

1

Verbindungsmittel in der Befestigungstechnik

Im Konstruktiven Ingenieurbau werden Bauteile in vielfältiger Weise miteinander verbunden bzw. befestigt [1]. Dabei kommt den tragenden metallischen Verbindungs- bzw. Befestigungsmitteln eine wesentliche Bedeutung im Zusammenhang mit der Dauerhaftigkeit von Bauwerken zu. Diese müssen denselben Sicherheitsanforderungen wie das Bauwerk selbst über dessen gesamte geplante Lebensdauer hinweg genügen.

In der Befestigungstechnik existiert keine eindeutige Definition zur Abgrenzung von Verbindungen (Verbindungsmitteln) und Befestigungen (Befestigungsmitteln), da sich die Funktionen dieser Bauteile oftmals überschneiden. In der Literatur (z. B. [2]) wird der Begriff *Verbindung* als Oberbegriff für alle Befestigungen, Stöße und Anschlüsse definiert. Auch hier werden alle behandelten Bauteile einheitlich als Verbindungsmittel bezeichnet. Im Mittelpunkt der Betrachtungen und Untersuchungen stehen korrosionsgeschützte Verbindungsmittel aus Stahl.

Verbindungsmittel verbinden metallische Bauteile mit nichtmetallischen (z. B. Beton, Holz) und auch metallische Strukturen untereinander. Diese Kontaktwerkstoffe (Metall, Nichtmetall) beeinflussen konstruktions-, verarbeitungs- und umgebungsbedingt sowie durch eigene korrosionsbezogene Eigenschaften auch das Korrosionsverhalten der Verbindungsmittel. Sie werden deshalb bezüglich ihrer Eigenschaften in der Folge mitbehandelt. Soweit diese Kontaktwerkstoffe metallischen Strukturen zuzuordnen sind, werden diese hier Anbauteile genannt.

In Abhängigkeit vom statischen System und vom Baustoff wird die Aufgabe des Verbindens unterschiedlich gelöst. In der Folge werden behandelt:

- stiftförmige Verbindungsmittel für den Holzbau (Holzschrauben),
- Verbindungsmittel und Anbauteile im Metallbau,
- Befestigungsmittel im Beton- und Mauerwerksbau.

1.1 Notwendigkeit eines Korrosionsschutzes

Die Betrachtungen in diesem Buch konzentrieren sich in erster Linie auf Verbindungsmittel aus Stahl. Diese werden bei Anwendung im Außenbereich durch die

umliegende Atmosphäre korrosionsbeansprucht und müssen daher entsprechend geschützt werden. Im Konstruktiven Ingenieurbau dient ein ausreichend bemessener Korrosionsschutz von Verbindungsmitteln und auch Anbauteilen in erster Linie der Bauwerkssicherheit. Verbindungsmittel übertragen hohe Lasten aus dem Eigengewicht befestigter Konstruktionen und im Außenbereich zusätzlich auf das Bauwerk einwirkende dynamische Windlasten. Außerdem können diese metallischen Bauelemente korrosiven Einflüssen ausgesetzt sein, sei es durch die umgebende Atmosphäre oder im Kontakt mit Baustoffen.

Die für die Lastübertragung zur Verfügung stehenden Querschnitte von Verbindungsmitteln sind im Vergleich zum Gesamtbauwerk relativ klein. Eine korrosionsbedingte Querschnittsminderung dieser Bauteile könnte deshalb nachteilige Auswirkungen auf deren Tragverhalten und die Sicherheit der gesamten Konstruktion haben. Auch die Optik und das Funktionsverhalten können durch sich ablagernde Korrosionsprodukte (z. B. Rost) beeinträchtigt werden: So ist nicht auszuschließen, dass beispielsweise bei Spreizdübeln bereits durch einen mäßig starken Korrosionsangriff und Rostbildung das Nachspreizverhalten beeinträchtigt wird [3].

Anbauteile und vor allem Verbindungsmittel werden in der Regel aus Stahl gefertigt. Ungeschützter unlegierter und niedriglegierter Stahl korrodiert, solange hierfür ein Elektrolyt (in der Bautechnik meist Wasser mit mehr oder weniger darin gelösten Salzen) zur Verfügung steht und Sauerstoff Zutritt hat (Abb. 1.1). Für Verbindungsmittel ist daher eine ausreichende, im Hinblick auf die zu erwartende Korrosionsbelastung und geplante Schutzdauer ausgelegte Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten, welche durch einen geeigneten und dauerhaft wirksamen Korrosionsschutz sicherzustellen ist.

Es existieren verschiedene Möglichkeiten eines Korrosionsschutzes für Verbindungsmittel und Anbauteile aus unlegiertem und niedriglegiertem Stahl, die mit der Atmosphäre und Baustoffen (erhärteter Beton, Holz, Wärmedämmstoffe) in Kontakt stehen.

Zum Zwecke des Korrosionsschutzes erhalten Verbindungsmittel und auch Anbauteile aus unlegiertem oder niedriglegiertem Stahl häufig *metallische*

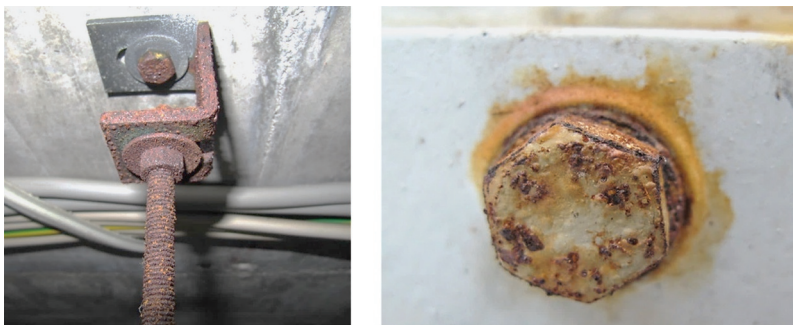


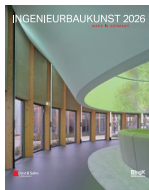
Abb. 1.1 Nicht bzw. unzureichend korrosionsgeschützte Verbindungsmittel aus Stahl in korrosiver Umgebung (hier: Hallenbad) nach etwa 7 Jahren [4].

Bundesingenieurkammer (Hrsg.)

Ingenieurbaukunst 2026

Made in Germany

- das Buch gibt fundierte Einblicke in Diskussionen rund um unsere gebaute Umwelt – mit Relevanz für Planung, Ausführung und Lehre
- Ingenieur:innen zeigen, wie sie mit neuen Materialien, Verfahren und digitalen Werkzeugen zukunftsfähige Lösungen entwickeln
- 25 herausragende Projekte Made in Germany dokumentieren, wie Bauingenieur:innen in der Ingenieurbaukunst ihre Verantwortung wahrnehmen



11 / 2025 - ca. 192 Seiten -
ca. 480 Abbildungen

Softcover
978-3-433-03483-5 ca. € 49,90*

Bereits vorbestellbar.

Das Symposium zum Buch
**Ingenieurbaukunst – Design for
Construction** www.ingd4c.org

JETZT BESTELLEN
www.ernst-und-sohn.de/3483

* Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland, inkl. MwSt.

Ernst & Sohn
A Wiley Brand



YellWin 500+

Zinkschichtdicke $\geq 12 \mu\text{m}$

- > Hochwertige Oberfläche CrVI-frei
- > Dickschichtpassivierung
- > Gleitbeschichtung

Quality – Made in Austria

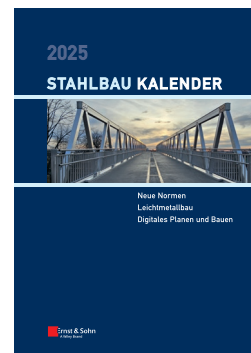
Ulrike Kuhlmann (Hrsg.)

