Der Baustoff Stahl im Ingenieurholzbau

Der Werkstoff Stahl stellt für den modernen Holzbau einen wichtigen Partner dar. Ein wesentlicher Einsatzbereich ist die Verbindungstechnik, die heute hauptsächlich mit Stahlteilen wie Schrauben, Stabdübel, Bolzen, Verbindungsblechen und speziell gefertigten Stahlknoten (Formteilen) ausgeführt wird. Stahl wird auch vielfach für Tragwerkselemente wie Verbände (Aussteifungen) und Unterspannungen sowie für Bauteile wie Auflager und Verankerungen, Fassaden- und Dachelemente, Entwässerungseinrichtungen, Beschläge, Verblechungen etc. eingesetzt.

Allgemeine Eigenschaften

Gemäß ON EN 10020 (2000) ist Stahl eine Legierung aus Eisen und weniger als 2 % Kohlenstoff (darüber spricht man von Gusseisen). Der Kohlenstoffgehalt von im Holzbau eingesetzten Baustählen liegt jedoch meist unter 0,2 %. Durch Zugabe weiterer Legierungselemente wie Silicium, Mangan, Chrom, Nickel, etc. können die chemischen, physikalischen und mechanischen Eigenschaften von Stahl auf die gewünschte Weise verändert werden; vergl. Petersen (2013). Beispielsweise sind nichtrostende Stähle gemäß ON EN 10020 (2000) Stähle mit einem Massenanteil Chrom von mindestens 10,5 % und höchstens 1,2 % Kohlenstoff.

Im Holzbau werden häufig unlegierte (bzw. niedriglegierte) Baustähle gemäß ON EN 10020 (2000) bzw. ON EN 10025-2 (2005) eingesetzt. Die Rohdichte von Baustahl beträgt rund 7.850 kg/m3 und der Elastizitätsmodul (Steifigkeit) liegt bei rund 210.000 N/mm^2. Die Zugfestigkeit für übliche Baustähle beträgt meist zwischen 300 und 600 N/mm^2. Insbesondere für primär axial beanspruchte Schrauben werden jedoch auch hochfeste Stahllegierungen mit Zugfestigkeiten von 1.000 N/mm^2 und mehr eingesetzt; vergleiche Ringhofer (2017).

Korrosion und Korrosionsschutz von Stahl – Oberflächenqualitäten

Wird Stahl ungeschützt seiner Umgebung ausgesetzt, treten Korrosionserscheinungen auf (Bildung von Korrosionsprodukten, Materialabtrag, Korrosionsrisse); vergl. Nürnberger (1995a). Nicht nur im Freien, sondern auch in geschlossenen Räumen, können bestimmte Beanspruchungen zur Korrosion von Stahl führen (z. B. durch Industrie- und Autoabgase), welche wiederum auf unterschiedliche Art und Weise auftreten kann.

Korrosion

Gemäß ON EN ISO 8044 (2015) ist Korrosion eine physikochemische Wechselwirkung (oft elektrochemischer Natur) zwischen einem Metall und seiner Umgebung. Diese führt zu einer Veränderung der Eigenschaften des Metalls, wodurch mit erheblichen Beeinträchtigungen der Funktion des Metalls gerechnet werden muss. Das sichtbare Produkt der Korrosion, welches hauptsächlich aus hydratisierten Eisenoxiden besteht, wird als Rost bezeichnet.

Nürnberger (1995a) beschreibt neben unterschiedlichen Korrosionsmechanismen (chemische

Korrosion, physikalische Korrosionsvorgänge und elektrochemische Korrosion), auf welche hier nicht näher eingegangen wird, auch verschiedene Erscheinungsformen der Korrosion (gleichmäßige Flächenkorrosion sowie unterschiedliche Lokalkorrosionsarten).

Einige für im Holzbau eingesetzte Stahlteile relevante Lokalkorrosionsarten sind:

- Kontaktkorrosion
- Loch-, Mulden und Spaltkorrosion
- Spannungsrisskorrosion
- Wasserstoffversprödung

Im Folgenden findet sich eine kurze Beschreibung der erwähnten Korrosionsformen, welche auf Basis der in Nürnberger (1995a), Kunze (2001), Tostmann (2001), Böllinghaus et al. (2011) und Ringhofer (2017) vorzufindenden Informationen zusammengestellt wurden:

