versehen, bevor es auf die Baustelle kommt. Damit wird die Durchschweißtechnik in Deutschland leider praktisch bis heute kaum angewandt. Wir erkennen hier eine grundlegende Bedingung für erfolgreiche Durchschweißtechnik, nämlich einen unbeschichteten Obergurt. Lediglich einige wenige Fertigungsbeschichtungen können als schweißgeeignet angesehen werden. In England kommt der Träger mit Walzhaut oder leicht verrostet auf die Baustelle; der in Gebäuden notwendige Brandschutz ist dort Spritzputz, der auf der Rostschicht sogar besser haftet.

Deutlich erkennen wir, dass die Wahl „Durchschweißen oder nicht“ im Planungsstadium getroffen werden muss. Auf der



◀ Bild 10. Ausbohren des Blechs zum direkten Schweißen auf den Träger

Baustelle kann man kaum noch etwas verändern, nur mit vielen Kosten. Das Ergebnis eines Versuchs, durch Profilblech und Beschichtung zu schweißen, sehen wir in **Bild 6**.

Was kann man tun, wenn eine Beschichtung des Stahlbaus vorgeschrieben ist? Zwei Möglichkeiten gibt es:

1. vor der Beschichtung den Obergurt mitig abkleben, möglichst nur die Ränder beschichten, denn man weiß nie, wie genau die Mitte des Trägers beim Schweißen getroffen wird (**Bild 7**);
2. den Obergurt vor dem Verlegen der Bleche schleifen, leichter Rost ist unbedenklich (**Bild 8**).

Direkter Kontakt zwischen Profilblech und Obergurt

Das klingt vielleicht banal, denn warum sollte das Blech nicht auf dem Träger direkt aufliegen? Bei kleinen Blechen ist das kein Problem, wenn aber die Bleche „auf Spannung“ verlegt und mit Setznägeln befestigt wurden, können sich Beulen gebildet haben,

die sich auch durch das Gewicht einer Person nicht beseitigen lassen. Auch Höhentoleranzen beim Überspannen mehrerer Träger führen, besonders an den Stützen, zum Hohlliegen des Blechs. Was ist die Folge? Der Lichtbogen durchdringt das Blech sehr schnell, das Schweißbad fällt auf den Träger und wird vom Keramikring, der ja auf dem Blech liegt, nicht geschützt (**Bild 9**). Abhilfe bringt hier nur das Ausbohren des Blechs auf den Durchmesser des Keramikrings (**Bild 10**).

Nässe

Schweißen und Nässe vertragen sich nicht, durchgeschweißt wird aber immer auf der Baustelle und fast immer auf der oberen Lage der gerade verlegten Bleche. Diese Abhängigkeit vom Wetter ist wahrscheinlich der Hauptgrund, warum man der Werkstattschweißung den Vorzug gibt. Regenwasser kann auf der ebenen Fläche schlecht ablaufen, man rückt ihm, wenn nötig, mit einem Laubbläser zu Leibe. Wasser in der Schweißstelle hat auch immer Zündaussetzer zur Folge, der

Pilotlichtbogen reißt ab. Sehr unangenehm ist Nässe auf dem Obergurt, wenn die Bleche bei Regen verlegt wurden und das Wasser nur sehr langsam entweichen kann.

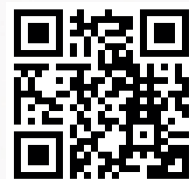
Überlappungen

Auf keinen Fall können zwei Blechlagen zuverlässig durchdrungen werden. Die Verletzte muss deshalb die Bleche unbedingt auf Stoß legen.

Schweißeinrichtung und Schweißparameter

In den meisten Fällen wird beim Durchschweißen der 19er-Kopfbolzen verwendet. Hier schweißt man mit etwa 1400 A, etwa 1500 ms und einem Hub von etwa 5,5 mm – also deutlich weniger Schweißstrom, dafür viel mehr Schweißzeit und ein längerer Lichtbogen als beim direkten Schweißen. Es ist bekannt, dass die Anforderungen an die Fachkenntnisse des Personals mit zunehmendem Bolzendurchmesser steigen, deshalb werden 22er-Kopfbolzen selten „durchgeschweißt“, einfach, um mögliche Fehlerquellen zu

Anzeige



www.bolte.gmbh



PRO-I 1300 / PRO-I 2200 / PRO-I 2800

**LEISTUNGSSTARKE BOLZENSCHWEIßGERÄTE
FÜR DAS BOLZENSCHWEIßEN MIT HUBZÜNDUNG**

- » EXZELLENTES SCHWEIßQUALITÄT
- » SEHR EINFACHE BEDIENUNG
- » INTEGRIERTE SCHWEIßPARAMETERÜBERWACHUNG



◀ Bild 11. Keramikring zum direkten Schweißen links und Durchschweißen rechts

minimieren. In Deutschland bevorzugt man im Verbundbau aber den 22er-Kopfbolzen, im angelsächsischen Bereich begnügt man sich oft mit dem 19er; auch sind die Spannweiten dort geringer.

