EN 1090-2

4. TEIL SCHWERPUNKTTHEMEN



ÖSTERREICHISCHER STAHLBAUVERBAND

EN 1090-2: 2012 01 01

Schwerpunktthemen

1. AUSGABE 2015

Inhalt - EN 1090-2: 4. Teil - Schwerpunkthemen

A) Au	istunrungsunterlagen und Dokumentation		
	be	i der Ausführung von Stahltragwerken	Seite	(
	1	Ausführungsunterlagen (Ausführungsspezifikation)	Seite	•
	2	Qualitätsdokumentation bzw. Qualitätsmanagementplan	Seite	7
	2.1	Qualitätsdokumentation	Seite	8
	2.2	Qualitätsmanagementplan	Seite	9
	3	Ausführungsdokumentation ("Ausführungsbelege")	Seite	10
	4	Vorschriften zur Arbeitssicherheit	Seite	11
		Übersicht	Seite	12
В) Sc	hweißen im Stahlbau und seine Qualitätskontrolle	Seite	13
	1	Einleitung	Seite	13
	2	Herstellerqualifikation und Konformitätskennzeichnung	Seite	14
	3	Qualitätsanforderungen für die Durchführung von Schweißarbeiten	Seite	14
	4	Regelablauf bei der Durchführung von Schweißarbeiten	Seite	16
	5	Abnahmekriterien und Schweißnahtprüfung	Seite	17
C) Sc	hraubenverbindungen im Stahlbau & ihre Qualitätskontrolle	Seite	22
	1	Einleitung	Seite	22
	2	Einsetzbare Schrauben, Schraubengarnituren	Seite	23
	3	Zweck des Vorspannens, Vorspannkraftniveau	Seite	2
	4	Vorspannverhalten von Schraubenverbindungen	Seite	26
	5	Vorspannverfahren gemäß ÖNORM EN 1090-2 und		
		ÖNORM B 1993-1-8	Seite	29
	6	Kontrolle planmäßig vorgespannter Schraubenverbindungen	Seite	30
D) Rü	ickverfolgbarkeit bzw. Identifizierbarkeit der		
	Ko	nstruktionsmaterialien von Stahlbauteilen	Seite	36
	1	Grundsätze	Seite	36
	2	Erforderlichkeit der Rückverfolgbarkeit	Seite	36
	3	Art der Prüfbescheinigungen	Seite	37
	4	Maßnahmen für die Rückverfolgbarkeit in EXC3 und EXC4	Seite	37
	5	Maßnahmen für die Rückverfolgbarkeit in EXC2	Seite	39
	6	Maßnahmen für die Rückverfolgbarkeit in EXC1	Seite	39
E)	Ko	orrosionsschutz im Stahlbau und seine Qualitätskontrolle	Seite	40
	1	Einleitung	Seite	40
	2	Wann ist kein Korrosionsschutz erforderlich?	Seite	4
	3	Oberflächenbehandlung (Kapitel 10 der EN 1090-2)	Seite	4
	4	Korrosionsschutz (Anhang F der EN 1090-2)	Seite	46
	5	Kontrolle und Überprüfung	Seite	47
	Sch	nwerpunkthema Korrosionsschutz aus		
	O:E	REACHMACAZINI EÜID BALIDECHT & TECHNIK	Coito	

A) Ausführungsunterlagen und Dokumentation bei der Ausführung von Stahltragwerken

Die EN 1090-2 enthält Vorgaben, wie die schriftliche Dokumentation der Ausführung von Stahltragwerken zu erfolgen hat, und zwar beginnend bei der Spezifikation im Rahmen der Ausschreibung über die qualitätssichernden Maßnahmen bis zu den Belegen über die Qualitätssicherung. (.....)

Dabei ist zu beachten, dass Teile dieser Dokumentation im Rahmen der WPK betriebsintern erfolgen und dort auch archiviert werden und andere Teile – entsprechend vorher getroffener Vereinbarungen – an den Auftraggeber übergeben werden.

Im Folgenden werden diese Dokumentationen näher beschrieben. Dabei werden die in der EN1090-2 verwendeten Begriffsbezeichnungen – wo zum besseren Verständnis erforderlich- durch gebräuchlichere Begriffe ergänzt; letztere werden dort unter Anführungszeichen gesetzt.

1 Ausführungsunterlagen ("Ausführungsspezifikation")

Begriff:

Der in EN1090-2 gewählte Begriff *Ausführungsunterlagen* subsummiert sämtliche spezifizierenden Unterlagen, welche alle an der Ausführung Mitwirkenden mit den erforderlichen Informationen versehen müssen. Es kommt dies durch den üblichen Begriff *Ausführungsspezifikation* deutlicher zum Ausdruck.

Diese Unterlagen unterteilen sich in:

Bauwerksspezifikation und Bauteilspezifikation

ANM: Für "Bauwerksspezifikation" wird in der EN 1090-2 "Montageanweisung" verwendet

Inhalte der Ausführungsspezifikation

Die zentrale Form der Ausführungsspezifikation sind im Stahlbau die **Ausführungs- zeichnungen**, die sich in Werkstattzeichnungen und Übersichtszeichnungen untergliedern und durch Zusatzangaben ergänzt werden können.

Bauwerksspezifikation

Übersichtszeichnungen und Montagepläne

mit allen Spezifikationen für die Bauwerkserstellung:

- Lagerung auf der Baustelle
- Angaben der Montagefolge und der Vorspannvorgänge
- Art der Montagestöße (geschraubt / vorgespannt oder geschweißt)
- Montagetoleranzen Klasse1/2(Anhang D) oder andere
- Angabe der Montagehilfskonstruktionen
- Angabe des Korrosionsschutzsystems

Bauteilspezifikation

Werkstattzeichnungen

mit Stücklisten und

Angabe der Konstruktionsmaterialien und mit allen Spezifikationen für die Bauteilfertigung:

- Ausführungsklassen EXC1-EXC4
- Herstelltoleranzen Klasse1/2 (Anhang D) oder andere
- Vorbereitungsgrade P1- P3
- Zusatzangaben von Anhang A.1
- Auswahlangaben von Anhang A.2

 Die Zusatzangaben und Auswahlmöglichkeiten, die in den Tabellen A.1 und A.2 aufgelistet sind, sollten primär als Checklisten für den Planer zur Erstellung der Leistungsspezifikation verstanden werden, - für den Fall, dass besondere Materialien zum Einsatz kommen oder spezielle Anforderungen (z.B. wegen des optischen Erscheinungsbildes oder besonderer Einsatzbedingungen) einzuhalten sind.

- Für Normalfälle sind die in der Norm getroffenen Festlegungen ausreichend, um die erforderliche Ausführungsqualität zu gewährleisten.
- Die Anforderungen an die Ausführung, die von der Ausführungsklasse abhängen, sind in Anhang A.3 tabellarisch aufgelistet. Die Angabe der EXC kann entweder einheitlich für das gesamte Tragwerk oder differenziert für die einzelnen Bauteile oder Details des Tragwerks erfolgen. Wenn keine Angabe erfolgt, gilt EXC2 als Mindestanforderung.
- Bei den Vorbereitungsgraden handelt es sich um die Beurteilung der sichtbaren Unregelmäßigkeiten an der Oberfläche oder an Kanten der Stahlbauteile, die für das Auftragen von Beschichtungen vorzubereiten sind (nicht um die Vorbereitungsmaßnahmen selbst). Erfolgt keine Angabe des Vorbereitungsgrades, gilt P1 als Mindestanforderung.
- Die geometrischen Toleranzen umfassen "grundlegende Toleranzen", die verbindlich einzuhalten sind und eigentlich nicht gesondert spezifiziert werden müssen, und "ergänzende Toleranzen", die wählbar sind. Entweder nach Klasse 1(weniger streng) oder 2 (strenger) in der EN 1090-2 oder alternativ nach anderen Regelungen. Wenn keine Angabe erfolgt, gilt als Mindestanforderung die Toleranzklasse 1.

Wer erstellt diese Spezifikation?

Die Ausführungsspezifikation erfolgt primär durch den Planer. Die Werkstattpläne können auch vom Ausführenden oder vom Fertigungsbetrieb erstellt werden. Dann hat sie der Planer, falls vertraglich vereinbart, zu überprüfen und freizugeben. Werden dem Fertigungsbetrieb die Werkstattpläne beigestellt, muss er sie seinerseits auf Machbarkeit überprüfen. Werden vom Ausführenden Änderungen vorgenommen, erfordert dies wiederum das Einverständnis des Planers.

Wann muss sie vorliegen?

Die Ausführungsspezifikation muss in den wesentlichen Teilen bei der Ausschreibung vorliegen, um durch Offenlegung der wesentlichen Anforderungen ein verbindliches Angebot zu ermöglichen. Die ausführungsreifen Werkstattzeichnungen und Montagepläne müssen dann vor den entsprechenden Bearbeitungsschritten vorliegen.

2 Qualitätsdokumentation bzw. Qualitätsmanagementplan

Begriffe:

Qualitätsdokumentation und Qualitätsmanagementplan umfassen beide die für die qualitätsgerechte Durchführung der Ausführungsarbeiten erforderlichen vorbereitenden Maßnahmen, wie Vorkehrungen für die Organisation und die Anweisungen für die durchzuführenden Arbeitsprozesse, d.h. Vorkehrungen vor Beginn der Ausführungsarbeiten.

Die Qualitätsdokumentation ist als Vorstufe quasi ein "kleiner Qualitätsmanagementplan".

Beide Begriffe fallen nach EN 1090-2 unter den Überbegriff "Herstellerdokumentation", der darüber hinaus aber auch noch die beweissichernde Ausführungsdokumentation und die Vorschriften für die Arbeitssicherheit umfasst.

Die qualitätssichernden Maßnahmen unterteilen sich in Vorkehrungen und Anweisungen für die Durchführung von Arbeitsprozessen (z.B. Schweiß- bzw. Schraubanweisungen), die im Rahmen der WPK –quasi projektunabhängig- geregelt sind, und in solche die projekt-bezogen erstellt werden (z.B. Kontroll- und Prüfpläne, Schweißpläne). In ersteren Fällen kann die Qualitätsdokumentation auf die WPK verweisen, im zweiten Fall können "Musterpläne" erstellt werden, die dann projektspezifisch auf den jeweiligen Anwendungsfall adaptiert werden. Solche Musterpläne sind in den vorliegenden Anwendungshilfen beispielhaft beigelegt. Beispielhaft bedeutet, dass sie natürlich von firmenspezifischen Usancen und Denkweisen und von Besonderheiten der Ausführungsaufgabe mit beeinflusst sind und daher keine starren Vorlagen darstellen.

1. AUSGABE 2015

2.1 Qualitätsdokumentation

 Es handelt sich hier um betriebsinterne Unterlagen, die zur Qualitätssicherung des Arbeitsprozesses verwendet werden und von den Ausführungsbelegen (auch Ausführungsdokumentation genannt) in Abschnitt 3 zu unterscheiden sind.

Erfordernis einer Qualitätsdokumentation:

Gemäß EN1090-2 ist eine Qualitätsdokumentation nur in den EXC2, EXC3 und EXC4 obligatorisch.

Erfordernis:	EXC1	EXC2 bis EXC4
Qualitätsdokumentation	keine	ja

Inhalte der Qualitätsdokumentation:

Organigramm des zuständigen Personals:

mit Zuordnung der Aufgaben und Befugnisse bei der Durchführung des Projekts

Arbeitsprozesse und Arbeitsanweisungen:

im Fertigungsbetrieb großteils aus WPK entnehmbar, im Montagebetrieb (er hat keine WPK!) Arbeitsanweisung aus QM-Handbuch entnehmbar

- Kontroll- und Prüfplan:
 - Kontrolle durch wen, welche Stellen, wann, welche Prüfung,
 - Prüfmethodik, Prüfumfang, Qualitätsanforderungen, Abnahmekriterien, Art der Protokollierung,
- Vorgehensweise bei Abänderungen:

Prüfung und Freigabe bei Änderungen der Werkstattpläne oder der Montagepläne durch den Planer und entsprechende Dokumentation

- Vorgehensweise bei Nichtkonformitäten, bei Reklamationen oder Streitigkeiten: inklusive der Angabe möglicher Korrekturmaßnahmen
- Angabe der Produktionsstopps, Zwischenprüfungen, Aufsichtsorgane der Kontrollen und der Zugänglichkeiten zum Ort der Kontrollen
- Projektspezifisch sind von den obigen Maßnahmen abgesehen vom Organigramm, das hier nicht besonders besprochen wird, in der Regel nur ein Schweißplan und ein Kontroll-und Prüfplan sowie die Angabe von Produktionsstopps, Zwischenprüfungen etc., die jedoch im Kontroll-und Prüfplan inkludierbar sind.
- Die übrigen Maßnahmen sind in der Regel im Betrieb in der WPK oder im QM-Handbuch dokumentiert.
- Die Unterscheidung in einen "Kontrollplan" und in einen "Prüfplan" wird unabhängig von der methodischen Unterscheidung von Kontrolle und Prüfen weder in der Norm, noch in der Praxis klar geregelt, noch ist dies erforderlich. Es wird hier der -auch in Norm verwendete- Begriff "Kontroll- und Prüfplan" beibehalten, um die uneinheitliche Verwendung der beiden Begriffe zu entschärfen. Teile davon, wie Prüfmethodik, Prüfverfahren bzw. die detaillierten Anweisungen hiezu werden im Rahmen der WPK geregelt.

• Wer erstellt die Qualitätsdokumentation?

Die Qualitätsdokumentation wird von Seiten der Ausführenden erstellt. Für den Bereich der Fertigung ist der Fertigungsbetrieb mit seiner WPK zuständig. Für den Montagebereich wird die Qualitätsstelle dieses Betriebes zuständig.

Es wird empfohlen den Kontroll-und Prüfplan vor Beginn der Ausführung dem Auftraggeber zur Information zur Verfügung zu stellen.

Wann muss sie vorliegen?

Die Qualitätsdokumentation muss zum wesentlichen Teil im Vorfeld der Ausführung vorliegen. Spätestens muss sie vor dem betroffenen Fertigungsschritt vorliegen. Das generelle "Prüfkonzept" (vor allem der Prüfumfang bei der Schweißnahtprüfung) gehört jedoch bereits in die Ausführungsspezifikation, da es ja eine Grundlage der Kalkulation darstellt.

2.2 Qualitätsmanagementplan

Erfordernis eines Qualitätsmanagementplans:

Gemäß EN1090-2 ist ein Qualitätsmanagementplan nicht verpflichtend, er kann jedoch optional über den Anhang A.2 vorgeschrieben werden. Sinnvoll ist er nur bei sehr komplexen Bauaufgaben, wie z.B. bei internationalen Projekten mit unterschiedlichen Qualitätssicherungssystemen, die in ein Konzept zusammenzuführen sind.

• Inhalte des Qualitätsmanagementplans:

- Allgemeines Managementdokument:
 - Spezifikationsbewertung: im Sinne der Überprüfung der Produktionsmöglichkeiten,
 - Organigramm des zuständigen Personals: Zuordnung der Aufgaben, der Befugnisse und der Verantwortlichkeiten,
 - Organisatorische Regelung der Kontrollen mit Zuordnung der Aufgaben für jede Kontrollaufgabe,

Qualitätsdokumentation:

- Inhalte wie oben in Abschnitt 2.1 angeführt,
- sowie Vorkehrungen für die Vorgehensweise bei Zwischenabnahmen und Prüfstopps,

Ausführungsbelege:

Unter "Ausführungsbelege" ist hier (etwas missverständlich) die Festlegung –vor Beginn der Arbeiten – der später vorzulegenden Ausführungsbelege gemeint und nicht die Belege selbst, die ja erst im Zuge der Ausführung verfügbar werden und in die "Ausführungsdokumentation" gehören.

- Es sind dies: der Umfang der vorzulegenden Prüfbescheinigungen für Konstruktionsmaterialien und der vorzulegenden Dokumentation der Ausführungskontrollen (Prüfungen, Vermessungen etc.) und weiters die Vorkehrungen und Kriterien für die Abnahme (Übergabe),
- "Ausführungsbelege", die bereits vor der Ausführung vorliegen, betreffen: Die Bescheinigungen für die Qualifizierung des schweißtechnischen Personals sowie des Personals für die zerstörungsfreien Prüfungen, Die Zertifikate und Prüfbescheinigungen der verwendeten Produktionsmittel, Ausrüstungen, Vorspanngeräte für Schrauben u.dgl.
- Die Organigramme und die Qualitätsdokumentation entsprechen dem Grunde nach den unter 2.1 gemachten Aussagen.
- Die unter "Ausführungsbelege" angeführten Angaben zum <u>Umfang</u> der vorzulegenden Ausführungsbelege werden in der Regel bereits im Kontroll-und Prüfplan definiert sein. Die Ausführungsbelege, die vor Beginn der Ausführung vorliegen, beziehen sich auf Bescheinigungen innerhalb der WPK, und können im Verweis-Wege angeführt werden.

-Die Normenforderung nach einem QM-Plan wird erfüllt durch den Nachweis der Zertifizierung des Herstellerbetriebes nach EN 1090-1, da die oben geforderten Dokumente betriebsspezifisch, d.h. in der WPK vorliegen.

Wann und vom wem ist der QM-Plan zu erstellen?
 Es gilt das unter 2.1 Gesagte sinngemäß.

3 Ausführungsdokumentation ("Ausführungsbelege")

Begriff:

Unter Ausführungsdokumentation sind die beweissichernden Belege zu verstehen, die im Beuth-Kommentar auch als *Nachweisunterlagen* bezeichnet werden und das Ergebnis der eigentlichen Qualitätssicherung (dass die Stahlkonstruktion der Ausführungsspezifikation entspricht) darstellen. In EN 1090-2 wird dafür auch der Begriff *Ausführungsbelege* verwendet.

Erfordernis einer Ausführungsdokumentation:
 Gemäß EN1090-2 ist eine Ausführungsdokumentation in allen Ausführungsklassen (sog. EXC-es) obligatorisch, d.h. auch in EXC1.

• Inhalte der Ausführungsdokumentation:

Es sind dies folgende Belege – falls zutreffend bzw. vertraglich vereinbart:

- Prüfbescheinigungen der Konstruktionsmaterialien (Baustähle, Schweißzusätze, Schrauben, Vergussmaterial)
- Belege über die Rückverfolgbarkeit von Konstruktionsmaterialien bis zum Bauteil im fertigen Tragwerk, falls in der betreffenden EXC erforderlich,
- Prüfberichte (Schweißen, Schraubverbindungen),
- Aufzeichnungen über Einhaltung der Maß- und Formtoleranzen,
- Bericht über die Vermessungsergebnisse nach der Montage,
- Prüfbericht über den Korrosionsschutz.
- Aufzeichnungen über die durchgeführten Maßnahmen bei Nichtkonformitäten,
- Aufzeichnungen über genehmigte Abweichungen und Korrekturmaßnahmen,
- Aufzeichnungen über vereinbarte Änderungen und falls vertraglich vereinbart -deren Darstellung in As-Built- Plänen,
- Berichte über die Ergebnisse der Zwischenabnahmen und Prüfstopps,
- Bescheinigung der Fertigstellung für die Übergabe,
- Übergabebericht und getroffene Vereinbarungen über nachträgliche Maßnahmen.
- Der Umfang und die Form der Berichte werden abhängig von der Ausführungsklasse unterschiedlich sein.
- Während bei niederen Ausführungsklassen verschiedene Kontrollberichte, z.B. solche von Vermessungen in Form von Herstellererklärungen formuliert werden können, werden es bei höheren Klassen Protokolle durchgeführter Vermessungen sein.
- Wie bereits oben erwähnt können die dem Auftraggeber zu übergebenden Ausführungsbelege im Rahmen des Kontroll- und Prüfplans definiert werden. Dies ist zweckmäßig wegen der im Kontroll- und Prüfplan gegebenen organisatorischen Systematik.

• Wer erstellt die Ausführungsdokumentation?

Die Ausführungsdokumentation wird von Seiten der am Projekt mitwirkenden Ausführenden erstellt.

Wann muss sie vorliegen?

Die Erstellung der Ausführungsdokumentation erfolgt in der Regel schrittweise im Zuge des Ausführungsprozesses. Der Zeitpunkt der Vorlage der einzelnen Teile an den Vertreter des Auftraggebers ist je nach Größe des Projekts vertraglich zu regeln.

4 Vorschriften zur Arbeitssicherheit

Für diese Vorschriften bestehen nationale Regelungen in Form der Unfallverhütungsvorschriften bzw. der Vorschriften für die Arbeitssicherheit in Fertigungsbetrieben und für Montagearbeiten. Hiezu wird auf die Publikationen des AUVA bzw. der Arbeitsinspektorate verwiesen.

SCHLUSSANMERKUNG

Zum besseren Verständnis des oben beschriebenen umfangreichen Dokumentationsvorgangs gemäß den Bestimmungen der EN 1090-2 sollte noch bedacht werden, dass neben den an den Bauherrn zu übergebenden Ausführungsunterlagen noch umfangreiche interne Kontrollen durch die werkseigene Produktionskontrolle erfolgen, die in regelmäßigen Abständen per Audit überprüft werden. Insofern sollte bei über den normenmäßigen Umfang hinausgehenden Wünschen der Maßstab gelten, dies "nur so viel wie unbedingt nötig und nicht so viel wie möglich" auszuweiten.

ANHANG: ÜBERSICHT ÜBER DIE DOKUMENTATION

ÜBERSICHT

Ausführungsunterlagen und Dokumentation von Stahltragwerken*

spezifizierende Unterlagen

Ausführungsspezifikation ("Ausführungsunterlagen")

Bauwerkspezifikation Bauteilspezifikation

zu erstellen: vom Planer und vom Ausführenden

Zeitpunkt: teils bei Ausschreibung teils vor Beginn der Ausführungsarbeiten

• qualitätssichernde Unterlagen

"Qualitätsmanagementplan" bzw. "Qualitätsdokumentation"

zu erstellen: vom Ausführenden Zeitpunkt: vor Beginn der Fertigung

beweissichernde Unterlagen

"Ausführungsdokumentation" (Ausführungsbelege)

zu erstellen: vom Ausführenden

Zeitpunkt: vor Beginn der Montagearbeiten

"Herstellerdokumentation" = qualitätssichernde + beweissichernde Unterlagen + Vorschriften zur Arbeitssicherheit

^{*}Referenz: Beuth-Kommentar "Ausführung von Stahlbauten" Prof.H.Schmidt et al.(2012)

B) Schweißen im Stahlbau und seine Qualitätskontrolle

1 Einleitung

 Die Herstellung und Qualitätskontrolle von Schweißverbindungen bzw. von geschweißten Stahlkonstruktionen ist und war seit je her das Kernthema der Qualitätssicherung für die Ausführungsarbeiten in Stahlbaubetrieben. Es hat dies dazu geführt, dass schon früh Qualifikationsanforderungen an Betriebe gestellt und überwacht wurden, in denen Schweißarbeiten durchgeführt wurden. Der Nachweis der Qualifikation ("Herstellerqualifikation" genannt) wurde sogar als Voraussetzung für die Auftragsvergabe an die Betriebe gefordert.

