

Wiederverwendung von Stahlbauteilen

(Merkblatt D - Wiederverwendung Stahl – 03.04.2023)

Inhaltsverzeichnis

1	ANWENDUNGSBEREICH.....	2
2	ANFORDERUNGEN UND EIGNUNGSFESTSTELLUNG.....	4
3	DATENERFASSUNG - IST - SOLL.....	6
4	MATERIALKENNWERTE.....	6
4.1	ALLGEMEINE BEMERKUNGEN.....	6
4.2	ERMITTLUNG VON MATERIALKENNWERTEN.....	6
4.3	AUSWERTUNG UND VERWENDUNG VON MATERIALKENNWERTEN.....	7
5	QUERSCHNITTSABMESSUNGEN.....	10
6	PLANUNGS- UND AUSFÜHRUNGSHINWEISE.....	11
7	LITERATUR.....	12

1 Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt gilt für die Anforderungen an die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von demontierten Bauteilen oder Tragwerksteilen aus Stahl, welche ohne oder auch mit einer erforderlichen Aufarbeitung für die Wiederverwendung in baulichen Anlagen vorgesehen sind. Das Merkblatt gilt zusammen mit der entsprechend der Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen [1], lfd. Nr. A.1.2.4 bauaufsichtlich eingeführten Norm DIN EN 1993-1-1 [2] einschließlich des nationalen Anhangs DIN EN 1993-1-1/NA [3] und ergänzt bzw. konkretisiert die im allgemeinen Merkblatt zur Zustimmung im Einzelfall aufgeführten Sachverhalte.

Die zur Wiederverwendung vorgesehenen Bau- oder Tragwerksteile aus Stahl genügen im Allgemeinen nicht den erforderlichen Anforderungen nach DIN EN 1090-1 [4] (Konformität) und DIN EN 1090-2 [5] (Ausführung), insbesondere kann von einem Fehlen des Verwendbarkeitsnachweises ausgegangen werden.

Deshalb soll durch dieses Merkblatt und das allgemeine Merkblatt, auf Grundlage der Brandenburgischen Bauordnung (BbgBO) [6], die Wiederverwendung dieser Bauteile durch einen Verwendbarkeitsnachweis im Rahmen einer Zustimmung im Einzelfall (ZiE) entsprechend § 20 BbgBO erleichtert werden.

Nach Erteilung einer ZiE für demontierte und wiederverwendbare Bau- und/oder Tragwerksteile aus Stahl dürfen diese in Gebäuden und sonstigen Anlagen, die unter den Geltungsbereich der BbgBO fallen und ausschließlich vorwiegend ruhend beansprucht sind, verwendet werden [7]. Der Einsatz der wiederverwendbaren Bauteile wird auf die Ausführungsklassen 1 und 2 nach [2], Anhang C begrenzt. In [8], Tab. KII.4-1 (entspricht Tab. C.1 nach [2]) und Tab. KII.4-2 finden sich Empfehlungen und Beispiele zur Auswahl der Ausführungsklasse.

Zuverlässigkeitsklasse (RC) oder Schadensfolgeklasse (CC)	Art der Belastung	
	Statische, quasi-statische oder seismische Einwirkungen (DCL) ^a	Ermüdung ^b oder seismische Einwirkungen (DCM oder DCH) ^a
RC3 oder CC3	EXC3 ^c	EXC3 ^c
RC2 oder CC2	EXC2	EXC3
RC1 oder CC1	EXC1 ¹	EXC2

a Seismische Duktilitätsklassen werden in EN 1998-1 definiert: niedrig = DCL; mittel = DCM; hoch = DCH.
b Siehe EN 1993-1-9.
c EXC4 kann für Tragwerke festgelegt werden, wenn das Versagen der Konstruktion schwerwiegende Folgen hätte.