Stahlbau-Kalender 2025

**Schwerpunkte: Neue Normen; Leichtmetallbau;
Digitales Planen und Bauen**

- aktueller Stand der Stahlbau-Regelwerke
- zukunftsorientiert: KI und 3D-Druck
- topaktuell: Stahlleichtbau und Aluminiumtragwerke

Das Buch erläutert Teile der neuen EC-Generation. Außerdem enthält es aktuelle Beiträge zu Sandwichelementen, zur Bemessung im Stahlleichtbau und von Aluminiumtragwerken. Die Zukunftsthemen KI und additive Fertigung sind mit Praxisanwendungen dargestellt. Mit praxisnahen Beispielrechnungen und Anwendungsbeispielen.



2025 · 884 Seiten ·
590 Abbildungen · 237 Tabellen

Hardcover

ISBN 978-3-433-03450-8 € 159*

Fortsetzungspreis € 139*

BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3450

Überzüge. Wenn verschärfte Korrosionsverhältnisse durch Dauerfeuchte und/oder korrosionsfördernde Stoffe wie Chloride vorliegen, kann für Verbindungsmittel und Anbauteile die Anwendung nichtrostender Stähle eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Lösung sein. Eine Alternative stellt, falls keine hohen Lasten einwirken, die Herstellung aus einem Nichteisenmetall, z. B. Titanzink, Aluminium- oder auch Kupferwerkstoffen, dar. Anbauteile aus Titanzink, Aluminium oder Kupfer sind im Regelfall (bei Ausschluss starker Chlorideinwirkungen) auch ohne zusätzlichen Korrosionsschutz langfristig beständig.

Metallische Überzüge bestehen häufig aus Reinzink bzw. aus einer Zinklegierung. Neuartige Überzüge für Verbindungsmittel auf Zinkbasis wie Zink-Nickel-Überzüge (ZnNi-Überzüge) und Zink-Aluminium-Lamellenüberzüge (ZnAl-Lamellenüberzüge) werden häufig vor allem dann angewendet und sind für eine Anwendung in der Befestigungstechnik dann von Interesse, wenn

- a) mittels dünner metallischer Überzüge die Passfähigkeit sichergestellt werden soll,
- b) die Absicht besteht mit dünnen Überzügen vergleichbare Schutzdauern zu erzielen wie bei den dickeren Feuerverzinkungen,
- c) gegenüber den ebenfalls eher dünnen galvanischen Zinküberzügen ein verbessertes Korrosionsschutzverhalten erreicht werden soll
- d) und um preiswerte Alternativen zu nichtrostenden Stählen zu erhalten.

Die Argumente b. bis d. sind auch für Überzüge aus Zink-Aluminium (Galfan) und Zink-Aluminium-Magnesium zutreffend, die dem Schutz von Stahlband (Stahlblech) dienen, aus dem durch Umformung auch Anbauteile für die Befestigungstechnik (z. B. Unterkonstruktionen im Fassadenbereich) hergestellt werden. In manchen Anwendungsfällen ist es sinnvoll metallische Überzüge zusätzlich zu passivieren, um die Korrosion des metallischen Überzuges zu verlangsamen. Auch weitere Deckbeschichtungen dienen dem zusätzlichen Korrosionsschutz. Diese werden allerdings auch als Funktionsbeschichtung appliziert, z. B. um bei einer Holzschraube die Gleiteigenschaften zu verbessern.

Organische Überzüge finden zum Zwecke des Korrosionsschutzes bei Verbindungsmitteln aus Stahl nahezu keine und bei Anbauteilen in der Befestigungstechnik eher selten alleinige Anwendung. Diese Bauteile werden im Bereich der Befestigung beim Einbau und im Zeitraum der Nutzung in hohem Maße Reibungen und Pressungen ausgesetzt, denen organische Überzüge häufig nicht schadlos standhalten. Es empfiehlt sich jedoch, metallische Überzüge mit einer zusätzlichen dünnen organischen Deckbeschichtung (Topcoat) zu kombinieren, um so optimierte Lösungen in Bezug auf Funktionseigenschaften wie z. B. Reibverhalten (Aufbringung eines Gleitmittels), Korrosionsschutz des Überzuges sowie Optik zu erreichen. Bei den hiesigen Ausführungen werden organische Beschichtungen auf Stahloberflächen deshalb in Kombination mit einem metallischen Überzug des Bauteils behandelt (siehe Abschn. 11.2). Des Weiteren wird in diesem Zusammenhang auf Abschn. 16.6.4 hingewiesen; hier werden Kunststoffbeschichtungen auf Aluminiumoberflächen von z. B. flächigen Fassadenelementen unter eher optischen

Gesichtspunkten behandelt. Die Benennung der in der Folge behandelten Schutzsysteme für unlegierten und niedriglegierten Stahl im Normenwerk ist nicht einheitlich, deshalb die folgende Klarstellung:

- Korrosionsschutzsysteme, die auf dem Untergrund aufbauen, wie z. B. die Feuerverzinkung, werden richtigerweise als Überzüge bezeichnet.
- Dem gegenüber bezeichnet man Systeme, die den Untergrund lediglich überlagern (z. B. organische Schutzschichten) als Beschichtungen.

Abweichend hiervon werden Beschichtungen bestehend aus ZnAl-Lamellen in einer anorganischen Matrix im zuständigen Regelwerk (DIN EN 13858 [5] und DIN EN ISO 10683 [6]) als *Überzüge* bezeichnet. Umgekehrt werden Überzüge aus Zink-Aluminium (Galfan) und Zink-Aluminium-Magnesium in der Literatur wiederholt als Beschichtungen bezeichnet. Aus formalen Gründen wird die Bezeichnung Überzug für alle Systeme, die keine reinen organischen Beschichtungen sind, in der hiesigen Arbeit beibehalten. Organische Beschichtungen werden, was die Verbindungsmittel und Anbauteile aus Metallen betrifft, im Regelfall nicht als Korrosionsschutz in der Befestigungstechnik angewendet. Sicherlich hängt dieses vor allem damit zusammen, dass diese Beschichtungen durch unvermeidliche Reibkräfte beim Zusammenbau beschädigt werden können.

1.2 Häufig angewendete Verbindungsmittel

1.2.1 Holzschrauben

Im Holzbau werden stiftförmige Verbindungsmittel [7] wie Bolzen, Stabdübel, Nägel, Schraubverbindungen, Gewindestangen oder auch Nagelplatten aus Stahlblech eingesetzt, um Holzbauteile miteinander zu verbinden oder z. B. Stahlbauteile am Holz zu befestigen. Diese kommen teilweise mit der äußeren Atmosphäre und mit dem Holz in Kontakt und unterliegen somit einem atmosphärischen Korrosionsangriff und einem holzseitigen Angriff durch Feuchte und Inhaltsstoffen des Holzes. Typische Anwendungsbeispiele für Holzverbindungsmittel sind in Abb. 1.2 dargestellt.

Herstellung und Wirkungsweise

Als *Holzschrauben* werden Schrauben bezeichnet, welche ihr Gewinde im Holz selbst formen (bei weicheren Hölzern) bzw. schneiden (bei härteren Hölzern) und deshalb ohne Mutter verwendet werden. Als Holzverbindungsmittel dienen sie der kraftschlüssigen Verbindung von Holzbauteilen aus Vollholz, Brettschichtholz oder Holzwerkstoffen oder zum Anschluss von Stahlteilen (Beschlügen) an Holzbauteile. Für tragende Holzverbindungen stehen zwei Arten von Schrauben zur Verfügung [8]:

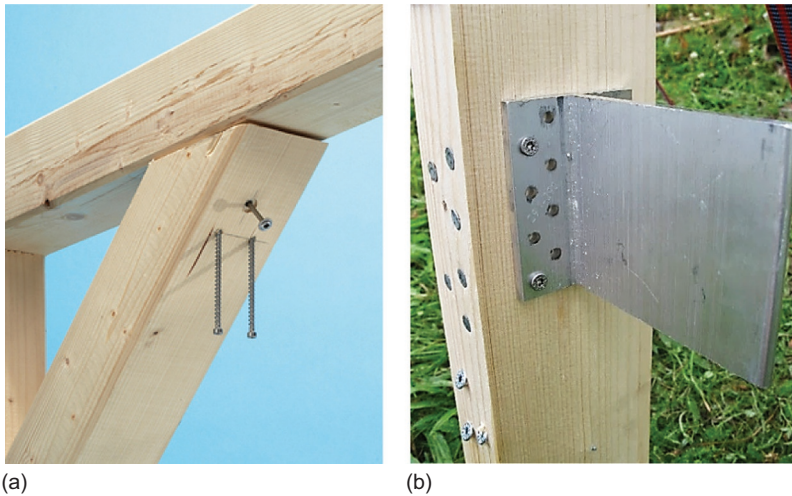


Abb. 1.2 Verbindungsmittel (Holzschrauben) zwischen (a) Holzbauteilen sowie (b) Metallbau- und Holzbauteilen; *Quelle* (b): C. Bordes.