Neben der Qualifizierung des Schweißbetriebes, geregelt in verschiedenen internationalen und nationalen Normen, standen die produktspezifischen, d.h. bauwerksbezogenen Vorschriften an die Ausführung und Kontrolle in den jeweiligen nationalen Stahlbaunormen.

Die neuen Regelungen der EN 1090 beinhalten nun beides, die Qualifizierung des Betriebes im ersten Teil - der EN1090-1- und die produktspezifischen Ausführungsregeln und Kontrollmaßnahmen im zweiten Teil – der EN 1090-2.

- In Österreich war früher die betriebliche Qualifikation durch die ÖNORM M7812 "Sicherung der Güte von Schweißarbeiten, Anforderungen an Betriebe, in denen Schweißarbeiten nach Güteklassen durchgeführt werden" und parallel dazu die ÖNORM EN 729, Teile 1-4 "Schweißtechnische Qualitätsanforderungen, Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe" geregelt.
 - In Deutschland erfolgte in der DIN 18800-7 der Nachweis im Wege der "Eignungsnachweise" (kleiner und großer Eignungsnachweis) und dann später durch die "Herstellerqualifikation" (Klassen A bis E in Abstimmung mit EN 729, die heute von der EN ISO 3834 abgelöst wurde).
- Für die Ausführung von Schweißarbeiten besteht ein hoch entwickelter Qualitätssicherungsprozess, der inzwischen bereits weltweit in ISO- Normen geregelt wird. Es kann daher bei Planern oder Bauherrnvertretern, die nur sporadisch mit diesem Gebiet in Berührung kommen, bei Einzelbeurteilungen zu erheblichen Missverständnissen kommen, da die Schweißtechnik ein eigenes umfangreiches Fachgebiet auf hohem spezifischen Wissensstand darstellt, das eigene Fachausbildungen, wie Schweißaufsichtspersonen, z.B. Schweißtechnologen, Scheißnahtprüfer u.a. umfasst. Es handelt sich hier also um ein Aufgabengebiet, das ein hohes Maß an Spezialkenntnissen und Erfahrung erforderlich macht.
- Zudem ist anzuführen, dass der teils industrielle, teils handwerkliche Prozess der Schweißens die klare Festlegung der durchzuführenden Qualitätskontrolle und der vorzulegenden Nachweisdokumentation falls sie über den normengemäß festgelegten Umfang hinausgehen bereits vor der Auftragsvergabe voraussetzt. Dies nämlich deshalb, da die Durchführung der eigentlichen Prüfmaßnahmen, der Kontrollen und deren Dokumentation einen erheblichen zeitlichen und kostenmäßigen Aufwand erfordern kann, sodass die zusätzlichen Anforderungen dem Hersteller bekannt sein müssen. Dieses Verständnis ist für ein reibungsloses Verhältnis zwischen Auftraggeber und Hersteller von großer Bedeutung. Dazu ist aber noch ergänzend anzuführen, dass im Regelfall solche Zusatzanforderungen nicht erforderlich sind.

2 Herstellerqualifikation und Konformitätskennzeichnung

- Die EN 1090-1 "Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile" enthält die Anforderungen, die ein Herstellungs- bzw. Fertigungsbetrieb zu erfüllen hat, um die Konformität der im Werk hergestellten tragenden Bauteile mit den hierfür geltenden EN-Normen zu erzielen und nachzuweisen. Der Konformitätsnachweis stellt die Grundlage für die CE-Kennzeichnung dar.
 - Als Nachteil ist anzusehen, dass die EN 1090-1 nur den Konformitätsnachweis für die Werksfertigung umfasst, aber für die Zertifizierung der Betriebe, die CE-gekennzeichnete Bauteile auf der Baustelle zusammenbauen, keinerlei Anforderungen enthält. Für "Schweißen auf der Baustelle" stellt dies gegebenenfalls eine gravierende Lücke dar (siehe hiezu auch [1]).
- Im Rahmen der Konformitätsbewertung müssen die Hersteller von Stahlbauteilen die Konformität (Übereinstimmung) ihrer Produkte mit den technischen Anforderungen der EN 1090-1 bewerten. Dazu müssen sie
 - (1) eine Erstprüfung ihrer gefertigten Bauteile durchführen und
 - (2) eine <u>werkseigene Produktionskontrolle</u> (WPK) einrichten, durch welche eine kontinuierliche Überwachung der Konformität sichergestellt werden kann. Diese WPK muss durch eine notifizierte Stelle erst zertifiziert werden und je nach Ausführungsklasse in regelmäßigen Intervallen überwacht werden.
 - Zweck der Erstprüfung ist werksintern am erstgefertigten Bauteil zu überprüfen, ob die verwendeten Fertigungsprozesse grundsätzlich geeignet sind, die vorgesehenen weiteren Produkte normengerecht –nach EN 1090-2 herzustellen.
 - Die WPK ist die Eigenüberwachung des Herstellers, mit der sichergestellt wird, dass die gestellten Anforderungen in der laufenden Fertigung erfüllt werden.
- Im Rahmen des Zertifizierungsverfahrens der WPK für den Schweißbetrieb muss die Eignung des Betriebes zur fachgerechten Herstellung geschweißter Bauteile nach EN ISO 3834 und die Erfüllung der schweißtechnischen Anforderungen an die WPK in der EN 1090-1 nachgewiesen werden. Es erfolgt dies in Abstimmung der EN ISO 3834 an die Ausführungsklassen (EXC) der EN 1090-2 (Bild 1) und schließt damit den Kreis zur früheren Herstellergualifikation.

EXC1	EXC2	EXC3 und 4
Elementare Qualitätsanforderungen	Standard- Qualitätsanforderungen	Umfassende Qualitätsanforderungen
EN ISO 3834-4	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-2

Bild 1: Qualitätsanforderungen für das Schweißen

3 Qualitätsanforderungen für die Durchführung von Schweißarbeiten

• Gemäß EN 1090-2 sind die Qualitätsanforderungen an Schweißarbeiten mittels Schmelzschweißen gemäß der Normenreihe EN ISO 3834 "Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe" (früher EN 729) einzuhalten. Es betrifft dies neben den notwendigen betrieblichen Einrichtungen vor allem das notwendige schweißtechnische Personal; es sind dies Schweißer, die im Besitz eines gültigen Prüfzeugnisses sind, sowie Schweißaufsichtspersonal, das für die zu überwachenden Schweißarbeiten ausreichend qualifiziert ist. Die Zuordnung zu den Ausführungsklassen ist in Bild 1 dargestellt.

- Zum besseren Verständnis dieser Qualitätssicherungssystems sei angeführt, dass EN ISO 3834 einen sehr eingehenden Planungs-, Überwachungs- und Prüfvorgang für die Schweißarbeiten durch den Stahlbaubetrieb regelt, beginnend mit einer Prüfung der Anforderungen an die Schweißarbeiten, der Erstellung eines Schweißplans mit Schweißanweisungen (WPS) bis zur Dokumentation der Durchführung und Überwachung mittels Qualitätsberichten. Es gelten diese Anforderungen natürlich auch bei Untervergabe an einen Subhersteller.
- Einen Überblick über den Qualitätssicherungsprozess gibt folgende Aufstellung der zu erstellenden "Qualitätsberichte":
- Bericht über die Überprüfung der Anforderungen/technische Überprüfung;
- Werkstoffprüfbescheinigungen; (WZ 2.2 oder APZ 3.1 oder 3.2 nach EN10204)
- Prüfbescheinigungen der Schweißzusätze;
- Schweißanweisungen (WPS);
- Bericht über die Instandhaltung der Einrichtungen;
- Bericht über die Qualifizierung der Schweißverfahren (WPQR);(EN ISO 15610 15627)
- Prüfungsbescheinigungen der Schweißer oder Bediener; (EN ISO 9606, EN ISO 14732)
- Fertigungsplan, Schweißplan;
- Zertifikate des Personals für zerstörungsfreie Prüfungen mit Prüferautorisierung;
- Anweisungen und Berichte der Wärmebehandlungsverfahren;
- Berichte über die zerstörungsfreien und zerstörenden Prüfverfahren, inklusive VT- Prüfbericht;
- Berichte über die Abmessungen;
- Berichte über Reparaturen und mangelnde Übereinstimmung;
- andere Dokumente, falls gefordert, z.B. Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit

Qualitätsberichte müssen – sofern nicht andere Anforderungen festgelegt sind – mindestens für einen Zeitraum von 10 Jahren (neuerdings bestimmt durch die BPV) aufbewahrt werden.

- Für die Qualitätsanforderungen an das Kopfbolzenschweißen (im Verbundbau) gilt die EN ISO 14555 "Schweißen-Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen". Sie enthält alle erforderlichen Angaben für das Schweißpersonal (Bediener), die Schweißaufsicht, die Schweißverfahren und die nachträglichen Prüfungen und deren Dokumentation.
- Einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Schweißverbindung haben die Eigenschaften des Werkstoffs Stahl - die Schweißeignung und die konstruktive Ausbildung des Schweißdetails, insbesondere bei quer zur Dickenrichtung zugbeanspruchten Blechen.

Eine wesentliche Einflussgröße ist die Bruchzähigkeit des Stahls, die in Form der erforderlichen **Kerbschlagzähigkeit** zu definieren ist. Ein zweites Phänomen ist das Terassenbruch-Problem, das von der Form und der Ausführung (Vorwärmen etc.) der Naht abhängt. Es erfordert dies die Sicherstellung einer ausreichenden **Z-Qualität**. Beides sind an und für sich Aufgaben der Planers und sind im Eurocode EN 1993-1-10 geregelt.

Dazu kommt noch der Zusammenhang zwischen Schweißnahtqualität und Ermüdungsfestigkeit des Konstruktionsdetails. Hier gibt die EN 1993-1-9 gesonderte Anforderungen an die Schweißnahtausführung, die sich auf die Wöhlerfestigkeit und folglich auf die rechnerische Auslegung der Konstruktion auswirken.

Trotz der Verantwortlichkeit des Planers für obige Aufgaben sieht die EN ISO 3834 die Technische Überprüfung dieser Anforderungen bzw. der erforderlichen Maßnahmen auch im Rahmen der WPK vor.

4 Regelablauf bei der Durchführung von Schweißarbeiten

- Die Durchführung des Schweißprozesses wird in der EN 1090-2 mit Hinweis auf eine ganze Reihe schweißtechnischer Normen geregelt. In vielen Punkten entspricht dies der EN ISO 3834, es sind teils jedoch auch zusätzliche Anforderungen gegeben (z.B. für die Schweißerprüfung). Die Regelungen sind –wie bereits erwähnt – von der jeweiligen Ausführungsklasse (EXC) abhängig.
- Nach diesen Festlegungen werden im Regelablauf die Nachweise erbracht,
 - dass nach einem Schweißplan (mit Angabe der wesentlichen Schweißparameter) geschweißt wird,
 - dass ein erprobtes Schweißverfahren verwendet wird,
 - dass nur geprüfte Schweißzusatzwerkstoffe verwendet werden,
 - dass nur Schweißer, die für die konkrete Arbeit entsprechend qualifiziert sind, eingesetzt werden.
 - dass die Schweißaufsicht qualifiziert ist und diese mit entsprechender Fachkenntnis erfolgt,
 - dass eine visuelle Beurteilung der Schweißnähte zu 100% erfolgt und
 - dass zusätzliche zerstörungsfreien Prüfungen nach dem normengemäßen Umfang für die vorliegende Ausführungsklasse (EXC) durchgeführt werden.
- Wenn dies so geschieht, ist das vereinbarte oder normenmäßig vorgegebene Prüfkonzept eine Planungsgrundlage für den Fertigungsablauf und ist hiefür auch sehr entscheidend. Dieses Prüfkonzept beeinflusst nämlich den Regelablauf der Arbeiten (Fertigen Prüfen Beurteilen Ausbessern, wenn erforderlich Korrosionsschutz aufbringen) sehr wesentlich. Es wirkt sich dies sowohl auf die Herstellungskosten (Kosten zB der Röntgenprüfung, allfällige Nachbesserungen) als auch auf die Herstellungszeit (Wartezeiten, Zeitaufwand für Prüfungen, Zeitverzug für nachfolgende Korrosions-schutzarbeiten) in erheblichem Maße aus, wobei Letzteres bei einem pönalisierten Ausführungszeitraum von besonderer Bedeutung ist. Ein Auftraggeber, der bei der Auftragsvergabe keine weiteren Prüfanforderungen als die Standardanforderungen der Norm verlangt, darf im Stahlbau darauf vertrauen, dass die technischen Anforderungen erfüllt werden, die in aller Regel ausreichen, ein qualitativ anspruchsvolles und sicheres Bauwerk zu erhalten [2].
- Da obiger Regelablauf in der Hand des Fertigungsbetriebes liegt und durch die Eigenüberwachung seiner WPK kontrolliert wird, sind bei ordnungsgemäßem Ablauf auch keine gesonderten Nachweise und Überwachungen – und ebenso keine besonderen Fachkenntnisse – über den eigentlichen Schweißprozess seitens des Planers oder Vertreters des Auftraggebers erforderlich. Einsichtnahmen in die WPK sollten daher den Ausnahmefall bei allenfalls unplanmäßigen Prüfergebnissen darstellen.
- Trotz obiger Feststellung werden rein informativ einige Hinweise zu speziellen Angaben in der EN 1090-2 gegeben, insbesondere werden einige häufige Fachbegriffe erläutert: Qualifizierung des Schweißverfahrens:
 - WPQR ...Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (welding procedure qualification record).
 - WPSSchweißanweisung (welding procedure specification) auf Basis einer WPQR, Auf Basis einer vorläufigen pWPS (p...preliminary) wird mittels eines festgelegten Verfahrens (Schweißverfahrensprüfung, Arbeitsprüfung, schweißtechnische Erfahrung ...) die Qualifizierung durchgeführt, der Bericht (WPQR) darüber erstellt und die endgültige WPS entwickelt. Der Vorgang ist durch die Reihe EN ISO 15607....15620 und beim Bolzenschweißen durch die EN ISO 14555 geregelt.

Qualifizierung des Schweißtechnischen Personals:

- <u>Schweißer</u>: Prüfung nach EN ISO 9606 (vormals EN 287-1)
- Bediener von Schweißanlagen: Prüfung nach EN ISO 14732 (vormals EN 1418)
- Bediener beim Bolzenschweißen: Prüfung nach EN ISO 14555
- <u>Schweißaufsichtspersonal</u>: muss in EXC2 bis 4 nach EN ISO 14731 qualifiziert sein. Die erforderliche Qualifikation hängt von der Ausführungsklasse, der Materialdicke und dem Grundwerkstoff ab.

Die Fachbezeichnungen sind:

Schweißwerkmeister (Ö), Schweißfachmann (D), European/International Welding Specialist erfüllen die Anforderungen hinsichtlich "Basiskenntnisse" (B),

Schweißtechniker, European/International Welding Technologist erfüllen die Anforderungen hinsichtlich "Spezielle Technische Kenntnisse" (S),

Schweißtechnologe (Ö), Schweißfachingenieur (D), European/International Welding Engineer erfüllen die Anforderungen hinsichtlich "Umfassende technische Kenntnisse" (C).

 In EXC 1 ist keine Qualifizierung des Schweißverfahrens und keine Schweißaufsicht normenmäßig gefordert; dies gilt aber nicht für Schweißer und Bediener, d.h. dass auch in EXC 1 nur geprüfte Schweißer und Bediener eingesetzt werden dürfen.

5 Abnahmekriterien und Schweißnahtprüfung

a) Abnahmekriterien:

 Die Qualität der Schweißnähte wird im Wege von "Bewertungsgruppen B, C oder D" gemäß EN ISO 5817 festgelegt. Die Bewertungsgruppe B stellt dort die höchste Qualitätsstufe dar; die EN 1090-2 gibt darüber hinaus jedoch noch die Bewertungsgruppe B+ mit zusätzlichen Anforderungen für EXC 4 vor.

Diese Bewertungsgruppen stellen Abnahmekriterien, d.h. die Anforderungen an die Schweißnahtqualität dar, welche im Zuge der Schweißnahtprüfung überprüft werden. Inhaltlich sind diese Abnahmekriterien, d.h. die zulässigen äußeren oder inneren Unregelmäßigkeiten (man spricht fachlich nicht von "Fehlern") der Schweißnaht, in der Norm EN ISO 5817 definiert. Es wird dabei zwischen dem "äußeren Befund" und dem "inneren Befund" unterschieden (siehe Bild 4). Es handelt sich dabei um einen formellen Bewertungsmaßstab, der – neben vielen anderen Maßnahmen – den Maßstab für den Schweißer und den Prüfer zur Bewertung der Schweißnähte darstellt.

• Die EN 1090-2 schreibt nun je nach Ausführungsklasse (EXC) die anzuwendenden Bewertungsgruppen vor, die im Bild 2 generell, d.h. ohne Details dargestellt sind:

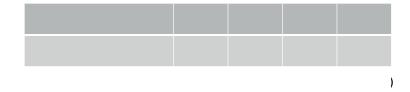


Bild 2: Anforderungen (Abnahmekriterien) für Schweißnähte

b) Schweißnahtprüfung:

Durchführung der Prüfung und Kontrollumfang: Die Durchführung der Überprüfung umfasst Kontrollen vor und während des Schweißens und solche der fertiggestellten Schweißnähte. Sie erfolgt nach den jeweiligen Angaben im Kontroll-und Prüfplan. Die Kontrolle der fertiggestellten Nähte umfasst eine 100%-ige Sichtprüfung und ergänzende zerstörungsfreie Prüfungen (ZfP), die in ihrem Umfang je nach der Ausführungsklasse EXC 2 bis 4, der Schweißnahtart und dem Ausnutzungsgrad (bei Stumpfnähten) in der EN 1090-2 vorgeschrieben werden (Bild 3).

Zu beachten sind auch die Mindestwartezeiten vor Durchführung der ZfP, die durch die Gefahr von durch Wasserstoff verursachten zeitverzögerten Kaltrissen begründet sind.

Schweißnahtart	Werkstatt	Werkstatt- und Baustellennäh			
Scriweishantart	EXC2	EXC3	EXC4		
Zugbeanspruchte querverlaufende Stumpfnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte in zugbeanspruchten Stumpfstößen:					
<i>U</i> ≥ 0,5	10 %	20 %	100 %		
<i>U</i> < 0,5	0 %	10 %	50 %		
Querverlaufende Stumpfnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte:					
in Kreuzstößen	10 %	20 %	100 %		
in T-Stößen	5 %	10 %	50 %		
Zug- oder scherbeanspruchte querverlaufende Kehlnähte:					
mit a > 12 mm oder t > 20 mm	5 %	10 %	20 %		
mit $a \le 12$ mm und $t \le 20$ mm	0 %	5 %	10 %		
Längsnähte und Nähte angeschweißter Steifen 0 % 5 %					
ANMERKUNG 1 Längsnähte verlaufen parallel zur Bauteilachse. Alle anderen Näht	e werden als quer	verlaufende Nä	hte betrachtet		

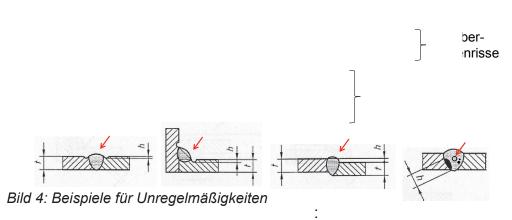
ANMERKUNG 2 U = Ausnutzungsgrad von Schweißnahten unter quasi-statischen Einwirkungen. $U = E_d/R_d$, wobei E_d die größte Schweißnahtschnittgröße und R_d die Schweißnahtbeanspruchbarkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist.

ANMERKUNG 3 Die Symbole a und t beziehen sich auf die Nahtdicken und den dicksten Grundwerkstoff im Anschluss.

Bild 3: Umfang der ergänzenden ZfP (EN 1090-2, Tabelle 24)

Art des Prüfverfahrens:

Die Art des Verfahrens der ZfP ist gemäß EN1090-2 nach der EN12062 auszuwählen, welche jedoch bereits zurückgezogen wurde. Es wird empfohlen, stattdessen die Nachfolgenorm EN ISO 17635, Kapitel 9, heranzuziehen. Diese Verfahrensauswahl ist insofern bedeutsam, als die einzelnen Prüfverfahren teils spezifische Anwendungsgrenzen haben, sodass ihre Festlegung tiefergehende Kenntnisse erfordert oder umgekehrt, dass unreflektiert vorgeschriebene Prüfungen sich als nicht durchführbar erweisen können. Zu unterscheiden sind Prüfungen des äußeren Befunds durch Sichtprüfung VT und Oberflächenrissprüfungen MT oder PT sowie Prüfungen des inneren Befundes (auch Volumsprüfungen genannt) mittels UT oder RT.



• Anwendung der Prüfverfahren:

Für die VT-Prüfung gilt generell: "Alle Schweißnähte müssen über deren gesamte Länge einer Sichtprüfung unterzogen werden"; - werden Oberflächenunregelmäßigkeiten festgestellt, müssen zusätzliche Prüfungen mittels MT/PT erfolgen.

Bei EXC 1 ist die 100%-ige VT Prüfung, wenn positiver Befund dieser VT-Prüfung vorliegt und nichts anderes festgelegt wurde, als einzige Prüfung vorgesehen.

Bei allen anderen EXC-Klassen sind zur 100%-igen VT-Prüfung ergänzende ZfP Prüfungen gemäß Tabelle 24 durchzuführen.

Bei EXC 2 ist bei durchgeschweißten Nähten außer der Volumsprüfung (UT/RT) eine zusätzliche Oberflächenprüfung (PT/MT) nicht erforderlich (vorausgesetzt, dass bei der VT-Prüfung dort keine Oberflächenunregelmäßigkeiten festgestellt wurden).

Bei EXC 3 und EXC 4 wird die Volums- <u>UND</u> Oberflächenprüfung bei durchgeschweißten Nähten generell empfohlen.

Bei Volumsprüfungen ist nach Möglichkeit die UT anzuwenden. Bei Wanddicken unter 8mm können in EXC 3 und 4 RT-Prüfungen aus prüftechnischen Gründen notwendig werden. Diese Festlegung ist im Kontroll- und Prüfplan vom Planer in Abstimmung mit der Schweißaufsicht und der Prüfaufsicht zu treffen.

Sonderprüfungen, z.B. die Einbrandtiefe an nicht durchgeschweißten Schweißnähten, sind, soweit die Prüfung vom Planer als notwendig erkannt wird, von der Prüfaufsicht mittels spezieller Prüfanweisung gesondert festzulegen (zerstörende Prüfung!).

• Bolzenschweißen:

Für die Prüfungen von Bolzenschweißungen, wie sie bei Verbundkonstruktionen häufig eingesetzt werden, gilt die EN ISO 14555, in welcher die Anforderungen an die Überwachungsmaßnahmen vor, während und nach Schweißung enthalten sind (siehe Bild 5). Die Methode der Qualifizierung des Schweißverfahrens hängt von der Ausführungsklasse ab. Bei EXC 2 kann die Qualifizierung aufgrund der vorliegenden schweißtechnischen Erfahrung erfolgen, bei EXC 3 und EXC 4 sind Verfahrensprüfungen und vorgezogene Arbeitsprüfungen erforderlich.