- **gleichmäßige Flächenkorrosion**
  Die gleichmäßige Flächenkorrosion ist durch einen gleichmäßigen Metallabtrag, welcher nahezu parallel zur Oberfläche auftritt, gekennzeichnet. Gleichmäßige Flächenkorrosion im strengen Sinn ist jedoch vergleichsweise selten. Häufig tritt ein muldenförmiger Flächenabtrag, also eine Überlagerung von gleichmäßiger Flächenkorrosion und Muldenkorrosion, auf. Bei Stahl ist in Abhängigkeit des Umgebungsklimas mit einer Korrosionsrate (= Korrosionsgeschwindigkeit) von 0,01 bis 0,1 mm/a zu rechnen; vergl. Nürnberger (1995a) und Böllinghaus et al. (2011).
- **Kontaktkorrosion (galvanische Korrosion)**
  Kontaktkorrosion tritt auf, wenn zwischen zwei unterschiedlich edlen Metallen ein direkter Kontakt besteht oder diese durch ein leitendes Medium (z. B. durch Kondenswasser) miteinander verbunden sind. Der unedlere Werkstoff (Anode) wird dabei verstärkt korrodiert; gleichzeitig vermindert sich jedoch die Korrosion des edleren Werkstoffs (Kathode). Kontaktkorrosion tritt beispielsweise zwischen Kupfer (edler Partner) und Aluminium (unedler Partner) auf, weswegen bei einem Blechdach aus Kupfer keine Dachrinne aus Aluminium eingesetzt werden darf.
  Bei der Kontaktkorrosion gibt es auch einen Einfluss des Flächenverhältnisses. So ist die Befestigung eines Profils aus feuerverzinktem Stahl oder einer Aluminiumlegierung (unedler Partner) mit Schrauben aus nichtrostendem Stahl zwar nicht ideal, aber möglich. Von einer Befestigung eines Bleches oder Profils aus nichtrostendem Stahl mit z. B. feuerverzinkten Schrauben ist jedoch abzuraten. Ein bewusster Einsatz der Kontaktkorrosion findet sich in der Verzinkung wieder. Hierbei ist das Zink der unedlere Partner, der aufgrund seiner eigenen Korrosion den „edlen“ Werkstoff Stahl schützt; vergl. Nürnberger (1995a), Tostmann (2001) sowie Böllinghaus et al. (2011).
- **Lochkorrosion/Muldenkorrosion/Spaltkorrosion**
  Die Lochkorrosion, als stark lokalisierter Angriff, ist auf ein lokales Versagen der sonst gut schützenden Passivschicht zurückzuführen und wird vor allem durch die Anwesenheit von Chlorid (z. B. aus Meerwasser oder Streusalzen) ausgelöst. Es bilden sich mit vergleichsweise hoher Geschwindigkeit kraterförmige, nadelstichartige oder auch Oberflächen unterhöhlende Vertiefungen. Bei Muldenkorrosion ist der Durchmesser der Mulde größer als ihre Tiefe; außerhalb der Mulde kann ein begrenzter Flächenabtrag stattfinden. Der Korrosionsabtrag bei der Spaltkorrosion findet in nicht einsehbaren Stellen der Konstruktion statt; vergl. Nürnberger (1995a) sowie Kunze (2001).
- **(Anodische) Spannungsrisskorrosion**
  Rissbildungen in Metallen, welche auf ein Zusammenspiel von positiven Normalspannungen, Material und Umgebungsklima zurückzuführen sind, werden als Spannungsrisskorrosion

bezeichnet. Diese kann ohne von außen klar erkennbare Veränderung zum plötzlichen Versagen eines Bauteils führen.
Um eine Spannungsrisskorrosion zu verhindern, ist eine der drei Einflussgrößen auszuschalten. Als Hauptmaßnahme gegen das Auftreten einer herkömmlichen Spannungsrisskorrosion gilt die Auswahl eines an die herrschenden Umgebungsbedingungen angepassten Materials. Geeignete Überzüge bzw. die Vermeidung lokaler Spannungskonzentrationen und konstruktiver Kerben können das Risiko einer Spannungsrisskorrosion ebenfalls verringern; vergl. Nürnberger (1995a), Tostmann (2001) und Böllinghaus et al. (2011)

- **wasserstoffunterstützte (kathodische) Spannungsrisskorrosion (Wasserstoffversprödung)**
  Die wasserstoffunterstützte Spannungsrisskorrosion ist eine Sonderform der Spannungsrisskorrosion und setzt die Bildung bzw. das Vorhandensein von Wasserstoff voraus. Diese Form der Korrosion tritt häufig – aber nicht ausschließlich – bei hochfesten Stählen (Zugfestigkeit f_u > 1000 N/mm^2) auf. Das Risiko einer Wasserstoffversprödung kann demnach durch den Einsatz von Stählen mit einer geringeren Zugfestigkeit bzw. einer Abstimmung des eingesetzten Materials mit den vorherrschenden Umgebungsbedingungen verringert werden. Im Holzbau ist diese Form der Korrosion vor allem beim Einsatz von hochleistungsfähigen Vollgewindeschrauben zu berücksichtigen; vergl. Böllinghaus et al. (2011) und Ringhofer (2017).