1 **EXC2** (statt EXC1), falls die nachstehend aufgeführten Bauteilarten vorliegen:

- geschweißte Bauteile, die aus Stahlprodukten der Stahlsorte S355 oder höher hergestellt werden;
- für die Standsicherheit wesentliche Bauteile, die auf der Baustelle miteinander verschweißt werden;
- geschweißte Bauteile aus Kreishohlprofil-Fachwerkträgern, die besonders geschnittene Endquerschnitte erfordern;
- Bauteile, die durch Warmumformen gefertigt oder im Verlauf der Herstellung einer Wärmebehandlung unterzogen werden.

Tab. 1 Auswahl Ausführungsklasse, Tab. KII.4-1 [8]

Schadens- bzw. Versagensfolgeklasse CC1	Schadens- bzw. Versagensfolgeklasse CC2	Schadens- bzw. Versagensfolgeklasse CC3
Niedrige Folgen für Menschenleben, kleine/vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Mittlere Folgen für Menschenleben, beträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Hohe Folgen für Menschenleben, sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen
Landwirtschaftliche Gebäude ohne regelmäßigen Personenverkehr (z. B. Scheunen, Gewächshäuser). Einfamilienhäuser mit bis zu vier Stockwerken. Gebäude, die selten von Personen betreten werden, wenn der Abstand zu anderen Gebäuden oder Flächen mit häufiger Nutzung durch Personen mindestens das 1,5fache der Gebäudehöhe beträgt.	<u>Untere Risikogruppe CC2a:</u> Hotels, Wohn- und Bürogebäude mit bis zu 4 Stockwerken. Industriebauten mit bis zu 3 Stockwerken. Einzelhandelsgeschäfte mit bis zu 3 Stockwerken und Geschossflächen bis 1000 m² je Geschoss. Gebäude mit Publikumsverkehr mit Geschossflächen bis 2000 m² je Geschoss bis zu 3 Stockwerken. Einstöckige Schulgebäude.	Öffentliche Gebäude mit hohen Versagensfolgen (z. B. eine Konzerthalle). Alle Gebäude, die die Stockwerksanzahl- und Flächengrenzen der Klasse CC2b übersteigen. Alle Gebäude mit starkem Publikumsverkehr. Tribünen/Stadien mit mehr als 5 000 Zuschauern. Gebäude mit lagernden Gefahrgütern oder gefährlichen Verfahren.
	<u>Obere Risikogruppe CC2b:</u> Hotels, Wohn- und Bürogebäude mit 5 bis 15 Stockwerken. Parkhäuser mit bis zu 6 Stockwerken. Einzelhandelsgeschäfte mit 4 bis 15 Stockwerken. Gebäude mit Publikumsverkehr mit Geschossflächen von 2 000 m² bis 5 000 m² je Geschoss. Krankenhäuser mit bis zu 3 Stockwerken. Schulgebäude mit 2 bis 15 Stockwerken.	
Anmerkung: Diese Zuordnungsbeispiele gelten nur für Haupttragwerke von Bauwerken. Bauteile, die nur untergeordnete Bedeutung für das Tragverhalten haben, können in niedrigere Schadensfolgeklassen eingeordnet werden.		

Tab. 2 Zuordnungsbeispiele für Schadensfolgeklassen, Tab. K.II.4-2 [8]

Konkrete Zuordnungsbeispiele für die Ausführungsklassen EXC 1, 3 und 4 sind in [9], [10] aufgeführt. Alle anderen Bauteile oder Tragwerke fallen in EXC 2.

Die Ausführungsklasse wird unter anderem durch die Konstruktionsart (Baustellschweißung, Stahlsorte, Materialdicke etc.) bestimmt. Gleichzeitig werden hiermit die Anforderungen an die Ausführung und den Hersteller (Zertifizierung) festgelegt. Die Anforderungen nach [5] infolge der Ausführungsklasse sind für Tragwerke unter Wiederverwendung von gebrauchten Bauteilen ebenso zu berücksichtigen wie für neue Stahlbauten. Als Stichpunkte seien hier Schweißaufsichtspersonal oder Prüfumfang bei Schweißnähten genannt.