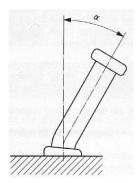


Bild 5: Qualitätssicherung von Bolzenschweißungen

Die Überprüfung vor dem Schweißen umfasst die Durchführung einer vereinfachten Arbeitsprüfung vor jeder Arbeitsschicht, die Kontrolle der Schweißausrüstung nach jeder Veränderung und die Kontrolle der Oberfläche (sauber,trocken), auf die geschweißt wird. Die Überprüfung während und nach dem Schweißen umfasst eine Sichtprüfung des Schweißwulstes und die Kontrolle der Bolzenlänge. Es ist ein Fertigungsbuch zu führen, wozu die Norm ein Muster vorgibt.

- Regelablauf der Schweißnahtprüfung:
 - Der Planer hat die Machbarkeit von Schweißungen und von erforderlichen Prüfungen bei der Festlegung der Konstruktionsdetails zu berücksichtigen. Unter Umständen ist die gemeinsame Festlegung bezüglich Schweißen durch den Planer, die Schweißaufsicht und die verantwortliche Prüfaufsicht zu treffen.
 - Der Prüfumfang ergibt sich aus der festgelegten Ausführungsklasse und der Ausnutzung.
 - Die Art der Prüfung ist durch die Nahtform und Materialdicke weitgehend vorgegeben.
 - Bei Bauteildicken bis 8mm kann nach Maßgabe des Planers auch an durchgeschweißten Nähten eine Oberflächenprüfung ausreichend sein.
 - Die erforderlichen Prüfanweisungen sind von einem Prüfer der Stufe 2 zu erstellen. Praktisch wird eine derart erstellte Prüfanweisung alle üblichen Schweißdetails abdecken und ist damit immer wiederverwendbar.
 - Gemäß EN 9712 (früher EN 473) ist die Prüfungsdurchführung definiert, wobei der Stufe 1 Prüfer auf Basis einer Prüanweisung die Prüfung durchführt und protokolliert, der Prüfer der Stufe 2 die Prüfanweisung erstellt und die protokollierten Ergebnisse bewertet und der Stufe 3 Prüfer z.B. Verfahrensanweisungen in Kraft setzt, eine Prüfstelle leitet und die Prüfer der Stufe 1 und 2 überwacht.
 - Die Qualifikation des Prüfpersonals ist in der EN 1090-2 so festgelegt, dass fachkundiges Prüfpersonal einzusetzen ist, das nach Stufe 2 gemäß Definition in EN 9712 "qualifiziert" ist. Die "Zertifizierung" des Prüfpersonals nach EN 9712 wird nicht explizit gefordert, auch nicht in EN ISO 3834.
 - Die erforderliche (100%-ige) VT Prüfung ist nicht ausschließlich durch einen Prüfer nach EN 9712 durchzuführen. Auch damit betraute Schweißer, Bediener und die Schweißaufsicht sind im Allgemeinen in der Lage eine VT Prüfung durchzuführen, vorausgesetzt dass die "Anforderungen an die Sehfähigkeit" nach EN 9712 erfüllt sind. Die VT Prüfung ist in geeigneter Weise zu protokollieren.
 - Die mittels ZfP zu prüfenden Schweißnähte werden nach dem Prinzip der Stichprobenprüfung ausgewählt (je nach Anschlussart, Stahlsorte, Schweißausrüstung, Arbeitsweise des Schweißers).
 - Führt die ZfP in einer Kontrollänge zur Aufdeckung von Unregelmäßigkeiten, welche die Anforderungen der EN ISO 5817 überschreiten, sind zwei benachbarte Kontrolllängen zusätzlich zu prüfen. Wird dort wiederum ein "Fehler" gefunden, so muss eine Untersuchung der Ursachen erfolgen. Sind beide Kontrolllängen fehlerfrei, kann der Kontrollvorgang fortgesetzt werden. Bezüglich dieses stichprobenweisen Kontrollvorganges kann auf eine weitgehende Analogie zum Stichprobenplan des vereinfachten Verfahrens (Schneeball-Regel) in [3] hingewiesen werden; insofern handelt es sich auch hier um ein sog. sequentielles Verfahren.
 - Zur Frage, ob eine Ausbesserung der Schweißnahtunregelmäßigkeiten erfolgen muss, siehe den Abschnitt zum Umgang mit Nichtkonformitäten.
 - Sind Ausbesserungen durchzuführen, müssen diese nach einer WPS erfolgen und einer nachherigen Überprüfung nach den ursprünglichen Kriterien unterzogen werden.
 - In besonderen Fällen müssen nach EN 1090-2 beim Schweißen in EXC 3 und EXC 4 Arbeitsprüfungen durchgeführt werden.

c) Umgang mit Nichtkonformitäten

Dieser Punkt ist insofern bedeutsam, als er Regelungen enthält, die bei festgestellten Schweißnahtunregelmäßigkeiten nicht in jedem Falle zu Reparaturen führen müssen.

Die EN 1090-2 führt nämlich an:

Im Falle von Nichtkonformitäten mit den Bewertungskriterien für die einzelnen Ausführungsklassen sollte jeder Fall einzeln beurteilt werden. Die Bauteilfunktion und die Eigenschaften der Unregelmäßigkeiten sollten bei der Beurteilung berücksichtigt werden.

Eine solche Tolerierung von Nichtkonformitäten ("Sonderfreigabe") im Einzelfall ist daher keine "Kann"-Bestimmung, sondern ein normkonformes Ergebnis einer "Fitness for Purpose" – Beurteilung. Sie setzt jedoch die Einbeziehung aller für die Feststellung der Konformität verantwortlichen Parteien, das sind Planer, Hersteller und die Prüfinstanz, voraus. Die maßgeblichen Eigenschaften der Bauteile - Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit - müssen jedenfalls gegeben sein. Die ursprüngliche Nichtkonformität und die Überlegungen und Maßnahmen, die gesetzt wurden, um diese zu beseitigen bzw. zu tolerieren sind in einem Abweichungsbericht festzuhalten. Dieser Abweichungsbericht ist Teil der Projektdokumentation. Aus rechtlichen Gründen kann allenfalls die Einbeziehung von Behörden oder Behördenvertretern erforderlich sein.

Es versteht sich von selbst, dass solche Einzelbeurteilungen nicht den Regelfall darstellen, nach dem im Zuge des Schweißprozesses erkannte Fehler "routinemäßig" ausgessert werden, sondern um besondere Fälle, in denen insbesondere das "Ausbessern" von unbedeutenden Anzeigen der Schweißnahtqualität mehr schadet als nützt.

Zur besseren Erklärung dieses oft unverstandenen Belassens von "Fehlern", ist direkt auf die EN ISO 5817 selbst zu verweisen, in der festgestellt wird, dass sich die Bewertungsgruppen definitionsgemäß auf die "Fertigungsqualität" der Schweißnähte beziehen und nicht auf die Gebrauchseigenschaften (wie Festigkeit, Dauerhaftigkeit, Dichtheit) des gefertigten Erzeugnisses. Sie dienen nämlich in erster Linie zur Sicherung des Fertigungsstandards der Schweißnähte und hängen nicht oder nur teilweise mit der Tragfähigkeit der Nähte zusammen. Dies bedeutet, dass eine Identifizierung einer nicht entsprechenden Unregelmäßigkeit durch eine Prüfinstanz an sich noch keine nachteiligen Folgen auf die Tragwirkung – insbesondere bei ruhend beanspruchten Konstruktionen - haben muss. Die Anforderung der Bewertungsgruppe hat viel mehr den Zweck, zu gewährleisten, dass eine qualitätsgerecht gefertigte Naht von möglichst gleich bleibender Qualität an sich erzeugt wird. Es handelt sich bei den Bewertungsgruppen daher vor allem um die Vorgabe eines Standards für den Schweißer und um einen Beurteilungskatalog für den Schweißnahtprüfer. Die Frage, ob einzelne Abweichungen von den tolerierbaren Unregelmäßigkeiten einen Einfluss auf die Festigkeitseigenschaften bzw. die Tragfähigkeit der Schweißnaht haben, kann nur durch spezifische Beurteilung des mit den statischen bzw. ermüdungsmäßigen Beanspruchungen vertrauten Planers beantwortet werden (siehe hiezu auch [2].

Literaturhinweise

- [1] Beuth –Kommentar: Ausführung von Stahlbauten, Kommentare zu DIN EN 1090-1 und DIN EN 1090-2, Herbert Schmidt et al., Beuth und Ernst & Sohn,2012
- [2] Publikation des ÖSTV: Ausführung und Qualitätssicherung von Stahlbauten ein Überblick für Bauherrn, Planer und Hersteller über die neue Normensituation (3.2010)
- [3] Schraubenverbindungen im Stahlbau und ihre Qualitätskontrolle, Bericht des ÖSTV (12.2013)

C) Schraubenverbindungen im Stahlbau und ihre Qualitätskontrolle

1 Einleitung

- Die Schraubenverbindungen, die hier behandelt werden, umfassen die Standardschraubenverbindungen des Stahlbaus mit Sechskantschrauben, Muttern und Scheiben. (Daneben bestehen noch andere verschraubte Verbindungstypen, wie Gewindestangen, Ankerschrauben und Schrauben des Dünnblechbaus).
- Schraubenverbindungen werden im Stahlbau hauptsächlich zur Verbindung von Bauteilen bei der Montage eingesetzt. Je nach konstruktiver Ausbildung der Verbindung haben sie Scherkräfte (senkrecht zur Schraubenrichtung) oder Zugkräfte (achsial) oder eine Kombination von beiden zu übertragen.
- Je nach Beanspruchung des Tragwerks bzw. der Verbindung werden Schrauben vorgespannt oder nicht. Die Vorspannung kann aus verschiedenen Gründen eingesetzt werden, wie:
 - zur Herstellung gleitfest vorgespannter (Scher-)Verbindungen im Grenzzustand ULS (z.B. bei Ermüdungsbeanspruchung) oder im Grenzzustand SLS (z.B. zur Verminderung des Schlupfes),
 - zur Herstellung von zugbeanspruchten Kopfplattenverbindungen im ULS (z.B. Bei Ermüdungsbeanspruchung oder für den Übertragungsmodus mit Abstützkräften) oder zur Vorspannung des Anschlusses aus Gründen der Gebrauchstauglichkeit oder der Dauerhaftigkeit (z.B. geringere Spaltweite, geringere Nachgiebigkeit etc.),
 - zur Sicherung der Mutter gegen Lockern (oder Lösen) unter nicht ruhender Belastung; dies umfasst verschiedene Beanspruchungssituationen und daher spezifische Überlegungen.
- Die Regelungen für Schraubenverbindungen des Stahlbaus sind in folgenden Normen gegeben: - ÖNORM EN 1993-1-8 mit ÖNORM B 1993-1-8: "Eurocode 3 Stahlbau", Bemessung von Anschlüssen,
 - ÖNORM EN 1090-2: Ausführung von Stahltragwerken.
- In der EN 1993-1-8 sind für Schraubenverbindungen 5 Kategorien von A bis E definiert:
 - Kat. A und Kat. D sind nicht vorgespannte Verbindungen,
 - Kat. B, Kat. C und Kat. E sind vorgespannte Verbindungen.
- Anstatt der Begriffe "vorgespannte" oder "nicht vorgespannte" Schraubenverbindung verwendet man in der (deutschen) Fachsprache:
 - "planmäßig vorgespannte" Schraubenverbindung bzw.
 - "nicht planmäßig vorgespannte" Schraubenverbindungen.

Unter letzteren Begriff fallen die "handfest" angezogenen Schrauben und solche, die mit einem niedrigen, firmenseitig festgelegten Anziehdrehmoment zur Qualitätsverbesserung vorgespannt werden, ohne dass eine quantitative Kontrolle vorgenommen wird. Dagegen sind für eine planmäßig vorgespannte Verbindung der Schraubentyp, das Anziehdrehmoment, das Anziehverfahren und die Kontrollmaßnahmen normenmäßig geregelt. (Der Umstand, dass in der EN1993-1-8 begrifflich "vorgespannt" und "nicht vorgespannt" verwendet werden, dagegen in der EN 1090-2 "planmäßig vorgespannt" und "nicht planmäßig vorgespannt", sollte ignoriert werden).

2 Einsetzbare Schrauben, Schraubengarnituren

- Normenmäßig sind im Stahlbau Schrauben M12 bis M36 in den Festigkeitsklassen (FK) 4.6 bis 10.9 geregelt. Die Klassen 8.8 und 10.9 werden als hochfest bezeichnet. Bei den planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen sind hochfeste Schrauben erforderlich. Andere Schraubengrößen <M12 oder >M36 sind nicht ausgeschlossen, sie erfordern nur gesonderte Regelungen.
- Die EN 1090-2 schreibt nun neu vor, dass anders als bisher für alle in Stahlkonstruktionen tragend eingesetzte Schrauben nur mehr SCHRAUBENGARNITUREN, die vom gleichen Schraubenhersteller geliefert werden müssen, verwendet werden dürfen. (Bisher war dies auf planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen "HV-Schrauben" genannt beschränkt, jetzt gilt dies auch für sog. "rohe Schrauben")
 Unter Schraubengarnituren ist ein zusammengehöriger Satz von Schrauben, Muttern und falls erforderlich Scheiben (mit gleicher Beschichtung) zu verstehen, der von einem (einzigen) Schraubenhersteller geliefert und CE-gekennzeichnet ist. Die Form der Lieferung ob in einem Paket oder in verschiedenen Paketen ist in der jeweiligen Schraubennorm geregelt (für k-Klasse K1 separate Pakete, bei k-Klasse K2 in einem Paket).
- Eine Übersicht über zusammengehörige Schraubengarnituren gibt folgende Tabelle [2]:

Schraubengarnituren M12-M36

- 1	Schraube			Mu	Mutter Schell		Schelb	e Anmerkungen				
	FK Typ Norm			Produktklasse	Ø	Norm	FK	Klasse	Norm	Härte		
\rightarrow		- 20		Schema	wenn vorhanden	Stahlbau: 12 - 38						
	4.6		EN ISO 4016	1000		(5) - (64)				EN ISO 7091		
		SL	EN ISO 4018	ROHAHAM	С	(1,6) - (64)	EN ISO 4032, EN ISO 4034	5, sM16:5	A+B,		100	Kellschelben: U: DIN 434
	4.8		DIN 7969			12 - 24	EN ISO 4034	> M16: 4		DIN 7989-1,		I: DIN 435
			DIN 7990	144504		12 - 30				DIN 7989-2		
<u>18</u>			ISO 4014	<u> </u>	A+B	(5) - (64)	EN ISO 4032,	5,	A+B,	EN ISO 7091		Kelischelben:
:Bun	5.6	8L	ISO 4017	waxaa		(1,6) - (64)	EN ISO 4034	sM16: 5	С		100	U: DIN 434 I: DIN 435
Kennzeichnung:			DIN 7990		С	12 - 30		- M10. 4		DIN 7989-1, DIN 7989-2		
Kenno		SLP	DIN 7968	- WATER			EN ISO 4032, EN ISO 4034	5, 6, 8	A+B C	DIN 7989-2		
쭞	5.8 6.8		-			, Mindestkerbschlag ing nach EC3-1-8, is			achend l	et hal 5 0 dia Te	anker# lel	ant mu E E
+ SLP: EN15048	0.0		EN ISO 4014			(5) - (64)	a no recevora,	8		EN ISO 7089 mit Fase: 200 HV	5.0	
ş	8.8	SL	EN ISO 4017	190 4017	A+B	(1,6) - (64)	EN ISO 4032				200 HV 300 HV	Kellscheiben: U: DIN 434 I: DIN 435
몽			EN ISO 10642		-	(3) - 20						
			EN 14399-3: HR	NO.HO	A+B	12 - 36	EN 14399-3: HR			EN 14399-5 + EN 14399-6		
	10.9	8L	EN 14399-4: HV	MOSANO	A-5		EN 14399-4: HV				300 HV	
			EN ISO 10642	(i)	-	(3) - 20						
\Box		SLP	EN 14399-8		A+B	12 - 36	EN 14399-8					
	8.8	GV	EN 14399-3: HR		A+B	12 - 36	EN 14399-3: HR	8	A+B	EN 14399-5 + EN 14399-6	300 HV	
vorgespannt "HR, HV"			EN 14399-7: HR							EN 14399-5		Unterschiede Teil 3 u. 4:
			EN 14399-3: HR	700440	A+B 12-36		EN 14399-3: HR	10	A+B	EN 14399-5 + EN 14399-6 300 HV		unterschiedliche Mutterhöhe unterschiedliches Anziehdrehmoment
	10.9	GV	EN 14399-4: HV			12 - 36	EN 14399-4: HV				Teil 5: nur unter der Mutter Teil 8: Schaftdurchmesser +1 mm	
			EN 14399-7: HR			EN 14399-3: HR			EN 14399-5			
\Box		GVP	EN 14399-8	700MD			EN 14399-8			EN 14399-5 + EN 14399-6		

() Klammerwerte bei Durchmessem bedeuten, dass die Norm auf kleinere bzw. größere Durchmesser zulässt, die über den EN 1090-2 Umfang hinaus gehen

• Je nachdem, ob Schraubengarnituren planmäßig vorgespannt werden oder nicht, werden diese in zwei verschiedenen "Schirmnormen" geregelt:

EN 15048-1

Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Metallbau

- Die Schraubentypen sind in der EN 15048 nicht direkt geregelt.
- Es sind alle Schraubentypen einsetzbar, die
- in einer eigenen europäischen oder internationalen Produktnorm geregelt sind,
- als Garnituren lieferbar sind.
- eine CE-Kennzeichnung haben,
- das Kennzeichen "SB" tragen.
- Gemäß EN 1993-1-8 sind die in Bezugsnormengruppe 4 angeführten Schrauben einsetzbar, d.h. z.B. die nach EN ISO 4014/4016/4017/4018 samt Muttern und Scheiben, wenn sie obige Forderungen erfüllen, sowie die nach EN 14399 3 bis 8.

EN 14399-1

Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau

 Folgende Typen von Schraubengarnituren sind in der EN14399 direkt geregelt:

Teil 3: **HR**-Schrauben Teil 4: **HV**-Schrauben

Teile 5 und 6: Scheiben (ohne/mit Fase)

Teil 7: Senkschrauben HR Teil 8: Passschrauben HV

 Andere einsetzbare Schraubentypen sind: gemäß EN 1993-1-8 (3.1.2): hochfeste Garnituren nach Bezugsnormengruppe 4 mit kontrollierter Vorspannung nach EN 1090-2:

z.B. Schrauben nach EN ISO 4017 FK 8.8, CE-gekennzeichnet gemäß EN 14399-1 mit Angabe des Anziehverhaltens

 Abgesehen von der Neuheit, dass nun auch bei den "rohen Schrauben" Garnituren und die Kennzeichnung mit "SB" verlangt werden, ist die neue Normenlage insofern gewöhnungsbedürftig als die EN 15048-1 als sog. Schirmnorm nur die "Allgemeinen Anforderungen" regelt, während in der anderen Schirmnorm EN 14399-1 zwar auch die "Allgemeinen Anforderungen" geregelt sind, zugleich aber in den Teilen 3 bis 8 die Schraubentypen selbst (mit Maßen und Toleranzen) enthalten sind. Es entsteht daher der Eindruck, dass für vorspannbare Schraubengarnituren nur die in EN 14399 angegebenen Schraubentypen einsetzbar sind.

Dem entgegen sagt die EN 1993-1-8 in Pkt. 3.1.2, dass für vorgespannte Schrauben die in Bezugsnormengruppe 4 angeführten hochfesten Schrauben verwendet werden dürfen, d.h. auch jene nach EN ISO 4014 und 4017, sofern sie eine kontrollierte Vorspannung nach EN 1090-2 erfahren. Insofern ist auch der Pkt. 5.6.4 der EN 1090-2 unverständlich, als dort für planmäßig vorgespannte Schrauben-garnituren gefordert wird, sie müssten der EN 14399-1 und der in Tabelle 7 angegebenen Norm entsprechen, in welcher aber nur auf die Teile 3 bis 8 der EN 14399 verwiesen wird.

• Der wesentliche Kritikpunkt der Stahlbaupraxis besteht im Fehlen einer klaren Regelung für die bisher sehr häufig und technisch begründet eingesetzten Metallbauschrauben nach EN ISO 4014 bzw. 4017, FK 8.8 für vorgespannte Verbindungen. Diese werkstofflich vorteilhaften Schrauben haben sich für den Zweck der Vorspannung zur Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit – trotz ihrer geringeren Tragfähigkeit – bewährt, indem sie mittels Drehmomentverfahren auf reduziertem Vorspannkraftniveau problemlos eingesetzt werden konnten. Nach deutschen Fachgremien erlaubt die Auslegung der Norm die Fortführung dieses Einsatz-zweckes mit den EN ISO 4014 - bzw. 4017- Schrauben FK 8.8, voraus-gesetzt dass die Garnituren gemäß den Anforderungen der EN 14399-1 geprüft und CEgekennzeichnet sind und mit Angabe des Anziehverhaltens geliefert werden (siehe Beuth-Kommentar). In Österreich hat man sich dem angeschlossen.

Dazu ist noch anzuführen, dass bei Verwendung dieser 8.8-Schrauben gesonderte vorspannbare Scheiben mit spezifischer Phasenausbildung erforderlich werden; hierfür wurde die DIN 34820 geschaffen.

- Zum Bestehen von neuerdings zwei Arten vorspannbarer Schraubengarnituren, nämlich neben den im deutschen Sprachraum traditionellen HV-Schrauben (nun "System HV" genannt) gibt es nun auch HR-Schrauben (System HR), ist auf Folgendes hinzuweisen.
 - Die **HV-Schraube** (HV...von **h**ochfest **v**orspannbar) ist ursprünglich eine deutsche Entwicklung für gleitfeste Verbindungen, die nur in der FK 10.9 besteht und wegen der hohen Pressungen vergrößerte Kopf-bzw. Mutterdurchmesser ("große Schlüsselweite") hat. Sie weist eine kurze Gewindelänge auf, was einerseits bedingt, dass ihr duktiles Verhalten hauptsächlich von der plastischen Abstreifverformung der Mutter bestimmt wird, und andererseits eine Klemmlängenabstufung erfordert. HV-Schrauben gibt es auch als vorspannbare Pass-Schrauben.
 - Die **HR-Schraube** ist ursprünglich eine französische Entwicklung mit ähnlichen Eigenschaften. Sie gibt es in den FK 10.9 und 8.8 und ebenfalls als Senkschraube (jedoch nicht als Pass-Schraube). Sie unterscheidet sich von der HV-Schraube durch ein längeres Gewinde, wodurch das duktile Verhalten hauptsächlich von der plastischen Längung des freien Gewindebereichs herkommt. Die Klemmlängenabstufung kann großzügiger gehandhabt werden.