Abb. 1.3 Holzschraube mit Senkfrästaschenkopf, Teilgewinde und Schaftfräsen, nach [10].

- Genormte Holzschrauben, die alle ein geschnittenes Gewinde mit Gewindeform nach DIN 7998 [9] aufweisen und in vorgebohrte Löcher eingedreht werden.
- Bauaufsichtlich zugelassene Holzschrauben, die als selbstbohrende Schrauben ohne Vorbohren eingedreht werden.

Abbildung 1.3 zeigt beispielhaft eine Holzschraube mit Senkfrästaschenkopf, Teilgewinde und Schaftfräser. Diese Schraube besitzt eine große Gewindesteigung mit auseinandergezogenen Gängen und scharfen Gewindeflanken; das Schraubende ist angespitzt.

Holzschrauben aus niedriglegiertem Stahl

Schrauben werden zumeist aus Stahl gefertigt. Weitere Werkstoffe sind vor allem Aluminium und Messing. Stahlschrauben erhalten meist einen zusätzlichen Korrosionsschutz oder sind auch hochlegiert. Bauaufsichtlich zugelassene selbstbohrende Holzschrauben aus niedriglegiertem Stahl werden nach einer Kaltmassivumformung und nach dem Aufrollen des Gewindes gehärtet bzw. einsatzgehärtet und angelassen (vergütet), um höhere Werte des Fließmomentes, der Zugtragfähigkeit



Abb. 1.4 Gewinde einer kaltumgeformten Holzschraube mit Oberflächenfehlern [4].

sowie der Torsionstragfähigkeit zu erreichen. Wegen der Umformung durch das Gewindewalzen können die Schrauben zwischen den Gewindegängen Oberflächenfehler aufweisen, die jedoch von einem metallischen Überzug (Abschn. 3) in der Regel überdeckt werden. Abbildung 1.4 zeigt hierzu beispielhaft das Gewinde einer Holzschraube mit einem ZnAl-Lamellenüberzug.

Holzschrauben aus nichtrostendem Stahl

Holzschrauben aus nichtrostendem Stahl mit Senkkopf und Teilgewinde sind häufig kaltumgeformt. Dieser Werkstoff weist aufgrund seines austenitischen Gefüges auch im kaltumgeformten Zustand bei hoher Zähigkeit nur eine begrenzte Festigkeit bzw. Härte auf. Hohe Eindreh- und Anziehmomente sollten daher bei der Verwendung solcher Edelstahlschrauben vermieden werden. Insbesondere für gerbsäurefreie Harthölzer im Außenbereich werden Holzschrauben aus gehärtetem martensitischem nichtrostendem Stahl angeboten. Passende Holzarten wären beispielsweise Douglasie und Lärche.

Derzeitiger Korrosionsschutz

Metallische Überzüge

Gängige Verbindungsmittel für den Holzbau erhalten bei Verwendung unter normalen Umgebungsbedingungen als Korrosionsschutz zumeist einen metallischen Überzug und werden im Regelfall galvanisch oder feuerverzinkt. Die Einsatzmöglichkeiten der stiftförmigen Verbindungsmittel werden in DIN EN 1995-1 (2013) [11] und DIN EN 14592 (2019) [7] geregelt. Dabei werden die für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren erforderlichen Zinkdicken den jeweils vorherrschenden Korrosionsverhältnissen angepasst. Diese für eine Schutzdauer von zumeist 50 Jahren notwendigen Dicken der Zinkauflagen lassen sich für die verschiedenen Umgebungsverhältnisse (Korrosivitätskategorien) und Holzklassen aus den Abtragsraten im Kontakt mit der Atmosphäre und Holz (Abschn. 6.4) herleiten.

Neuerlich werden im Holzbau gelegentlich auch Verbindungsmittel wie Holzschrauben mit Zink-Nickel-Überzug oder Zink-Aluminium-Lamellenüberzug angeboten, die als Kleinteile im Trommelverfahren hergestellt werden. Das Korrosionsschutzverhalten der genannten Überzüge im Kontakt mit der Atmosphäre und insbesondere Holz wurde in [12], u. a. mittels Auslagerung von korrosionsschutzgeschützten Befestigungsmitteln in Stadt- und Meeresklima, im Detail untersucht und bewertet (Abschn. 6.6).

Nichtrostender Stahl

Gelegentlich treten unter kritischen Umgebungsverhältnissen auch Korrosionsschäden an verzinkten Verbindungsmitteln auf [13]. Alternativ werden deshalb im Holzbau, abhängig vom möglichen Feuchtegehalt des Holzes, der Holzart und einer Verwendung von Holzschutzmitteln, auch Verbindungsmittel aus nichtrostendem Stahl angeboten (siehe oben) bzw. werden für bestimmte Anwendungen, wie Bauteile im bewitterten Außenbereich, auch als notwendig erachtet (z. B. [11]). Bauaufsichtliche Zulassungen für derartige Holzschrauben verweisen in diesem Zusammenhang bezüglich der erforderlichen Stahlgüte auf die bauaufsichtliche Zulassung für die Anwendung nichtrostender Stähle [14], welche das Verhalten von Bauteilen und Verbindungsmitteln unter atmosphärischen Bedingungen regelt. Holzschrauben aus nichtrostendem Stahl mit Senkkopf und Teilgewinde werden beispielsweise aus dem Werkstoff 1.4567 (X3CrNiCu18-9-4) (Tab. 12.1) einer Korrosionsbeständigkeitsklasse II hergestellt.

1.2.2 Metallbauschrauben

Im Metallbau sind neben dem Schweißen vor allem Schrauben häufig angewendete Verbindungsmittel. Diese unterliegen im Regelfall einer atmosphärischen Korrosionsbeanspruchung. Schraubengarnituren bestehen aus Komponenten wie Schraube, Mutter und Scheibe(n) in der Regel von ein und demselben Schraubenhersteller. Bohrschrauben eignen sich vor allem zur Verwendung in nicht zu harten Materialien.

Stahlschrauben sind am weitesten verbreitet. Neben Stahl kommen in der Bautechnik, abhängig von der jeweiligen Anwendung, aber auch andere Werkstoffe wie Messing oder Aluminium zum Einsatz. Die hierigen Betrachtungen konzentrieren sich auf Schrauben bzw. Schraubverbindungen aus Stahl. Diese werden bei Anwendung im Außenbereich durch die umliegende Atmosphäre korrosionsbeansprucht und müssen daher entsprechend geschützt werden.

Herstellung und Wirkungsweise

Bei einer konventionellen Schraubenverbindung, bestehend aus Schraube, Mutter und Unterlegscheiben (Abb. 1.5), werden zwei oder mehrere Bauteile durch Form- und Kraftschluss miteinander verbunden. Das bei der Montage aufgebrachte Anzugsmoment erzeugt in der Schraube eine Vorspannkraft, die die Bauteile gegeneinander verspannt und somit in allen Trennfugen einen Reibschluss hervorruft.

