



# Korrosion im Baubereich

Möglichkeiten zur Vermeidung von Korrosionsschäden

## Einleitung

Durch Korrosionsvorgänge werden jährlich Kosten in Höhe von mehreren Milliarden Euro verursacht. Neben den finanziellen Folgen lassen sich auch zahlreiche dramatische Schadensereignisse auf Korrosion zurückführen. Das Risiko des Auftretens und der Ausbreitung von Korrosion kann dabei erheblich durch die Auswahl eines geeigneten aktiven oder passiven Korrosionsschutzes reduziert werden. Vor allem bei der Auslegung von Schraubenverbindungen spielt die Auswahl eines geeigneten

Korrosionsschutzes daher eine erhebliche Rolle. Hierbei darf nicht nur der Schraubenwerkstoff betrachtet werden, sondern es muss das gesamte technische System inklusive der in Kontakt stehenden Bauteile und Umgebungsbedingungen Berücksichtigung finden. In den nachfolgenden Abschnitten werden eine Übersicht über die häufigsten Korrosionsarten an Schraubenverbindungen im Baubereich gegeben und die wichtigsten Korrosionsschutzmaßnahmen beschrieben.



Korrosion an Bohrschrauben





# Korrosionsarten

DIN EN ISO 8044 beschreibt Korrosion als „physikochemische Wechselwirkung zwischen einem Metall und seiner Umgebung, die zu einer Veränderung der Eigenschaften des Metalls führt und die zu erheb-

lichen Beeinträchtigungen der Funktion des Metalls, der Umgebung oder des technischen Systems, von dem diese einen Teil bilden, führen kann.“

## Korrosionssystem

Im Korrosionssystem kommt es dabei zu einer Elektronenwanderung zwischen dem anodischen und kathodischen Bereich. Die an der Anode abgegebenen Elektronen (Oxidation) werden an der Kathode aufgenommen (Reduktion). Dieser chemische Prozess wird auch als Redoxreaktion bezeichnet. Voraussetzung für diesen Vorgang ist, dass die Anode und Kathode direkt und zusätzlich über einen leitfähigen Elektrolyten wie zum Beispiel Wasser miteinander verbunden sind.

Während des Korrosionsvorgangs kommt es zu einem Auflösen des anodischen Bereichs. In der DIN EN ISO 8044 wird zwischen 56 Korrosionsarten unterschieden. Für Schraubenverbindungen im Bereich der Gebäudehülle und der technischen Gebäudeausrüstung sind in erster Linie die nachfolgenden Arten von Bedeutung:

- > Flächenkorrosion
- > Bimetallkorrosion
- > Spaltkorrosion
- > Spannungsrisskorrosion

## Flächenkorrosion

Charakteristisches Merkmal der Flächenkorrosion ist der gleichmäßige Abtrag der Oberfläche durch die Bildung von anodischen und kathodischen Teilbereichen. Die genannte Korrosionsart führt in erster Linie zur Beeinflussung der Oberflächeneigenschaften

und optischen Beeinträchtigungen, bezüglich der Tragfähigkeit der Schraubenverbindung ist diese Korrosionsart als vergleichsweise unkritisch zu betrachten.

## Bi-Metall-Korrosion

Bi-Metall-Korrosion entsteht bei dem Kontakt von zwei oder mehreren metallischen Werkstoffen, die ein unterschiedliches Spannungspotenzial aufweisen. Bei Vorhandensein eines geeigneten Elektrolytes kommt es aufgrund der unterschiedlichen Potentiale

der beiden Werkstoffe zu einem Korrosionsvorgang. Diese auch als Kontaktkorrosion bezeichnete Korrosionsart kann durch die fachgerechte Auswahl der kombinierten Materialien vermieden werden.

## Spaltkorrosion

Bei der Spaltkorrosion kommt es zu einer chemischen Zersetzung des Werkstoffs an engen, nicht abgeschlossenen Spalten, an welchen keine ausreichende Belüftung erfolgt. Durch die stattfindenden Reaktionen kann das Korrosionsmedium zusätzlich aggressiver werden.

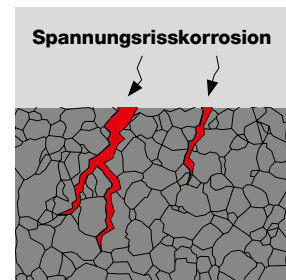
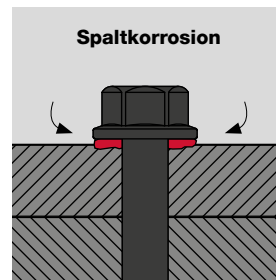
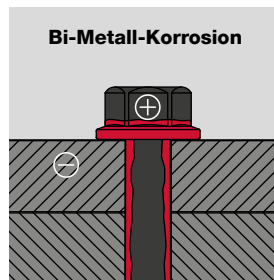
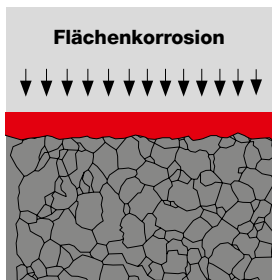
Aufgrund der fehlenden Sauerstoffzufuhr im Bereich des Spalts ist die Ausbildung einer schützenden Passivschicht nicht möglich. Somit können durch die fehlende Schutzschicht auch vermeintlich nicht-rostende Stähle im Bereich von Spalten angegriffen werden.

## Spannungskorrosion

Eine besonders kritische Form der Korrosion ist die Spannungsrissskorrosion. Hierbei findet eine Schädigung des Werkstoffs durch eine Kombination aus mechanischer und chemischer Beanspruchung statt. Ohne das Auftreten von sichtbaren Korrosionsprodukten kann es dabei zu Rissen im Werkstoffgefüge oder vollständigen Schraubenbrüchen kommen. Die Spannungsrissskorrosion kann in zwei verschiedene Arten untergliedert werden:

Die anodische Spannungsrissskorrosion tritt in erster Linie an einer Vielzahl der nichtrostenden Edelstähle auf. Kommen diese in hochkorrosiven Atmosphären wie zum Beispiel Schwimmhallen zum Einsatz, können sich Anrisse in der Passivschicht auf das gesamte Werkstoffgefüge ausweiten.

Hierdurch wird die Tragfähigkeit der Schraube reduziert bis es zu einem Unterschreiten des kritischen Querschnitts kommt. Im Gegensatz hierzu steht die kathodische Spannungsrissskorrosion, welche vor allem an einsatzvergüteten Schrauben auftreten kann. Die kathodische Spannungsrissskorrosion ist in diesem Zusammenhang auch als wasserstoffinduzierte Sprödbrech bekannt (vgl. hierzu EJOT Hinweis Schraube, welche die Tragfähigkeit reduzieren und zum Bruch des Verbindungsmittels führen können. blatt 01/2016). Durch die Anlagerung von atomarem Wasserstoff im Schraubenwerkstoff entstehen unter Einwirkung von Zugspannungen Risse in der Schraube, welche die Tragfähigkeit reduzieren und zum Bruch des Verbindungsmittels führen können.





# Vermeidung von Korrosionsschäden

Die Korrosion von Verbindungselementen hängt von zahlreichen Faktoren ab. Die Produktgeometrie, Umgebungsbedingungen und die Kombination von unterschiedlichen Werkstoffen sind nur einige Einflussgrößen, die hier zu nennen sind. Korrosionsschutzmaßnahmen beginnen bereits mit der Produktkonstruktion und der geeigneten Werkstoffauswahl. Können keine korrosionsbeständigen Werkstoffe eingesetzt werden, stehen eine Reihe von Beschichtungen zur Verfügung, die zur Verbesserung des Korrosionsschutzes beitragen. Ziel der Korrosionsschutzmaßnahmen ist die Vermeidung von

Schäden, die durch Korrosion an metallischen Bauteilen hervorgerufen werden.