3 Zweck des Vorspannens, Vorspannkraftniveau

- Der eigentliche Hintergrund für die häufige Diskussion im Stahlbau über Schraubenverbindungen liegt im sog. "planmäßigen Vorspannen", das sich nach dem 2. Weltkrieg durch die Verfügbarkeit von hochfesten Schrauben entwickelt hat. Obwohl Schrauben in der Praxis auch früher schon "vorgespannt" wurden – vielfach mit dem Gedanken an die naturgemäß vorhandene Klemmwirkung von Nietverbindungen -, so erfolgte dies mit niedrigem Drehmoment ohne nachheriger quantitativer Kontrolle. Erst nach Durchführung langwieriger Versuche mit hochfesten Schrauben in vielen Ländern Europas und in Übersee kam es zu normenmäßigen Regelungen von Vorspannverfahren, die durchaus unterschiedliche Traditionen begründeten. Die EN 1090-2 versucht diese Traditionen formell zu vereinigen, doch gelingt ihr dies nur zum Teil, sodass national wiederum in den NAs (Nationale Anhänge) der Weg zu den dort "bisher bewährten" Methoden bereitet wird. Dabei ergibt sich für den praktischen Anwender ein oft unübersichtliches Bild, zu dem erschwerend noch die "Zurückhaltung" der Schraubenhersteller bei der Umsetzung der Normenregeln beiträgt. Letzteres heißt, dass derzeit verschiedene normenmäßig geregelte Typen von Schraubengarnituren nicht oder nicht einfach erhältlich sind.
- Die deutschen Gremien im DIN (siehe Beuth-Kommentar [1]) haben ihre Vorspanntradition auf NA-Ebene weitestgehend übernommen, dabei einzelne Vorspannverfahren der EN 1090-2 außer Kraft gesetzt und Kann-Regeln der Normen genutzt, um das DIN-Drehmomentverfahren wieder normativ zu verankern. Dieses Drehmomentverfahren verwendet ein niedrigeres Vorspannniveau, d.h. dass die Vorspannkraft 70% der Fließgrenze f_{yb} ("reduzierte Vorspannkraft F_{p,c}* " genannt) und nicht 70% der Zugfestigkeit f_{ub} ("volle Vorspannkraft F_{p,c}" gemäß EN 1090-2 und EN 1993-1-8) beträgt, und setzt die Vorspannung nur zum Zwecke der Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit, quasi als Qualitätsmaßnahme ein.
- Es wird daraus deutlich, dass offenbar Bedarf besteht, den Zweck der Vorspannung näher zu definieren, was zwar aus der EN 1993-1-8 (siehe Pkt. 3.4 Schraubenkategorien) entnehmbar, aber für die praktische Anwendung erst im Beuth-Kommentar hinreichend beschrieben ist. Es werden dort begrifflich zwei Zielebenen für planmäßiges Vorspannen unterschieden:
 - Zielebene I: Zur quantitativen Erhöhung der Tragsicherheit (Kategorie C und E) oder der Gebrauchstauglichkeit (Kategorie B),
 - Zielebene II: Zur qualitativen Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit (Kategorie A und D).

Beispiele hierzu wurden bereits im Abschnitt "Einleitung" angeführt.

- Gemäß Normentext der EN 1993-1-8 und der EN 1090-2 ist für die Nutzung des planmäßigen Gleitwiderstandes stets die "volle Vorspannkraft" erforderlich (Kat. B und C), während für Kategorie E nichts Näheres ausgesagt wird. Soll aus Gründen der Ausführung oder als Qualitätsmaßnahme (z.B. Dauerhaftigkeit) vorgespannt werden, kann auch ein niedrigeres Vorspann-Niveau festgelegt werden. Die DIN legt für Letzteres daher das "reduzierte Vorspannkraftniveau" der früheren DIN 18800 fest.
- In Österreich ist vorgesehen, diesem Weg im Zuge der Neuausgabe der ÖNORM B 1993-1-8 zu folgen, da einerseits damit das bewährte Drehmomentverfahren wieder praktisch anwendbar wird (da die EN 1090-2 für das Drehmomentverfahren Schraubengarnituren der k-Klasse K2 fordert, scheidet es ansonsten praktisch aus) und andererseits Sinn darin liegt, in beiden Ländern gleiche Montageregeln zu haben. Es bedeutet dies für Österreich aber ein Abgehen vom traditionellen Drehmomentverfahren der Höhe der Vorspannkraft nach, da in Österreich früher immer mit "voller Vorspannkräften", wie jetzt in der EN 1090-2 geregelt, vorgespannt wurde. Betrachtet man aber die Marktsituation für die neuen Stahlbauschrauben, erscheint der Vorteil des gleichen Vorgehens durchaus gegeben zu sein.
- Der Klarheit wegen sei für die Anwendung in Österreich nochmals zusammengefasst:
 - gleitfest vorgespannte Schraubenverbindungen müssen stets mit voller Vorspannkraft F_{p,c} vorgespannt werden (Kategorie B und C).
 - zugbeanspruchte Schraubenverbindungen (Kategorie E) müssen in ermüdungsbeanspruchten Konstruktionen ebenfalls mit voller Vorspannkraft $F_{n,c}$ vorgespannt werden,
 - planmäßige Vorspannung mit reduzierter Vorspannkraft F_{p,c}* ist anwendbar: für zugbeanspruchte Verbindungen (Kategorie E) in vorwiegend ruhend beanspruchten Konstruktionen (wie Kopfplattenverbindungen im Stahlhochbau) und für Gebrauchtauglichkeitszwecke und als Qualitätsmaßnahme in Kategorie A und D sowie zum Zwecke der Mutternsicherung gegen Lockern.
 - die einsetzbaren Schraubentypen sind bei voller Vorspannkraft $F_{p,c}$ die Garnituren nach EN 14399, Teile 3,4,6,7,8, bei reduzierter Vorspannkraft $F_{p,c}^*$: in FK 10.9 die Garnituren nach EN 14399, Teile 3,4,6,7,8, in FK 8.8 die Garnituren nach EN 14399, Teile 3,6,7, und nach EN ISO 4014,4017,4032, DIN 34820

ANMERKUNG: Gegenüber der DIN EN 1993-1-8/NA unterscheiden sich die einsetzbaren Schraubengarnituren bei reduzierter Vorspannkraft dadurch, dass in beiden FK auch HR- Schrauben verwendet werden können und bei FK 8.8 auch Schrauben nach EN 14399. Scheiben ohne Fase nach EN 14399 Teil 5 sind wie in Deutschland ausgeschlossen.

4 Vorspannverhalten von Schraubenverbindungen

Das Verhalten von Schraubenverbindungen beim Vorspannen durch Anziehen mittels Drehmoment an der Mutter wird hauptsächlich durch die Reibung zwischen dem Gewinde von Schraube und Mutter, zwischen Mutterauflagefläche und Unterlegscheibe und die Art des Vorspannens beschrieben. (Im Ausnahmefall des Anziehens am Schraubenkopf sind daher spezifische Festlegungen zu treffen). Das Verhalten der Verbindung wird zusätzlich durch die Güte des Anliegens der Bleche (sog. Kontaktflächen) und durch einen allfälligen Vorspannkraftverlust zufolge des Kriechens der Beschichtung unter der Scheibe mit beeinflusst. Dieses Verhalten wird in der Normenregelung durch folgende Festlegungen erfasst.

a) Reibungsverhältnisse, Schmierung, k-Klassen

- Die Sicherstellung geeigneter Reibungsverhältnisse mittels kalibrierter Schmierung erfolgt in der Norm (EN 14399-1) durch die Festlegung von k-Klassen. Dadurch wird seitens des Schraubenherstellers die Qualität der Schmierung im Anlieferzustand der Garnitur gewährleistet, sodass nach ordnungsgemäßem Aufbringen des Anziehdrehmoments M die geforderte Vorspannkraft F_D vorhanden ist.
- Der Kennwert k = M/(d. F_p) wird mittels werksseitiger Prüfung ermittelt und zur Klassifizierung der Reibungsverhältnisse verwendet (Bild 1a):
- k-Klasse K1 bedeutet, dass die individuellen Prüfwerte k, der gelieferten Garnituren zwischen 0,10 und 0,16 liegen müssen,
- k-Klasse K2 bedeutet, dass vom Schraubenhersteller für das Lieferlos der Garnituren spezifische Prüfungen durchgeführt werden, deren Mittelwert k_m zwischen 0,10 und 0,23 liegen muss, wobei der Variationskoeffizient V_k nicht größer als 0,10 sein darf. (Es ist hier einerseits der Kostenaufwand der spezifischen Prüfungen zu bedenken und andererseits, dass der spezifische k-Wert nur für das zugehörige Lieferlos gilt, d.h. dass daraus bei Verwendung mehrerer Lieferlose von Garnituren unterschiedliche Anziehmomente resultieren und auch eine entsprechende Identifizierbarkeit sicherzustellen ist).
 - Alternativ zur werksseitigen Kalibrierung der Schmierung kann eine bauseitige Kalibrierung gemäß Anhang H der EN 1090-2 vorgenommen werden. Es wird darauf hingewiesen, dass die Versuchsdurchführung nur unter Laborbedingungen mit hierfür geeigneten Messgeräten durchgeführt werden kann. Dies kann direkt erforderlich sein, wenn kopfseitiges Anziehen der Garnitur vorzunehmen ist.
 - Art der Schmierung bzw. Beschichtung:
 Derzeit werden vorspannbare hochfeste Schraubengarnituren von den meisten
 Schraubenherstellern als feuerverzinkte Garnituren mit Schmierung der Mutter
 mittels Molykote geliefert. Letzteres erfolgt ganzflächig, sodass eine Garnitur mit
 dunkelgrauer Mutter und heller zinkfarbiger Schraube entsteht. Der Anlieferungs zustand vom Hersteller muss beibehalten werden; bei längerer Lagerung ist daher
 für dessen Schutz Sorge zu tragen. Ein nicht zu kontrollierendes Nachschmieren
 darf nicht erfolgen.

Die Verwendung galvanisch verzinkter Schrauben ist nicht erlaubt.

b) Aufbringen der Vorspannkraft

Hochfeste vorspannbare Schraubenverbindungen nach EN 14399-1 müssen beim Vorspannen ein sehr duktiles Verhalten aufweisen (Bild 1b). Je nach Schraubenlänge sind von ihnen Weiterdrehwinkel (gemessen ab einem Vorspann-Niveau von etwa 50% der Bruchfestigkeit F_{bu}) von 210° bis 270° bis zum Bruch zu erreichen. Der graduelle Zusammenhang mit der Schraubenlänge drückt die größere Dehnweichheit längerer Schrauben aus. Die analogen Weiterdrehwinkel bis zum Erreichen der größten Schraubentragkraft F_{b,max} sind etwa halb so groß. Der Größtwert der Vorspannkraft F_{b,max} erreicht wegen der überlagerten Anziehtorsion nicht die volle Bruchkraft F_{bu} der Garnitur, er muss als Mindestwert aber 90% von F_{bu} erreichen

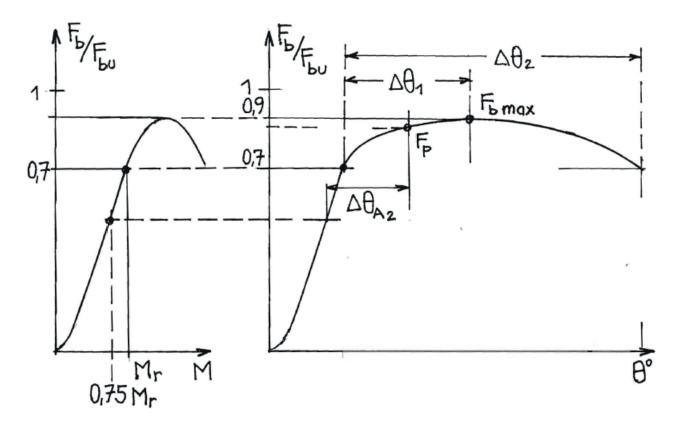


Bild 1a: k-Klassen

Bild 1b: Last-Verdrehungskurve einer Garnitur beim Vorspannen

• Wollte man die Garnitur nach dem EN-Drehmomentverfahren auf die volle Vorspannkraft F_{p,c} vorspannen, würde dies für die 10.9 – Schraube eine Ausnutzung der nominellen Fließgrenze von etwa 80% und bei der 8.8 – Schraube von etwa 90% bedeuten, die Torsionsspannungen zufolge Reibungsmomenten (etwa 10 bis 15%) noch nicht eingerechnet. Da die Vorspannkraft F_{p,c} als Mindest-Vorspannkraft erreicht werden muss, ist das Soll-Anziehdrehmoment statistisch begründet zu erhöhen. In der EN 1090-2 erfolgt dies durch ein um 10% erhöhtes Referenzdrehmoment, wodurch die IST-Vorspannkräfte ebenfalls zunehmen. Bei Berücksichtigung der Streubreite der Reibungswerte und der Anziehgeräte können dann Auslastungen erreicht werden, die sicherheitsmäßig kritisch gesehen werden müssen (was insbesondere die 8.8 – Schrauben betrifft). Diese hohe rechnerische Auslastung erklärt auch, weshalb die Norm beim EN-Drehmomentverfahren die strengste k-Klasse K2 fordern muss.

Aufgrund dieses Sachverhalts wurde das EN-Drehmomentverfahren in Deutschland nicht zugelassen; es wurde – wie schon erwähnt – durch ein "modifiziertes Drehmomentverfahren" mit geringerem Vorspannkraftniveau ersetzt.

Würde man dagegen ein kombiniertes Vorspannverfahren anwenden, bei dem im ersten Schritt eine Vorspannung mittels Drehmoment auf etwa 50% von F_{bu} zum Herstellen guten Anliegens der Kontaktflächen aufgebracht wird, so könnte die volle Tragfähigkeit F_{b,max} mittels Weiterdrehen in den duktilen plastischen Bereich ohne Risiko einer Überbeanspruchung erreicht werden. Es stehen hiefür einerseits große – und damit praktikable - aufnehmbare Drehwinkel zur Verfügung und andererseits ein begünstigender flacher Kurvenverlauf im plastischen Bereich (Bild 1b).

Das kombinierte Vorspannverfahren weist somit ein sehr gutartiges Vorspannverhalten auf, es kommt mit Schrauben der einfachen k-Klasse K1 aus und ist insgesamt als das - technisch gesehen - geeignetste Vorspannverfahren zur Erzielung hoher Vorspannkräfte anzusehen. (Andererseits hat aber das Drehmomentverfahren nicht unerhebliche handwerkliche Vorteile, siehe dazu Abschnitt "Vorspannverfahren").

c) Vorspannkraftverlust

Eine geringe Abnahme der Vorspannkraft (bis etwa max.10%) innerhalb einiger Stunden tritt auch bei Kontaktflächen mit geringer oder ohne Beschichtung auf (sog. "Setzen" der Verbindung). Darauf beruht auch die Vorschrift in der EN 1090-2 für die Frist bis zur Durchführung der Schraubenkontrolle von 12 Stunden bis 3 Tagen (nach Abschluss des Anziehens) beim Drehmomentverfahren.

Größere Beschichtungsdicken können zu höheren Vorspannkraftverlusten führen (bis zu 30%), die sich über längere Zeiträume von bis zu 14 Tagen erstrecken können. Darauf beruht die Begrenzung der Trockenschichtdicke im Anhang F der EN 1090-2 mit 75 bis 100 um sowie auch die Anforderungen an die Oberflächenbehandlung unter den Scheiben. Nähere Erläuterungen hierzu können dem Beuth-Kommentar entnommen werden.

Insgesamt wirkt sich die Thematik des Vorspannkraftverlustes stärker beim Drehmomentverfahren aus als beim kombinierten Vorspannverfahren, bei dem zufolge des hohen Vorspannens in den plastischen Bereich der allfällig eintretende Verlust als kompensiert angesehen werden kann. Zum anderen ist beim Drehmomentverfahren die Möglichkeit des Nachziehens als sehr vorteilhaft zu werten.

5 Vorspannverfahren gemäß ÖNORM EN 1090-2 & **ÖNORM B 1993-1-8**

Die Stahlbaunorm gibt in Österreich – ähnlich wie in Deutschland – zwei wesentliche Vorspannverfahren für planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen vor. Es ist dies das kombinierte Vorspannverfahren auf die volle Vorspannkraft F_{p,c} und das modifizierte Drehmomentverfahren auf die reduzierte Vorspannkraft $F_{p,c}^{\ \ ,c}$. Das kombinierte Vorspannverfahren entspricht voll der in der EN 1090-2 vorgegebenen Durchführung. Das modifizierte Drehmomentverfahren ist in den Grundsätzen analog geregelt wie in der DIN. Die beiden Verfahren unterscheiden sich nicht nur in der Durchführung sondern auch im Anwendungsbereich.

Modifiziertes Drehmomentverfahren

reduzierte Vorspannkraft $F_{p,c}^* = 0.70.f_{vb}.A_s$

Anziehvorgang:

- -1.Schritt: Anziehmoment etwa 0,75.M*_{A,soll}
 2.Schritt: Anziehmoment M*_{A,soll} gemäß Tabelle in der ÖNORM B1993-1-8

Schraubengarnituren: in k-Klasse K1

- in FK 10.9: Garnituren nach EN 14399,

Teile 3,4,6,7,8

- in FK 8.8: Garnituren nach EN 14399 Teile 3.6.7

Garnituren nach EN ISO 4014 und nach EN ISO 4017 mit EN ISO 4032 und DIN 34820

Anwendungsbereich:

(hauptsächlich Stahlhochbau etc.)

- zugbeanspruchte Verbindungen (Kat. E) bei vorwiegend ruhend beanspruchten Konstruktionen,
- bei Verbindungen Kat. A und D zur Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit,
- zur Mutternsicherung gegen Lockern.

Kombiniertes Vorspannverfahren

volle Vorspannkraft $F_{n,c} = 0.70.f_{ub}.A_{s}$

Anziehvorgang:

- 1.Schritt: Anziehmoment 0,75.M
- 2.Schritt: Weiterdrehwinkel gemäß Tabelle in der EN 1090-2

Schraubengarnituren in k-Klasse K1 gemäß EN 14399, Teile 3,4,6,7,8

Anwendungsbereich:

(hauptsächlich Brückenbau, Kranbau etc.)

- gleitfest vorgespannte Verbindungen in Kategorien B und C,
- zugbeanspruchte Verbindungen in Kategorie E bei ermüdungsbeanspruchten Konstruktionen

- Zum modifizierten Drehmomentverfahren ist neben seiner einfachen Handhabbarkeit auf den Vorteil hinzuweisen, der durch das beliebig stufenweise Vorspannen in Verbindungen mit vielen Schrauben entsteht, und auf die Möglichkeit des Nachziehens der Garnitur im Zuge der Kontrolle oder zum Zweck des Ausgleichs von Vorspannkraftverlusten.
- Für die Mutternsicherung wird in der DIN EN 1993-1-8/NA [5] angeführt, dass in der Regel eine Vorspannung von 50% von F_{p.c}* ausreicht. Dazu ist zu sagen, dass allgemeine Festlegungen angesichts der Vielfalt dynamischer Effekte in Bauwerken schwierig sind. Insofern ist die obige Angabe eher als Richtwert für den Stahlhochbau anzusehen. Bei Kranbahnen ist sicherlich Vorsicht am Platze, dies insbesondere in Fällen, in denen kurze Schrauben mit geringer Dehnlänge (kurze Klemmlänge) zum Einsatz kommen.
- Eine detaillierte Beschreibung der Vorspannverfahren kann den beiden **Schraubanweisungen 1und 2 des ÖSTV** [3], [4] entnommen werden.

6 Kontrolle planmäßig vorgespannter Schraubenverbindungen

- Während bei nicht planmäßig vorgespannten Verbindungen die Schraubenkontrolle die Vollständigkeit der eingebauten Garnituren und deren korrekten Einbau (Anliegen der Kontaktflächen, Gewindeüberstand, Lage der Unterlegscheiben bei Langlöchern, handfesten Sitz der Mutter etc.) zu erfassen hat, wird bei planmäßig vorgespannten Verbindungen zusätzlich eine **Stichprobenprüfung** hinsichtlich der Höhe der Vorspannkraft normenmäßig gefordert.
- Für diese Stichprobenprüfung ist der Stichprobenumfang normativ geregelt (er beträgt je nach EXC zwischen 5% und 10%) und für das Prüfverfahren ein "sequentieller Stichprobenplan" vorgegeben. Dieser Plan ist zwar normativ, jedoch nur, wenn kein anderes Kontrollverfahren vorgeschrieben ist. Letzteres bedeutet, dass auch andere Stichprobenprüfungen die Norm erfüllen. Nachdem der normative sequentielle Stichprobenplan für den bautechnischen Bereich neu ist und in seiner praktischen Anwendung zu Komplikationen führen kann, ist zumindest für einfache Fälle (wie EXC 2) alternativ die traditionelle Regelung mit einem "vereinfachten Stichprobenplan" als zielführenderer Weg anzusehen.
- Unabhängig vom Stichprobenplan sind die Durchführungskriterien für die Prüfung und Beurteilung der Schraubengarnitur (wann und wie ist zu prüfen, welche Anforderungen gelten für die Prüf-Anziehgeräte, was ist das Annahme- bzw. Fehlerkriterium) je nach Vorspannverfahren geregelt. Diese Regelungen nehmen derzeit noch keine Rücksicht auf die elektronisch gesteuerten Anziehgeräte, mit denen die beiden Anziehschritte durchgehend durchgeführt werden.
- Die Erstellung der Prüflose muss dem Grundsatz der Stichprobenprüfung gemäß nach dem Zufallsprinzip erfolgen. Es müssen dabei die Art der Verbindung, der Typ der Garnitur, ihre Größe (Schraubendurchmesser und Länge), ihre Festigkeitsklasse und ihr Herstellerlos, das verwendete Anziehgeräte und die Arbeitskräfte einbezogen werden (siehe hiezu auch die Beispiele in [3] und [4]).

Vereinfachter Stichprobenplan

Die Kontrolle der Schraubengarnituren mittels vereinfachter Stichprobenprüfung erfolgt für ein Prüflos von mindestens 5 Garnituren. Falls alle geprüften Garnituren fehlerfrei sind, gilt das ganze Prüflos als ordnungsgemäß und wird "angenommen". Ist eine Garnitur

fehlerhaft, sind zwei benachbarte Garnituren derselben Verbindung zusätzlich zu prüfen. Sind beide dieser Prüfungen fehlerfrei, so kann der Prüfvorgang fortgesetzt werden. Ist eine der beiden zusätzlich geprüften Garnituren fehlerhaft, so gilt das Prüflos (die ganze Schraubengruppe) als "zurückgewiesen" und es müssen alle Garnituren des Prüfloses überprüft bzw. korrigiert (vorgespannt oder ausgewechselt) werden.

Die zusätzlich geprüften Garnituren dürfen auf die ursprünglich festgelegte Anzahl zu prüfender Garnituren nicht angerechnet werden. Die Möglichkeit, eine fehlerhafte Garnitur durch Prüfung zweier zusätzlicher Garnituren zu kompensieren, gilt nur für zwei Garnituren, darüber hinaus erfolgt eine Rückweisung.

Zur näheren Erläuterung des möglichen Kontrollablaufs ist eine graphische Darstellung in Bild 2 im Anhang angefügt. (Das Verfahren wird in Deutschland vielfach als "Schneeball-Regel" bezeichnet).