Die Festigkeitsklassen der Verbindungsmittel werden durch Zahlen charakterisiert. *Schrauben aus unlegiertem und niedriglegiertem Stahl* der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8 und 10.9 nach DIN EN ISO 898-1 [15] finden Verwendung im Stahlbau. Die erste Zahl gibt die Mindestzugfestigkeit R_m geteilt durch 100 an. Durch Multiplikation der ersten mit dem 10fachen der zweiten Zahl erhält man die Streckgrenze R_{eL} (oder 0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$). Die Bezeichnung einer Schraubenverbindung mit HV steht für hochfeste vorspannbare Schrauben für

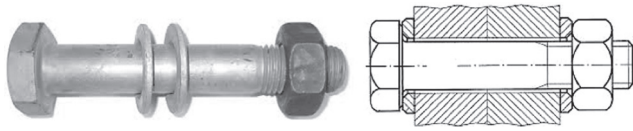


Abb. 1.5 Stahlbauschraube; *Quelle:* Institut für Metall- und Leichtbau, Universität Duisburg-Essen.

den Stahlbau [16] der Festigkeitsklasse 10.9. Es besteht somit die Möglichkeit, die Verbindung mit standardisierten Verfahren auf eine definierte Vorspannkraft zu bringen.

Die Bestandteile einer Schraubverbindung werden aus Kohlenstoffstahl, niedriglegiertem Stahl oder nichtrostendem Stahl (siehe unten) nach dem Kaltfließpressverfahren (Kaltumformung) hergestellt.

Nichtrostende Schrauben sind in ISO 3506 [17] genormt und werden in Festigkeitsklassen wie 50, 70 oder 80 eingeteilt. Diese Zahlen geben 1/10 der Mindestzugfestigkeit R_m an. So bedeutet 50 eine Mindestzugfestigkeit von 500 N/mm².

Derzeitiger Korrosionsschutz

Stahlschrauben aus unlegiertem und niedriglegiertem Stahl für den Außenbereich benötigen einen Korrosionsschutz; für kritische Anwendungen empfehlen sich Schrauben aus nichtrostendem Stahl.

Feuerverzinkung

Schrauben der Größen M8 bis M64 werden in der Regel feuerverzinkt (stückverzinkt) (Abschn. 3.2). Feuerverzinkte Schrauben sind in DIN EN ISO 10684 [18] geregelt. Die Zinkschichtdicke beträgt mindestens 50 µm, meist jedoch zwischen 60 bis 80 µm. Bei der Applikation des Zinküberzuges darf es zu keinem Festigkeitsabfall kommen. Diese Forderung wird insbesondere bei hochfesten Stählen dann nicht erfüllt, wenn die Aufbringung einer Schutzschicht (wie beim Feuerverzinken möglich) zu einer unzulässigen Erwärmung des Bauteils führt (Abschn. 3.2.2).

Galvanische Verzinkung

Auch galvanisch verzinkte Schrauben (Abschn. 3.3) gemäß DIN EN ISO 4042 [19] mit gegenüber der Feuerverzinkung deutlich abgeminderter Zinkauflage, meist < 10 µm, sind weit verbreitet. Derart geschützte Schrauben in den Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 sind im Stahlbau in Deutschland wegen der Gefahr einer Wasserstoffversprödung allerdings nicht erlaubt. Bei der Applikation eines galvanischen Überzuges und auch bei Korrosionsprozessen kann es nämlich zu einer unzulässigen Beladung des Werkstoffes mit Wasserstoff kommen, die bei der höheren Festigkeit 10.9 zu Versprödung, Rissbildung und Brüchen beim Verzinken bzw. im betrieblichen Einsatz führen können (Abschn. 3.3.2).

Nichtrostender Stahl

Nichtrostende Stahlbauschrauben für die Bautechnik werden derzeit insbesondere aus den Werkstoffen der Korrosionsbeständigkeitsklassen II und III (Abschn. 12) nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung [14] gefertigt.

1.2.3 Bohrschrauben (Blechbohrschrauben)

Bei den Bohrschrauben werden sog. gewindefurchende Schrauben mit einer schneidenden Bohrspitze kombiniert. Man spricht von selbstbohrenden Schrauben, da das Vorbohren einer Unterkonstruktion entfällt.

Herstellung und Wirkungsweise

Selbstbohrende Schrauben mit Blechschrauben-Gewinde [20, 21] für den industriellen Leichtbau (Abb. 1.6), in der Folge Bohrschraube genannt, werden dort eingesetzt, wo große Stückzahlen benötigt werden. Sie dienen beispielsweise zum Verbinden von Blechen im Dach- und Fassadenbereich von Hochbauten oder bei Photovoltaikanlagen zur Befestigung der Module auf einem stählernen Rahmen. Sie bohren sich beim Einschrauben mittels einer Spitze (Bohrspitze) ihr Kernloch selbst und formen spanlos mit dem anschließenden Einlaufteil des Gewindes das Gegengewinde. Hierfür sind folgende Eigenschaften erforderlich: Eine ausreichende Oberflächenhärte, eine Eignung zum Bohren des Kernloches und zum Formen des Gegengewindes sowie ein ausreichend hohes Bruchmoment als Sicherheit gegenüber Schraubenbruch beim Eindrehen.

Wegen der erforderlichen hohen Oberflächenhärte werden Bohrschrauben derzeit häufig aus einem niedriglegierten wärmebehandelten Einsatz- oder Vergütungsstahl hergestellt. Die Schrauben werden nach dem Aufwalzen des Gewindes und nach einer Kaltmassivumformung wärmebehandelt. Die Oberflächenhärte zum Verbinden von Stahlteilen sollte nach der Wärmebehandlung mindestens etwa 560 HV_{0,3} und die Kernhärte etwa zwischen 270 HV₅ und 425 HV₅ betragen. Durch die Kaltumformung können sie, vergleichbar den Holzschrauben (Abb. 1.4), zwischen den Gewindegängen Oberflächenfehler aufweisen, die von einem metallischen Überzug mehr oder weniger überdeckt werden. Des Weiteren finden Bohrschrauben aus nichtrostendem Stahl Verwendung (siehe unten).

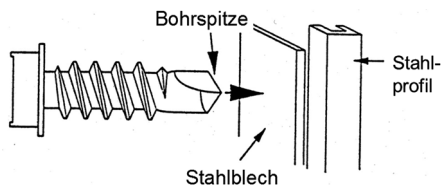


Abb. 1.6 Prinzip der selbstbohrenden Schraube (Bohrschraube) [20].

Derzeitiger Korrosionsschutz

Metallische Überzüge

Zum Zwecke des Korrosionsschutzes werden Bohrschrauben aus niedriglegiertem Stahl häufig galvanisch verzinkt. Dabei ist allerdings zu beachten:

- Eine galvanische (elektrolytische) Verzinkung mit Zinkdicken um $10\ \mu\text{m}$ ist insbesondere unter kritischen atmosphärischen Korrosionsbedingungen kein dauerhafter Korrosionsschutz. Hinzu kommt: Auch die beim Verschrauben übertragenen Drehmomente verringern die Schichtdicken der Verzinkung an den Kraftübertragungsflächen und damit die Korrosionsbeständigkeit.
- Die elektrolytische Verzinkung kann wegen Wasserstoffabscheidung bei der Applikation schon frühzeitig in der oberflächengehärteten Schicht zu wasserstoffinduzierter Rissbildung (Spannungsrissskorrosion) führen. Hinzu kommt, dass die gehärteten Randschichten bereits unter milden Korrosionsbedingungen des betrieblichen Einsatzes (z. B. bei Angriff von Kondenswasser) zu wasserstoffinduzierter Spannungsrissskorrosion in den gehärteten Randschichten und deshalb u. U. zum plötzlichen Versagen der Schraube neigen können [22]. Zur Doppelfunktion der Blechschraube als Werkzeug und Verbindungselement trat deshalb schon frühzeitig die Forderung nach höherer Korrosionsbeständigkeit hinzu.

