

GRAVIS

amazing strength

GRAVIS Wissenswelt

Heft 1: Nichtrostender Stahl
im Bauwesen

Dr. Stefan Lips



Inhalt

Eigenschaften und Klassifikation.....	4
<i>Metallurgische Strukturen</i>	4
<i>Chemische Zusammensetzung</i>	4
Korrosionsarten	5
<i>Allgemeine Korrosion</i>	5
<i>Lochfrasskorrosion</i>	5
<i>Spaltkorrosion</i>	5
<i>Spannungsrisskorrosion</i>	5
<i>Bimetallkorrosion (Kontaktkorrosion)</i>	5
Wirksamkeit (PREN)	6
Werkstoffnummern	6
Korrosionswiderstandsklassen / Korrosionsbeständigkeitsklassen.....	6
Mechanische Eigenschaften	7
Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit.....	7
Literatur.....	10
<i>Normen</i>	10
<i>Literatur zur Geschichte von nichtrostendem Stahl</i>	10
<i>Literatur zu Eigenschaften und Klassifikation von nichtrostendem Stahl</i>	10

Geschichte

Die Geschichte des nichtrostenden Stahls ist faszinierend und reicht zurück bis ins 19. Jahrhundert. Generell kann die Entdeckung des nichtrostenden Stahls nicht einer einzigen Person oder einem Forscherteam zugeschrieben werden. Wie so oft waren verschiedene Personen daran beteiligt und es wurden auch Entdeckungen unabhängig voneinander gemacht. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass die Entdeckung des nichtrostenden Verhaltens nur ein Teil des Prozesses ist. Faktoren bei der Entwicklung des nichtrostenden Stahls sind auch die Herstellung und die mechanischen Eigenschaften, die eine Anwendung dieses Werkstoffs erst ermöglichten. Aus diesem Grund werden hier Personen hervorgehoben, die einen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung des nichtrostenden Stahls geleistet haben, wohl wissend, dass diese Aufzählung nicht vollständig ist. Die verschiedenen Quellen zu diesem Text sind im Literaturverzeichnis ersichtlich.

1821 erkannte der französische Mineraloge und Geologe Pierre Berthier, dass die Zugabe von Chrom die untersuchte Legierung rostbeständiger macht. Das Versuchsmaterial war jedoch für eine praktische Anwendung zu spröde. 1872 patentierten John T. Woods und John Clark eine Eisen-Chrom Legierung mit einem Chromgehalt von 35%. Ein wichtiger Schritt zur Herstellung nichtrostender Stähle war die Entdeckung des Franzosen Brustlein im Jahre 1875, dass bei einer Legierung mit hohem Chromgehalt der Kohlenstoffgehalt unter 0.15 % liegen muss. Dies war jedoch zu dieser Zeit technisch nicht realisierbar. Dies änderte sich erst, als der Deutsche Hans Goldschmidt ein aluminothermisches Verfahren zur Herstellung reiner Metalle entwickelte.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts beschäftigten sich verschiedene Wissenschaftler mit der Thematik der nichtrostenden Stähle, wie der Franzose Léon Guillet, der Engländer Giesen oder der Franzose Alber Protivien. 1911 beschrieb der Deutsche Monnartz erstmals die Passivität von Eisen-Chrom-Legierungen.

Fast gleichzeitig wurden in 1912 Legierungen entwickelt, die sich auch verarbeiten und herstellen liessen. Dies führte schliesslich zu den ersten kommerziellen Anwendungen nichtrostender Stähle. Daher wird das Jahr 1912 auch als Geburtsjahr des heutigen nichtrostenden Stahls angesehen. Allerdings wird in der englischsprachigen Literatur gerne Harry Brearley aus Sheffield als «Erfinder» genannt, während in der deutschen Literatur eher die Deutschen Benno Strauss und Eduard Mauer, die den nichtrostenden Stahl bei der Firma Krupp zur Anwendung brachten, anerkannt werden.