Sequentieller Stichprobenplan

Sequentielle Stichprobenverfahren – ursprünglich 1943 zur Qualitätskontrolle in der Industrie in den USA (Military Standard 105E) entwickelt, dann in die ISO 2859 übergeführt – operieren so, dass nach jeder Einzelprüfung entschieden wird, ob ein Prüflos anzunehmen, zurückzuweisen oder die Prüfung fortzusetzen ist.

Der Entscheidungsvorgang spielt sich - graphisch dargestellt - in einem vorgegebenen "Korridor" ab, der durch zwei parallele ansteigende Gerade definiert ist (Bild 3a); die Norm begrenzt den Korridor aus praktischen Gründen zu übergroßen Zahlen zu kontrollierender Elemente hin (Abgrenzung in Bild 3a).

Es wird also anhand jeder Einzelbeobachtung festgestellt, ob der Kontrollvorgang fortzusetzen ist oder ob bereits aufgrund der bisherigen Erkenntnisse eine Entscheidung getroffen werden kann und der Kontrollvorgang beendet werden kann (deutsch werden diese Pläne als "Folgetestpläne" bezeichnet).

Durch vorhergehende positive Prüfergebnisse wird die Akzeptanz eines negativen Ergebnisses (im Sinne erhöhten Vertrauens) erhöht. Zwei negative Ergebnisse gleich zu Beginn führen daher zu einer Zurückweisung. Der endgültige Prüfumfang ist von vorne herein nicht bekannt, sondern er hängt von der Qualität des Prüfloses ab.

Sequentielle Stichprobenpläne sind hinsichtlich des Prüfaufwands die effektivsten Kontrollverfahren. Gegenüber "Einfachen Stichprobenplänen" (es wird dort nur der Stichprobenumfang und die Annahmezahl vorgegeben) ist der Aufwand bei gleichen Güteeigenschaften der Beurteilung im Durchschnitt wesentlich geringer, oft nur 50%.

Sie werden zu Beginn aber oft als kompliziert und wegen des variablen Prüfumfangs als unpraktisch angesehen. Dazu ist jedoch anzuführen, dass letzterer Nachteil auch auf die sog. Schneeball-Regel zutrifft.

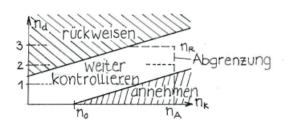


Bild 3a: Sequentieller Stichprobenplan

 n_kAnzahl zu kontrollierender Garnituren n_dAnzahl fehlerhafter (defekter) Garnituren Bei Typ A: n_o =5, n_a =16, n_B =3

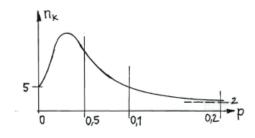


Bild 3b: durchschnittlicher Prüfaufwand n_k in Abhängigkeit von der Defektrate (Fehlerrate) p (Beispiel)

Unter Güteeigenschaften ist nicht die Güte (Qualität) des Prüfloses zu verstehen, sondern die Güte der Entscheidung in der Stichprobenprüfung, d.h. dass das Risiko des Herstellers, dass ein an sich gutes Los (fälschlich) zurückgewiesen wird und das Risiko des Abnehmers, dass ein an sich "schlechtes" Los (fälschlich) angenommen wird, gering gehalten werden. Lose mit schlechter Qualität, d.h. hoher Defektrate erfordern einen geringen Aufwand, d.h. nur wenige Kontrollen, Lose mit kleiner Defektrate sind dagegen schwieriger zu identifizieren. Es kommt dies in der beispielhaften Darstellung des Bildes 3b zum Ausdruck.

Die Beschreibung dieses neuen Verfahrens in der Norm EN 1090-2; Anhang M ist teils missverständlich, teils fehlen wesentliche Angaben. Daher sei der Stichprobenplan Typ A hier näher erläutert; für Typ B gilt dies analog.

Der Plan Typ A ist abgestellt auf einen Stichprobenumfang von 5. Die Angabe "Mindestanzahl zu kontrollierender Verbindungsmittel: 5" wird dem nicht gerecht, da bei zwei fehlerhaften Garnituren die Rückweisung bereits nach 2 Kontrollen erfolgen kann (5 gilt nur, wenn alle kontrollierten Garnituren für gut befunden werden). Gemeint ist mit 5, dass der Stichprobenumfang mindestens 5 betragen muss. Für diesen Fall ist im Bild 4 im Anhang der mögliche Kontrollablauf graphisch dargestellt.

Wie erkenntlich, werden maximal 2 fehlerhafte Garnituren toleriert. Dies führt dann bei Annahme zur Prüfung von 16 Garnituren, bei Rückweisung können dies auch wesentlich weniger sein. Bei nur einer fehlerhaften Garnitur wären 12 Garnituren zu kontrollieren.

Es sei zum Verständnis noch der Fall angeführt, dass bei TYP A mit einem größeren Stichprobenumfang als 5 operiert werden soll. Bei einem Prüfumfang von 10% würde beim Stichprobenumfang 5 das Prüflos "nur" 50 Garnituren betragen. Hätte das Prüflos 100 Garnituren und wollte man es nicht in 2 x 50 aufteilen, sondern mit dem gesamten Los arbeiten, wäre der Stichprobenumfang 10. Man könnte nämlich der Meinung sein, dass damit ein effektiveres Ergebnis erzielt wird, da bei angenommenem Auftreten jeweils einer defekten Garnitur unter 5 zu kontrollierenden die Anzahl der Kontrollen zweimal von 5 auf 12 ansteigen würde, im anderen Falle nur einmal von 10 auf 12. Falls dies so der Fall wäre, d.h. unter 5 zu kontrollierenden stets eine Garnitur (und nur eine) defekt wäre, so würde man dabei günstiger abschneiden. Dazu ist jedoch die Wahrscheinlichkeit dieses Eintretens zu bedenken (Tabelle 1), die bei einer Defektrate von 5% nur 20% beträgt, bei einer Defektrate von 10% nur 33%. Dagegen liegt die Wahrscheinlichkeit, dass bei 5 Garnituren gar kein Fehler auftritt bei einer Defektrate von 5% bei 77% und bei einer Defektrate von 10% bei etwa 60%.

Daraus kann geschlossen werden, dass der Plan Typ A wahrscheinlichkeitstheoretisch auf die Regelgröße des Stichprobenumfangs 5 abgestimmt ist und die Zahl 5 als "Mindestanzahl des Stichprobenumfangs" zu verstehen ist und nicht als Mindestanzahl zu kontrollierender Elemente. Prinzipiell können aber auch davon abweichende, größere Stichprobenumfänge verwendet werden.

Tabelle 1: Wahrscheinlichkeit des Auftretens keiner oder einer defekten Garnitur bei bestimmtem Stichprobenumfang und bestimmter Defektrate

Stichprobenumfang	Anzahl der Defekten	Defektrate 5%	Defektrate 10%
2 - 5	0	77%	59%
n ₀ = 5	1	20%	33%
n = 10	0	60%	35%
n ₀ = 10	1	31%	39%

 Vergleich zwischen dem Stichprobenplan Typ A und dem vereinfachten Stichprobenplan:

Aus dem Vergleich der Kontrollabläufe in Bild 2 und Bild 4 ist zu erkennen, dass beide Pläne ähnliche Abläufe haben. Des Weiteren wird in beiden Plänen übereinstimmend bei 2 zu Beginn auftretenden fehlerhaften Garnituren eine Rückweisung hervorgerufen, nach einigen positiven Ergebnissen werden 2 fehlerhafte Garnituren aber toleriert. Den Unterschied macht beim vereinfachten Plan in Bild 2 aus, dass weniger positive Ergebnisse für die Tolerierung genügen und dass die Annahme weniger Kontrollen erfordert, nämlich 9 anstatt 16 bei 2 defekten Garnituren und 7 anstatt 12 bei einer defekten Garnitur.

Es bringt dies indirekt zum Ausdruck, dass die Güteeigenschaften des vereinfachten Plans etwas niedriger liegen. Der Plan selbst scheint in der Statistik nicht auf und ist damit in seiner Güte nicht direkt einstufbar. Er scheint auf intuitiven ingenieurmäßigen Überlegungen zu beruhen und hat ebenfalls einen sequentiellen Charakter. Die Anwendung für den Bereich der EXC 2 erscheint aufgrund der langjährigen Bewährung dieses Kontrollverfahrens jedoch gerechtfertigt.

Literaturhinweise

- [1] Beuth –Kommentar: Ausführung von Stahlbauten, Kommentare zu DIN EN 1090-1 und DIN EN 1090-2, Herbert Schmidt et al., Beuth und Ernst & Sohn,2012
- [2] Gerald Luza et al.: Stahlbau Formeln und Tabellen. Manz Verlag Schulbuch, 2. Auflage, 2011
- [3] Schraubanweisung 1 "Vorspannung hochfester Schrauben 8.8 und 10.9 für reduzierte Vorspannkraft mit dem modifizierten Drehmomentenverfahren", Österreichischer Stahlbauverband (2013)
- [4] Schraubanweisung 2 "Vorspannung hochfester Schrauben 10.9 für volle Vorspannkraft mit dem Kombinierten Vorspannverfahren", Österreichischer Stahlbauverband (2013)
- [5] DIN EN 1993-1-8/NA (Dezember 2010) Nationaler Anhang National festgelegte Parameter
 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen

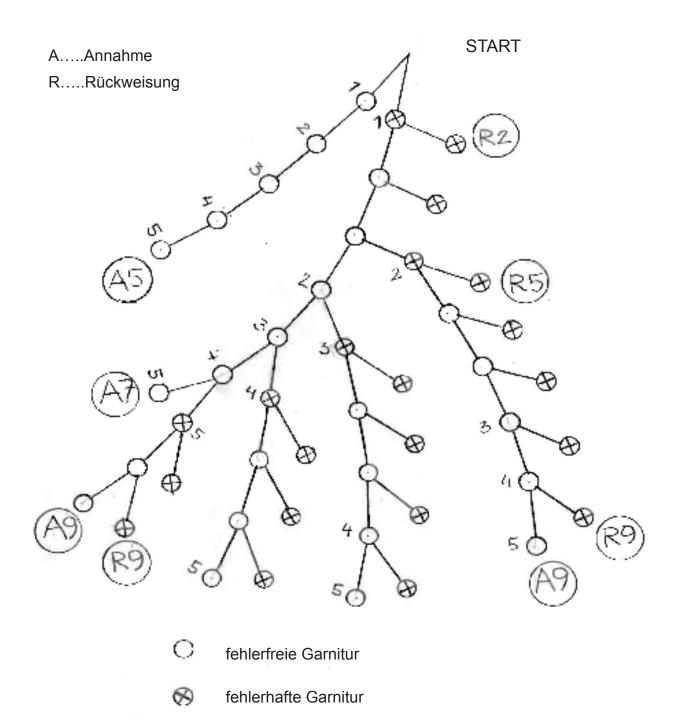
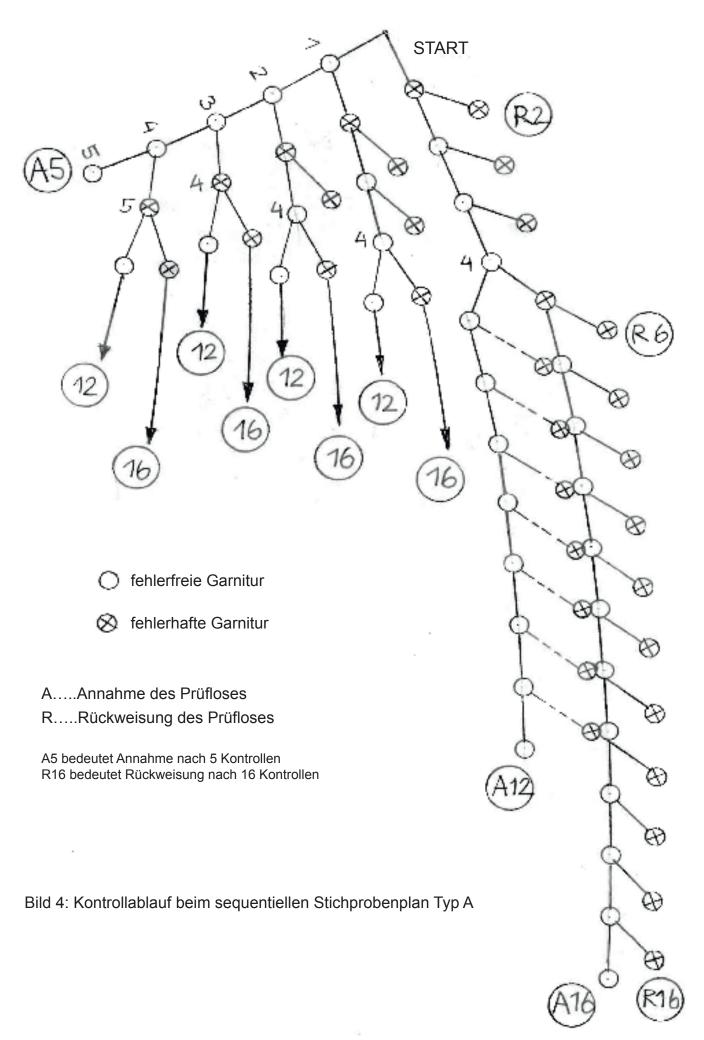


Bild 2: Kontrollablauf beim vereinfachten Stichprobenplan (Schneeball-Regel)



D) Rückverfolgbarkeit bzw. Identifizierbarkeit der Konstruktionsmaterialien von Stahlbauteilen

1 Grundsätze

- Die gelieferten Konstruktionsmaterialien von Stahlbauteilen und ihre spezifischen Eigenschaften müssen während des ganzen Fertigungsprozesses inklusive Montage identifizierbar sein. Daher wird ihre Rückverfolgbarkeit im fertigen Bauteil – je nach den Anforderungen der vorliegenden Ausführungsklasse (EXC) – gefordert.
- Die Eigenschaften der Konstruktionsmaterialien werden durch "Nachweisunterlagen" in Form der **Prüfbescheinigungen** und/oder der Konformitätsnachweise dokumentiert.
- Zu den **Konstruktionsmaterialien** zählen alle Vorprodukte für Stahltragwerke, wie Baustähle (Profile, Bleche, Bänder), nichtrostende Stähle, Schmiedeteile und Stahlguss, Schweißzusätze, mechanische Verbindungsmittel (Schraubengarnituren, Niete, Bolzen), hochfeste Zugglieder, Lager und weiters Vergussmaterialien und Beschichtungsstoffe.
- Die Überprüfung und Archivierung der Prüfbescheinigungen ist gemäß EN 1090-1 eine Aufgabe der werkseigenen Produktionskontrolle WPK. Diese Dokumentation gehört zu den Ausführungsbelegen und ist in die **Ausführungsdokumentation** zu übernehmen.
- Die Methode der Identifizierbarkeit ist vom Hersteller festzulegen. Eine Mitwirkung des Planers ist dann erforderlich, wenn Angaben hinsichtlich der Zulässigkeit von Hartprägungen bzw. Markierungen zu machen sind. Es sind auch allfällige Wünsche des Auftraggebers (hinsichtlich dauerhafter Kennzeichnung im Endzustand) zu beachten. Gegebenenfalls sind die Verfahren der Rückverfolgbarkeit in den Qualitätsmanagementplan aufzunehmen. Die Überwachung der Rückverfolgbarkeit ist Aufgabe der WPK.

2 Erforderlichkeit der Rückverfolgbarkeit

Erfordernis:	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
Rückverfolgbarkeit	nein	eingeschränkt	vollständig	vollständig
Kennzeichnung*	nein	ja	ja	ja

^{*}Die Kennzeichnung muss nicht direkt durch Beschriftung durchgeführt werden, sondern sie kann sinnvollerweise auch indirekt durch Loskennzeichnung (üblicherweise Positionsnummern) oder durch Zuordnung zur Form oder Größe der Bauelemente erfolgen

- Gemäß EN 1090-2 wird vollständige Rückverfolgbarkeit der Konstruktionsmaterialien zu den Prüfbescheinigungen nur für die Ausführungsklassen EXC3 und EXC4 verlangt (vgl. auch Anmerkung 2).
- Bei Ausführungsklasse EXC2 ist "eingeschränkte Rückverfolgbarkeit" für den Fall vorgesehen, dass in einem Bauteil verschiedene Stahlsorten/Gütegruppen Verwendung finden.
- Bei Ausführungsklasse EXC1 sind keine Maßnahmen hinsichtlich Rückverfolgbarkeit gefordert.
- ANMERKUNG 1: Die Erforderlichkeit der Rückverfolgbarkeit betrifft nicht nur die Stahlvorprodukte, sondern auch Vergussmaterialien und Beschichtungsstoffe (letzteres insbesondere bei gleitfesten Verbindungen).

 ANMERKUNG 2: Falls aus technischen Gründen die Zuordnung von einzelnen Positionen zu konkreten Prüfbescheinigungen erforderlich ist, so ist das gesondert zu vereinbaren (siehe Kommentar [1] zu 5.2: Umstempeln).

3 Art der Prüfbescheinigungen

- Für metallische Erzeugnisse müssen die Prüfbescheinigungen (gemäß EN 10204) den in Tabelle 1 der EN 1090-2 vorgeschriebenen Angaben entsprechen.
- Für Baustähle ist dabei zu beachten, dass in EXC 2, EXC3 und EXC4 abweichend von den Angaben in Tabelle B.1 der EN 10025-1:2004 – für S355JR und S355J0 Prüfbescheinigungen 3.1 erforderlich sind.
- Für Schraubengarnituren fordert die EN 1090-2 als Grundanforderung nur eine Werksbescheinigung 2.1.
 Falls ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 gefordert wird, darf dies durch eine Herstellungsloskennzeichnung ersetzt werden. Dies bedeutet, dass die gelieferten Garnituren mit Kennzeichen für das Herstellungslos versehen sein müssen. (Bei hochfesten Schraubengarnituren sollte dies so gefordert werden).
- Für **Vorprodukte** wie Vergussmaterialien und Beschichtungsstoffe sind deren spezifische Eigenschaften durch entsprechende Nachweisdokumente zu belegen.

4 Maßnahmen für die Rückverfolgbarkeit in EXC3 und EXC4

- Die für EXC3 und EXC4 geforderte "vollständige Rückverfolgbarkeit" der Konstruktionsmaterialien in allen Stadien des Fertigungs-und Montageprozesses bedeutet, dass jedes
 Bauelement im jeweiligen Bearbeitungsschritt so identifizierbar sein muss, dass seine
 Stahlsorte und Gütegruppe den plangemäßen Anforderungen zuordenbar ist.
- Bei Herstellung von Bauteilen in Fertigungslosen mit üblichen Herstellungsverfahren sieht die EN 1090-2 eine Erleichterung vor, indem die Dokumentation fertigungslosbezogen vorgenommen werden darf. Unter "üblichen Fertigungsverfahren" sind solche zu verstehen, für die der Fertigungsbetrieb ausreichend Erfahrung und entsprechende Qualifikation für den Fertigungsprozess besitzt. Dies gilt jedoch nur dann, sofern nicht Rückverfolgbarkeit für jeden einzelnen Bauteil explizit gefordert ist.

ANMERKUNG: Wenn alle gleichartigen Bauteilelemente für das gesamte Fertigungslos aus einem einzigen Lieferlos stammen, wird bei dieser Vorgehensweise vollständige Rückverfolgbarkeit erzielt. Andernfalls, d.h. wenn für gleichartige Bauelemente Material aus verschiedenen Lieferlosen Verwendung findet, ist dies im eigentlichen Sinne nicht gegeben.

Methoden der Identifizierbarkeit bzw. Kennzeichnung

Zu unterscheiden sind:

indirekte Methoden - durch geeignete Loskennzeichnung,

- durch die individuelle Form oder Größe des Bauelements, und direkte Methoden mittels dauerhafter Kennzeichnung.

ANMERKUNG: Während die indirekten Methoden von der Bauteilkonfiguration abhängen und nicht allgemein anwendbar sind, ist die direkte Kennzeichnung immer anwendbar. Die indirekten Methoden zeigen aber, dass die Identifizierbarkeit in vielen Fällen auch ohne direkte Kennzeichnung möglich ist.

Kennzeichnungsverfahren

Die dauerhafte Kennzeichnung kann erfolgen

- durch Verfahren ohne Materialbeeinflussung, wie Farbbeschriftung mit Kreide,
 Farbsprühen mit Schablonen, angehängte Blechtäfelchen, aufgeklebte Etiketten...,
- durch materialbeeinflussende Verfahren: Hartstempelung, Nadeln, Fräsen, Plasmamarkieren (Meißelkerben sind nicht zulässig).

ANMERKUNG: Der Begriff "dauerhaft" ist so zu verstehen, dass die Kennzeichnung im jeweiligen Bearbeitungsschritt erhalten bleibt. Im Zuge der Bearbeitungskette kann oder muss sich die Kennzeichnungsart verändern. Insgesamt muss bei vollständiger Rückverfolgbarkeit stets eingehalten sein,

- dass es keinen Bauteil ohne Kennzeichnung geben darf, und
- dass über die jeweils aktuelle Kennzeichnung der Weg vom Wareneingang bis zum betreffenden Bearbeitungsschritt durchgängig nachvollzogen werden kann.

Bei **Anwendung der Prägeverfahren** kommt es zu Veränderungen der Materialober-fläche durch plastische Verformung (Hartstempeln und Nadeln), durch Einschneiden (Fräsen) oder durch Aufschmelzen (Plasmamarkieren). Diese können kantige oder "weich" verlaufende Übergänge haben. Daraus folgen Auswirkungen auf das Ermüdungsverhalten (Kerbwirkung) und bei nachheriger Beschichtung auf das Korrosionsverhalten. Die Einstufung in "Hartprägung" oder "Weichprägung" steht stets im Zusammenhang mit diesen Auswirkungen.

Eine eindeutige Differenzierung der Prägeverfahren in **Hart- oder Weichprägung** fehlt in der Norm. Voraussetzung für letzteres ist offensichtlich das Erzeugen weicher Übergänge. Es kann dies weitgehend bei Nadelung mit runden Nadelköpfen angenommen werden (low stress needling). Die übrigen angeführten Prägeverfahren sollten bis zur weiteren Abklärung als Hartprägungen angesehen werden.

Zulässigkeit von Hartprägungen, gestanzten oder gebohrten Markierungen

In der EN 1090-2 werden Hartprägungen - abgesehen von anderen Festlegungen in Annex A.1 - für folgende Fälle **nicht** zugelassen:

- bei Stahlsorten höher als S355
- bei nichtrostenden Stählen
- bei kaltgeformten Bauteilen mit Überzügen
- in Bereichen, für die eine Beeinflussung des Ermüdungsverhaltens durch die Kennzeichnung besteht.

Es ist daher weiter zu entscheiden, ob in diesen Fällen Weichprägungen zulässig sind.

Zulässigkeit von Weichprägungen

Die Zulässigkeit ist für die oben als "nicht zulässig" erklärten Bereiche gegeben, wenn dies seitens des Planers als statthaft festgelegt wird.

Die EN 1090-2 führt für nichtrostende Stähle die Anwendung von Weichprägungen als zulässig an.