Auf jeden Fall muss man Keramikringe mit größeren Entgasungsschlitzen und größerem Spiel verwenden, einfach, weil der Zinkdampf möglichst schnell entweichen soll. Links in Bild 11 ist ein Keramikring zum direkten Schweißen dargestellt, rechts ein Ring zum Durchschweißen. Beide Keramikringe sind in DIN EN ISO 13918 genormt [3]. Weitere Angaben sind im DVS-Fachbuch „Bolzenschweißen“, Kapitel 15.1.3., zu finden [4].

Praxisbeispiel Flughafen Keflavik

Von Ende August bis Mitte Dezember 2022 wurden am Flughafen Keflavik in Island für ein Erweiterungsgebäude etwa 25.000 Kopfbolzen der Abmessung 19 mm × 125 mm durch 1,25 mm dicke verzinkte Profilbleche „Superholorib SHR 51/600“ geschweißt. Island ist ein seismisch aktives Gebiet, deshalb wurde das Stahltragwerk inklusive der Profilbleche auf größtmögliche Verformungsfähigkeit

ausgelegt. Man beachte die sehr steifen Knoten an den Stützen und die eingezogenen Ober- und Untergurte (Bild 12). Günstig dafür ist auch die Durchlaufwirkung der über 12 m spannenden Profilbleche.

Die Schweißeinrichtung bestand aus einer Stromquelle „Bolte Pro-I 2800“ mit Schweißpistole „GD 25“. Folgende Schweißparameter wurden gewählt: Schweißstrom 1390 A, Schweißzeit 1425 ms, Hub 5,5 bis 6 mm, Überstand etwa 6 mm. Bei dicht aufliegendem Blech waren die Schweißungen einwandfrei (Bild 13), sobald das nicht der Fall war, musste entweder das Blech heruntergehämmert oder ausgebohrt werden. Der Zeitplan wurde eingehalten.

Vorteile bei sorgfältiger Planung

Das Schweißen durch Profilbleche wird seit Jahrzehnten angewendet und bietet bei sorgfältiger Planung manche Vorteile. Die Gewerke Montage des Stahlbaus, Verlegen der Bleche, Schweißen der Kopfbolzen, Verlegen der Bewehrung und Betonieren müssen zuverlässig zeitlich aufeinander abgestimmt sein. Das Schweißen auf der Baustelle kann

bei ungeeignetem Wetter unmöglich sein mit Auswirkungen auf nachfolgende Arbeiten.

Das Schweißen der Kopfbolzen im Werk ist einfacher in der Ausführung und Überwachung. Auf ungünstiges Wetter und Beschichtung muss keine Rücksicht genommen werden, diese erfolgt nach dem Schweißen der Kopfbolzen. Die einfeldrigen Profilbleche verursachen allerdings mehr Arbeit beim Verlegen und Vorbereiten zum Betonieren. Außerdem muss man auf die Durchlaufwirkung von langen Blechen verzichten. ■



Dipl.-Ing. Rainer Trillmich (IWE), Anwendungstechnik und technische Beratung, Bolte GmbH, Gevelsberg, r.trillmich@bolte.gmbh

Literatur

- [1] DIN EN ISO 14555: Schweißen – Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen. Ausgabe: 2017-10.
- [2] Bericht 5131/2004: Erprobung der Durchschweißtechnik beim Lichtbogenbolzenschweißen mit Hubzündung an unterschiedlich beschichteten Stahlblechen. GSI – Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH, Niederlassung SLV München, München 2004.
- [3] DIN EN ISO 13918: Schweißen – Bolzen und Keramikringe für das Lichtbogenbolzenschweißen. Ausgabe: 2018-04.
- [4] Trillmich, R.; Welz, W.: Bolzenschweißen – Grundlagen und Anwendung. Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 133. 2. Auflage. DVS Media, Düsseldorf 2015.



▲ Bild 12. Günstige Gestaltung des Knotenbereichs zur Aufnahme seismischer Beanspruchung



▲ Bild 13. Durchgeschweißte Bolzen ohne Beanstandung (Bilder: SLV München (4, 5), Trillmich)