Allgemein werden die Bezeichnungen „korrosionsbeständig“ oder „aktiver Korrosionsschutz“ verwendet, wenn geeignete Werkstoffe, z.B. rost- und säurebeständige Stähle oder Nichteisenmetalle, zur Vermeidung von Korrosion eingesetzt werden.

Wird auf eine Stahloberfläche zu Korrosionsschutzzwecken eine Oberfläche/Beschichtung aufgebracht, spricht man allgemein von „korrosionsgeschützt“ oder von „passivem Korrosionsschutz“.

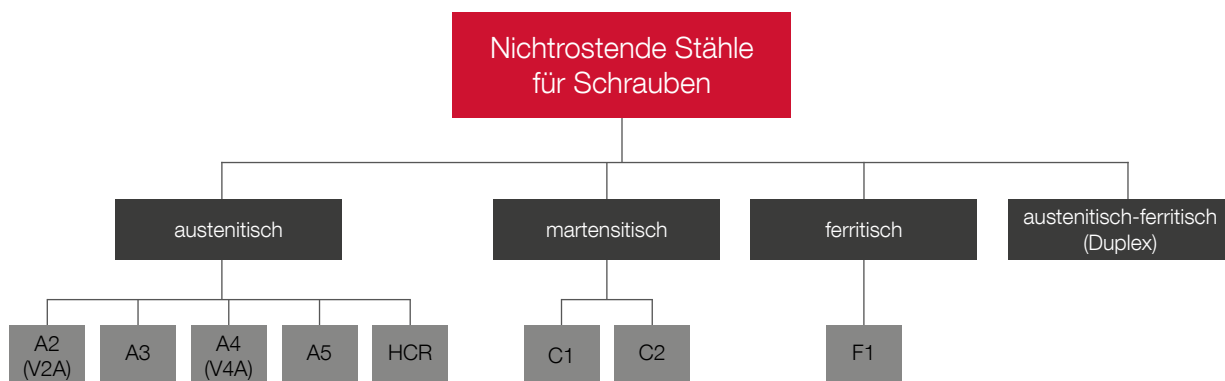
## Korrosionsbeständig

In Abhängigkeit der Anforderungen an die Verbindung werden Schrauben aus unterschiedlichen metallischen und nicht-metallischen Werkstoffen hergestellt. Zu den korrosionsbeständigen Werkstoffen für Schrauben gehören unter anderem die nichtrostenden Edelstähle gemäß DIN EN 3506 und der nationalen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6. Nichtrostende Edelstähle weisen einen Chrom-Anteil von mindestens 10,5% auf. Durch die Erhöhung des Chrom-Anteils und die Zugabe weiterer Legierungselemente wie beispielsweise Nickel oder Molybdän wird die Korrosionsbeständigkeit weiter erhöht.

Das charakteristische Merkmal der nichtrostenden Edelstähle ist die Bildung einer sich selbst wiederherstellenden Oberflächenschicht, der sogenannten Passivschicht, die den Grundwerkstoff vor Korrosion

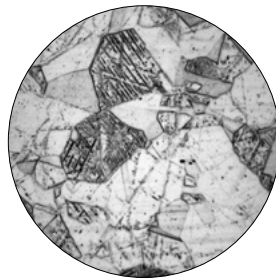
schützt. Voraussetzung für die Bildung dieser Passivschicht ist das Vorhandensein einer ausreichenden Sauerstoffkonzentration.

Rostfrei Edelstähle können in vier Untergruppen unterteilt werden. Der größte Anteil der rostfreien Edelstähle sind austenitische Edelstähle. Hierneben existieren die martensitischen (härtbaren) und ferritischen Edelstähle. Beide Varianten verfügen gegenüber den austenitischen Edelstählen über eine deutlich niedrigere Korrosionsbeständigkeit und sind daher als Werkstoffe für Schrauben nur bedingt geeignet. Besondere mechanische Eigenschaften in Kombination mit einer guten Korrosionsbeständigkeit wird durch die Verwendung moderner, austenitisch-ferritischer Stähle erreicht.

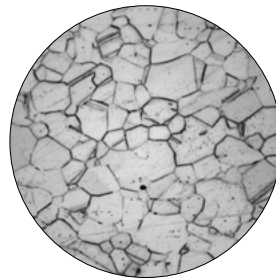


Nichtrostende Stähle

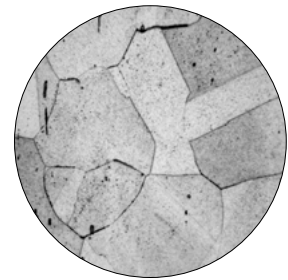
**Gefügeaufnahmen**  
500-fache Vergrößerung



**Edelstahl A2**  
1.4301



**Edelstahl A4**  
1.4401



**Edelstahl HCR**  
1.4529

Im Bereich der Befestigungstechnik finden in erster Linie austenitische Edelstähle des Typs A2 (V2A) und A4 (V4A) Verwendung. Die Stähle zeichnen sich durch eine gute Korrosionsbeständigkeit in mäßig aggressiven Atmosphären aus. Für besonders aggressive Atmosphären sind Edelstähle

des Typs HCR (z. B. 1.4529) zu verwenden, welche die höchste Korrosionsbeständigkeit im Bereich der nichtrostenden Stähle aufweisen. Die wichtigsten Werkstoffe für Schrauben und die zugehörigen Korrosionsbeständigkeitsklassen können der Tabelle I entnommen werden.

Handelsbezeichnung	DIN EN 10088-5	DIN EN 10088-3	AISI (American Iron and Steel Institute)	UNS (Unified Numbering System)
A2 (V2A)	X5CrNi18-10	1.4301	304	S30400
	X3CrNiCu18-9-4	1.4567	304Cu	S30430
A4 (V4A)	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	316	S31600
	X3CrNiCuMo17-11-3-2	1.4578	-	-
HCR	X1NiCrMoCuN25-20-7	1.4529	-	-

Tabelle I: Bezeichnung ausgewählter austenitischer Edelstähle

Vor allem beim Einsatz vermeintlich korrosionsbeständiger Werkstoffe ist ein besonderes Augenmerk auf die Bi-Metall-Korrosion zu legen. In der Tabelle II sind typische Bauteilwerkstoffe aufgeführt, welche mit Befestigern aus korrosionsbeständigen Edelstählen kombiniert werden können. Für den Prozess der Kontaktkorrosion spielt dabei das Flächenverhältnis

zwischen Schraube und Bauteil eine besondere Rolle. Während beispielsweise Aluminiumbauteile unter normalen atmosphärischen Bedingungen ohne Risiko bezüglich Korrosion mit Edelstahlschrauben befestigt werden können, ist die Verbindung von Edelstahlblechen mit AluminiumverbindungsmitteIn nicht zu empfehlen.