Harry Brearley arbeitete in den Brown Firth Laboratories, als er 1913 einen Stahl mit 12.8 % Chrom und 0.24 % Kohlenstoff entwickelte. Er war jedoch nicht auf der Suche nach einem nichtrostenden Stahl, sondern nach einem Stahl für Gewehrläufe, der weniger schnell erodierte. Als er herausfand, dass diese Legierung gut gegen chemische Angriffe beständig war, erkannte er schnell das Potenzial dieses Stahls. Die erste Anwendung dieser Neuentwicklung waren Messerklingen und war damit die erste kommerzielle Nutzung von nichtrostendem Stahl.

Benno Strauss in leitender Funktion und Eduard Mauer einer seiner Mitarbeiter bei der Firma Krupp arbeiteten ebenfalls an Legierungen für nichtrostende Stähle. Im Jahre 1912 meldete die Firma Krupp zwei Patente zur Herstellung von Gegenständen aus nichtrostendem Stahl an. Insbesondere zwei Versuchsmischungen, die Versuchsmischung 2A (V2A) und die Versuchsmischung 4A (V4A), von austenitischen Chrom-Nickel-Legierung sollten Eingang in die Praxis finden.

Während des Ersten Weltkriegs und später während des Zweiten Weltkriegs stieg die Nachfrage nach nichtrostendem Stahl rapide an. Die Forschung auf diesem Gebiet wurde intensiviert und neue Legierungen wurden entwickelt, um den spezifischen Anforderungen der verschiedenen Industriezweige gerecht zu werden. Eine dieser Entwicklungen waren die austenitisch-ferritischen (Duplex-) Stähle. Diese Entwicklung begann 1927 mit Bain und Griffiths in den USA. Sie beschrieben austenitisch-ferritische Legierungen mit 23 % bis 30 % Chrom und 1.2 % bis 9.7 % Nickel. Ihre Veröffentlichung enthielt jedoch keine Angaben zu den Werkstoffeigenschaften. 1930 entwickelte Avesta Ironworks in Schweden zwei austenitisch-ferritische Stähle. Ziel war es, die Anfälligkeit für interkristalline Korrosion zu verringern. Dies gelang mit den entwickelten Chrom-Nickel-Legierungen. Darüber hinaus wiesen diese Stähle im Vergleich zu den austenitischen Stählen eine höhere Streckgrenze und Zugfestigkeit auf.



Bild 1: Spitze des Chrysler Buildings in New York City

Eine der ersten und spektakulärsten Anwendungen von nichtrostendem Stahl im Bauwesen ist die Fassadenkonstruktion des 1930 eröffneten Chrysler Buildings in New York City (Bild 1). Die Spitze des Gebäudes im Art-Déco-Stil wurde mit NIROSTA-Material der Firma Krupp verkleidet, das damals von amerikanischen Lizenzinhabern geliefert wurde. Ein weiteres spektakuläres Bauwerk mit einer Verkleidung aus nichtrostendem Stahl ist der 1965 eröffnete Gateway Arch in St. Louis, Missouri. Der 192 m hohe Bogen am Mississippi ist vollständig mit nichtrostendem Stahl verkleidet (Siehe Titelbild).

In den folgenden Jahrzehnten wurden immer bessere nichtrostende Stähle entwickelt, die in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt werden. Heute findet man nichtrostende Stähle in der Lebensmittelindustrie, in der chemischen Verarbeitung, im Bauwesen, in der Medizintechnik und in vielen anderen Bereichen. Der technologische Fortschritt ermöglichte auch die Entwicklung hitzebeständiger und extrem korrosionsbeständiger nichtrostender Stähle, die in extremen Umgebungen wie der Raumfahrt eingesetzt werden können.

Obwohl nichtrostender Stahl sehr langlebig und vielseitig einsetzbar ist, wird ständig an seiner weiteren Verbesserung gearbeitet. Die Forschung konzentriert sich auf die Entwicklung umweltfreundlicherer Herstellungsverfahren, kostengünstigerer Legierungen und die Verringerung des Einsatzes seltener Rohstoffe. Die Zukunft des nichtrostenden Stahls wird wahrscheinlich von Innovationen in der Materialwissenschaft und nachhaltigen Produktionstechnologien geprägt sein.