Generell keine erneute Anwendung im Rahmen dieses Merkblattes finden Bauteile, welche bereits einer ermüdenden oder seismischen (DCM/DCH) Einwirkung oder Brandeinwirkung unterlagen sowie bereits verwendete Verbindungsmittel.

Im Allgemeinen kann festgestellt werden, dass das Bauen mit demontierten und wiederverwendbaren Bauteilen mit einem erhöhten Planungsaufwand verbunden sein wird. Im Vergleich mit anderen Baustoffen punktet der Stahlbau mit lösbaren Verbindungen und guter Materialtrennbarkeit, welche die Wiederverwendung deutlich vereinfachen [11].

Neben vielen weiteren Vorteilen des Stahlbaus kann durch diese Art des Bauens zusätzlich dazu beigetragen werden, dass graue Energie eingespart, natürliche Ressourcen geschont und Nachhaltigkeit gelebt wird.

2 Anforderungen und Eignungsfeststellung

Um ein einheitliches Sicherheitsniveau zu gewährleisten, sind an Tragwerke mit Bau- oder Tragwerksteilen aus Stahl, welche wiederverwendet werden, die gleichen grundlegenden Anforderungen zu stellen, wie an jedes Tragwerk. Das Tragwerk ist so zu planen und ausführen, dass ausreichende Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit für die geplante Nutzungsdauer vorliegen. Es wird hierzu auf die entsprechenden Abschnitte in DIN EN 1990 [12] und DIN EN 1993-1-1 [2] verwiesen.

Für die Prüfung der Eignung eines Stahlbauteils zur Demontage und Wiederverwendung sind mehrere Schritte notwendig. Es sind dabei zwei Ausgangsszenarien zu unterscheiden, welche den Umfang der einzelnen Schritte bestimmen.

- a.) Für das bestehende Tragwerk sind die Unterlagen zur Planung und Ausführung weitestgehend vollständig vorhanden.
- b.) Für das bestehende Tragwerk sind die vorhandenen Unterlagen unzureichend oder fehlen vollständig.

Der folgende schematische Ablauf soll als Überblick und Orientierung dienen.

Wiederverwendung von Stahlbauteilen	
1. Erfassen relevanter Daten aus Planungs- und Ausführungsunterlagen	
Unterlagen vorhanden	Unterlagen nicht vorhanden
Dokumentation Soll-Zustand: wann und wo gebaut wer Hersteller, Planer, Bauherr, Eigentümer, Betreiber Zeichnungen, stat. Modell, Fotos Prüfberichte/Zertifikate Berechnung, (Belastungsgeschichte)	
ggfs. weitere Informationen: Wartungsprotokolle/Reparaturarbeiten Umbauten/Änderungen Beschädigungen/Erdbeben/Feuer	ggfs. Informationen zu: Beschädigungen/Erdbeben/Feuer
Mindestinformationen:	Tragwerksbeschreibung Standort Nutzung Herstellungszeitraum
Ausschluss von Tragwerken unter nicht statischer oder quasi-statischer Beanspruchung	