Bauteilwerkstoff (größere Fläche)	Schraubenwerkstoff (kleinere Fläche)		
	Edelstahl A2 / A4 / HCR	Stahl verzinkt	Aluminium
Edelstahl A2 / A4 / HCR	✓	x	x
Aluminium	✓	0	✓
Kupfer	✓	x	x
Stahl verzinkt	✓	✓	✓
Guss	0	x	x

Tabelle II: Kompatibilitätstabelle für atmosphärische Beanspruchung

✓ gut    x unsicher    0 schlecht



# Korrosionsgeschützt / passiver Korrosionsschutz

Oberflächenbeschichtungen für Schrauben können in nichtmetallische Oberflächen und metallische Oberflächen unterteilt werden. Eine Übersicht der unterschiedlichen Beschichtungen ist in der Abbildung zu erkennen.

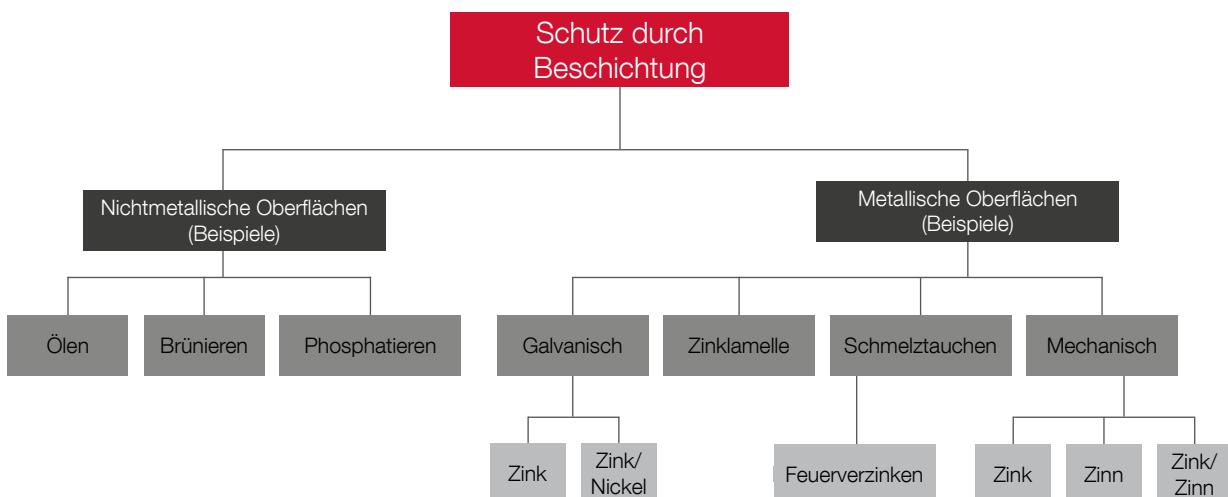
Nichtmetallische Oberflächen (ausgenommen Lack-systeme) wie z. B. Brünieren, bieten meist nur einen geringen Korrosionsschutz. Für Schrauben im Bau-bereich, insbesondere Bohrschrauben und gewinde-furchende Schrauben, werden in der Regel galvanisch aufgetragene Beschichtungen oder Zinklamellen-beschichtungen eingesetzt.

Die gebräuchlichste metallische Beschichtung für Ver-bindungsmitel ist die galvanische Verzinkung (5-10µm) mit anschließender Passivierung. Die Passivierung ist eine durch eine Nachtauchlösung ent-standene Konversionsschicht, welche die Korrosions-beständigkeit verbessert. Die Passivierung erfolgt dabei durch das Abscheiden aus Chromhaltigen Lösungen. Gemäß den Vorgaben der REACH-Verordnung werden bei EJOT dabei ausschließlich Cr(VI)-freie Beschichtungen und Passivierungen eingesetzt. Bei der Passivierung kommt ab einer Schichtdicke von 0,5–3 µm der Begriff Dick-schichtpassivierung zum Tragen. In Abhängigkeit der Anforderung an die Verbindungsmittel können Passivierungen in unterschiedlichen Farben aus-geführt sein. Neben transparenten Passivierungen

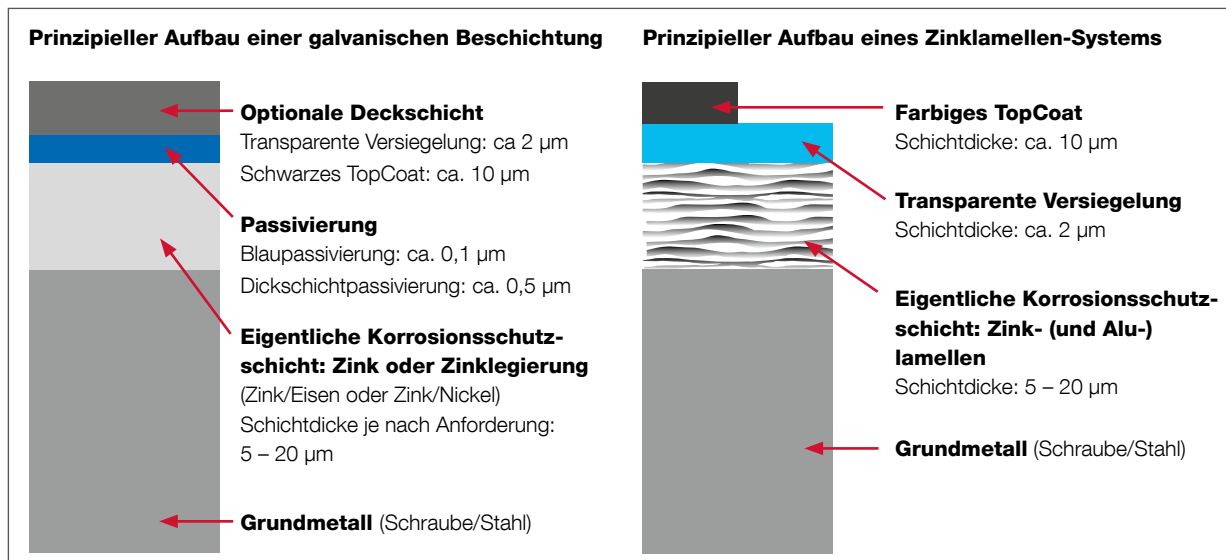
finden im Bereich der Schrauben für den Baubereich vor allem bläuliche Passivierungen Verwendung.

Möglichkeiten die Korrosionsbeständigkeit galvanisch beschichteter Oberflächen zu verbessern, sind das Aufbringen von Versiegelungen/Topcoats oder organischen Decklacken. Der Begriff Versiegelung wird dabei für Schichtdicken von 1 bis 3 µm verwendet. Schichtdicken über 3 µm werden als Topcoat be-zeichnet.

Zinklamellenbeschichtungen zählen ebenfalls zu den metallischen Beschichtungen. Im Gegensatz zu galvanisch aufgetragenen Schichten ist bei diesen das Risiko eines fertigungsbedingten wasserstoff-induzierten Sprödbruchs des Grundwerkstoffs aus-geschlossen. Zinklamellenbeschichtungen bestehen in der Regel aus einem anorganischen Basecoat, der überwiegend aus Zink- und Aluminiumlamellen be-steht und aus einem Topcoat/Versiegelung. Zusätzlich können auch hier zur Verbesserung des Korrosions-schutzes organische Decklacke aufgebracht werden. Die Kombination von Versiegelung/Topcoat und einer galvanisch aufgetragenen Beschichtung oder Zinklamellenbeschichtung wird auch als Duplex-Beschichtung bezeichnet. Die verbesserte Korrosions-beständigkeit wird hierbei durch eine Kombination der abschließenden Wirkung der Deckschicht und des kathodischen Korrosionsschutzes der Basisschicht erzielt.