Einteilung der Umgebungsbedingungen – Korrosivitätskategorien

Zur Beurteilung der Korrosionsgefahr ist es erforderlich, die atmosphärischen Umgebungsbedingungen zu kennen. Dabei sind die chemische Zusammensetzung, die Konzentration und der pH-Wert sowie die Temperatur und die Feuchtigkeit (im Hinblick auf Kondensationsbedingungen) zu erfassen. Des Weiteren sind auch mechanische Einflüsse (z. B. Spannungen im Bauteil) sowie die zeitliche Komponente (Einwirkungsdauer des Mediums oder Belastung) nicht zu vernachlässigen.

Nach ON EN ISO 9223 (2012) werden atmosphärische Umgebungsbedingungen in Korrosivitätskategorien eingeteilt. Zugehörige Massenverluste bzw. Dickenabnahmen für Standardproben aus niedriglegiertem Stahl und/ oder Zink (nach dem ersten Jahr der Auslagerung) sowie Beispiele für typische Umgebungen, wo die einzelnen atmosphärischen Bedingungen auftreten können, finden sich in ON EN ISO 12944-2 (2018); vergl. Tab. 1.

Tab. 1: Korrosivitätskategorien für atmosphärische Umgebungsbedingungen und Beispiele für typische Umgebungen gemäß ON EN ISO 12944-2 (2018)

Korrosivitätskategorie	**flächenbezogener Massenverlust / Dickenabnahme (nach dem 1. Jahr der Auslagerung)**				**Beispiele für typische Umgebungen (informativ)**	
	unlegierter Stahl		**Zink**		**Freiluft**	**Innenraum**
	Massenverlust	**Dickenabnahme**	**Massenverlust**	**Dickenabnahme**		
	[g/m^2]	**[g/m^2]**	**[g/m^2]**	**[g/m^2]**		
C1 unbedeutend	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	–	beheizte Gebäude mit neutraler Atmosphäre, z. B. Büros, Verkaufsräume, Schulen, Hotels
C2 gering	> 10 bis 200	> 1,3 bis 25	> 0,7 bis 5	> 0,1 bis 0,7	Atmosphäre mit geringem Verunreinigungsgrad: meistens ländliche Gebiete	unbeheizte Gebäude, in denen Kondensation auftreten kann, z. B. Lagerhallen, Sporthallen
C3 mäßig	> 200 bis 400	> 25 bis 50	>5 bis 15	> 0,7 bis 2,1	Stadt- und Industrieatmosphäre mit mäßiger Schwefeldioxidbelastung; Küstenatmosphäre mit geringer Salzbelastung	Produktionsräume mit hoher Luftfeuchte und gewisser Luftverunreinigung, z. B. Lebensmittelverarbeitungsanlagen, Wäschereien, Brauereien, Molkereien

Korrosivitätskategorie	flächenbezogener Massenverlust / Dickenabnahme (nach dem 1. Jahr der Auslagerung)				Beispiele für typische Umgebungen (informativ)	
	unlegierter Stahl		Zink		Freiluft	Innenraum
	Massenverlust [g/m²]	Dickenabnahme [g/m²]	Massenverlust [g/m²]	Dickenabnahme [g/m²]		
C4 stark	> 400 bis 650	> 50 bis 80	> 15 bis 30	> 2,1 bis 4,2	Industrieatmosphäre und Küstenatmosphäre mit mäßiger Salzbelastung	Chemieanlagen, Schwimmbäder, küstennahe Werften und Bootshäfen
C5 sehr stark	> 650 bis 1.500	> 80 bis 200	> 30 bis 60	> 4,2 bis 8,4	Industriebereiche mit hoher Luftfeuchte und aggressiver Atmosphäre und Küstenatmosphäre mit hoher Salzbelastung	Gebäude oder Bereiche mit nahezu ständiger Kondensation und mit starker Verunreinigung
CX extrem	> 1.500 bis 5.500	> 200 bis 700	> 60 bis 180	> 8,4 bis 25	Offshore-Bereiche mit hoher Salzbelastung und Industriebereiche mit extremer Luftfeuchte und aggressiver Atmosphäre sowie subtropische und tropische Atmosphäre	Industriebereiche mit extremer Luftfeuchte und aggressiver Atmosphäre
Anmerkung: Die Verlustwerte für die Korrosivitätskategorien sind identisch mit den Werten in ON EN ISO 9223 (2012).						

From:
https://wiki.ihbv.at/ - **IHBV Wiki**

Permanent link:
https://wiki.ihbv.at/doku.php?id=ihbv:maintenance_2018:infos_timber:baustoff_stahl_ingenieurholzbau&rev=1542196822

Last update: **2019/02/21 10:22**
Printed on 2026/11/10 01:42