Eigenschaften und Klassifikation

Metallurgische Strukturen

Nichtrostende Stähle können je nach ihrer genauen Zusammensetzung und den angewandten Herstellungsverfahren unterschiedliche metallurgische Gefüge aufweisen. Nach der metallurgischen Struktur unterscheidet man die Hauptgruppen ferritische, martensitische, austenitisch-ferritische (Duplex) und austenitische Stähle. Für tragende Bauteile im Bauwesen werden hauptsächlich austenitische Stähle und austenitisch-ferritische Stähle verwendet. Diese Stähle zeichnen sich durch gute Bearbeitbarkeit und gute mechanische Eigenschaften aus.

Chemische Zusammensetzung

Nichtrostender Stahl ist eine Legierung, die speziell entwickelt wurde, um Korrosion zu widerstehen. Die Hauptbestandteile von nichtrostendem Stahl sind Eisen, Chrom, Nickel und Molybdän. Nichtrostender Stahl enthält mindestens 11 % Chrom. Diese relativ hohe Anzahl an Chromatomen reagiert mit Sauerstoff, z.B. aus der Umgebungsluft, zu einer dünnen Schutzschicht aus Chromoxid auf der Stahloberfläche. Selbst nach einer Verletzung dieser Schutzschicht, z.B. durch mechanische Bearbeitung, bildet sich die Schutzschicht bei Kontakt mit Luft oder einem anderen oxidierenden Medium wieder aus. Da diese Schutzschicht im chemischen Sinne zu einem passiven Zustand des Werkstoffes führt, wird sie auch als Passivschicht bezeichnet. Diese Passivschicht verhindert das Fortschreiten der Oxidation und damit das Rosten des Stahls. Die Ausprägung und Dauerhaftigkeit der Passivschicht hängt in erster Linie von der Legierungszusammensetzung des Stahls ab.

Nichtrostende Stähle enthalten neben Chrom meist Molybdän, das die Beständigkeit gegen korrosive Einflüsse, z.B. in salzhaltiger Umgebung, verbessert. Neben der Beständigkeit gegen allgemeine Oberflächenkorrosion verbessert Molybdän insbesondere die Beständigkeit gegen Lochfrass- und Spaltkorrosion.

Um bei nichtrostendem Stahl bei Raumtemperatur ein austenitisches Gefüge zu erhalten, wird dem Stahl Nickel zulegiert. Dadurch erhält der nichtrostende Stahl eine höhere Verformbarkeit. Obwohl Nickel bei der Bestimmung der Wirksumme und damit bei der Klassifizierung der Korrosionsbeständigkeit nicht berücksichtigt wird, wirkt sich Nickel positiv auf das Repassivierungsverhalten aus und reduziert auch die Angriffsgeschwindigkeit durch Lochfrasskorrosion.

Weitere Elemente in nichtrostenden Stählen sind Kohlenstoff und Stickstoff. Der Kohlenstoffgehalt wird in nichtrostenden Stählen so niedrig wie möglich gehalten, da er sich insbesondere bei höheren Temperaturen negativ auf das mechanische Verhalten des nichtrostenden Stahls auswirkt. Stickstoff ist wie Nickel ein Austenitbildner. Ausserdem kann er bei höher legierten Stählen die Beständigkeit gegen Lochfrasskorrosion deutlich erhöhen. Daher hat der Stickstoffgehalt auch einen wesentlichen Einfluss bei der Bestimmung der Wirksumme.

Korrosionsarten

Allgemeine Korrosion

Von einer allgemeinen Korrosion spricht man, wenn eine gleichmässige Korrosion auf der gesamten Oberfläche auftritt. Bei nichtrostendem Stahl ist eine gleichmässige Korrosion der Oberfläche, wie sie zum Beispiel bei Kohlenstoffstahl auftritt, eher selten. Allerdings kann die passive Schutzschicht von nichtrostendem Stahl durch Chemikalien, insbesondere Säuren, angegriffen werden, was zu einer Korrosion an der gesamten Oberfläche führen kann.