Einteilung von Oberflächenbeschichtungen



Schematischer Schichtaufbau

Schmelztauchbeschichtungen wie Feuerverzinken und mechanische Beschichtungen sind, aufgrund der z.T. hohen Schichtdicken, für gewindefurchende und selbstbohrende Schrauben im Baubereich weniger geeignet.

Für Produkte der Firma EJOT Baubefestigungen GmbH werden neben galvanischen Beschichtungen gemäß DIN EN 4042 und Zinklamellenüberzügen gemäß DIN EN ISO 10683 die Duplexbeschichtungen C 1000, CLIMADUR und EJOGUARD verwendet.

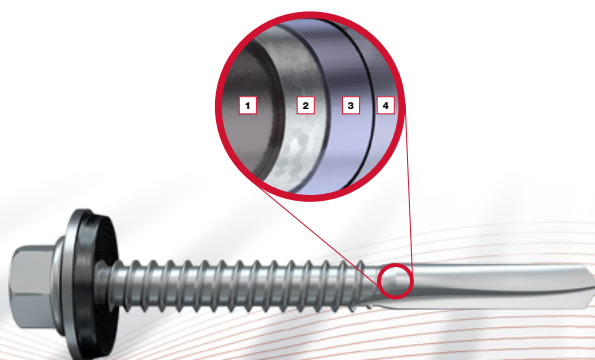
Eine Übersicht über die Beständigkeit verschiedener Beschichtungen ist in Tabelle III gegeben.

Durch die Kombination von speziell aufeinander abgestimmten Beschichtungen bietet die EJOGUARD-Oberfläche hervorragende Korrosionseigenschaften. Mit einer Beständigkeit von eintausend Stunden im Salzsprühnebeltest gemäß DIN EN ISO 9227 und 15 Runden Kesternich gemäß DIN 50018 wird der Anwendungsbereich von Stahlschrauben in Abhängigkeit nationaler Bestimmungen deutlich erweitert.

Beschichtung	Korrosionsbeständigkeit ohne Grundmetallkorrosion (Rotrost)
Zn8/An//T0*	72 h NSS
Zinklamelle	max. 720 h NSS
C 1000	1000 h NSS
CLIMADUR	15 Runden Kesternich (KWF 2,0 S)
EJOGUARD	1000 h NSS, 15 Runden Kesternich (KWF 2,0 S)

\*galvanisch verzinkt, min. 8 µm blau passiviert

Tabelle III: EJOT Oberflächenbeschichtungen für Bauprodukte



**Mehrfachschutz EJOGUARD:**

- 1 Kohlenstoffstahl
- 2 Zinkbeschichtung
- 3 Organische Beschichtung
- 4 Zusätzliche Versiegelung



## Korrosionstests

Die Korrosionsbeständigkeit einer Oberflächenbeschichtung kann in der Regel aus Zeitgründen nicht in der Praxis getestet werden. Zur Prüfung kommen daher oft definierte, beschleunigte Labortests zum Einsatz. Gängige Prüfungen für Verbindungsmittel sind die Neutrale-Salzsprühnebel Prüfung (NSS) nach DIN EN ISO 9227 und die Kondenswasser-Wechselklima-Prüfung mit schwefeldioxidhaltiger Atmosphäre (Kesternich-Test) nach DIN 50018. Wobei überwiegend die Neutrale-Salzsprühnebel Prüfung bei Verbindungsmittel angewendet wird.

Aufgrund der unterschiedlichen atmosphärischen Bedingungen sind die Ergebnisse der o.g. Prüfungen nicht miteinander vergleichbar. Das bedeutet, dass Beschichtungen mit hoher Salznebelbeständigkeit nicht zwangsläufig eine hohe Beständigkeit im Kesternich-Test aufweisen müssen und umgekehrt. Die Prüfungen werden an unbeschädigten Teilen durchgeführt. Schlagstellen oder Beschädigungen der

Beschichtung, die durch die Verarbeitung der Teile entstehen, werden nicht berücksichtigt. Hierdurch lassen sich anhand der Labortests nur bedingt Rückschlüsse für die praktische Verwendbarkeit ziehen.

Beurteilungskriterium im Baubereich ist in der Regel das erste Auftreten von Rotrost (Grundmetallkorrosion). Je nach angewandtem Prüfverfahren wird die Beständigkeit in Zyklen (Kesternich-Test z.B. 3 Zyklen), oder in Stunden (NSS-Test z.B. 120 h) angegeben. Grundsätzlich gilt, je höher der angegebene Wert, desto höher die Korrosionsbeständigkeit der Beschichtung. Die Ergebnisse der Kurzzeittests sind nicht auf die Praxisanwendungen bzw. auf die Freibewitterung übertragbar. Sie dienen in erste Linie zur Qualitätsüberprüfung der Beschichtungen und zeigen fertigungsbedingte Fehlstellen der Beschichtung auf. Eine Material- /Werkstoffprüfung hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit durch Kurzzeitprüfungen ist gemäß DIN EN ISO 14713 nicht zulässig.



### Kesternich-Test

Prüfung der Schrauben im Kondenswasserprüfgerät



# Normative Grundlagen

Zur fachgerechten Werkstoffauswahl und Beurteilung der Umgebungsbedingungen in Bezug auf die zu erwartende Korrosionsbeanspruchung stehen verschiedene Normen auf europäischer und internationaler Ebene zur Verfügung. Zusätzlich hierzu existieren weitere nationale Regelungen, welche die internationalen Standards ergänzen bzw. Ausnahmen von diesen definieren.

Eine der wichtigsten Normen zur Beurteilung der Umweltbedingungen unter korrosiven Aspekten ist die DIN EN ISO 12944-2. In der Norm werden die Umweltbedingungen in sechs verschiedenen Korrosivitätskategorien unterteilt. Eine Übersicht der Korrosivitätsklassen, sowie Umgebungsbeispiele

sind in Tabelle IV aufgeführt. Unter Berücksichtigung der DIN EN ISO 12944-2 werden unter anderem Aussagen zur Verwendung von nichtrostenden Stählen in den European Assessment Documents (EAD) 330046-01-0602 „Fastening Screws for Metal Memberes and Sheetings“ und 330047-01-0602 „Fastening Screws for Sandwich Panels“ getroffen. In den beiden Bewertungsdokumenten wird der Einsatz von nichtrostenden Stählen für Korrosivitätskategorien  $\geq$  C2 gefordert. Die Dokumente bilden die Prüfgrundlage für alle am Markt befindlichen Europäisch Technischen Bewertungen im Bereich des industriellen Leichtbaus wie beispielsweise die ETA-10/0200 und ETA-13/0177.