Darüber hinaus ist gegen die Anwendung von Weichprägungen kein Einwand zu erheben. Angesichts der vielfältigen Kennzeichnungsmöglichkeiten kommt dem Sachverhalt eher geringe praktische Bedeutung zu.

Festlegung von Bereichen, in denen Markierungen unzulässig sind oder im Endzustand nicht sichtbar sein dürfen

Solche Bereiche sind seitens des Planers gemäß Annex A.1 anzugeben.

5 Maßnahmen für die Rückverfolgbarkeit in EXC2

- Die EN 1090-2 fordert für EXC2 "eingeschränkte Rückverfolgbarkeit". Dies bedeutet, dass normgemäß nur in jenen Fällen eine Rückverfolgbarkeit vorgesehen werden muss, in denen bei einem Bauteil Bleche aus verschiedenen Stahlsorten (z.B. S235 und S355) und/oder verschiedenen Gütegruppen (z.B. S355JR und S355J0) verwendet werden.
- Die Kennzeichnung hat in diesen Fällen dafür Sorge zu tragen, dass es im Zuge des Zuschneidens, Bearbeitens und Zusammenfügens der Bauteilelemente zu keiner Werkstoffverwechslung kommt. Daher gilt dies auch für EXC2. (Bei EXC3 und EXC4 wird dafür bereits durch die vollständige Rückverfolgbarkeit vorgesorgt).
- Für die Kennzeichnung selbst sind die unter Pkt.4 beschriebenen Verfahren anwendbar.
- In allen anderen Fällen, d.h. wenn im Bauteil nur eine Stahlsorte verarbeitet wird, beschränkt sich die normengemäße Überprüfung und Dokumentation der Konstruktionsmaterialien in EXC2 auf die Übereinstimmung der Prüfbescheinigungen mit den Sollwerten.
- Es wird jedoch empfohlen, eine Rückverfolgbarkeit der für die Bauteile verwendeten Konstruktionsmaterialien auch dann vorzusehen, wenn diese zwar aus jeweils einheitlichen, aber gruppenweise verschiedenen Materialien bestehen, um für allfällige spätere Verwendung Grundlagen zu haben. Es kann dies durch einfache Zuordnung der dem Auftrag zuzuordnenden Prüfbescheinigungen erfolgen.

6 Maßnahmen für die Rückverfolgbarkeit in EXC1

- Für EXC1 bestehen nach EN 1090-2 keine Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit der Konstruktionsmaterialien.
- Es wird jedoch empfohlen, auch in EXC1 die Eingangsprüfung der Konstruktionsmaterialien durchzuführen und diese zu dokumentieren. Falls nur Vorprodukte mit Werkszeugnissen 2.2 mit nichtspezifischen Angaben verwendet werden, besteht der Vorteil nur darin, für spätere Verwendung zumindest den Hersteller der Konstruktionsmaterialien zu kennen.

Referenzen:

[1] Erläuterungen und Kommentare zu EN 1090-2: Herausgeber ÖSTV, 2014

E) Korrosionsschutz im Stahlbau und seine Qualitätskontrolle

1 Einleitung

 Der Schutz von Stahlbauteilen vor Korrosion stellt eine integrale Maßnahme zur Erhaltung der Nutzungsdauer von Stahlkonstruktionen dar. Das Gebiet des Korrosionsschutzes zählt daher zu einem wesentlichen Teilgebiet der Stahlbauweise. Es handelt sich dabei um ein umfangreiches Fachgebiet, das viel spezifisches Fachwissen und große Erfahrung bei der Anwendung und bei Beurteilungen erfordert und in der Praxis vielfach durch Korrosionsschutz-Experten abgedeckt wird, siehe [1].

Es versteht sich von selbst, dass ein solches Gebiet einen durchgängigen Regelungs- bzw. Normenrahmen erfordert. Ein solcher Normenrahmen liegt auch vor und wird zum großen Teil durch weltweit geltende ISO-Normen ausgefüllt.

Trotzdem hat das Fachgebiet des Korrosionsschutzes im Stahlbau lange Zeit eine Randstellung eingenommen. Es wurden die Anforderungen in früheren Stahlbaunormen nur marginal behandelt und es wurde auch in der universitären Ausbildung meist nur überblicksartig gestreift.

So wäre von der neuen europäischen Ausführungsnorm EN 1090-2 zu wünschen gewesen, dass sie gerade diesen Teil in gut verständlicher Form gegliedert und aufbereitet hätte. Dem ist jedoch nicht so, sondern es wurde durch teils missverständliche Begriffe bzw. Übersetzungen und eine schwer nachvollziehbare Normengliederung in den Bezugsnormen dem nicht einschlägig informierten Leser unnotwendigerweise ein schwer verständlicher Normentext zugemutet.

Oberflächenbehandlung (früher Oberflächenschutz) und Korrosionsschutz:

Das Kapitel 10 in der EN1090-2 trägt neu den Titel "Oberflächenbehandlung" (früher "Oberflächenschutz"). Behandelt werden im Wesentlichen die Anforderungen an die Oberflächenvorbereitung und nicht an den eigentlichen Oberflächenschutz. Letzterer ist als "Korrosionsschutz" in den Anhang F ausgelagert worden, ist dort normativ und er beinhaltet auch die Oberflächenvorbereitung. Er ist natürlich eng mit dem Kapitel 10 verknüpft, sodass diese Trennung eher Verständnisschwierigkeiten für den Anwender hervorruft.

Vorbereitungsgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade:

"Vorbereitungsgrade" begegnen dem (uneingeweihten) Anwender als wesentlich zu spezifizierender Teil der Ausführungsunterlagen erstmals in Kapitel 4 der EN 1090-2. Es gibt dazu unverständlicherweise keine Begriffserläuterung. In Kapitel 10 wird von der Vorbereitung der Oberflächen gesprochen, von "Oberflächenreinheit" und dann wiederum von den Vorbereitungsgraden (bezeichnet mit P1 bis P3) nach EN ISO 8501-3. Im Anhang F wird für die Vorbereitung der Oberflächen auf die EN ISO 12944-4 verwiesen, in der unter dem Titel "Oberflächenvorbereitungsgrade" eine Vielzahl von "Vorbereitungsgraden für die Oberflächenvorbereitung" (bezeichnet mit Sa1 bis Sa3 u.a.) beschrieben werden. Die inhaltliche Zuordnung der Begriffe fehlt und wird erst nach Durchforstung der Normen bzw. durch [2] verständlich.

 Die Zielsetzung der gegenständlichen Erläuterungen kann – schon aus Gründen des Umfangs - nicht eine Beschreibung des Fachgebiets Korrosionsschutz sein, denn dafür stehen einschlägige Publikationen (wie z.B. [1]) zur Verfügung. Sie haben dagegen das Ziel, dem Leser der Norm die Zusammenhänge der einzelnen Normenteile darzustellen, begriffliche Unklarheiten zu beseitigen und einige praktische Hinweise zu geben.

Ein genereller Überblick über das Begriffspaar "Vorbereitungsgrad" und "Oberflächenvorbereitungsgrad" wird aber –zum leichteren Verständnis- vorweg in der folgenden Tabelle gegeben:

Bezeichnung	Vorbereitungsgrad (des Stahlbauteils) P1 bis P3	Oberflächenvorbereitungsgrad (der zu beschichtenden Stahloberfläche) Sa1 bis Sa3
Zweck der Bearbeitung	Entfernen von Oberflächenfehlern, wie z.B. Schweißspritzer, Riefen, Krater, Einwalzungen, und scharfen Kanten	Rostentfernung und Herstellung ausreichender Rauigkeit für die Haftung des KoSchutzes
Durchführung der Arbeit	durchgeführt vom Stahlbaubetrieb	durchgeführt vom Ko-Schutzbetrieb
zugehörige Norm	EN ISO 8501-3	EN ISO 12944-4 / ISO 8501-1

2 Wann ist kein Korrosionsschutz erforderlich?

 Ein Korrosionsschutz ist nicht immer erforderlich. Er kann bei kurzer Nutzungsdauer oder bei bestimmten Umgebungsbedingungen (Korrosivitätskategorie C1) oder bestimmten Einbaubedingungen (innerhalb der Gebäudehülle) entfallen:

Dazu sind In folgenden Normen Hinweise gegeben:

- ÖNORM EN 1090-2: Abschnitt 10.1, 3.Abs.: kurze Nutzungsdauer, Korr. Kategorie C1, Auslegung mit Korrosionszuschlag.
- ÖNORM EN 1993-1-1: Abschnitt 4(6): innerhalb der Gebäudehülle, relative Luftfeuchtigkeit < 80,
- ÖNORM EN ISO 12944-2: Abschnitt 4.1: nennenswerte Korrosion tritt nur auf, wenn die relative Luftfeuchte > 80% und die Temperatur > 0° liegt,
- ÖNORM EN ISO 12944-5: Abschnitt 5.1.2.1, 2.Abs.: Korr.Kategorie C1.

Insbesondere die zweitgenannte Zitierung ist von großer praktischer Bedeutung im Stahlhochbau: "Tragwerke innerhalb einer Gebäudehülle brauchen nicht mit einem Korrosionsschutz versehen zu werden, wenn die relative Luftfeuchtigkeit 80% nicht überschreitet."

Die EN 1090-2 enthält auch den Hinweis, dass bei einer Auslegung, die Korrosion erlaubt, auf Korrosionsschutz verzichtet werden kann, wenn die Tragsicherheit im Vordergrund steht (z.B. Korrosionszuschläge).

3 Oberflächenbehandlung (Kapitel 10 der EN 1090-2)

a) Allgemeine Erläuterungen

Inhalt des Kapitels 10:
 Die Überschrift des Kapitels 10 der EN 1090-2 "Oberflächenbehandlung" könnte auch "Oberflächenvorbereitung" lauten. Es werden die Anforderungen für die Vorbereitung von Oberflächen festgelegt, auf die später eine Beschichtung aufgebracht wird, es sind aber auch andere Maßnahmen enthalten, die mit der Vorbereitung von Oberflächen zu tun haben, um Korrosion zu vermeiden. Es werden zudem auch Oberflächenvorbereitungen behandelt, die mit Korrosion nichts zu tun haben, sondern das Aussehen betreffen.

Mit der Festlegung der "Vorbereitungsgrade" und der "Oberflächenvorbereitungsgrade" soll der notwendige oder gewünschte Zustand der Stahloberflächen so definiert werden, dass die Bearbeitung vom Fertigungsbetrieb oder vom Korrosionsschutzhersteller entsprechend durchgeführt werden kann. Die beiden Begriffe werden im Folgenden erläutert:

Oberflächenvorbereitungsgrade:

Als Oberflächenvorbereitungsgrad ist der Grad der "visuell erkennbaren Reinheit" nach der Vorbereitung unbeschichteter Stahloberflächen oder nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen zu verstehen. Die Vorbereitung betrifft das Entfernen von Rost und Zunder und von Verunreinigungen (wie Salze, Staub, Öle, Fette) und kann durch Strahlen, von Hand oder maschinell oder durch Flammstrahlen erfolgen. Die Oberflächenvorbereitungsgrade wurden früher oft "Reinheitsgrade" genannt, was zur Unterscheidung von den Vorbereitungsgraden zweckmäßiger war. Sie werden beim häufigsten Vorbereitungsverfahren durch Strahlen mit Sa1 bis Sa3 gekennzeichnet (siehe EN ISO 8501-1).

Vorbereitungsgrade:

Als Vorbereitungsgrad wird der Grad des visuell erkennbaren Zustands von Schweißnähten, Kanten und anderen mit Unregelmäßigkeiten behafteten Bereichen der Stahloberfläche nach der Vorbereitung (oder ohne Vorbereitung, d.h. im Zustand "wie hergestellt") bezeichnet. Unter Unregelmäßigkeiten sind Schweißspritzer, Schweißnahtkerben, oberflächliche Schweißnahtporen, scharfe oder brenngeschnittene Kanten, oder sonstige beim Walzen entstandene Oberflächenfehler wie Krater, Riefen, Eindrückungen entlang der Kanten u.a. zu verstehen. Die Vorbereitung wird in der Regel durch Schleifen erfolgen. Die Vorbereitungsgrade werden mit P1 bis P3 gekennzeichnet, siehe EN ISO 8501-3.

Sie beziehen sich zum Einen auf die Anforderungen für nachträgliches Beschichten, zum Anderen auf Kriterien, die vom Aussehen bestimmt werden (wie z.B. dass Krater, Riefen, Eindrückungen an Kanten, brenngeschnittene Kanten u.dgl. nicht sichtbar sein sollen).

• Festlegungen zu den Vorbereitungsgraden und Oberflächenvorbereitungsgraden in der EN 1090-2:

Der Vorbereitungsgrad ist gemäß Kapitel 4 der Norm als wesentliche Angabe der Ausführungsspezifikation bereits in der Ausschreibung mit P1, P2...festzulegen. Der Oberflächenvorbereitungsgrad Sa1,Sa2,Sa21/2...kommt dagegen in der Norm textlich nicht vor, wohl aber wird im Anhang F generell auf die Oberflächenvorbereitung und die zugehörigen Normen verwiesen (wo dann dieser Begriff zu finden ist). Dieser Umstand kann zu Missverständnissen führen, denn es sind beide Grade für die Ausführungsspezifikation erforderlich. Zu erklären ist dies vielleicht dadurch, dass die Arbeiten, die den Vorbereitungsgrad betreffen, vom Fertigungsbetrieb durchgeführt werden, während die Arbeiten zur eigentlichen Oberflächenvorbereitung (Reinheit) auch durch Korrosionsschutzfirmen erbracht werden können.

- Normen zu den Oberflächen-/Vorbereitungsgraden:
 Es ist die Kenntnis folgender Normen erforderlich bzw. zu empfehlen:
 - **EN ISO 8501** "Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit" *Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen.*

Teil 3: **Vorbereitungsgrade** von Schweißnähten; Kanten und anderen Flächen mit Oberflächenunregelmäßigkeiten.

In Teil 1 werden die für die Oberflächenreinheit maßgebenden Kriterien festgelegt; es sind dies

- einerseits die vier Rostgrade A bis D und
- andererseits die Oberflächenvorbereitungsgrade für Strahlen: Sa1 bis Sa3

für mechan. Vorbereitung St2 und St3 für Flammstrahlen Fl

In Teil 3 werden die Kriterien für das "übrige Aussehen der Oberfläche, der Kanten und Schweißnähte mittels der drei Vorbereitungsgrade P1 bis P3 festgelegt.

- **EN ISO 12944-4** "Beschichtungsstoffe, Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme"

Teil 4: Arten der Oberflächen und Oberflächenvorbereitung.

In Teil 4 werden

- die Arten vorzubereitender Oberflächen (unbeschichtet / mit metallischen Überzügen/ mit Fertigungsbeschichtung/mit früheren Beschichtungen),
- die Verfahren der Oberflächenvorbereitung (Reinigen mit Wasser und Lösungsmitteln/ mechanisch mit Werkzeugen/ Strahlen/ Flammstrahlen),
- die Oberflächenvorbereitungsgrade (genauer als in 8501-1),
- die Rauheit und die Rauheitsgrade,
- die Bewertung der vorbereiteten Oberflächen hinsichtlich Reinheit und Rauheit (mittels Vergleichsmustern, mittels Rauheitsmessung, mittels Klebeband nach EN ISO 8502-2 oder mittels physikalischer und chemischer Methoden) beschrieben.

Die übrigen Teile der EN ISO 8501 sind von speziellerem Inhalt und betreffen:

Teil 2: Oberflächenvorbereitungsgrade von beschichteten Oberflächen nach örtlichem Entfernen der vorhandenen Beschichtung,

Teil 4:Ausgangszustände, Vorbereitungsgrade und Flugrostgrade in Verbindung mit Hochdruck-Wasserwaschen.

Darüber hinaus gibt es noch weitere Normen in dieser **Reihe EN ISO 850x** zur Vorbereitung von Stahloberflächen:

Während in der EN ISO 8501 die Beurteilung der Oberflächen nach dem Aussehen (d.h. visuell, mittels Vergleichsmustern) geregelt ist, enthält

- die EN ISO 8502 die Beurteilung mittels physikalischer und chemischer Verfahren (z.B. bei Bauteilen, die ständiger Einwirkung von Wasser oder kontinuierlicher Kondensation ausgesetzt sind),
- die EN ISO 8503 die Beurteilung der Rauheit von gestrahlten Stahloberflächen und
- die EN ISO 8504 gibt einen Leitfaden für die Vorbereitungsverfahren zum Reinigen der Oberflächen.

b) Vorbereitung der Oberflächen für Beschichtungen (Farbanstriche)

• Die Oberflächen von Stahlbauteilen, die mit Rost, Zunder, Verunreinigungen und anderen "Unregelmäßigkeiten" behaftet sind, müssen so vorbereitet werden, dass die Grundbeschichtung zufriedenstellend haftet und dass die Menge korrosionsfördernder Verunreinigungen in der später aufgebrachten Farbschicht verringert wird. Die Haftung wird neben der Reinheit der Oberfläche auch von der Rauheit beeinflusst (so führt Schleifen mit Scheibe auf zu glatte Oberflächen). Zudem dürfen körnige Schweißspritzer, wenn sie sich später lösen können oder zu große Schichtdicken bedingen und damit eine Fehlstelle in der Beschichtung verursachen, nicht vorhanden sein (dies fällt unter "Unregelmäßigkeiten).

Die Stahloberflächen müssen dazu der EN ISO 8501 entsprechen, das sind im Wesentlichen die EN ISO 8501-1 (Oberflächen-"Reinheit") und die EN ISO 8501-3 ("gröbere" Unregelmäßigkeiten). Im Hinblick auf Oberflächenreinheit ist noch auf die ausführlichere EN ISO 12944-4 zu verweisen. Die Anforderungen an die Rauheit (Rauheitsgrad) werden in der EN ISO 12944-4 und der EN ISO 8503 geregelt.

 Die Festlegung des Vorbereitungsgrades ist –falls die Korrosivitätskategorie und die Schutzdauer festgelegt sind - nach Tabelle 22 vorzunehmen. Es werden je nach den gegebenen Bedingungen Vorbereitungsgrade P1 oder P2 gefordert, und zwar unabhängig von der Ausführungsklasse (EXC). Es wird dies den Regelfall darstellen.
 Nur wenn nichts festgelegt ist, gilt als Mindestanforderung P1, jedoch nur für EXC2 bis 4, d.h. dass in einem solchen Fall in EXC1 keine Anforderung besteht.

- Hinsichtlich Korrosivitätskategorie und Schutzdauer des Korrosionsschutzes wird auf die Normen EN ISO 12944 und EN ISO 14713 verwiesen.
 - Die bereits erwähnte EN ISO 12944 regelt die Anforderungen an den Korrosionsschutz mittels Beschichtungen, die EN ISO 14713 an den Korrosionsschutz mittels Zink- und Aluminiumüberzügen.
 - In EN ISO 12944-1 wird die Schutzdauer geregelt. Der Begriff und der Unterschied von Schutzdauer und Gewährleistungszeit werden in [1] erläutert.
 - In EN ISO 12944-2 sind die Korrosivitätskategorien für verschiedene Umgebungsbedingungen behandelt.
 - In EN ISO 14713-1 sind die Korrosivitätskategorien für verzinkte Konstruktionen enthalten.
- Der Vorbereitungsgrad P3 wurde hier bisher nicht angesprochen. Tabelle 22 sieht vor, dass P3 in speziellen Fällen zur Anwendung kommen kann. Auch der Arbeitsausschuss des ÖSTV sieht dies so, d.h. dass P3 nur unter besonders schwerwiegenden Bedingungen, wie in Bereichen von Straßenbrücken mit direkter Streusalzeinwirkung, vorgeschrieben werden sollte und ansonsten der Grad P2 ordnungsgemäß ausgeführt als ausreichend angesehen werden kann. Es ist dies ein Punkt, der in der Publikation [1] anders gesehen wird. Falls P3 im Einzelfall zur Anwendung kommen sollte, ist zu empfehlen aus Gründen der hohen Kosten vorweg eine eingehende Erörterung der Problemstellung vorzunehmen.
- Neben der Festlegung des Vorbereitungsgrades (P1 bis P3) ist natürlich auch der Oberflächenvorbereitungsgrad (z.B. Sa1 bis Sa3) festzulegen. Darauf wird in der Norm jedoch erst im Anhang F (Punkt F.2) im Zusammenhang mit dem festgelegten Korrosionsschutzsystem verwiesen. Es wird dort für Beschichtungen und Metallspritzen auf die Normen EN ISO 12944-4 und EN ISO 8501, die bereits zuvor beschrieben wurden, sowie auf die EN ISO 8503 (für den Rauheitsgrad) Bezug genommen und für Verzinken auf die EN ISO 1461.
 - Der Oberflächenvorbereitungsgrad kann auch durch die Wahl des Beschichtungssystems vorgegeben sein, siehe EN ISO 12944 -5, Anhang A.

c) Weitere Regelungen in Kapitel 10 der EN 1090-2

- Des Weiteren werden in Kapitel 10 folgende Fragen behandelt, die gegebenenfalls von Bedeutung sein können. Es werden nur Einzelpunkte näher behandelt, ansonsten kurze Hinweise auf den Inhalt gegeben.
 - Wetterfeste Stähle (es sollten hier jedenfalls einschlägige Richtlinien und Merkblätter herangezogen werden, wie die DASt-Richtlinie 013 und das Merklatt MB 434 des Stahl-Informations-Zentrums SIZ)
 - Kontaktkorrosion (siehe unten)
 - Verzinken (siehe hierzu die Verzinkungsrichtlinie des ÖSTV [3])
 - Fugenabdichtung (Maßnahmen bei eingeschlossenen Hohlräumen, vollständig abgeschlossenen Hohlräumen und beim Verzinken geschlossener Querschnitte)

- Oberflächen in Kontakt mit Beton

Die Kontaktflächen erfordern –falls nicht gesondert verlangt- keine Beschichtung, sie sind aber einer Strahlentrostung zu unterziehen; Randzonen sollen auf eine Breite von 50mm, besser 100mm beschichtet werden; dies ist wesentlich bei Verbundkonstruktionen und voll einbetonierten Bauteilen, wie Anker etc.

- Unzugängliche Oberflächen (siehe unten)
- Reparaturen nach dem Schneiden oder Schweißen (Reparaturmaßnahmen nach dem Schneiden oder Schweißen vorbeschichteter oder verzinkter Bauteile)
- Reinigung nach der Montage (Reinigungsmaßnahmen bei dünnwandigen oder bei nichtrostenden Stahlbauteilen, um Korrosionsschäden zu vermeiden)
- In vielen Fällen handelt es sich um gestalterische, konstruktive Regelungen. Deshalb wird auch auf die EN ISO 12944-3 "Grundregeln zur Gestaltung" verwiesen, die diesen Themenkreis behandelt.