Lochfrasskorrosion

Im Gegensatz zur allgemeinen Korrosion tritt Lochfrass sehr lokal auf. Lochfrass tritt an Stellen auf, an denen die Passivschicht geschwächt oder beschädigt ist. Dies kann z.B. durch Chloridionen geschehen. In günstigen Fällen, z.B. bei Entfernung der Chloridionen durch Reinigung, kann es zu einer Repassivierung kommen. Ist dies nicht der Fall, schreitet die Lochfrasskorrosion weiter fort. Je tiefer das Loch wird, desto geringer ist die Möglichkeit, die Chloridionen zu entfernen und damit eine Repassivierung zu erreichen. Da die Korrosionsgeschwindigkeit vom Flächenverhältnis der Anode zur Kathode abhängig ist, kann die Korrosion in diesen Fällen sehr schnell voranschreiten. Die kleine aktive Lochfläche bildet dabei die Anode und die restliche Fläche die Kathode.

Spaltkorrosion

Spaltkorrosion ist ebenfalls eine lokale Korrosionsart. Die Sauerstoffzufuhr zur angegriffenen Stelle ist stark eingeschränkt, so dass eine Repassivierung ausgeschlossen ist. Die Korrosion kann sich daher mit hoher Geschwindigkeit in der Umgebung ausbreiten. Entscheidend ist auch die Form des Spaltes. Je enger und tiefer der Spalt ist, desto grösser ist die Gefahr der Spaltkorrosion.

Spannungsrissskorrosion

Bei der Spannungsrissskorrosion treten in der Regel keine sichtbaren Korrosionsprodukte auf. Sie tritt auf, wenn zusätzlich zum chemischen Angriff mechanische Spannungen, insbesondere Zugspannungen, auftreten. Diese Spannungen lassen den Riss wachsen und beschleunigen so die Korrosion. Neben der chemischen Umgebung und der mechanischen Beanspruchung spielt auch der Werkstoff eine wesentliche Rolle. So sind Duplexstähle gegenüber chlorinduzierter Spannungsrissskorrosion beständiger als austenitische Stähle.

Bimetallkorrosion (Kontaktkorrosion)

Bimetallkorrosion entsteht durch eine elektrochemische Reaktion zwischen zwei verschiedenen Metallen. Dies kann z.B. bei der Verbindung von Kohlenstoffstahl mit Edelstahl auftreten. In diesem Fall wandern Elektronen vom unedleren zum edleren Metall. Die Anode, das unedlere Metall, korrodiert dadurch schneller, als wenn die beiden Metalle nicht in Kontakt wären. Neben dem Potentialunterschied der Metalle ist auch das Flächenverhältnis von Anode zu Kathode für die Korrosionsgeschwindigkeit entscheidend. So sind z.B. Schrauben aus nichtrostendem Stahl im Kontakt mit Verankerungsplatten aus Kohlenstoffstahl weniger kritisch als Schrauben aus Kohlenstoffstahl im Kontakt mit Verankerungsplatten aus nichtrostendem Stahl. Kontaktkorrosion spielt auch dort eine Rolle, wo man sie normalerweise nicht erwarten würde. Ein Beispiel sind kohlenstoffverstärkte Kunststoffe (CFK), die als dauerhafte Konstruktionswerkstoffe angepriesen werden. Hier ist jedoch zu beachten, dass beim Kontakt der Kohlefasern mit der Stahlbewehrung Kontaktkorrosion auftreten kann. Die CFK-Bewehrung ist also dauerhaft, kann aber zu einer Schädigung der Stahlbewehrung führen, die z.B. im Anschlusselement vorhanden ist oder den Anschluss sichert.