Nichtrostender Stahl

Austenitische nichtrostende Stähle (Abschn. 12) sind bei ausreichendem Legierungsgehalt zwar sehr korrosionsbeständig, sie sind jedoch vergleichsweise zähe Werkstoffe mit einer nur begrenzten Festigkeit bzw. Härte. Diese Stähle sind für Verbindungsmittel in der Befestigungstechnik, wenn Härte und Verschleißverhalten (wie z. B. bei Bohrschrauben) eine Rolle spielen, daher nur eingeschränkt verwendbar. Beispielsweise Blechschrauben aus austenitischem Werkstoff lassen sich selbst im kaltumgeformten Zustand nicht in gleicher Weise problemlos in harte Untergründe einschrauben wie solche aus Einsatzstahl. Eine Eignung der Gewindespitzen zum Bohren des Kernloches und zum spanlosen Formen des Gegengewindes ohne Fressen der Gewindeflanken ist insbesondere bei härteren stählernen Bauteilen nicht ohne weiteres gegeben.

Es ist deshalb heute Stand der Technik, Bohrschrauben (Blechschrauben) aus austenitischem nichtrostendem Stahl wie folgt herzustellen [21, 23, 24]:

Um den Korrosionsschutz für den normalen Anwendungsfall über den gesamten Zeitraum der Nutzung sicherzustellen und eine spanlose Formbarkeit des Gegengewindes zu erreichen, werden die Schrauben aus einem austenitischen nichtrostendem Stahl gefertigt (kaltgestaucht). Da die funktionellen Eigenschaften einer Bohrschraube (das Einschrauben) nicht komplett von diesem kaltumgeformten Werkstoff erbracht werden können, besteht die Bohrspitze zum Bohren des Kernloches zusätzlich alternativ

- aus einem stumpf angeschweißten gehärteten Kohlenstoffstahl (Abb. 1.6),
- aus einem Flachteil aus gehärtetem Werkzeugstahl, welches in einem Schlitz der Schraube verklemmt ist.

Bohrschrauben in dieser Ausführung kommen in vielfacher Ausführung z. B. bei der Unterkonstruktion oder als Einzelbefestigung bei hinterlüfteten Fassaden zur Anwendung [24]. Die kaltumgeformte Schraube aus austenitischem Stahl ist einschließlich der gehärteten Bohrspitze galvanisch verzinkt, um einen temporären Korrosionsschutz der Schraube vor dem Einbau und eine gewisse Schmierwirkung beim Einschrauben sicherzustellen. Die Bohrspitze dient ausschließlich zum Bohren des Kernloches; sie hat nach dem Einschrauben keinerlei tragende Funktion. Bei der Hauptanwendung der Schraube im Bereich Fassade und Dach ist die Bohrspitze häufig dem Innenklima des Gebäudes ausgesetzt. Da das Bohrloch zudem mit einer metallischen Unterlegscheibe und einer zusätzlichen EPDM-Scheibe abgedichtet ist, spielt der abgeminderte Korrosionsschutz der Bohrspitze, abgesehen von einer gelegentlichen Anrostung, für das Befestigungssystem keine Rolle. Diese Bohrschrauben haben sich für Anwendungen auch aus korrosionstechnischer Sicht bewährt.

Schrauben und andere Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl sind in DIN EN ISO 3506 [17] genormt. Für Verbindungs- und Befestigungselemente und auch für Blechschrauben jeglicher Art sind (siehe z. B. die für Fassaden gültige Norm DIN 18516 [25]) nur Werkstoffe der Korrosionsbeständigkeitsklasse III mit austenitischem Gefüge zulässig. Die für Blechschrauben wegen ihrer hohen Härte geeigneteren martensitischen nichtrostenden Stähle (siehe Abschn. 12)

- sind einerseits wegen abgeminderter und unter kritischen Anwendungsbedingungen unzureichender Korrosionsbeständigkeit der martensitischen Gefüge im Vergleich zu den austenitischen Gefügen nicht erlaubt,
- andererseits sind auch die Härten der in DIN EN ISO 3506 [17] aufgeführten martensitischen Stähle (sog. Nickelmartensite) für eine Anwendung als Blechbohrschraube derzeit nicht ausreichend.

Auch durch Aufkohlen oder Nitrieren oberflächengehärtete austenitische nichtrostende Stähle (Abschn. 12.4) weisen als Folge eines derartigen Verfahrens Einbußen an Korrosionsbeständigkeit auf, denn Kohlenstoff und Stickstoff reagieren mit Chrom zu Karbiden bzw. Nitriden und entziehen dem Grundwerkstoff dadurch Chrom.

1.2.4 Dübel

Verwendete Sorten

Dübel aus korrosionsgeschütztem Stahl sind sicherheitsrelevante Bauteile zur Verankerung/Befestigung von Anbauteilen in festen Untergründen (Beton, Mauerwerk, Porenbeton). Häufig angewendete Dübelarten sind im Folgenden aufgeführt [26].

Kunststoffrahmendübel

Der am häufigsten verwendete Standard-Dübel ist ein Spreizdübel und besteht aus Polyamid. Er wird zusammen mit standardisierten, meistens Holzschrauben verwendet. Sein Innendurchmesser ist kleiner als der Durchmesser der Schraube. Dadurch spreizt sich der Dübel durch die eingedrehte Schraube radial. Um die Verformung zu erleichtern, ist der Dübel teilweise längs geschlitzt. Die Verankerung erfolgt durch Reibschluss zwischen Dübelhülse und Ankergrund. D. h., Zugkräfte werden durch Reibung aufgenommen.

Metallspreizdübel

Seine Funktion beruht vorwiegend auf Reibschluss. Beim Einschrauben werden über kraftverstärkende Konusflächen große Kräfte auf den hinteren Teil der Wandbohrung erzeugt.

Hinterschnittanker

Die Verankerung dieses Dübels erfolgt über Formschluss. Hierbei wird der Dübel durch Hintergreifen im Untergrund verankert. Dies geschieht durch Hohlräume im Untergrund oder durch automatischen Hinterschnitt. Diese Art des Befestigens nutzt die Tragfähigkeit des Untergrundes maximal aus. Es entstehen keine oder nur geringe Spreizkräfte. Hinterschnittanker werden häufig für die Schwermontage verwendet. Sie tragen höhere Lasten als Spreizdübel.

Verbunddübel

Der Verbundanker wird zusammen mit Zweikomponenten-Reaktionsharz ins Bohrloch eingebracht, in dem er nicht gespreizt wird, sondern sich mit dem Wandmaterial stoffschlüssig verbindet. Beim Stoffschluss verzahnt sich ein Zweikomponenten-Mörtel sowohl an der rauen Bohrlochwandung als auch an der Oberfläche des Verankerungselements. Der zur Befestigung dienende metallene Gewindestab (Ankerstab oder -stange) wird zumeist zusammen mit den Harzen montiert. Die Harzmischung füllt den Hohlraum zwischen Bohrloch und Ankerstange, dringt teilweise in die Poren des Mauerwerks oder Betons ein und härtet aus.

Bei den folgenden Betrachtungen zum Korrosionsverhalten von Dübeln wird als Untergrund Normalbeton im Außenbereich und als Verbindungselemente werden der kraftkontrolliert spreizende Metaldübel und der Kunststoffrahmendübel beispielhaft behandelt.