Kontaktkorrosion:

Besteht zwischen zwei unterschiedlichen metallischen Konstruktionsmaterialien (mit zueinander unterschiedlichem elektrochemischen Potential), wie nichtrostendem Stahl, Aluminium und Baustahl, eine elektrisch leitende Verbindung, führt dies bei Einwirkung von Feuchtigkeit zur (galvanischen) Korrosion des weniger edlen Materials. Die Korrosionsrate hängt bei sonst ähnlichen Bedingungen von der Potentialdifferenz und besonders vom Verhältnis der Flächen der Bauteile ab. Kritisch sind insbesondere Verbindungen, bei denen das unedlere Metall eine kleinere Oberfläche hat (zum Beispiel Fußplatte aus nichtrostendem Stahl und verzinkte Schrauben).

Es kommt dies besonders bei Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln von zueinander unterschiedlichen Materialien zur Auswirkung. Das bedeutet,

- dass feuerverzinkte Konstruktionen nicht mit Verbindungsmitteln aus Aluminium oder aus schwarzem Schraubenmaterial, aber wohl mit nichtrostenden oder mit unterschiedlich feuerverzinkten Verbindungsmitteln eingesetzt werden dürfen (letzteres betrifft den häufigen Fall, dass die Garnituren andere Zinkschichtdicken aufweisen als die gestoßenen Konstruktionsteile),
- dass ebenso nichtrostende Konstruktionen nicht mit feuerverzinkten oder schwarzen Verbindungsmitteln verwendet werden dürfen,
- dass aber feuerverzinkte Schrauben in beschichteten Baustahlkonstruktionen eingesetzt werden dürfen, sie allenfalls aber nachträglich ebenfalls zu beschichten sind.

Müssen geschraubte Verbindungen von Blechen aus Baustahl und nichtrostendem Stahl hergestellt werden, so sind die nichtrostenden Verbindungsmittel und die nichtrostenden Bleche vom Baustahl (mittels isolierenden Scheiben und Hülsen) elektrisch zu isolieren. Müssen Bleche aus Baustahl mit solchen aus nichtrostendem Stahl verschweißt werden (Schwarz-Weißverbindungen), so muss die Beschichtung mindestens um 20mm über die Naht in das nichtrostende Blech weitergezogen werden.

• Unzugängliche Oberflächen - Schraubenverbindungen

Es handelt sich hier um flächig aufeinanderliegende Bauteile, deren Kontaktflächen später unzugänglich sind; sie sollten zur Vermeidung von Spaltkorrosion eine Mindestkonservierung erhalten.

Handelt es sich um planmäßig gleitfest vorgespannte Verbindungen (Kat. B und C), so müssen die Kontaktflächen den Anforderungen der gewählten Gleitflächenklasse (Haftreibungszahl) entsprechen.

Bei anderen planmäßig vorgespannten Verbindungen (z.B. Kat. E) sollte die Schichtdicke auf den Kontaktflächen und unter den Scheiben wegen des Effekts von Vorspannkraftverlusten gering gehalten werden; die Norm gibt eine Trockenschichtdicke von 75 bis 100µm an.

Nach dem Vorspannen sollte die Verbindung – falls nicht anders festgelegt - mit dem für die Gesamtkonstruktion festgelegten Korrosionsschutzsystem überzogen werden. Falls nicht anders festgelegt bedeutet, dass gegebenenfalls auch beschichtete Konstruktionen mit feuerverzinkten Schrauben - ohne zusätzliche Beschichtung der Schrauben – eine ausreichende Lösung darstellen können.

4 Korrosionsschutz (Anhang F der EN 1090-2)

Die Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten ist in folgenden Normen geregelt:

Beschichtete Oberflächen

EN ISO 12944 –1 bis 8 Beschichtungsstoffe-Korrosionsschutz von Stahlbauteilen durch Beschichtungsstoffe

1.Allgemeine Erläuterungen
2.Einteilung der Umgebungsbedingungen
3.Grundregeln zur Gestaltung
4.Arten von Oberflächen und
Oberflächenvorbereitung
5.Beschichtungssysteme
6.Laborprüfungen zur Bewertung von Beschicht.systemen
7.Ausführung und Überwachung von Beschicht.arbeiten
8.Erarbeitung von Spezifikationen für Erstschutz und
Instandsetzung

Oberflächen mit metallischen Überzügen durch Verzinken

EN ISO 1461 Stückverzinken Anforderungen und Prüfungen

EN ISO 14713-1 Konstruktionsgrundsätze und Korrosionsbeständigkeit

EN ISO 14713-2 Feuerverzinken

Oberflächen mit metallischen Überzügen durch Thermisches Metallspritzen

EN ISO 2063 Metallisches Spritzen -Metallische und andere organische Schichten

EN 14616 Empfehlungen für das thermische Spritzen

EN 15311 Technische Lieferbedingungen

- Gemäß der EN 1090-2 ist wie bereits erwähnt eine Spezifikation zu erstellen, welche die Leistungsmerkmale (Schutzdauer und Korrosivitätskategorie) und die Art des Korrosionsschutzes (Beschichtung, Verzinken, Metallspritzen) beinhaltet.
 Des weiteren sind dort die generellen Anforderungen enthalten, welche
 - die Oberflächenvorbereitung,
 - das Beschichtungssystem und die Arbeitsanweisungen für das Aufbringen der Beschichtungsstoffe (Schichtdicken, Zwischentrocknungszeiten, Verarbeitungstemperaturen....),
 - das Thermische Spritzen oder Verzinken,
 - die Kontrolle und Überprüfung und
 - die Ausführungsdokumentation betreffen.
- Die Forderung nach Einbindung der Arbeitsanweisungen in einen Qualitätsmanagementplan ist vom Grundsatz der EN 1090-2 nicht als obligatorisch anzusehen, da ein QM-Plan an und für sich nicht verpflichtend ist. In jenen Fällen, in denen ein solcher nicht besonders festgelegt ist, ist die Einbindung in die projektspezifische Qualitätsdokumentation (kleiner QM-Plan) vorzunehmen.
- Die Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten gemäß EN 1090-2 ist in der Publikation [1] umfassend erläutert. Es wird auf diese Zusammenstellung die im Anhang beigefügt ist verwiesen. Es wird auch auf die detaillierten Erläuterungen in [2] hingewiesen.

5 Kontrolle und Überprüfung

- Die Qualitätskontrolle der Korrosionsschutzarbeiten muss nach einem Kontroll- und Prüfplan erfolgen Die Kontrollen sind aufzuzeichnen und sind Teil der Ausführungsdokumentation (Formblätter hierzu siehe auch EN ISO 12944-8, Anhänge).
- Die sog. Routineüberprüfungen müssen Folgendes umfassen:
 - Überprüfung der vorbereiteten Stahloberflächen vor dem Aufbringen der Beschichtung bzw. des Überzuges gemäß den Vorgaben der beschriebenen Normen, das sind Oberflächenvorbereitungsgrad und Vorbereitungsgrad gemäß EN ISO 8501 und Rauheitsgrad gemäß EN ISO 8503-2,
 - Messung der Schichtdicke während und nach jeder Beschichtungsschicht (Nassschichtdicke, Trockenschichtdicke).
 - Sichtprüfung der fertigen Beschichtung bzw. des fertigen Überzugs.

• Kontrollflächen:

Kontrollflächen dienen dazu, den Ausführungsstandard der Beschichtung zu bestätigen und das spätere Verhalten der Beschichtung zu beurteilen. Sie werden jedoch vielfach auch zu Gewährleistungszwecken verwendet.

Bei höheren Korrosionsschutzanforderungen als Korrosivitätskategorie C3 sind – sofern nicht anders festgelegt – Kontrollflächen anzulegen. Hierzu gelten die Festlegungen nach EN ISO 12944-7. Anzahl und Größe der Kontrollflächen müssen in angemessenem Verhältnis zur Gesamtfläche stehen.

In Anhang A dieser Norm werden Empfehlungen dazu gegeben. Die Norm beginnt erst ab 2000 m² und nennt hier eine Höchstzahl von 3. Unter 500 m² wird empfohlen, keine Kontrollflächen vorzugeben, da der Aufwand dafür unverhältnismäßig hoch wäre.

Das Ergebnis der Kontrollflächenprüfung ist in einem Protokoll aufzuzeichnen.

Verzinkte Bauteile:

Die Routineprüfung umfasst die Messung der Schichtdicke und die Sichtprüfung der Verzinkungsschicht.

Zusätzlich zu beachten ist nun nach diversen Schadensfällen auch flüssigmetallinduzierte Rissbildung (LMAC....liquid metal assisted cracking), die eine spezifische Sichtkontrolle an hierfür anfälligen Stellen erforderlich macht. Es sind daher in der Bauteilspezifikation jene Bauteile festzulegen, für die eine Kontrolle auf LMAC nicht erforderlich ist, sowie jene, für die eine zusätzliche ZfP (MT-Prüfung ist geeignet) durchzuführen ist. Letzteres entweder stichprobenhaft oder weil hinsichtlich kritischer Stellen Verdachtsmomente bestehen. Auf die diesbezügliche Richtlinie des Österreichischen Stahlbauverbandes [3] wird hingewiesen.

Literaturhinweise

- [1]] "Korrosionsschutz für EN 1090-2 /Stolperfallen und deren Vermeidung" von E. Wakolbinger, M. Niehsner in OIB 02/13
- [2] Beuth –Kommentar: Ausführung von Stahlbauten, Kommentare zu DIN EN 1090-1 und DIN EN 1090-2, Herbert Schmidt et al., Beuth und Ernst & Sohn,2012
- [3] "Richtlinie zum Stückverzinken von Stahlbauteilen", Österreichischer Stahlbauverband und Berufsgruppe Feuerverzinker (Dez. 2007)

ANHANG: PUBLIKATION von E.WAKOLBINGER und M.NIEHSNER [1]

Korrosionsschutz für EN 1090-2 "Stolperfallen und deren Vermeidung"

Text Erwin Wakolbinger | Fotos Margit Niehsner

Die Nutzungsdauer einer Stahlkonstruktion wird hauptsächlich von der Schutzdauer des Korrosionsschutzes bestimmt. Für die Werterhaltung von Stahlbauten kommt daher dem Korrosionsschutz eine besondere Bedeutung zu. Folgender Artikel soll einen Überblick für die Vorgangsweise zur normgerechten Auswahl der geeigneten Korrosionsschutzmaßnahmen geben.

Allgemeines/Anwendungsbereich

Diese europäische Norm EN 1090 Teil 2, "Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken", legt Anforderungen an die Stahlbauausführung bei Tragwerken oder hergestellten Bauteilen fest.

Der Korrosionsschutz bzw. die detaillierten Anforderungen an Korrosionsschutzsysteme sind in dieser Norm nicht enthalten. Diese sind in den folgenden Normen festgelegt, die je nach Bedarfsfall anzuwenden sind:

- beschichtete Oberflächen: Normenreihe FN ISO 12944
- Oberflächen mit durch thermisches Spritzen aufgebrachten metallischen Überzügen: EN 14616, EN 15311
- Oberflächen mit durch Verzinken aufgebrachten metallischen Überzügen: EN ISO 1461, EN ISO 14713-1, EN ISO 14713-2

Der Abschnitt 10 – Oberflächenbehandlung – der EN 1090-2, legt nur Anforderungen für die Bearbeitung von Stahloberflächen mit Unregelmäßigkeiten fest, einschließlich geschweißter und gefertigter Oberflächen, sodass diese für das Aufbringen von Beschichtungen und verwandten Produkten geeignet sind.

Die Anforderungen für das konkret vorgesehene Beschichtungssystem müssen festgelegt werden.

Den Begriff "Korrosionsschutz" findet man im normativen Anhang F. Dieser Anhang enthält Anforderungen und Richtlinien in Bezug auf die Ausführungen von Korrosionsschutz auf Stahlbauteilen in der Werkstatt und/oder auf der Baustelle, mit Ausnahme nichtrostender Stähle. Der Anwendungsbereich umfasst den Korrosionsschutz in Hinblick auf die Oberflächenvorbereitung und das Aufbringen von Beschichtungssystemen oder von metallischen Überzügen durch thermisches Spritzen oder Verzinken.

Die Anforderungen an den Korrosionsschutz müssen, gemäß Anhang F, in den Ausführungsunterlagen in Bezug auf eine Leistungsspezifikation oder in Form von Leistungsanforderungen für die zu verwendende

Schutzbehandlung angegeben sein. Zumindest muss die Leistungsspezifikation Folgendes festlegen:

- die Schutzdauer des Korrosionsschutzes (EN ISO 12944-1) und
- die Korrosivitätskategorie (EN ISO 12944-2). Sind in den Ausführungsunterlagen keine weiteren Leistungsanforderungen außer der Schutzdauer und der Korrosivitätskategorie festgelegt, müssen die vorgeschriebenen Anforderungen entwickelt werden, um diesen zu entsprechen. Andernfalls müssen die Ausführungsunterlagen die vorgeschriebenen Anforderungen definieren und Detailangaben zu folgenden Punkten machen, falls zutreffend:
- Oberflächenvorbereitung für hergestellte Stahlbauteile zum Beschichten
- Oberflächenvorbereitung für hergestellte Stahlbauteile zum thermischen Spritzen
- Oberflächenvorbereitung für hergestellte Stahlbauteile zum Verzinken
- Prozesse zur Oberflächenvorbereitung von Verbindungsmitteln
- Beschichtungssysteme nach EN ISO 12944-5 und/ oder Beschichtungsprodukte mit nachgewiesener Leistungsbewertung nach EN ISO 12944-6. Diese kann Anforderungen an nachträgliche dekorative Überzüge und Einschränkungen bei der Auswahl der Farbe von Beschichtungsprodukten einschließen.
- Arbeitsanweisungen für das Aufbringen von Beschichtungsprodukten und die Reparatur (z. B. von werksgefertigten Beschichtungen auf der Baustelle)
- Thermisches Spritzen
- Verzinken
- Anforderungen an Kontrolle und Überprüfung
- Besondere Anforderungen für bimetallische Schnittstellen
- Besondere Anforderungen für dünnwandige Profilbleche

Anmerkung zum 5. Punkt: In den Ausführungsunterlagen können auch Beschichtungssysteme von Richtlinien für den Korrosionsschutz von Stahlbauteilen wie z.B. RVS 15.05.11 [1] oder ZTV-Ing, Teil 4, Abschnitt 3 [2], angeführt sein.

Auswahl Oberflächenvorbereitung und Beschichtungssysteme bei vorgegebener Schutzdauer und Korrosivitätskategorie

Schutzdauer nach EN ISO 12944-1 und 12944-5

Unter Schutzdauer versteht man die erwartete Standzeit eines Beschichtungssystems bis zur ersten Instandsetzung. Dabei wird bei der deutschsprachigen Fassung

der EN ISO 12944-5 angenommen, dass eine Instandsetzung aus Korrosionsschutzgründen im Allgemeinen notwendig ist, wenn die Beschichtung der Stahltragwerke oder beschichteter Bauteile einen Rostgrad von Ri 3 nach EN ISO 4628-3 aufweist (1 % sichtbarer Rost, der die Beschichtung durchdrungen hat).

Die Schutzdauer ist keine Gewährleistungszeit. In der Regel ist die Gewährleistungszeit kürzer als die Schutzdauer.

In der EN ISO 12944 werden drei Zeitspannen für die Schutzdauer angegeben, \rightarrow siehe Tabelle 1.

Korrosivitätskategorie nach EN 12944-2

Für die Zwecke von EN ISO 12944 werden die atmosphärischen Umgebungsbedingungen in sechs Korrosivitätskategorien eingeteilt, — siehe Tabelle 2.

Die Korrosion von Bauten, die sich im Wasser oder im Erdbereich befinden, hat im Allgemeinen örtlichen Charakter. Korrosivitätskategorien können daher nur schwer definiert werden. Dennoch werden zum Zweck der EN ISO 12944 drei verschiedene Umgebungsbedingungen bzw. unterschiedliche Kategorien angeführt und bezeichnet, — siehe Tabelle 3.

Oberflächenvorbereitung, Vorbereitungsgrad nach EN ISO 8501-3

Mit der Angabe der vorgeschriebenen Schutzdauer und Korrosivitätskategorie ist auch bereits der Vorbereitungsgrad nach EN ISO 8501-3 festgelegt.

Nach EN 1090-2, Abschnitt 10 – Oberflächenbehandlung – muss der Vorbereitungsgrad der Tabelle 22 entsprechen.

Der Teil 3 der EN ISO 8501 beschreibt Vorbereitungsgrade von Schweißnähten, Kanten und anderen Bereichen auf Stahloberflächen, die Unregelmäßigkeiten aufweisen. Solche Unregelmäßigkeiten können entweder vor und/oder nach dem Strahlen sichtbar werden. Die für Stahloberflächen mit Unregelmäßigkeiten – einschließlich geschweißte und bearbeitete Oberflächen – im Teil 3 der EN ISO 8501 angegebenen Vorbereitungsgrade sollen diese Oberflächen für das Auftragen von Beschichtungen geeignet machen.

Es gibt drei Vorbereitungsgrade:

- P1 Leichte Vorbereitung: Keine Vorbereitung oder nur eine Mindestvorbereitung, die vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen als notwendig betrachtet wird (z. B. Kein Teil der Kanten darf scharf sein; die Kanten müssen frei von Graten sein; keine Vorbereitung bei Randkerben und Schweiß-Porosität).
- P2 Gründliche Vorbereitung: Die meisten Unregelmäßigkeiten sind behoben (z. B. Kanten müssen halbwegs glatt sein oder die Oberflächenporen bei Schweiß-Porosität müssen ausreichend offen sein, um das Eindringen des Beschichtungsstoffes zu ermöglichen).
- P3 Sehr Gründliche Vorbereitung: Die Oberfläche ist frei von bedeutenden sichtbaren Unregelmäßigkeiten (z. B. Kanten müssen mit einem Mindestradius

Bezeichnung (Kurzbezeichnung)	Erwartete Schutzdauer
niedrig (L)	2 bis 5 Jahre
mittel (M)	5 bis 15 Jahre
hoch (H)	über 15 Jahre

Tabelle 1 Zeitspannen für die Schutzdauer 13

Korrosivitätskategorie Korrosionsbelastung	Typische Umgebung außen	Typische Umgebung innen					
C1 unbedeutend	Atmosphäre mit sehr geringer Verunreinigung	Beheizte Gebäude mit neu- traler Atmosphäre, z. B. Büros, Schulen, Hotels					
C2 gering	Atmosphäre mit geringer Verunreinigung, meistens ländliche Bereiche	Unbeheizte Gebäude, wo Kondensation vorkommen kann					
C3 mäßig	Stadt- und Industrieatmosphäre, Küstenbereiche mit geringer Salzbelastung	Räume mit hoher Feuchte und geringer Luftverunreinigung					
C4 stark	Industrielle Bereiche und Küstengebiete mit mäßiger Salzbelastung, Stahlbauten im Streusalzbereich	Chemieanlagen, Schwimmbäder					
C5-I sehr stark (Industrie)	Industrielle Bereiche mit hoher Feuchte und aggressiver Atmosphäre	Gebäude oder Bereiche mit nahezu ständiger Kondensation und starker Verunreinigung					
C5-M sehr stark (Meer)	Küsten- und Offshore-Bereiche mit hoher Salzbelastung	Gebäude oder Bereiche mit nahezu ständiger Kondensation und starker Verunreinigung					

Tabelle 2

Korrosivitätskategorie für atmosphärische Umgebungsbedingungen bzw. Belastungen und typische Umgebungen (in Anlehnung an EN ISO 12944-2, Tab. 1)

Kategorie	Umgebung	Beispiele für Umgebungen und Stahlbauten
lm 1	Süßwasser	Flussbauten, Wasserkraftwerke
Im 2	Meer- oder Brackwasser	Hafenbereiche mit Schleusentoren, Sperrwerke, Offshore-Anlagen
Im 3	Erdreich	Behälter, Stahlspundwände, Stahlrohre

Tabelle 3

Kategorie der Korrosionsbelastung im Wasser und im Erdreich (in Anlehnung an EN ISO 12944-2, Tab. 2)

Schutzdauer des Korrosionsschutzes	Korrosivitätskategorie	Vorbereitungsgrad					
	C1	P1					
hoch (H) > 15 Jahre	C2 bis C3	P2					
,	Oberhalb C3	P2 oder P3 wie festgelegt					
mittel (M)	C1 bis C3	P1					
5 bis 15 Jahre	Oberhalb C3	P2					
niedrig (L)	C1 bis C4	P1					
< 5 Jahre	C5-Im	P2					

Tabelle 4

Vorbereitungsgrade nach EN ISO 8501-3 in Anlehnung an die Tabelle 22, Abschnitt 10, der EN 1090-2 von 2 mm gerundet sein oder die Oberfläche von Schweißnähten muss frei von sichtbaren Poren sein).

In der Tabelle 22, Abschnitt 10, der EN 1090-2 sind folgende Vorbereitungsgrade im Zusammenhang mit der Schutzdauer und der Korrosivitätskategorie angegeben.

In der Tabelle 4 sind die Vorbereitungsgrade in Anlehnung an Tabelle 22, Abschnitt 10, der EN 1090-2 angegeben, → siehe Tabelle 4.

Wie die Erfahrung gezeigt hat, ist es bei Schutzdauer "hoch" und auch bei "mittel" zu empfehlen, bereits bei einer Korrosivitätskategorie ab C3 die Oberflächenvorbereitung nach Vorbereitungsgrad P3 auszuführen, → siehe Abbildungen 1 und 2.

Ausschleifen von Unregelmäßigkeiten für die Ausführung nach Vorbereitungsgrad P3 bei einem Vertikalträger

Zudem soll der Vorbereitung wenn die festgelegte Gewäh Jahre beträgt.

Zudem soll der Vorbereitungsgrad P3 hergestellt werden, wenn die festgelegte Gewährleistungszeit länger als fünf Jahre beträgt.



Auch bei Stahlbauten, die einer Korrosionsbelastung im Wasser oder im Erdreich ausgesetzt sind, ist es empfehlenswert, die Oberflächenvorbereitung nach Vorbereitungsgrad P3 festzulegen.

Auswahl der Beschichtungssysteme

Mit der festgelegten Schutzdauer, Korrosivitätskategorie und Definition des Untergrundes (z.B. Stahl, feuerverzinkter Stahl) kann das Beschichtungssystem mit Hilfe der Tabellen in der EN ISO 12944-5, Anhang A, ausgewählt werden. Die dort angeführten Beschichtungssysteme sind bewährte Beispiele aus der Praxis für den Erstschutz der Substrate Stahl, feuerverzinkter Stahl und thermisch gespritzte Metalloberflächen.

Die Tabellen 5 und 6 veranschaulichen anhand von Beispielen aus EN ISO 12944-5, wie die Auswahl von Beschichtungssystemen bei unterschiedlicher Schutzdauer und Korrosivitätskategorie erfolgen kann.

Zusätzliche Korrosionsbelastungen (Sonderbelastungen) müssen bei der Auswahl der Beschichtungssysteme berücksichtigt werden.