Wirksumme (PREN)

Die Wirksumme oder im angelsächsischen Sprachraum Pitting Resistance Equivalent Number (PREN) wird zur Abschätzung der Beständigkeit gegen Lochfrasskorrosion verwendet. Die wichtigsten Elemente zur Verhinderung von Lochfrasskorrosion sind Chrom, Molybdän und Stickstoff. Die einzelnen Anteile dieser Elemente werden daher auch zur Berechnung der Wirksumme verwendet.

$$\text{PREN} = \%Cr + 3.3 \cdot \%Mo + n \cdot \%N$$

wobei $n = 0$ bei ferritischen Stahlsorten, $n = 16$ bei Duplex-Stahlsorten und $n = 30$ bei austenitischen Stahlsorten

Je höher die Wirksumme ist, desto höher ist die Beständigkeit gegenüber Lochfrasskorrosion.

Werkstoffnummern

Die europäische Normung legt für Werkstoffe eine Nummer fest, die den Werkstoff eindeutig identifiziert. Die erste Ziffer definiert die Werkstoff-Hauptgruppe. Stahlwerkstoffe haben die Ziffer 1. Die folgenden Ziffern definieren die Sortennummer (Stahlgruppe) und sind abhängig von der jeweiligen Hauptgruppe. Für nichtrostende Stähle gelten die Sortennummern 40 bis 45. Dabei steht 40 für nichtrostende Stähle mit $< 2.5\% Ni$, 41 für nichtrostende Stähle mit $< 2.5\% Ni$ mit Mo, 43 für nichtrostende Stähle mit $\geq 2.5\% Ni$, 44 für nichtrostende Stähle mit $\geq 2.5\% Ni$ und Mo sowie 45 für nichtrostende Stähle mit besonderen Zusätzen. Die letzten Ziffern sind Zählnummern und haben keinen direkten Bezug zum Werkstoff oder zur Zusammensetzung. Für die nichtrostenden Stähle definiert die Norm EN 10088 die chemische Zusammensetzung der einzelnen Legierungen in Bezug auf die Werkstoffnummer.

Korrosionswiderstandsklassen / Korrosionsbeständigkeitsklassen

Um die Anwendung nichtrostender Stähle im Bauwesen zu vereinfachen, haben sich Korrosionswiderstandsklassen bzw. Korrosionsbeständigkeitsklassen etabliert. In der Norm EN 1993-1-4:2020, im Merkblatt SIA 2029:2013 und in der Norm SIA 179:2019 sind Einteilungen dargestellt. Die Einteilung in die fünf Korrosionswiderstandsklassen basiert jeweils auf der Wirksumme der einzelnen Werkstoffe. Die folgende Tabelle zeigt die Einteilung nach EN 1993-1-4:2020.

Korrosionsbeständigkeitsklasse				
I	II	III	IV	V
1.4003	1.4301	1.4401	1.4439	1.4565
1.4016	1.4307	1.4404	1.4462	1.4529
1.4512	1.4311	1.4435	1.4539	1.4547
	1.4541	1.4571	1.4662	1.4410
	1.4318	1.4429		1.4501
	1.4306	1.4432		1.4507
	1.4567	1.4162		
	1.4482	1.4362		
	1.4621	1.4062		
	1.4622	1.4578		
	1.4509			
	1.4521			
	1.4420			

Tabelle 1: Einteilung der Werkstoffe in die entsprechenden Korrosionsbeständigkeitsklassen gemäss SN EN 1993-1-4:2020

Mechanische Eigenschaften

Da es bei nichtrostenden Stählen im Vergleich zu normalen Bau- und Bewehrungsstählen (Kohlenstoff-/Schwarzstahl) eine Vielzahl unterschiedlicher Legierungen gibt, ist es schwierig, genaue Festigkeitsklassen zu definieren. Insbesondere durch zusätzliche Nachbehandlungen, wie z.B. Kaltverfestigung, können selbst bei gleichem Werkstoff unterschiedliche mechanische Eigenschaften erreicht werden. Obwohl in den Normen EN 10088-2 bis EN 10088-5 Mindestwerte für die Streckgrenze und die Zugfestigkeit angegeben sind, können unter Umständen deutlich höhere Werte erreicht werden. Massgeblich sind daher in der Regel nicht die normativen Festigkeitswerte, sondern die Vorgaben an den Lieferanten. Eine entsprechende laufende Überwachung zur Qualitätssicherung ist unter diesen Umständen selbstverständlich zwingend. Insbesondere beim nichtrostenden Betonstahl ist die Prüfung der mechanischen Eigenschaften nach der Bearbeitung (Richten, Biegen) entscheidend und entsprechend zu überwachen.