Herstellung und Wirkungsweise*Metallspreizdübel*

Bei der Montage werden kraftkontrolliert spreizende Metaldübel (Abb. 1.7) zunächst in ein Bohrloch gesetzt und im Anschluss mit einem definierten Drehmoment vorgespannt und dabei verankert. Beim Spannvorgang wird der Spreizkonus des Dübels in die Spreizhülse gezogen. Dies führt dazu, dass die Spreizhülse an die Wandung des Bohrloches gepresst wird. Zugkräfte können über Reibschluss in das Bauwerk abgetragen werden. Falls die Zugkräfte erhöht werden oder, wenn sich nach der

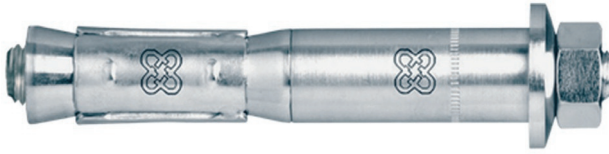


Abb. 1.7 Liebig-Sicherheitsdübel (Metallspreizdübel, Fa. EJOT) [27]; weitere Details siehe Abb. 2.14.

Montage des Dübels ein Betonriss durch das Bohrloch öffnet (z. B. hervorgerufen durch Belastungen oder Schwindvorgängen), dann wird der Spreizkonus infolge der Vorspannung bzw. aufgrund der auf den Dübel wirkenden Zugbelastung weiter in die Spreizhülse hineingezogen. Dadurch wird die Spreizhülse an die Wandung gepresst und der Dübel nimmt die Last erneut sicher auf.

Bei kraftkontrolliert spreizenden Dübeln ist bezüglich deren Funktion das Nachspreizverhalten und bei allen Dübeltypen ein Verlust an Tragfähigkeit durch korrosionsbedingten Substanzverlust von Interesse. Für das Nachspreizverhalten der kraftkontrolliert spreizenden Dübel ist eine geringe Reibung und ein Gleiten zwischen den Reibpartnern Spreizhülse und Konus notwendig. Dieses könnte theoretisch durch Korrosionsvorgänge (Rotrostbildung) ungünstig beeinflusst werden. Für die Funktionalität des Dübels muss die Reibung zwischen der Spreizsegment-Innenseite und dem Konus geringer sein als jene in der Kontaktfläche Spreizsegment-Ankergrund. Andernfalls könnte es dazu führen, dass der Dübel nicht ausreichend nachspreizt und dieser unter Zugbeanspruchung aus dem Bohrloch herausgezogen wird.

Spreizdübel werden aus einem niedriglegierten Stahl hergestellt und unterschiedlich korrosionsschutz (siehe unten). Der Stahl ist kaltumgeformt (Festigkeitsklasse 8.8). Das Spreizblech besteht, in Abweichung von anderen Ausführungen, auch aus einem nichtrostendem Stahlblech 1.4301. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass der metallische Überzug der Spreizhülse im Kontakt mit einer noch nassen Bohrlochwandung frühzeitig abgetragen wird. Des Weiteren finden Dübel aus nichtrostendem Stahl Verwendung (siehe unten).

Kunststoffrahmendübel

Kunststoffrahmendübel [28, 29] dienen der Mehrfachbefestigung von nichttragenden Systemen zur Verankerung in Beton und in Mauerwerk. Eine wichtige und nachfolgend genannte Anwendung ist die Befestigung einer Unterkonstruktion aus Holz in den vorgenannten Untergründen bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden. Herkömmliche Kunststoffrahmendübel bestehen aus einer Dübelhülse aus Polyamid mit Spreizteil und einer zugehörigen Flachkopfschraube mit Teilgewinde aus korrosionsschutztem niedriglegiertem Stahl und am Kopf angepresster Scheibe (Abb. 1.8). Der gezahnte Spreizteil der Dübelhülse ist geschlitzt. Das Schraubgewinde und der Schaft der Schraube liegen im Innern der Dübelhülse, der



Abb. 1.8 Beispiel eines Kunststoffrahmendübeln (Dübelhülse und Schraube), Fa. Würth [28].

Schraubenkopf befindet sich außerhalb des Untergrundes, z. B. im hinterlüfteten Spalt der vorgehängten hinterlüfteten Fassade.

Zunächst wird die Dübelhülse in ein vorgebohrtes Loch gesetzt und anschließend durch vollständiges Eindrehen der Schraube in die Hülse im Bereich des Schraubengewindes gespreizt. Die Schraube prägt und schneidet beim Eindrehen ein Gewinde in den Kunststoff. Dabei wird gleichzeitig die Hülse gegen die Bohrlochwand gepresst. Die Dübel tragen in Vollmaterial, wie Beton und Vollsteine, in Loch- und Hohlsteinen weniger als in Vollsteinen, durch Reibung zwischen der Hülse und der Bohrlochwand. Die Schraube wird bis zum Anliegen des Kopfes auf dem Kragen der Dübelhülse angezogen und dichtet dabei den inneren Luftbereich zwischen Schraube und Hülse gegenüber der äußeren Atmosphäre ab. Bei Befestigung von z. B. Holzbauteilen ist es möglich, den Dübel auch derart einzubauen (Abb. 1.9), dass der offene Bereich des Spreizdübeln (das Spreizelement) bis zu 20 mm tief im Holz mit unmittelbar angrenzender Wärmedämmung zu liegen kommt. Hieraus resultieren keine besonderen Korrosionsbelastungen für die Dübelhülse [30].

Die Dübelhülse aus unlegiertem Stahl werden nach einer Kaltmassivumformung und nach dem Aufwalzen des Gewindes einsatzgehärtet. Durch das Gewindewalzen weisen die Hülse, vergleichbar den Holzschrauben (Abb. 1.4) und Bohrschrauben zwischen den Gewindegängen auch Oberflächenfehler auf, die vom metallischen Überzug in unterschiedlicher Weise überdeckt werden. Des Weiteren finden Dübelhülse aus nichtrostendem Stahl Verwendung (siehe unten).

Dübel können im Bohrloch mit der Bohrlochatmosfera und Baustoffen wie Beton und Holz in Kontakt stehen, sind kopfseitig aber auch der Atmosphäre ausgesetzt. Insbesondere für eine Anwendung im Außenbereich müssen Dübel daher korrosionsschutz werden.

Derzeitiger Korrosionsschutz von Spreizdübeln

Derzeit werden in der Bautechnik Dübel aus galvanisch verzinktem und feuerverzinktem niedriglegiertem Stahl sowie aus nichtrostendem Stahl eingesetzt. In Bezug auf eine ausreichende Dauerhaftigkeit beträgt die Zinkauflage

- bei galvanisch verzinkten Dübeln in der Regel etwa 10 μm
- und bei feuerverzinkten Dübeln eine etwa 50 μm .

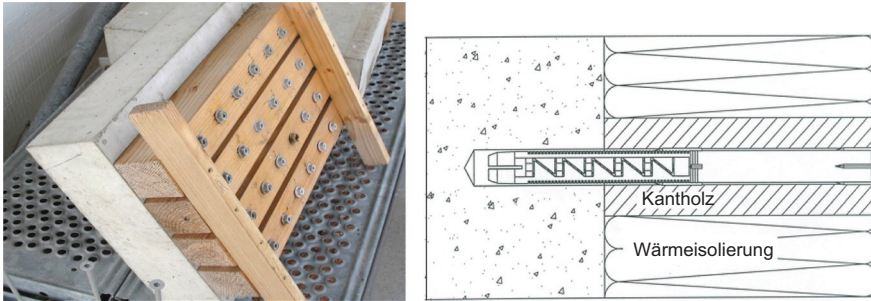


Abb. 1.9 Möglicher Einbau eines Kunststoffrahmendübelns (Dübelhülse und Schraube) [29].

Metallische Überzüge

Da das Trag- und Funktionsverhalten von Dübeln durch Korrosion beeinträchtigt werden kann, sind in bauaufsichtlichen Zulassungen die Korrosionsschutzbestimmungen für den Einsatz von Metalldübeln eindeutig festgelegt. Dübel aus galvanisch oder feuerverzinktem Stahl, mit Ausnahme der Kunststoffrahmendübel [29, 30], dürfen im Zuständigkeitsbereich deutscher Zulassungen nur zur Befestigung von Anbauteilen in geschlossenen Räumen, z. B. Wohnungen, Büroräumen etc., mit Ausnahme von Feuchträumen, verwendet werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass eine Verzinkung den Dübel bei Einbau in Feuchträumen und im Außenbereich nicht dauerhaft schützt und der Korrosionsschutz nicht für eine geplante Nutzungsdauer von 50 Jahren ausreicht.