Angelehnt an DIN EN ISO 12944-2	Beschreibung	Korrosionslevel
C1	Innenbereich, saubere und trockene Umgebung	sehr gering
C2	Ländliche Umgebung sowie Leichtindustrie und kleinstädtische Gebiete, typischerweise mehr als 500 m Luftlinie von Schwerindustrie und den unten aufgeführten Umwelteinflüssen entfernt	gering
C3	Industriegebiete sowie Gebiete mit belastetem Niederschlag von angrenzendem gekennzeichneten industriellen Umfeld oder Kleinindustrien, die zu deutlicher Belastung führen. Dies gilt auch für milde Meeresgebiete min. 1000 m entfernt von mariner Umgebung, gekennzeichnet durch wahrnehmbaren Salzgeruch.	mittel
C4	Schwerindustrie gekennzeichnet durch hohe Emissionen. Wahrnehmbarer chemischer Geruch, z.B. von Schwefel und Säure. Hierunter fallen Fabrikbauten sowie Gebäude mit gemäßigter innerer Feuchtigkeit und/oder zu erwartender gemäßigter Korrosion aufgrund von technischen sowie chemischen Gegebenheiten. Hierzu gehört auch die Umgebung in Meeresnähe zwischen 100 und 300 m von der Küste entfernt in Richtung Inland	stark
C5 I	Schwerindustrieregionen oder Chemieindustrie, gekennzeichnet durch starke Emissionen aus Schornsteinen sowie starke chemische Gerüche, z.B. Schwefel und Säuren. In der Regel sind hier sehr hohe Korrosionsraten innerhalb und außerhalb des Gebäudes zu erwarten	sehr stark
C5 M	Meeresgebiete, einschließlich Offshore-Anwendungen, sowie jedes Gebäude, welches weniger als 100 m entfernt zu Küsten bzw. der Brandungslinie liegt	sehr stark

Tabelle IV: Korrosionsklassen angelehnt an EN ISO 12944-2



Für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten im Bauwesen kann die DIN EN 1993-1-4 zur Ermittlung der Korrosionsbelastung herangezogen werden. Mit Hilfe der Norm lässt sich der für die Anwendung notwendige Korrosionsbeständigkeitsfaktor CRF bestimmen. Dieser ergibt sich aus der Summe der Werte für die Exposition gegenüber Chloriden aus Salzwasser und Auftausalzen, der Exposition gegenüber Schwefeldioxid und einem Wert für das Reinigungskonzept bzw. das Abwaschen

der Konstruktion durch Regen. In Abhängigkeit der vorhandenen Bedingungen kann der CRF Werte zwischen 1 und  $< -20$  annehmen. Unter Berücksichtigung der DIN EN 1993-1-4 kann dem CRF eine Korrosionsbeständigkeitsklasse CRC zugeordnet werden. Eine Auflistung der möglichen Korrosionsbeständigkeitsklassen und die Zuordnung zu den Korrosionsbeständigkeitsfaktoren ist Tabelle V aufgeführt.

Korrosionsbeständigkeitsfaktor CRF	Korrosionsbeständigkeitsklasse CRC	Werkstoff
1	I	1.4003; ...
$0 \geq \text{CRF} > -7$	II	1.4301; 1.4567, z. B. JT3 / JT4 / JZ3; ...
$-7 \geq \text{CRF} > -15$	III	1.4401; 1.4578, z. B. JT9 / JT6 / Dabo TKE; ...
$-15 \geq \text{CRF} \geq -20$	IV	1.4462; ...
$< -20$	V	1.4529, z. B. JZ1 / JA1; ...

Tabelle V: CRF und CRC mit beispielhaften Werkstoffbezeichnungen

## Werkstoff- und Beschichtungsauswahl in der Praxis

Für die praktische Anwendung ist eine Auslegung der Schraubenverbindung unter Berücksichtigung der Korrosionsanforderungen unausweichlich. Gemäß DIN EN ISO 1993-1-4 muss für Verbindungsmittel, welche im bewitterten Außenbereich eingesetzt werden, mindestens einen Werkstoff der Korrosionsbeständigkeitsklasse II (Edelstähle A2) verwendet werden. In Abhängigkeit der nationalen Vorgaben können hierfür auch Schrauben mit Duplex-Beschichtungen wie beispielsweise EJOGUARD eingesetzt werden.

Neben den Umgebungsbedingungen spielt auch das Reinigungskonzept der Konstruktion und die Materialien der zu befestigenden Bauteile eine Rolle bei der Auswahl des Schraubenwerkstoffs.

In den nachfolgenden Beispielen wird die Werkstoffauswahl für eine Schraube in unterschiedlichen Konstruktionen unter Berücksichtigung der Vorgaben der DIN EN ISO 1993-1-4 beschrieben.

### Merkmale zur Bestimmung des Korrosionsbeständigkeitsfaktors (CRF)

$F_1$  das Risiko der Exposition gegenüber Chloriden aus Salzwasser oder Auftausalzen (Streusalz)

von 1 = Innenräume

bis -15 = sehr hohes Expositionsrisiko

$F_2$  das Risiko der Exposition gegenüber Schwefeldioxid

von 0 = niedriges Expositionsrisiko

bis -10 = hohes Expositionsrisiko

$F_3$  das Reinigungskonzept oder die Exposition gegenüber Abwaschen durch Regen

von 0 = vollständige Exposition gegenüber Abwaschen durch Regen

bis -7 = kein Abwaschen durch Regen oder keine spezifische Reinigung

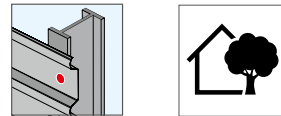
**Beispiel I:** Befestigung eines verzinkten Stahltrapezprofils auf einer Stahlunterkonstruktion im ländlichen Raum. Das Risiko der Exposition gegenüber Salzwasser und Chloriden wird als niedrig eingestuft. Für  $F_1$  wird daher der Wert 0 gewählt. Hinsichtlich der Schwefeldioxidkonzentration ist ebenfalls ein niedriger Wert zu erwarten, somit ergibt sich auch hier der Wert 0. Da die Konstruktion vollständig durch Regen abgewaschen werden kann, wird auch hier der Wert 0 angesetzt.

$$CRF = F_1 + F_2 + F_3 = 0 + 0 + 0 = 0$$

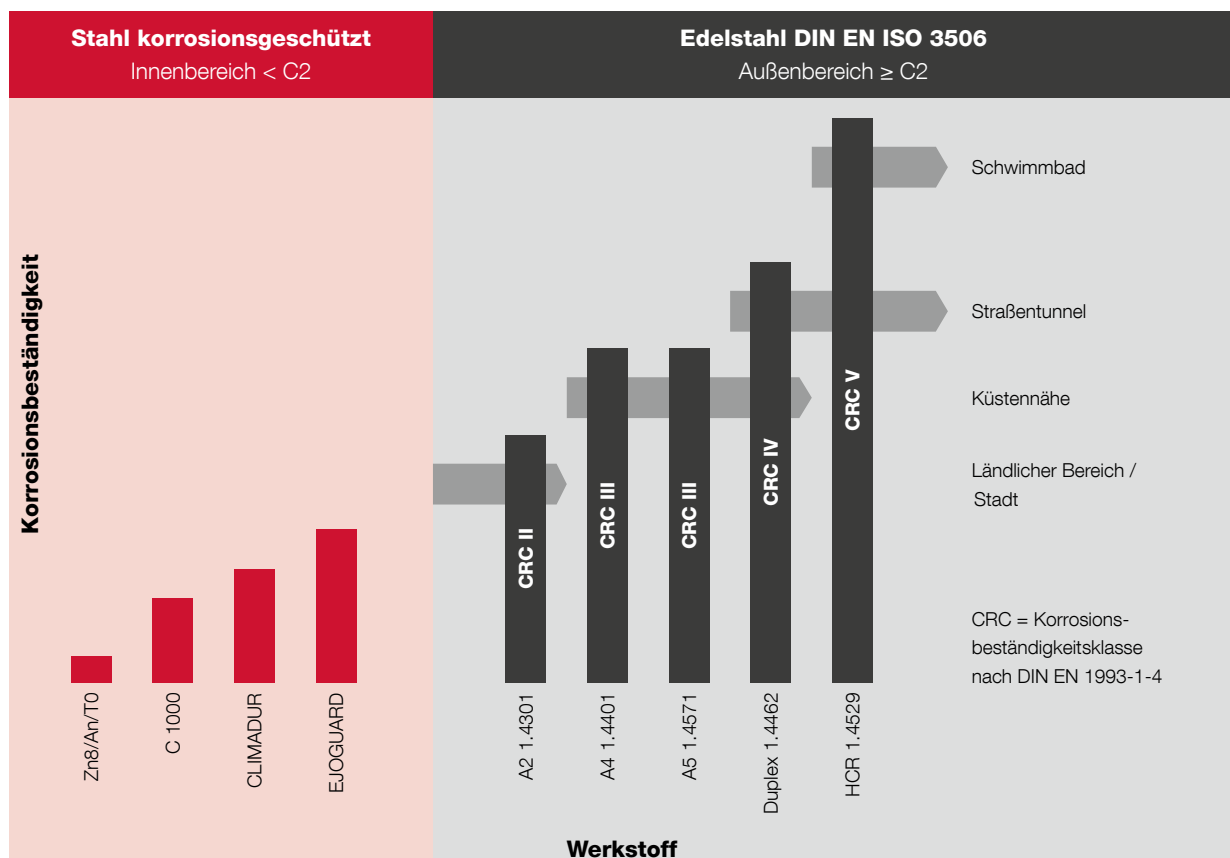
**Beispiel II:** Befestigung eines Edelstahlbauteils in Beton mittels Bolzenanker in einem Straßentunnel, in welchen Auftausalze durch die Fahrzeuge eingebracht werden. Durch die eingebrachten Auftausalze ergibt sich ein hohes Expositionsrisiko durch Chloride. Gemäß DIN EN ISO 1993-1-4 muss für  $F_1$  daher der Wert -10 gewählt werden. Gleichzeitig ist in Straßentunneln eine sehr hohe Exposition durch Schwefeldioxid zu erwarten, sodass für  $F_2$  ebenfalls der Wert -10 angesetzt wird. Liegt für die Konstruktion ein spezifisches Reinigungskonzept kann für  $F_3$  der Wert -2 herangezogen werden.