Diese Vielfalt an Werten betrifft nicht nur die Fließgrenze und Zugfestigkeit, sondern auch den E-Modul. Es gilt allerdings anzumerken, dass die Variation weniger gross ist. Grundsätzlich sind nichtrostende Stähle etwas weniger steif als Kohlenstoffstahl. Im Allgemeinen liegt der Elastizitätsmodul im Bereich von 160 – 180 GPa.

Nichtrostende Stähle weisen kein Fließplateau auf, sondern folgen einem gerundeten Verlauf. Die rechnerische Fließspannung wird daher üblicherweise mit der 0.2%-Dehngrenze definiert. Bei der Anwendung als Betonstahl ist zu beachten, dass die Kurve im Bereich der Zugfestigkeit oft sehr flach verläuft. Daher kann die Gleichmassdehnung nicht immer exakt bestimmt werden. Im Gegensatz zu Kohlenstoffstählen findet jedoch keine grössere Festigkeitsabnahme statt, sondern die Festigkeit bleibt auf einem Plateau. Dies bis zum Erreichen der Bruchdehnung, die mindestens 15 % und in der Regel über 20 % beträgt. Diese Stähle weisen somit ein sehr grosses Verformungsvermögen auf, das bei statisch unbestimmten Stahlbetonsystemen im Grenzbereich Momentenumlagerungen und somit ein duktiles Verhalten ermöglichen.

Bild 2 zeigt schematische Beispiele verschiedener Stähle. Die Kurve a zeigt einen üblichen Betonstahl B500B mit entsprechendem Fließplateau. Die Kurven b und c zeigen jeweils das Spannungs-Dehnungsverhalten von Duplexstählen, die kein Fließplateau aufweisen. Je nach Verarbeitung kann sich auch die Form der Kurve unterscheiden, was insbesondere die Dehnung bei Maximalspannung betrifft.

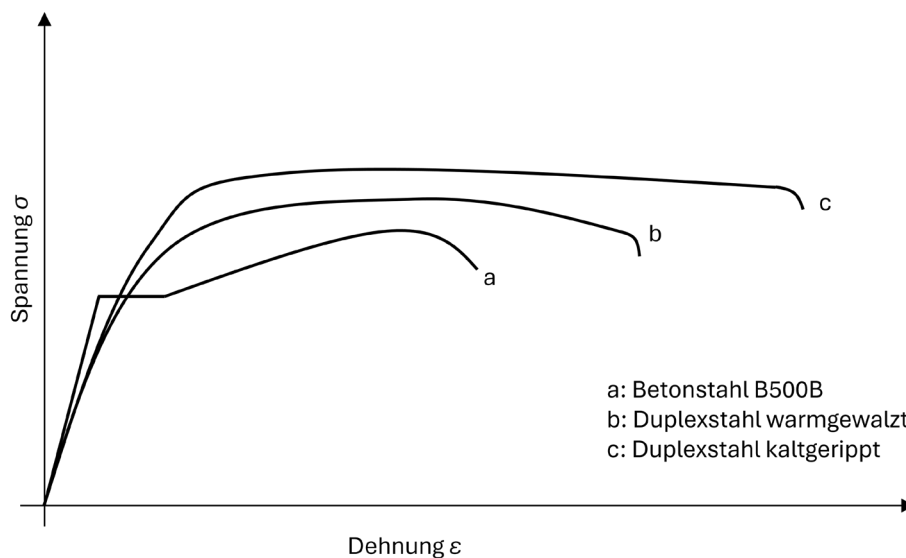


Bild 2: Beispiele von Spannungs-Dehnungsbeziehungen von verschiedenen Stählen

Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit

Zu den Anforderungen von nichtrostendem Stahl an die Korrosionsbeständigkeit sind normative Grundlagen vorhanden. Dabei wird unterschieden, ob der Stahl der Atmosphäre ausgesetzt ist oder als Betonstahl im Beton verwendet wird. Für nichtrostende Stähle, die der Atmosphäre ausgesetzt sind, können die Anforderungen nach SIA 179:2019 und SN EN 1993-1-4:2020 ermittelt werden. Wird der Stahl als vollständig einbetonierter Betonstahl verwendet, sind die Anforderungen im Merkblatt SIA 2029:2013 festgelegt.