Insbesondere die feuerverzinkte Ausführung von Dübeln bietet jedoch auch Potenzial für den Außenbereich. Ggf. kann auch eine kürzere Nutzungsdauer berücksichtigt werden. Um den Anwendern solcher Anker die Möglichkeit zu geben, die Korrosionsbeständigkeit von feuerverzinkten Dübeln mit einer Zinkdicke von etwa 50 μm unter den verschiedensten Anwendungsbedingungen im Außenbereich besser abschätzen zu können, wurde die Auswirkung der möglichen korrosiven Einflüsse auf das Schutzverhalten einer Feuerverzinkung am Beispiel kraftkontrolliert spreizender Dübel zusammenfassend dargestellt [3]:

Um durch eine etwa 50 μm dicke Feuerverzinkung den Korrosionsschutz des Dübels mindestens 50 Jahre aufrechtzuerhalten sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- Bauwerkserstellung in Land-, Stadt- und Industriatmosphäre, keine Meeresnähe,
- keine Bewitterung (Beregnung) der Betonwand, kein Setzen der Dübel in einen jungen, noch nassen Beton.

Insofern könnten aus korrosionschemischer Sicht feuerverzinkte Dübel beispielsweise bei hinterlüfteten Außenwandbekleidungen angewendet werden, wenn die Fassade nicht in unmittelbarer Meeresnähe erstellt wird.

Nichtrostender Stahl

In Feuchträumen und im Freien, aber auch in Industrielatmosphäre und in Meeresnähe (jedoch nicht im Einflussbereich von Meerwasser), finden Dübel aus nichtrostendem Stahl der Werkstoff-Nr. 1.4401 oder 1.4571 ihren Einsatzbereich. Noch höherwertigere nichtrostende Stähle (z. B. Werkstoff-Nr. 1.4529) werden eingesetzt, wenn besonders aggressive Bedingungen (z. B. Autotunnel) vorliegen.

Derzeitiger Korrosionsschutz von Kunststoffrahmendübeln

Metallische Überzüge

Die europäische technische Zulassung (z. B. [28]) fordert bezüglich des Korrosionsschutzes von Kunststoffrahmendübeln, wie auch bei anderen Verbindungsmitteln, eine Dauerhaftigkeit für etwa 50 Jahre. Unter Umgebungsbedingungen einer Korrosivitätskategorie C1 bis C3 (Abschn. 2.4), also höchstens in Stadtatmosphäre und mäßig belasteter Industrielatmosphäre und wenn Belastungen der Atmosphäre durch Chloride nur eine untergeordnete Rolle spielen (vergl. Abschn. 2), akzeptiert die Zulassung galvanisch verzinkte Schrauben mit einer Mindestzinkdicke von 5 µm, die auch zusätzlich blaupassiviert werden. Allerdings gilt: Erst wenn der Bereich des Schraubenkopfes gegen Feuchtigkeit und Schlagregen so geschützt ist, dass auch ein Eindringen von Feuchtigkeit in den Dübelschaft nicht möglich ist, darf der Dübel im Freien verwendet werden. Am Übergang Schraube/Dübelschaft muss deshalb das Eindringen von Wasser in das Innere des Dübels durch Aufbringen einer abdichtenden dickschichtigen Kopfbeschichtung (z. B. eine weichplastische dauerelastische Bitumen-Öl-Kombinationsbeschichtung) verhindert und gleichzeitig der Schraubenkopf zusätzlich geschützt werden. Die Regelung, wonach zum Zwecke des Korrosionsschutzes in normaler Stadtatmosphäre die Aufbringung einer galvanischen Verzinkung als ausreichend erachtet wird, basiert auf korrosionstechnische Untersuchungen an bestehenden Fassadenkonstruktionen [30], Naturversuchen [31] sowie der Kenntnis des Feuchte- und Wärmehaushaltes von nicht bewitterten Untergründen im Bereich von hinterlüfteten Fassaden [29].

Nichtrostender Stahl

Da bei stärkerer Korrosionsbeanspruchung (Korrosivitätskategorie C4, z. B. in Meeresatmosphäre) ein anspruchsvollerer Korrosionsschutz als eine galvanische Verzinkung erforderlich ist, werden für solche Anwendungen die Dübelschrauben bisher aus nichtrostendem Stahl der Korrosionsbeständigkeitsklasse III hergestellt (Abschn. 13.5).

1.2.5 Anbauteile

Im Hochbau und hier vor allem im Metallbau, der auch die Verarbeitung von Metallen im Verbund mit anderen Werkstoffen des Bauwesens umfasst, dienen Verbindungsmittel auch und vor allem dem Verbinden und Befestigen anderweitiger

metallischer Strukturen, die hier als Anbauteile bezeichnet werden. Beispielhaft sei auf Abb. 1.10 verwiesen: Hier werden durch Verbindungsmittel (z. B. Schrauben bzw. Dübel) Anbauteile wie eine Bekleidung über der Unterkonstruktion (dies können Tragprofile und Wandkonsolen sein) am Beton der tragenden Außenwand befestigt.

Die Anbauteile der Unterkonstruktion werden häufig aus einer tragfähigen Aluminiumlegierung, feuerverzinktem Stahl oder nichtrostendem Stahl hergestellt. Auch Nichtmetalle wie Holz oder faserverstärkte Kunststoffe kommen für die Unterkonstruktion (Anbauteile) zur Anwendung.

Die Befestigung von tragenden Stahl- und auch Holzkonstruktionen an Stahlbetontragwerken erfolgt häufig mit Hilfe von Ankerschienen mit Kopfbolzen (Abb. 1.11), die in das Stahlbetontragwerk einbetoniert wurden. Die nachträgliche Befestigung im Beton- und Mauerwerksbau erfolgt mit Metalldübeln, die optimiert auf die jeweilige Befestigungsaufgabe als Hinterschnittdübel, Metallpreisdübel oder Verbunddübel erhältlich sind. Ihre Verwendung ist in den produktspezifischen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt geregelt. Dübel können im Bohrloch mit der Bohrlochatmosfera und dem Beton in Kontakt stehen, sind kopfseitig aber auch der Atmosphäre ausgesetzt. Insbesondere für eine Anwendung im Außenbereich müssen Dübel korrosionsgeschützt werden.

Ein typischer Anwendungsbereich für Verbindungsmittel im Metallbau und Betonbau ist die hinterlüftete Außenwandbekleidung (Abb. 1.11), für welche der Begriff vorgehängte, hinterlüftete Fassade (VHF) gleichbedeutend ist. Hinterlüftete Fassaden bestehen häufig (siehe auch Abschn. 2.4.2) aus

- einer Bekleidung mit Elementen aus z. B. Naturstein, Beton, faserverstärkten Baustoffen, Metall (z. B. Aluminium, wetterfester Stahl, Titanzink, Kupfer), Glas, Keramik oder Kunststoff, jeweils mit offenen oder geschlossenen Fugen,

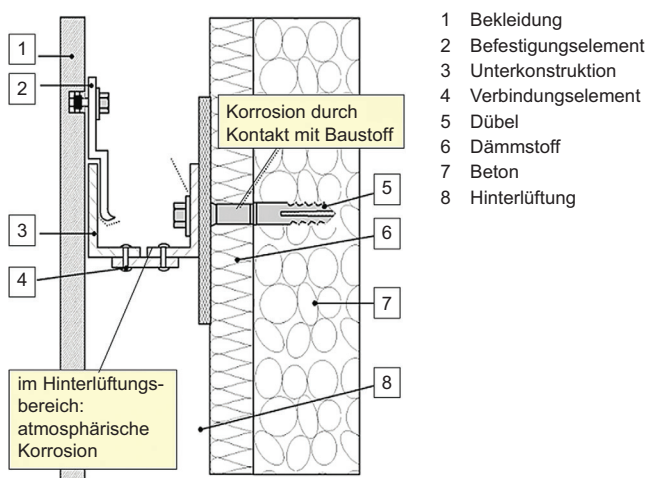


Abb. 1.10 Hinterlüftete Fassade, Prinzipskizze.