$$CRF = F_1 + F_2 + F_3 = -10 - 10 - 2 = -22$$

Für einen CRF-Wert von 0 kann gemäß Tabelle V ein Edelstahl der Korrosionsbeständigkeitsklasse CRC II verwendet werden. Die Schraube sollte demnach mindestens aus einem korrosionsbeständigen Edelstahl A2 bestehen. Aufgrund des deutlich kleineren Flächenverhältnisses der Edelstahlschraube gegenüber dem verzinkten Stahltrapezprofil ist für die Verbindung keine Kontaktkorrosion zu erwarten.



Aufgrund des CRF-Wertes von -22 ist für den Bolzenanker ein Werkstoff der Korrosionsbeständigkeitsklasse CRC V zu wählen. In diese Gruppe passen Bolzenanker aus dem austenitischen Edelstahl 1.4529. Da sowohl das zu verbindende Bauteil als auch die Schraube aus Edelstahl sind, sind bezüglich Kontaktkorrosion keine weiteren Maßnahmen zu treffen.



Schematische Werkstoffauswahl für unterschiedliche Umgebungsbedingungen

# Normenverzeichnis

## **DIN 50018**

DIN 50018:2013-05, Prüfung im Kondenswasser-Wechselklima mit schwefel-dioxidhaltiger Atmosphäre

## **DIN EN 1993-1-4**

DIN EN 1993-1-4:2015-10, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln – Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen

## **DIN EN 4042**

DIN EN 4042:2018-11, Verbindungselemente – Galvanisch aufgebrachte Überzugssysteme

## **DIN EN ISO 3506**

DIN EN ISO 3506-1:2010-04, Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 1: Schrauben

## **DIN EN ISO 8044**

DIN EN ISO 8044:2015-12, Korrosion von Metallen und Legierungen – Grundbegriffe

## **DIN EN ISO 9227**

DIN EN ISO 9227:2017-07, Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären – Salzsprühnebelprüfungen

## **DIN EN ISO 10683**

DIN EN ISO 10683:2018-11, Verbindungselemente – Nichtelektrolytisch aufgebrachte Zinklamellenüberzugssysteme

## **DIN EN ISO 12944-2**

DIN EN ISO 12944-2:2018-04, Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen

## **DIN EN ISO 14713**

DIN EN ISO 14713-1:2017-08, Zinküberzüge – Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion – Teil 1: Allgemeine Konstruktionsgrundsätze und Korrosionsbeständigkeit

## **EAD 330046-01-0602**

EOTA, Fastening Screws for Metal Members and Sheetings, 2018

## **EAD 330047-01-0602**

EOTA, Fastening Screws for Sandwich Panels, 2017

## **ETA-10/0200**

EJOT Baubefestigungen GmbH: ETA-10/0200, Befestigungsschrauben für Bauteile und Bleche aus Metall, 2018

## **ETA-13/0177**

EJOT Baubefestigungen GmbH: ETA-13/0177, Befestigungsschrauben für Sandwichelemente, 2018

## **Z-30.3-6**

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei: Z-30.3-6, Erzeugnisse, Bauteile und Verbindungsmittel aus nichtrostenden Stählen, 2018





## Befestigungslösungen für das Baugewerbe

**Mit der Construction Division bedient EJOT ausgewählte Marktsegmente der Baubranche. Hierzu zählen professionelle Anwendungen in der Außenhülle von Gebäuden sowie Verankerungslösungen von technischen Anlagen-Systemen im Gebäudeinneren.**

Das Streben nach hoher Produktqualität ist für EJOT kein Selbstzweck. Vielmehr profitiert der Anwender von unseren Schrauben und Dübeln. Sichere Montage bedeutet damit auch geringe Fehlerkosten für den Kunden. Zudem bieten langlebige Qualitätsverbindungen den besten Schutz vor kostspieligen Reklamationen. Deshalb werden unsere strategischen Produktlinien nach höchsten Qualitätsstandards produziert.

Wir vermitteln unseren Kunden spezielles Fachwissen rund um die Anwendung unserer Produkte. Bei Bedarf stehen wir darüber hinaus mit Rat und Tat in allen Fragen zur Befestigungstechnik zur Seite.

Weitere Serviceleistungen sind telefonische Beratung, anwendungstechnische Betreuung vor Ort, Vorbemessungen, Bauteiluntersuchungen im EJOT Prüfzentrum und mit der EJOT TEC ACADEMY ein umfangreiches Schulungsprogramm für Systemanbieter, Architekten, Planer, Monteure und Verarbeiter.