Das Merkblatt SIA 2029:2013 regelt insbesondere die aufgrund der Anforderungen an die Dauerhaftigkeit erforderliche Bewehrungsüberdeckung. Gemäss Merkblatt SIA 2029:2013 kann die Bewehrungsüberdeckung bei Verwendung von nichtrostendem Betonstahl in Abhängigkeit von der Betonsorte und der Expositions-klasse reduziert werden. Es ist jedoch zu beachten, dass sich die in der folgenden Tabelle angegebenen Mindestüberdeckungen auf die Dauerhaftigkeit beziehen. Aus Gründen des Verbundes, der Betonierbarkeit und des Feuerwiderstandes können grössere Bewehrungsüberdeckungen erforderlich sein.

	Betonsorte	Expositions-klasse	c _{nom} [mm]	c _{red} [mm]			
				KWK I	KWK II	KWK III	KWK IV
Hochbau	A	XC2(CH)	35	20	20	20	20
	B	XC3(CH)	35	20	20	20	20
	C	XC4(CH), XF1(CH)	40	20	20	20	20
Tiefbau	D + E	XC4(CH), XD1(CH), XF2/4(CH)	40	30	20	20	20
		XC4(CH)	55	55	55	30	20

Tabelle 2: Minimale Bewehrungsüberdeckung gemäss SIA 2029:2013

Wird der nichtrostende Stahl nicht vollständig einbetoniert, wie dies bei Verankerungen, Zugstäben oder Zugankern der Fall ist, gelten die Anforderungen an nichtrostenden Stahl, der der Atmosphäre ausgesetzt ist. Angaben dazu finden sich in der Norm SN EN 1993-1-4:2020 und in der Norm SIA 179:2019.

Im Anhang A der SN EN 1993-1-4:2020 kann der Korrosionsbeständigkeitsfaktor (CRF) bestimmt werden. Dabei werden unterschiedliche Einflüsse berücksichtigt. Für Bauteile in Innenräumen kann grundsätzlich der Korrosionsbeständigkeitsfaktor CRF = 1 angenommen werden. Als Innenräume gelten Bereiche, die belüftet oder beheizt werden oder sich innerhalb geschlossener Türen befinden. Eine Ausnahme bilden Hallenbäder, die gesondert betrachtet werden müssen. Darüber hinaus sollten Bauteile in Bereichen mit grossen Öffnungen, wie zum Beispiel Parkhäuser, als Aussenbereiche betrachtet werden.

Bei Aussenbereichen ist der Korrosionsbeständigkeitsfaktor definiert durch die Summanden F1, F2 und F3.

$$CRF = F1 + F2 + F3$$

F1 berücksichtigt die Exposition gegenüber von Chloriden aus Salzwasser oder Streusalz. In Küstengebieten ist der Wert F1 abhängig von der Distanz zum Meer und vom Salzgehalt des jeweiligen Meeres ab. So ist im Küstengebiet -Distanz < 250 m- zum Meer an der Ostsee- und der Nordseeküste in Deutschland F1 = -10 und bei Küstengebieten beim Atlantik oder Mittelmeer F1 = -15. Fernab von Küstengebieten ist die Entfernung zu Strassen, auf denen Streusalz verwendet wird, für die Bestimmung von F1 massgebend. In diesen Fällen gilt:

Abstand zur Strasse mit Streusalzeinsatz	
> 100 m	F1 = 0
> 10 m und ≤ 100 m	F1 = -3
≤ 10 m	F1 = -7
In Strassentunnels gilt F1 = -10	

Der Summand F2 berücksichtigt die Konzentration von Schwefeldioxid in der Luft. Aufgrund der Umweltschutzgesetzgebung ist dieser Wert in Mitteleuropa in der Regel niedrig, so dass $F2 = 0$ ist, was einem Mittelwert der Gaskonzentration von unter $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entspricht. Bei einem Mittelwert der Gaskonzentration von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist $F2 = -5$ und bei $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist $F2 = -10$.