In der EN ISO 12944-2, Anhang B, sind beispielsweise folgende Sonderbelastungen angeführt:

- Chemische Belastung durch betriebsbedingte Immissionen
- Mechanische Belastung in der Atmosphäre durch vom Wind mitgerissene Teile (z. B. Sand)
- Mechanische Belastung im Wasser (z. B. durch Strömung, mitgeführtes Geröll, Kies usw.)
- Belastung durch Kondenswasser
- Belastung durch erhöhte (60 bis 150 °C) oder hohe (150 bis 400 °C) Temperaturen
- Verstärkte Korrosion durch kombinierte Belastungen

In den Tabellen A•1 bis A•8 der EN ISO 12944-5 sind Korrosionsschutzsysteme angegeben, die sich langjährig in der Praxis bewährt haben. Weitere Beschichtungssysteme ergeben sich beispielsweise durch die Änderung der Sollschichtdicken oder von Art und Anzahl der Einzelschichten. Es wird darauf hingewiesen, dass auch andere Beschichtungssysteme mit der gleichen Schutzdauer angewendet werden können.

In der RVS 15.05.11 [1] oder auch in der ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3 [2], sind z.B. Korrosionsschutzsysteme angeführt, mit denen eine besonders hohe Schutzdauer von mindestens 25 Jahren erwartet wird. Es dürfen bei diesen Regelwerken nur Beschichtungsstoffe verwendet werden, die eine gültige Zulassung haben.

Vor der endgültigen Festlegung der Beschichtungssysteme nach EN ISO 12944-5 ist durch Beiziehung der Beschichtungsstoffhersteller zu überprüfen, ob das gewählte Beschichtungssystem im Handel erhältlich ist. Vom Beschichtungsstoffhersteller können über das zur Anwendung ausgewählte Beschichtungssystem entsprechende Bestätigungen oder Eignungsnachweise verlangt werden

Mit der Auswahl von Beschichtungssystemen nach EN ISO 12944-5, Tabelle A•1 bis Tabelle A•6 (Substrat: niedrig legierter Stahl) ist auch die Oberflächenvorbereitung

OiB 02 13

durch Strahlentrostung mit Vorbereitungsgrad Sa 2% nach EN ISO 8501-1 festgelegt.

Die Oberflächenvorbereitung für die Beschichtungssysteme nach Tabelle A•7 (Substrat: feuerverzinkter Stahl) ist nicht festgelegt. Es wird auf Beispiele in EN ISO 12944-4 hingewiesen. Wie die langjährige Erfahrung mit diesen Beschichtungssystemen (diese werden auch als Duplex-Systeme bezeichnet) gezeigt hat, ist eine einwandfreie und nachhaltige Haftung der Beschichtungssysteme auf Stückverzinkung nur durch eine Sweep-Strahlung nach EN ISO 12944-4 herzustellen. Es ist daher zu empfehlen, die Oberflächenvorbereitung von stückverzinkten Bauteilen, die einer Freibewitterung ausgesetzt sind (Korrosivitätskategorie C1 bis C5) oder durch Feuchte im Innenbereich oberhalb von Korrosivitätskategorie



Nach Vorbereitungsgrad P3 mit Radius 2 mm abgerundete Kanten bei einem Bogenträger

Beschichtungssysteme für		Korrosionsbelastung	Entsprechende Systemtabelle nach				
Substrat	Korrosivitäts- kategorie		DIN EN ISO 12955-5				
niedrig legierter Stahl	C2 C3 C4 C5-I C5-M	Atmosphäre gering mäßig stark sehr stark (Industrie) sehr stark (Meer)	Tabelle A•1 (zusammenfassende Tabelle) Tabellen A•2 bis A•5				
niedrig legierter Stahl	Im 1 Im 2 Im 3	Immersion Süßwasser Meer-, Brackwasser Erdreich	Tabelle A•6				
feuerverzinkter Stahl	C2 C3 C4 C5-I C5-M	Atmosphäre gering mäßig stark sehr stark (Industrie) sehr stark (Meer)	Tabelle A•7				
niedrig legierter Stahl mit thermisch gespritzten (Metall)-Überzügen	C2 bis Im 3	Atmosphäre und Immersion gering mäßig stark sehr stark (Industrie) sehr stark (Meer)	Tabelle A•8				

Tabelle 5 Übersicht zur Auswahl der Beschichtungssysteme nach EN ISO 12944-5: 2008-01, Anhang A

C2 belastet werden, durch Sweep-Strahlen auszuführen. Eine Sweep-Strahlung ist jedenfalls dann erforderlich, wenn das Beschichtungssystem auf Basis der herkömmlichen Epoxidharz- oder Polyurethan-Bindemittel besteht und die Bauteile durch Freibewitterung oder durch hohe Feuchte belastet sind.

Für die Oberflächenvorbereitung von thermisch gespritzten Überzügen sind keine besonderen Vorbereitungsverfahren erforderlich. In der Tabelle A•8 (Substrat: thermisch gespritztes Metall) wird bezüglich Oberflächenvorbereitung auf EN ISO 12944-4, Abschnitt 13, hingewiesen.

ALU-FENSTER RECHNEN SICH AUF DAUER.

www.alufenster.at/wohnbau



Substrat: Niedrig legierter Stahl Oberflächenvorbereitung: Vorbereitungsgrad Sa 2½ nach EN ISO 8501-1																												
System	Grundbeschio	:htung(en)	Nachfolgende Schicht(en)	(en) system Erwartete Sch						ätskategorie C2, C3, C4, C5 Schutzdauer), Mittel (M), Hoch (H)																		
Nr.	Bindemittel-	5	Anzahl	NDFT	Bindemittel-	T Bindemittel- A	FT Bindemittel- A	NDFT Bindemittel- A	NDFT Bindemittel-	IDFT Bindemittel- A		Bindemittel-	Bindemittel-	Bindemittel- Anzahl ND	Anzahl NDFT		C2		С3			C4		C5-I		C5-M		
	typ	Pigment	Schichten	μm	typ	Schichten	Schichten µm	L	M	Н	L	M	Н	L	M	Н	L	M	Н	L	M	Н						
A1•01	AK, AY	div.	1-2	100	-	1-2	100																					
A1•04	AK	div.	1-2	80	AK	2-4	160																					
A1•17	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60	EP, PUR	2-3	200																					
A1•22	EP, PUR	div.	1	150	EP, PUR	2	300																					
A1•23	EP, PUR, ESI	Zn(R)	1	60	EP, PUR	3-4	320																					

Kurzzeichen: AK = Alkydharz PUR = Polyurethan

AY = Acrylharz ZN(R) = Zinkstaub

EP = Epoxidharz div. = verschiedene Korrosionsschutzpigmente

ESI = Ethylsilikat NDFT = Sollschichtdicke

Tabelle 6

Beispiele für die Auswahl der in den Tabellen A•1 bis A•8 angegebenen Beschichtungssysteme mit Einstufung der zu erwartenden Schutzdauer bei verschiedener Korrosivitätskategorie in Anlehnung an EN ISO 12944-5, Anhang A, Tabelle A•1; zusammenfassende Tabelle für die Korrosivitätskategorien C2, C3, C4, C5-I und C5-M Für das Aufbringen von thermisch gespritzten Überzügen, ist die Stahloberfläche durch Strahlentrostung auf den Vorbereitungsgrad Sa 3 nach EN ISO 8501-1 vorzubereiten und die Rauheit muss dem Rauheitsgrad "grob (G)" nach EN ISO 8503-1 entsprechen.

Weitere Anforderungen nach EN 1090-2, Abschnitt 10 und Anhang F

Im Folgenden werden einige für die Herstellung des Korrosionsschutzes besonders relevante Anforderungen angeführt.

Kontaktkorrosion

Der unbeabsichtigte Kontakt zwischen unterschiedlichen metallischen Bauteilen ist nicht zulässig.

Wird nichtrostender Stahl mit Baustahl verschweißt, muss das Beschichtungssystem für das Stahltragwerk von der Naht aus um mindestens 20 mm auf den nichtrostenden Stahl weitergeführt werden.

Es ist zu empfehlen, den Übergriff vom Baustahl zum nichtrostenden Stahl – wenn möglich – deutlich breiter auszuführen. Werden unterschiedliche metallische Werkstoffe – z.B. durch Schraubgarnituren – verbunden, muss die Verbindung elektrisch nichtleitend hergestellt werden.

Oberflächen in Kontakt mit Beton

Das Beschichtungssystem der luftberührten Stahlkonstruktion ist auch auf dem ersten 50 mm breiten Streifen der betonberührten Stahloberfläche aufzubringen. Damit soll die Entstehung einer Spaltkorrosion zwischen

Stahl und Beton (z.B. bei Verbundtragwerken, Lagergrundplatten oder Fußplatten) verhindert werden. Spaltkorrosion in der Fuge zwischen Stahl und Beton ist ein Mangel, der häufig bereits innerhalb der Gewährleistungszeit vorkommt.

Die übrige betonberührte Oberfläche der Stahlkonstruktion muss nicht beschichtet werden, es sei denn, dies ist festgelegt.

Bei Bahn- und Straßenbrücken wird die betonberührte Oberfläche der Stahlbauteile (einschließlich Kopfbolzendübel) nach Strahlentrostung vollflächig mit der Grundbeschichtung beschichtet. Ein 50 mm breiter Randstreifen der betonberührten Oberfläche mit einem ca. 50 mm breiten Übergriff zur luftberührten Oberfläche wird mit einer 500 µm dicken Schutzbeschichtung (mechanische Schutzbeschichtung) beschichtet, \rightarrow siehe Abbildung 3, Seite 18.

Damit werden Verunreinigungen der Beschichtung während der Montage durch ablaufendes Rostwasser vermieden. Durch die mechanische Schutzbeschichtung werden deutlich weniger Beschichtungsschäden bei den Schalungs- und Betonierarbeiten verursacht.

Unzugängliche Oberflächen

Bereiche und Oberflächen, die nach dem Zusammenbau nicht oder nur schwer zugänglich sind, müssen vor dem Zusammenbau mit dem festgelegten Beschichtungssystem beschichtet werden.

OiB 02 | 13

Oberflächen bei planmäßig vorgespannten Verbindungen und andere Verbindungen

Bei gleitfesten Verbindungen müssen die Ausführungsunterlagen Anforderungen an die Reibflächen und Gleitflächen oder erforderliche Prüfungen festlegen.

Werden die Stoßflächen (Reibflächen) bei gleitfesten Verbindungen mit einem Oberflächenschutz (gleitfeste Beschichtung) versehen, muss dieser Oberflächenschutz zur Erzielung der notwendigen Reibung den Anforderungen entsprechen. Die Prüfung bzw. Bestimmung der Haftreibungszahl [µ] für die Beschichtung der Reibflächen mit Zuordnung zu den Gleitflächenklassen A bis D ist nach EN 1090-2, Anhang G, durchzuführen.

Problematisch ist in diesem Zusammenhang, dass es derzeit noch keine Beschichtungsstoffe gibt, die nach EN 1090-2, Anhang G, geprüft bzw. zugelassen sind.

Bei der Umsetzung bzw. Durchführung des Prüfverfahrens zur Ermittlung der Haftreibungszahl wurde am IKS Institut für Korrosionsschutz Dresden festgestellt, dass das Prüfverfahren im Anhang G nicht hinreichend genau beschrieben ist und sich die Unzulänglichkeiten u.a. zur Vorspannkraft- bzw. zur Wegmessung direkt auf das Messergebnis auswirken können. Es soll deshalb ein Forschungsvorhaben zur Klärung dieser Frage injiziert werden

Bisher war bzw. ist in Österreich gängige Praxis, die Reibflächen von gleitfesten Verbindungen mit Etylsilikat-Zinkastaub-Beschichtungsstoffen zu beschichten, wobei die Schichtdicke maximal 40 μ m betragen darf. Die Prüfung des vorgeschriebenen Reibbeiwertes (Haftreibungszahl) $\mu \geq 0,5$ erfolgt nach TL/TP-KOR-Stahlbauten, Anhang F, Blatt 85 [3].





Betonberührte Beschichtung (mechanische Schutzbeschichtung) bei einem Verbundbrückenträger

Die EN 1090-2 bietet die Möglichkeit der Einordnung von Beschichtungsstoffen in Gleitflächenklassen A bis D unter Verwendung von Beschichtungsstoffen mit geringer Haftreibungszahl. Diesbezüglich sollen ausgewählte Beschichtungsstoffe (z.B. Epoxidharz-Zinkstaub) in das vorhin erwähnte Forschungsvorhaben einbezogen werden.

Bei den planmäßig vorgespannten Verbindungen, die nicht gleitfest ausgeführt werden, muss das Ausmaß der Oberfläche, die durch die vorgespannten Schrauben beansprucht werden, festgelegt sein. Werden die Kontaktflächen vor dem Zusammenbau beschichtet, muss die Trockenschichtdicke zwischen 75 und 100 µm betragen. Nach dem Zusammenbau und der Vorspannung müssen die Schraubverbindungen einschließlich deren Umgebung um eine solche Verbindung mit dem vollständigen Korrosionsschutzsystem behandelt sein, welches für das restliche Stahltragwerk festgelegt ist.

Andere Verbindungen dürfen nicht mit übermäßiger Beschichtung auf den Stoßflächen ausgeführt werden. Sofern nichts anderes festgelegt wird, dürfen Stoßflächen und Oberflächen unter Scheiben höchstens mit einer Fertigungsbeschichtung und Grundbeschichtung behandelt sein.

Die EN 1090-2 macht keine Aussage über geeignete Beschichtungssysteme auf Kontaktflächen vorgespannter Schraubverbindungen, die nicht zu einem unzulässigen Vorspannungskraftverlust führen. Es wird, wie bereits angeführt, nur eine pauschale Begrenzung der Trockenschichtdicke von 75 bis 100 μm, unabhängig vom Beschichtungsstoff, angegeben.

Schweißnähte und Oberflächen zum Schweißen

Wird ein Bauteil nachfolgend – z.B. auf der Baustelle – geschweißt, darf die Bauteiloberfläche bis zu einem Abstand von 150 mm vor der Naht nicht beschichtet

sein, da das die Qualität der Schweißnaht beeinträchtigen kann.

Schweißnähte und der benachbarte Grundwerkstoff dürfen vor Schlackenentfernung, Reinigung, Überprüfung und Abnahme der Schweißnaht nicht beschichtet werden

Beschichtungsverfahren

Werden zwei oder mehr Beschichtungen aufgebracht, muss für jede Beschichtung ein deutlich unterschiedlicher Farbton verwendet werden.

Tragwerke mit einer Schutzdauer des Korrosionsschutzes größer als fünf Jahre und ausgelegt für eine Korrosivitätskategorie C3 (und darüber) müssen gerundete oder gefasste Kanten nach EN ISO 12944-3 aufweisen. Die Kanten sind durch eine streifenförmige Beschichtung (Kantenschutz), die sich auf einer Breite von etwa 25 mm beiderseits der Kanten erstreckt und mit einer für das Beschichtungssystem geeigneten Nenndicke (z. B. 80 µm) aufgebracht wird, zu schützen.

Verzinken

Verzinken muss grundsätzlich nach EN ISO 1461 erfolgen. Zudem sind die Anforderungen nach EN ISO 14713-1 und EN ISO 14713-2 zu berücksichtigen.

Besonders zu beachten ist, dass in Deutschland feuerverzinkte tragende Stahlbauteile nur in den Verkehr gebracht werden dürfen, wenn die Feuerverzinkung nach der DASt-Richtlinie 022 [4] hergestellt ist und der Feuerverzinkungsbetrieb nach dieser Richtlinie ein Übereinstimmungszertifikat hat (Ü-Zeichen).

In Österreich muss für feuerverzinkte Konstruktionsteile die Richtlinie zum Stückverzinken von Bauteilen [5] dann angewendet werden, wenn die Stahltragwerke nach den Technischen Vertragsbedingungen der RVS 08.08.01 [6] hergestellt werden.

Es ist anzuregen, diese Richtlinie auch für die Feuerverzinkung aller anderen tragenden Bauteile anzuwenden.

Sofern nichts anderes festgelegt wird, müssen nach EN 1090-2 verzinkte Bauteile aufgrund des Risikos von flüssigmetallinduzierter Rissbildung (LMAC) nach dem Verzinken einer Kontrolle unterzogen werden.

Kontrolle und Überprüfung der Beschichtungsarbeiten

Für die Kontrolle und Überprüfungen ist ein Qualitätsmanagementplan zu erstellen, der alle vorgeschriebenen Anforderungen beinhaltet.

Unabhängig davon, müssen die Routineüberprüfungen des Korrosionsschutzes Folgendes umfassen:

- Überprüfung der Oberflächenvorbereitungsarbeiten der Stahloberflächen, Vorbereitungsgrad nach EN ISO 8501-1, Rauheit nach EN ISO 8503-2 und Vorbereitungsgrad nach EN ISO 8501-3
- Messung der Schichtdicke von jeder Beschichtungsschicht nach ÖNORM ISO 19840
- Sichtprüfung jeder Beschichtungsschicht nach dem Verfahren von EN ISO 12944-7

OiB 02|13

Kontrollflächen

Sofern nichts anderes festgelegt wird, müssen Kontrollflächen bei Korrosionsschutzsystemen in den Korrosivitätskategorien C3 bis C5 und Im 1 bis Im 3 in Übereinstimmung mit EN ISO 12944-7 angelegt werden.

Resümee

In Bezug auf den Korrosionsschutz legt die EN 1090 Teil 2 im Wesentlichen nur Anforderungen für die Bearbeitung von Stahloberflächen mit Unregelmäßigkeiten in Abhängigkeit der vorhandenen Korrosivitätskategorie und der Schutzdauer des Korrosionsschutzes fest. In der Leistungsspezifikation müssen zumindest die Schutzdauer des Korrosionsschutzes und die Korrosivitätskategorie festgelegt sein. Das Korrosionsschutzsystem ist nach den einschlägigen technischen Korrosionsschutznormen vom Auftragnehmer zu spezifizieren.

Literaturverzeichnis

- [1] RVS 15.05.11: Brücken. Korrosionsschutz. Stahl- und Aluminiumkonstruktionen. Mai 2012.
- [2] ZTV-Ing. Teil 4: Stahlbau. Stahlverbundbau, Abschnitt 3: Korrosionsschutz von Stahlbauten, Dezember 2007.
- [3] TL/TP-KOR-Stahlbauten: Technische Lieferbedingungen und technische Prüfvorschriften für Beschichtungsstoffe für den Korrosionsschutz von Stahlbauten, 2002.
- [4] DASt-Richtlinie 022: Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen. Hrsg.: Deutscher Ausschuss für Stahlbau.
- [5] Richtlinie zum Stückverzinken von Stahlbauteilen. Hrsg.: Österreichischer Stahlbauverband und Berufsgruppe Feuerverzinker, Dezember 2007.
- [6] RVS 08.08.01: Technische Vertragsbedingungen. Stahlbau. Stahltragwerke, Dezember 2010.



Ing. Erwin Wakolbinger,
Geschäftsführer des Ingenieurbüros Wakolbinger & Niehsner
GmbH, Allgemein beeideter und
gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Korrosionsschutz, Brandschutzbeschichtungen und Oberflächenschutz
und Beschichtung von Beton.
office@wakolbinger-und-niehsner.at





DAS FACHMAGAZIN FÜR BAURECHT UND TECHNIK

Ja, ich möchte **OIB aktuell** als Abonnement bestellen. Für vier Ausgaben im Jahr bezahle ich nur € 49,50 (Europa € 55,-/Sonstige Länder € 60,-) inkl. Mehrwertsteuer und Versandkosten.

Das Abonnement verlängert sich um weitere vier Ausgaben, falls es nicht vorher schriftlich gekündigt wird. Eine Refundierung vorausbezahlter Ausgaben erfolgt nicht.

Rec	hnı	ıng	sa	dr	ess	e
vec		ang	Jа	uı	-	C.

Firma______Name_____

PLZ/Ort

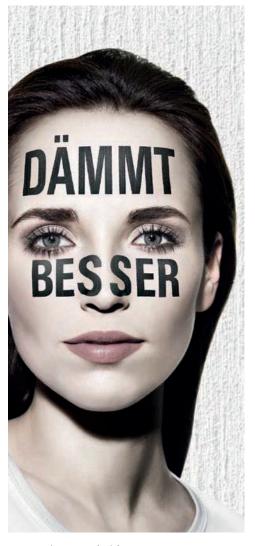
Straße

Widerrufsrecht: Ich kann diese Vereinbarung innerhalb einer Woche schriftlich widerrufen: Österreichisches Institut für Bautechnik, Schenkenstraße 4, 1010 Wien, Austria, mail@oib.or.at Lieferadresse (nur wenn abweichend):

Firma
Name

Straße
PLZ/Ort

Ort, Datum Unterschrift



Meine Entscheidung: Bewusst bauen mit

Sto-Fassadendämmsystemen.

Eine Sto-Fassade ist mehr als das Gesicht eines Hauses. Sie beeindruckt auf den ersten Blick durch Ästhetik und weckt Lust auf mehr. Wer aber ihre inneren Werte kennt, weiß, was perfekte Fassaden ausmacht: Top-Qualität, innovative Technologien, perfekte Abstimmung von Systemen und Zubehör, erstklassige Beratung und umfassender Service. An meine Fassade kommt nur Sto – das Beste.





DIE ARBEITSGRUPPE DES ÖSTV

Der vorliegende Anwendungsbehelf zur EN 1090-2 und die Schwerpunktthemen wurden in einer Arbeitsgruppe des ÖSTV unter der Mitarbeit von:

Walter Siokola, Zeman & Co GmbH (Vorsitz)

Karl Felbermayer, ÖSTV

Harald Germ, Doppelmayr Seilbahnen GmbH

Richard Greiner, Inst. f. Stahlbau und Flächentragwerke, TU Graz

Johann Riedler, Peneder

Meinhard Roller, Ziv.-Ing. f. Bauwesen

Gerhard Meßner, Haslinger Stahlbau GmbH

Helmut Stelzl, Zeman & Co GmbH

Franz Stadler, Waagner-Biro Stahlbau AG

Ferdinand Schwingenschrot, Ziv. Ing. f. Bauwesen

Gerald Luza, Baumeister, Ing.Konsulent f. Bauwesen

Herbert Pommer, Ziv. Ing. f. Bauwesen

Robert Vesely, Siemens AG

Thomas Berr, Wilhelm Schmidt Stahlbau

Roland Peck, Wilhelm Schmidt Stahlbau

Christian Kindelsberger, Metallbau Heidenbauer

Georg Matzner, ÖSTV

Peter Neusser, Bundesinnung Metalltechnik

erstellt.

Obwohl diese Richtlinie sorgfältig unter Beiziehung von Fachexperten nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik erstellt wurde, übernimmt der Österreichische Stahlbauverband (ÖSTV) keinerlei Haftung für die betreffenden Angaben.

Sollten Sie Fehler entdecken oder Verbesserungsvorschläge haben, so sind die Autoren bzw. die Herausgeber für Ihre Hinweise dankbar. Richten Sie diese bitte schriftlich an das Büro des ÖSTV an unten stehende Adresse.

Nachdruck und Vervielfältigung ausschließlich mit schriftlicher Genehmigung des ÖSTV

Eigentümer, **Herausgeber**: ÖSTERREICHISCHER STAHLBAUVERBAND (ÖSTV)

Wiedner Hauptstr. 63, 1045 Wien, Österreich, Tel. +43/1/503 94 74

E-Mail: info@stahlbauverband.at www.stahlbauverband.at