2. Erfassen relevanter Daten am Bestand - Zustandsaufnahme und Dokumentation Ist-Zustand	
Unterlagen vorhanden	Unterlagen nicht vorhanden
Abgleich der Unterlagen mit dem vorhandenen Tragwerk	Erfassen der Struktur Aufmaß (Abmessungen, Querschnitte)
Beurteilung vorhandener Substanz hinsichtlich	Schäden (Risse) Verformungen Querschnittsschwächungen Korrosion/Abrostung allg. Zustand
Ausschluss von Tragwerksteilen nach hoher Temperatureinwirkung oder mit Plastifizierungen	
erste Bewertung, ob das Tragwerk oder Bestandteile zur Wiederverwendung geeignet sind	
Übersicht zu verwendbarer Substanz Festlegung zu demontierende Bauteile oder Tragwerksteile Ausschluss nicht verwertbarer Bauteile Kennzeichnung verwendbarer/nichtverwendbarer Bauteile Demontagetechnologie, Rückbau, Transport, Lagerung	
3. Bestimmung der Materialkennwerte/Werkstoffeigenschaften	
Unterlagen vorhanden	Unterlagen nicht vorhanden
Festlegung der Probekörper: Anzahl, Entnahmeorte	
Stichproben zur Bestätigung der Angaben aus den Unterlagen	mehrere Probekörper zur Schaffung einer belastbaren Datenbasis
Überprüfung der Materialkennwerte	Ermittlung der Materialkennwerte
Auswertung und Einordnung der Materialkennwerte	
zweite Bewertung, ob das Tragwerk oder Bestandteile zur Wiederverwendung geeignet sind	
4. Erfassung der Abmessungen der Querschnitte und verwendbaren Bauteillängen	
Unterlagen vorhanden	Unterlagen nicht vorhanden
Überprüfung der Querschnittswerte	Ermittlung der Querschnittswerte
Abgleich mit Toleranzen, ggfs. Abminderung	
Berücksichtigung von Querschnittsschwächungen	
5. Abgleich von vorhandenen wiederverwendbaren Bauteilen und Planung/Bemessung	
abschließende Bewertung, ob Tragwerk oder Bestandteile zur Wiederverwendung geeignet sind und Festlegung der wieder zu verwendenden Bauteile	
Planung und Bemessung	
Zustimmung im Einzelfall	
6. Wiederverwendung von Stahlbauteilen	
Anpassung der Bauteile	
Aufarbeitung Korrosionsschutz oder anderer Beschichtungen	
Montage	

3 Datenerfassung - IST - SOLL

Das Erfassen der relevanten Daten beinhaltet das Erfassen des Soll-Zustandes und Ist-Zustandes. Generell ist hier zu bemerken, je mehr konkrete, zuordbare, aber auch belastbare Informationen zur Verfügung stehen und genutzt werden können, desto geringer wird der Aufwand zur Feststellung des Ist-Zustandes. Sofern entsprechende Informationen vorhanden sind, können bereits erste Ausschlusskriterien angewendet werden:

- Nicht vorwiegend ruhende Beanspruchung des Bauteils oder des Tragwerks
- Beanspruchung durch hohe Temperaturen (z. B. Brandfall).

Die Bestandsaufnahme des Ist-Zustandes erfolgt noch am bestehenden Tragwerk und ergänzt die Datenerfassung aus dem 1. Schritt. Neben dem reinen Erfassen der geometrischen Abmessungen und Querschnitte sollte hier, bei Begehung und Sichtkontrolle des Tragwerks, Augenmerk auf Art und Umfang von Schädigungen und Verformungen sowie Korrosion gelegt und dokumentiert werden.

Bereiche mit Plastifizierungen werden von der weiteren Verwendung ausgeschlossen.

4 Materialkennwerte

4.1 Allgemeine Bemerkungen

Der Begriff „Altstahl“ umfasst Stähle, die zwischen 1850 und 1950 hergestellt wurden. Diese Stähle sind entscheidend durch das Herstellverfahren beeinflusst. Aufgrund der Wiederverwendung von Stahl nach dem Krieg besteht die Möglichkeit, dass Altstahl verbaut ist. Vor allem bei vorgesehenen Schweißverbindungen sollte wiederzuverwendender Stahl daher zwingend eindeutig identifiziert werden, ggfs. ist eine sachverständige Person hinzuzuziehen.

Bei der Beprobung der vorhandenen Stahlbauteile sollte bedacht werden, dass Streuungen der Materialkennwerte bei Stählen der „älteren Zeit“ aufgrund der Herstellungsverfahren wesentlich größer sein können als bei Stählen aus „neuerer Zeit“ [13]. Zudem wurden die Lieferbedingungen im Laufe der Zeit erweitert, angepasst und ergänzt.

4.2 Ermittlung von Materialkennwerten

Für die Ermittlung der Materialkennwerte ist eine sinnvolle Gruppierung der Bauteile vorzunehmen, um Aufwand und Kosten zu begrenzen, aber sichere Ergebnisse zu erzielen. Die Gruppierung hat beispielsweise über die Produktnorm, Form (Profil/Blech), Querschnittsabmessungen und/oder Bauteil/Beanspruchungsart (Pfette/Riegel/Stütze) zu erfolgen. Die Gruppen sind vor der Beprobung in Art und Umfang, max. 20 t, festzulegen [14].