Der dritte Summand F3 berücksichtigt, wie lange schädliche Stoffe auf der Stahloberfläche verbleiben können. Falls das Bauteil vollständig dem Regen exponiert ist, so dass mögliche Schadstoffe natürlich abgewaschen werden, gilt $F3 = 0$. Ist dies nicht der Fall, aber es wird ein spezifisches Reinigungskonzept angewendet, gilt $F3 = -3$. In allen übrigen Fällen ist $F3 = -7$.

Anhand es der Korrosionsbeständigkeitsfaktor (CRF) kann die erforderliche Korrosionsbeständigkeitsklasse (CRC) bestimmt werden.

CRF	CRC
$\text{CRF} = 1$	I
$0 \geq \text{CRF} > -7$	II
$-7 \geq \text{CRF} > -15$	III
$-15 \geq \text{CRF} \geq -20$	IV
$-20 > \text{CRF}$	V

Die Norm SIA 179:2019 gibt ebenfalls einen Überblick über die zu verwendende Korrosionswiderstandsklassen.

Einsatzort, Einwirkungen, Bewitterung (Einsatzbeispiele)	Korrosionswiderstandsklasse
Trockene Innenräume (Wohnräume, Büro)	I
Feuchträume (Badezimmer, Waschküchen)	II
Mildes Aussenklima; bewittert (Befestigungen auf Dächern, Balkonen)	III
Aussenklima; nicht bewittert (hinterlüftete Fassade, Brückenuntersichten ausserhalb des Sprühnebelbereichs von Strassenverkehrsflächen)	IV
Industriatmosphäre; bewittert (Maschinen, Geräte, Apparate oder Bauteile wie z.B. Brückenränder, Brückenaufsichten und -untersichte, im Spritzwasser- oder Sprühnebelbereich von Strassenverkehrsflächen)	IV
Aggressive Medien (Schwimmbäder, Tunnel, Kläranlagen)	V

Tabelle 3: Einsatzbereiche von Werkstoffen gemäss SIA 179:2019

Literatur

Normen

SIA 179:2019, Befestigungen in Beton und Mauerwerk, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2019, 76 pp.

SIA 2029:2013, Nichtrostender Betonstahl, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013, 20 pp.

SN EN 1993-1-4:2020 (mit A1 + A2), Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln – Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2020

Literatur zur Geschichte von nichtrostendem Stahl

Cobb, H. M., The History of Stainless Steel, ASM International, 2010, 360 p.

Keller, A., Die Erfindung der nichtrostenden Stähle vor 60 Jahren, Schweizerische Bauzeitung, 91. Jahrgang, Heft 23, Zürich, 1973, pp. 549 – 554

Rasch, M., 100 Jahre nichtrostender Stahl, Klartext Verlag, Essen, 2012, 288 pp.

Ulbricht, D., Von der Entwicklung nichtrostender Stähle bis zur aktuellen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6 «Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen» vom 20. April 2009, DIBt Mitteilungen 4/2009, Berlin, 2009, pp. 103-109

Literatur zu Eigenschaften und Klassifikation von nichtrostendem Stahl

Beddoes J., Parr, J. G., Introduction to Stainless Steels 3rd Edition, ASM International, 1999, 315 pp.

Merkblatt 803, Was ist nichtrostender Stahl?, Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf, 6 pp.

Merkblatt 820, Orientierungshilfe zur Werkstoffauswahl nichtrostender Stähle, Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf, 12 pp.

Sonderdruck 863, Bemessungshilfen zu nichtrostenden Stählen im Bauwesen vierte Auflage, Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf, 2017 262 pp.

GRAVIS

amazing strength



GRAVIS AG
Birchstrasse 17, 3186 Düringen



+41 26 492 30 10



info@gravis.swiss



www.gravis.swiss