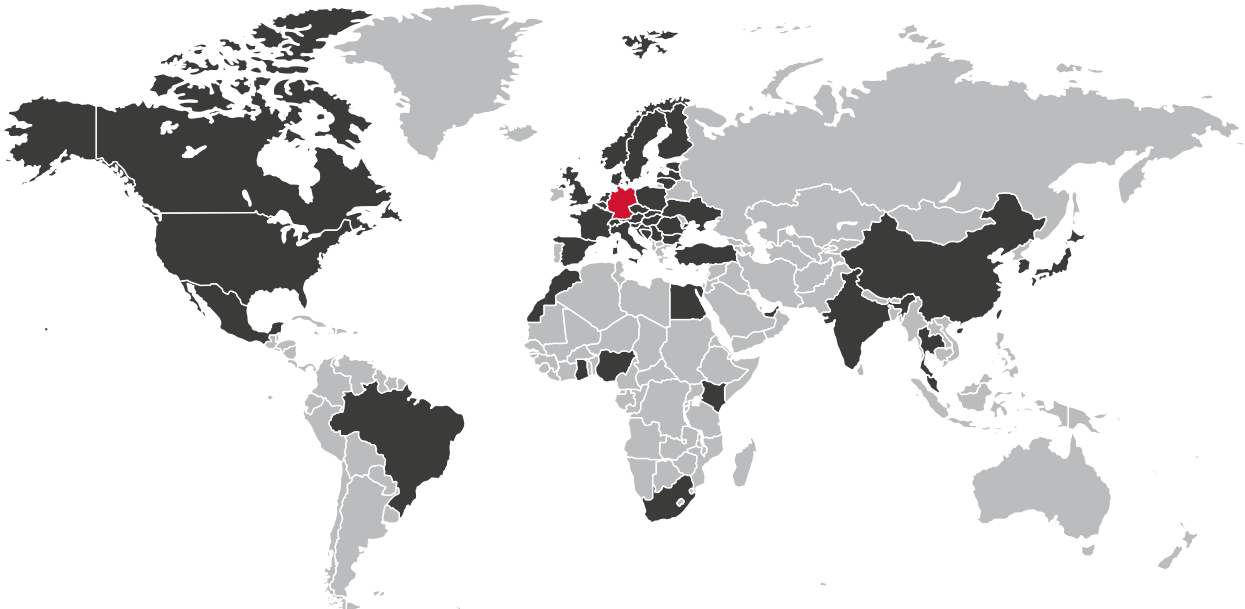
Unser Schlüssel zum Erfolg sind innovative Produkte. Hier überlassen wir nichts dem Zufall. Wir identifizieren die Bedürfnisse unserer Kunden am Ort des Geschehens: auf der Baustelle. Die Kommunikation vom Markt sowie dessen Anforderungen an die Entwicklungsabteilungen werden durch einen regelmäßigen Austausch unserer technischen Experten mit Spezialisten und Anwendern aus der gesamten internationalen Baubranche sichergestellt. Auf diese Weise werden innovative Produktlösungen geschaffen, die einen klaren Mehrwert bieten und für begeisterte Kunden sorgen.



**EJOT Qualität im Internet:**  
[www.ejot.de/quality](http://www.ejot.de/quality)

# Die internationale EJOT® Gruppe

Der Ursprung liegt in Deutschland, die Zukunft in der Welt



## Standorte weltweit

[www.ejot.de/subsidiary\\_selector](http://www.ejot.de/subsidiary_selector)



Finden Sie Ihren Ansprechpartner für alle EJOT Vertriebs- und Produktionsgesellschaften sowie unsere Partner- und Vertriebsbüros – weltweit. Wir freuen uns darauf, von Ihnen zu hören.



**46 Mio.**  
**Schrauben**

In unseren Herstellwerken auf der ganzen Welt produzieren wir täglich bis zu 46 Mio. Artikel für Bau und Industrie.



**36.000**  
**Produkte**

Schrauben, Dübel, Bolzenanker oder komplexe Bauteilgruppen – ca. 36.000 Produkte gehören zum EJOT Portfolio.



**2.100**  
**Patente**

Unsere Ingenieure entwickeln stetig neue Produktlösungen, die durch 2.100 Patente geschützt sind.



**1922**  
**gegründet**

Die Geschichte von EJOT reicht bis in das frühe 20. Jahrhundert zurück.



**4.500**  
**Mitarbeiter**

Mehr als 4.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind täglich für unsere weltweiten Kunden aktiv.

ENGINEERED IN  
**GERMANY**

Der Großteil des EJOT Portfolios wird in Deutschland produziert und von einer eigenen F&E-Abteilung dort entwickelt.



## In vielen Gewerken zu Hause

Die EJOT® Geschäftsfelder im Überblick

**Mit der Construction Division bietet EJOT für die Bereiche Building Fasteners und ETICS Fasteners professionelle Befestigungslösungen für das Baugewerbe an.**

**Bei EJOT erhalten Sie für nahezu jeden Anwendungsfall alles aus einer Hand in gewohnt hoher Produktqualität.**



**Holzbau**

Hochwertige Befestigungstechnik für die Dübel- und Direktmontage im konstruktiven Holzbau

[www.ejot.de/holzbau](http://www.ejot.de/holzbau)

**Industrieller Leichtbau**

Hochwertige Verbindungselemente zur Befestigung von Profiblechen und Sandwichelementen im industriellen Leichtbau

[www.ejot.de/ilb](http://www.ejot.de/ilb)

**Solar**

Befestigungstechnik für Solar- und Photovoltaikanlagen auf Stahltrapezprofil- und Sandwichelementdächern sowie für den Einsatz auf Faserzementdächern

[www.ejot.de/solar](http://www.ejot.de/solar)

**Flachdach**

Befestigungselemente und Montagegeräte zur rationalen Befestigung von Dämmstoffen und Dachabdichtungsbahnen auf Flachdächern und leicht geneigten Dächern

[www.ejot.de/flachdach](http://www.ejot.de/flachdach)

**Vorgehängte Hinterlüftete Fassaden (VHF)**

Komplettes Unterkonstruktionssystem mit Wandkonsolen, Verankerungslösungen, Schrauben und Dämmhaltern

[www.ejot.de/vhf](http://www.ejot.de/vhf)

**Verankerungstechnik**

Spezialprodukte zur mechanischen Verankerung in ungerissenem und gerissenem Beton sowie chemische und somit spreizdruckfreie Produkte für Schwerlastbefestigungen in Beton und Mauerwerk

[www.ejot.de/verankerungstechnik](http://www.ejot.de/verankerungstechnik)

**Fenster- und Glasfassadentechnik**

Hochwertige Verbindungselemente für die Fenster- und Türenmontage und für den Einsatz in Alu-Glasfassadensystemen

[www.ejot.de/fgf](http://www.ejot.de/fgf)

**Innenausbau**

Spezialprodukte zur Befestigung von Spanplatten und zur Befestigung von Anbauteilen in Gipskarton, Mauerwerk oder Beton

[www.ejot.de/innenausbau](http://www.ejot.de/innenausbau)

**Befestigungslösungen für Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS)**

Spezialdübel zur Befestigung von Dämmstoffen in Systemen zur Außenwanddämmung

[www.ejot.de/wdvs-befestigungen](http://www.ejot.de/wdvs-befestigungen)

**Montageelemente für Anbauteile**

Befestigungslösungen zur geplanten und nachträglichen Befestigung von Anbauteilen an WDVS-Fassaden

[www.ejot.de/wdvs-montageelemente](http://www.ejot.de/wdvs-montageelemente)

**Profile für Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS)**

Produkte für die hochwertige Ausbildung von Putzanschlüssen

[www.ejot.de/wdvs-profile](http://www.ejot.de/wdvs-profile)

# Wir engagieren uns

EJOT® ist Mitglied in vielen Fachverbänden und Institutionen



Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden e. V.  
www.fvhf.de



Deutscher Schraubenverband e. V.  
www.schraubenverband.de



Verband Fenster + Fassade  
www.window.de



Fachverband Werkzeugindustrie e. V.  
www.werkzeug.org



ift Rosenheim, Institut für Fenstertechnik e. V.  
www.ift-rosenheim.de



Institut Bauen und Umwelt e. V.  
www.ibu-epd.com



Industrierverband für Bausysteme im Metalleichtbau e. V.  
www.ifbs.de



Global Fastener Alliance®  
www.globalfasteneralliance.com



Warenzeichenverband Edelstahl Rostfrei e.V.  
www.wzv-rostoffrei.de



Verband für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e. V.  
www.vdpm.info



www.ppa-europe.eu



www.mcrma.co.uk



Österreichischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden  
www.oefhf.at



Schweizerischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden  
www.sfhf.ch



Europäischer Fachverband für Wärmedämm-Verbundsysteme  
www.ea-etics.com



ARGE Qualitätsgruppe Wärmedämmsysteme  
www.waermedaemmsysteme.at



Österreichische Arbeitsgemeinschaft Putz  
www.oesp.at



Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.  
www.stifterverband.org



BuGG Bundesverband GebäudeGrün e. V.  
www.gebaeudegruen.info/



## Wir stehen für Nachhaltigkeit

EJOT® Produkte verfügen über Umweltproduktdeklarationen

Umweltschutz und der nachhaltige Umgang mit Ressourcen gehören zu den bedeutendsten Aufgaben der Zukunft. Auch in der Bau- und Immobilienwirtschaft erlangt Nachhaltigkeit heute und in der Zukunft beim Bauen einen immer größeren Stellenwert.

Gebäude werden unter ökologischen Gesichtspunkten wie z. B. Energieeffizienz und Ressourcenverbrauch bewertet. Insbesondere öffentliche Auftraggeber lassen diese Kriterien in die Vergabe von Aufträgen mit einfließen.

EJOT hat als führendes Unternehmen auf dem Gebiet der WDVS-Befestigungen bereits vor einigen Jahren die Thematik aufgenommen und eine Ökobilanzierung durchführen lassen.

Als erster WDVS-Dübelhersteller erhielt EJOT eine Umweltproduktdeklaration (Environmental Product Declaration, EPD) für seine Produkte, und legte damit eine lückenlose und vollständige Dokumentation zur Nachhaltigkeit und Bilanzierung der Umwelteinwirkung seiner Produkte vor.

Es folgten EPDs für Verankerungs- und Befestigungsprodukte aus den Bereichen Flachdach und Vorgehängte Hinterlüftete Fassade. Weiterhin wurde das umfangreiche Portfolio des Industriellen Leichtbaus mit einer EPD bilanziert.



**EJOT Nachhaltigkeit im Internet:**  
[www.ejot.de/bau/nachhaltigkeit-epds](http://www.ejot.de/bau/nachhaltigkeit-epds)





## EJOT® TEC ACADEMY

### Unser Wissen für Ihre Bau-Projekte

Mit der EJOT TEC ACADEMY bieten wir Ihnen regelmäßig verschiedene Schulungsmöglichkeiten an, um Sie zu aktuellen Trends der Baubranche sowie rund um unsere Produkte und deren Anwendungen zu informieren.



Zur EJOT® TEC ACADEMY:  
[www.ejot.de/tec-academy](http://www.ejot.de/tec-academy)

### Audio-Podcast

#### EJOT® TEC ACADEMY Podcast



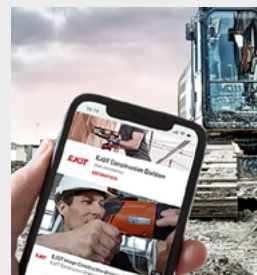
In unserem EJOT TEC ACADEMY Podcast erfahren Sie mehr zu Trends und Themen der Baubranche und den damit verbundenen Befestigungslösungen – und das technisch fundiert und am Puls der Branche.



Jetzt anhören!

### YouTube-Kanal

#### EJOT® Construction Division



Auf unserem YouTube Kanal finden Sie eine Vielzahl an Videos mit Produktvorstellungen, Montageanleitungen und Tipps aus der Welt der Befestigungstechnik.



Jetzt reinschauen!

### Fachwissen im Bau-Blog

Unterhaltsam und informativ – der Bau-Blog auf unserer Webseite bietet Ihnen interessante Ratgeberserien und nützliche Tipps zu verschiedensten Themen der Befestigungstechnik. Und das zeitlich und räumlich unabhängig ganz einfach digital.

Die Inhalte sind vielseitig, von Ratgeberserien zur Vorhängten Hinterlüfteten Fassade, zur Verankerungstechnik oder der Planung und Erstellung eines

Flachdachs bis hin zu Beiträgen zum Thema Korrosion, dem Einsatz von Bohrschrauben und vielem mehr.

Regelmäßig reinklicken lohnt sich, denn es kommen immer neue, spannende Beiträge hinzu.



Zum Bau-Blog:  
[www.ejot.de/blog](http://www.ejot.de/blog)

# EJOT® TEC ACADEMY im Detail

## Grundlagenseminare

In unserem TEC CENTER bieten wir Grundlagenseminare zu verschiedenen Themengebieten an. Die Seminare richten sich an Architekten, Planer, den Fachhandel und das Handwerk und sind in unterschiedliche Module gegliedert.

### Ihr Mehrwert

- > Kompetenzaufbau in der Verbindungs- und Befestigungstechnik
- > Kenntnisse über Rahmenbedingungen unter deutschem Baurecht
- > Sicherheit in der Produktauswahl je Anwendungsfall anhand zulassungskonformer Richtlinien
- > Sicherheit in der praktischen Anwendung

## Online-Seminare

Als Ergänzung zu den Präsenzveranstaltungen im TEC CENTER bieten wir Ihnen ein breites Angebot an digitalen Möglichkeiten, um sich flexibel aus dem Home-Office oder Büro weiterzubilden und Ihr Fachwissen auszubauen.

### Technische Details

- > Für unsere kostenlosen Online-Seminare nutzen wir das Tool Microsoft Teams.
- > Über eine Chat-Funktion können Sie während des Seminars jederzeit Fragen stellen.

## Fokustage

Innovative Themen, zahlreiche Impulse, unterschiedliche Perspektiven – alles an einem Tag. In diesem neuen Format stehen zukünftige Anforderungen im Bauwesen im Fokus. Gemeinsam mit verschiedenen Experten der Baubranche tauschen Sie sich zu neuen Trends, Entwicklungen und Regelwerken im Rahmen von Präsenzveranstaltungen in unserem TEC CENTER aus.

### Anwendungsbereiche

- > Industrieller Leichtbau
- > Flachdach
- > Verankerung
- > Vorgehängte Hinterlüftete Fassade
- > Solar
- > Holzbau

### Termine

Aktuelle Termine kündigen wir per Newsletter sowie auf unserer TEC ACADEMY Seite im Internet an.

### Termine

Aktuelle Termine kündigen wir per Newsletter sowie auf unserer TEC ACADEMY Seite im Internet an. Nach Ihrer Anmeldung schicken wir Ihnen eine Bestätigungsmail mit den Zugangsdaten für die entsprechende Online-Seminare.

### Ihr Mehrwert

- > Direkter Austausch und Zugang zu Experten der Branche.
- > Einblicke in das Nachhaltigkeitskonzept des TEC CENTERS

### Termine

Unsere neuen Fokustage kündigen wir per Newsletter sowie auf unserer TEC ACADEMY Seite im Internet an. Nach Ihrer Anmeldung schicken wir Ihnen eine Bestätigungsmail zur Teilnahme.



**EJOT SE & Co. KG**

**Market Unit Construction**

In der Stockwiese 35

57334 Bad Laasphe

T +49 2752 908-0

F +49 2752 908-731

[bau@ejot.com](mailto:bau@ejot.com)

[www.ejot.de/bau](http://www.ejot.de/bau)