Abb. 1.11 Ankerschiene mit aufgesetztem Kopfbolzen (Quelle: Firma Halfen).

- Verbindungselementen, welche die Bekleidung an der Unterkonstruktion mechanisch befestigen (Bekleidung und Unterkonstruktion verbinden),
- einer Unterkonstruktion aus z. B. metallischen Tragprofilen,
- den metallischen Verbindungen, welche jeweils Teile der Unterkonstruktion untereinander verbinden,
- den Dübeln, welche die Unterkonstruktion in der Wand verankern (verbinden),
- einer auf der Außenwand aufliegenden Wärmedämmung und Dämmstoffhaltern.

Die Verbindungsmittel befinden sich bei dieser Anwendung im nicht berechneten Hinterlüftungsbereich und im Kontakt mit Beton. Unterkonstruktionen können allerdings auch Holzbauteile beinhalten, so dass (bei anderen Fassadentypen) auch Holzverbindungsmittel zu Anwendung kommen können.

Literatur

1. GfKorr (Hrsg.) (2007). Befestigungsmittel im Hochbau – Korrosionsprobleme und Abhilfemaßnahmen. *3-Länder-Korrosionstagung 2007 (mit ASMET, EMPA, SGO, TU Wien)*, Stuttgart (18. und 19.07.2007).
2. Kindmann, R. und Stracke, M. (2009). *Verbindungen im Stahl- und Verbundbau*. Reihe Bauingenieur-Praxis, Berlin: Ernst & Sohn.
3. Nürnberger, U. (2012). Korrosionsverhalten von verzinkten Dübeln bei Anwendung im Außenbereich. In: Fuchs, F., Hofmann, J. [Hrsg.] *Befestigungstechnik*. S. 223–246. Hannover: ibidem-Verlag.
4. Nürnberger, U. Eigene Ergebnisse von Untersuchungen bzw. Langzeitauslagerungen. [unveröffentlicht].
5. DIN EN 13858:2007-02 *Korrosionsschutz von Metallen – Nichtelektrolytisch aufgebraachte schuppenförmige Zinküberzüge auf Werkstücken aus Eisen und Stahl*. Berlin: Beuth.
6. DIN EN ISO 10683:2018-11 *Verbindungselemente – Nichtelektrolytisch aufgebraachte Zinklamellenüberzugssysteme*. Berlin: Beuth.
7. DIN EN 14592:2019-11 *Holzbaugeräte – Stiftförmige Verbindungsmittel – Anforderungen*.
8. Blaß, H.J. und Bejtka, I. (2004). Selbstbohrende Holzschrauben und ihre Anwendungsmöglichkeiten. In: Ehlbeck, J. [Hrsg.] *Holzbau-Kalender 2004*. Karlsruhe: Bruder-Verlag.

9. DIN 7998:1975-02 *Gewinde und Schraubenenden für Holzschrauben*. Berlin: Beuth.
10. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-9.1-514: Würth ASSY Holzschrauben, selbstbohrende Holzschrauben als Holzverbindungsmittel, 28.03.2012.
11. DIN EN 1995-1-1/A2:2014-07 (2014). *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1, Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*. Berlin: Beuth.
12. Köse, C. (2019). *Alternative Korrosionsschutzsysteme für Verbindungsmittel in der Befestigungstechnik bei Anwendung im Außenbereich*. Dissertation, Universität Stuttgart.
13. Nürnberger, U. (2009). Korrosionsverhalten der Baumaterialien in der Atmosphäre und bei Kontakt mit Holz. *Ingenieurholzbau, Karlsruher Tage* (8.–9. Oktober 2009). Universität Karlsruhe, Tagungsband, S. 47–64.
14. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6: Erzeugnisse, Bauteile und Verbindungsmittel aus nichtrostenden Stählen, 05.03.2018.
15. DIN EN ISO 898-1:2013-05 (2013). *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl, Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen – Regelgewinde und Feingewinde*. Berlin: Beuth.
16. DIN EN 14399-1:2015-04 (2015). *Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau, Teil 1: Allgemeine Anforderungen*. Berlin: Beuth.
17. DIN EN ISO 3506-1:2020-08 (2018). *Mechanische Verbindungselemente – Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus korrosionsbeständigen nichtrostenden Stählen, Teil 1: Schrauben mit festgelegten Stahlsorten und Festigkeitsklassen – Regelgewinde und Feingewinde*. Berlin: Beuth.
18. DIN EN ISO 10684:2011-09 (2011). *Verbindungselemente – Feuerverzinkung*. Berlin: Beuth.
19. DIN EN ISO 4042:2018-11 (2018). *Verbindungselemente – Galvanisch aufgebraachte Überzugssysteme*. Berlin: Beuth.
20. DIN 7504:1995-09 (1995). *Bohrschrauben mit Blechschrauben – Gewinde, Maße, Anforderungen, Prüfung*. Berlin: Beuth.
21. Nürnberger, U. (2004). Hochfeste Bauteile und Verbindungsmittel im Ingenieurbau. In: Nichtrostende Stähle können rosten? *GfKORR-Seminar DECHEMA-Haus Frankfurt*, (27.09.2004), Seminarunterlagen, S. 36–60.
22. Nürnberger, U. (1995). *Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen*. Wiesbaden: Bauverlag.
23. Nürnberger, U. (2000). Hochfeste nichtrostende Stähle – Alternativwerkstoffe für Zugglieder im Ingenieurbau und Blechschrauben für den Dach- und Wandbereich. *Jahrestagung 2000 der GfKORR, Tagungsband*, S. 91–118.
24. Nürnberger, U. und Köse, C. (2018). Korrosionsbeanspruchung von Befestigungsmitteln bei hinterlüfteten Fassaden. *3-Länder-Korrosionstagung Korrosionssicheres Bauen*, EMPA, Dübendorf, Schweiz (12./13.04.2018). Gesellschaft für Korrosionsschutz GfKORR, Tagungsunterlagen, S. 34–47.
25. DIN 18516-3:2018-03 (2018). *Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 3: Naturwerkstein – Anforderungen, Bemessung*. Berlin: Beuth.
26. Eligehausen, R. und Mallee, R. (2000). *Befestigungstechnik im Beton- und Mauerwerksbau*. Berlin: Ernst & Sohn.
27. Europäische Technische Zulassung ETA-06/0108 Verzinkter Liebig Sicherheitsdübel (Spreizdübel), 2008.

28. Europäische Technische Zulassung ETA-08/0190 Würth Kunststoffrahmendübel W-UR, 12, 2021.
29. Nürnberger, U. und Küenzlen, J. (2012). Einsatz von Kunststoffrahmendübeln bei hinterlüfteten Außenwandbekleidungen. *Zeitschrift ql²/8 Fa. Würth* 5 (2012) H. 8, S. 5–13.
30. Rieche, G., Weißmann, U. und Wehrle, S. (1998). Galvanisch verzinkte Stahlschrauben in Kunststoffdübeln zur Verankerung der Unterkonstruktion für Fassadenbekleidungen in Porenbeton. *Materials and Corrosion* 49 (1998), S. 585–590.
31. Küenzlen, J., Nürnberger, U. und Wieland, A. (2009). *Auslagerungsversuche an in Betonbauteilen eingesetzten Kunststoffrahmendübeln unter atmosphärischen Korrosionsbedingungen (Städtisches Klima, Meeresklima)*. Stuttgart: Fa. Würth und Universität.