Die notwendigen Untersuchungen für die wesentlichen Eigenschaften des Bauprodukts nach Tabelle ZA.1 [15] sind in der nachfolgenden Tabelle 3 mit den zugehörigen Normen aufgeführt. Lage der Entnahmestellen und Abmessungen der Probekörper sind der jeweiligen Norm zu entnehmen. Bei der Probennahme ist die Walzrichtung zu beachten [16]. Bei Walzprofilen unterscheiden sich die Materialkennwerte in Steg und Flansch. In [17] wird daher die Probennahme im Flansch empfohlen. Materialkennwerte aus Stegproben können zur Überschätzung führen.

Die Mindestduktilitätsanforderungen nach [2], Abschnitt 3.2.2 müssen in jedem Fall nachgewiesen und durch das untersuchte Material erfüllt sein.

Materialkennwert/Eigenschaft	Prüfung	Prüfnorm/Grundlage Probekörper
Streckgrenze f_y	Zugversuch	DIN EN ISO 6892-1
Zugfestigkeit f_u		
Duktilität/Bruchdehnung A		
Kerbschlagzähigkeit Stahlgütegruppe	Kerbschlagbiegeversuch (Aufschweißbiegeversuch)	DIN EN ISO 148-1 (SEP 1390)
Schweißbarkeit, Chemische Zusammensetzung, CEV	Stückanalyse (z. B. optische Emissionsspektroskopie)	DIN EN 10025-1 DIN EN 10219-1 DIN EN ISO 14284
Z-Qualität, Brucheinschnürung in Dickenrichtung	Zugversuch	DIN EN 10164 DIN EN ISO 6892-1

Tab. 3 Materialprüfungen und Normen

4.3 Auswertung und Verwendung von Materialkennwerten

- Materialkennwerte aus Stichprobe

Bei Ansatz einer den Bemessungen zugrundeliegenden Nutzungsdauer von 50 Jahren haben die ersten Bauwerke aus Mitte der 1970er Jahre das Ende ihres ersten Lebenszyklus erreicht. Innerhalb dieser Zeitspanne (1975 bis jetzt) gelten die Stahlsorten als hinreichend zuverlässig hinsichtlich der Materialkennwerte Streckgrenze f_y und Zugfestigkeit f_u , so dass diese Werte bei Kenntnis der Stahlsorte aus den entsprechenden Produktnormen entnommen werden können.

Sofern Unterlagen vorhanden sind, ist anhand mind. einer Stichprobe die jeweilige Stahlsorte zu verifizieren. Die beiden gewonnenen Materialkennwerte der Stichprobe dienen der Zuordnung zu einer Stahlsorte mit Hilfe der nachfolgenden Tabelle 4. Beide Materialkennwerte müssen den Minimalwert erfüllen. Kann die Probe keiner Stahlsorte eindeutig zugeordnet werden, dann ist von unbekanntem Material auszugehen und die Materialuntersuchung entsprechend dem nächsten Abschnitt „Materialkennwerte auf Datenbasis“ fortzusetzen.

Stahlsorte	Streckgrenze $f_{y,min}$ [N/mm ²]	Zugfestigkeit $f_{u,min}$ [N/mm ²]	Norm
S235	267	397	DIN EN 10025-2, DIN EN 10219
S275	313	452	DIN EN 10025-2, DIN 10219
S355	391	505	DIN EN 10025-2, DIN 10219
S460	590	560	DIN EN 10025-3/4, DIN EN 10219

Tab. 4 Zuordnung Stichprobe Stahlsorte für $3 \leq t \leq 60$ mm, nach Tab. C.1 in [14] und Tab. A.9 in [18]

Nach Zuordnung der Stahlsorte über Tabelle 4 können die Materialkennwerte (**fett**) der folgenden Tabelle 5 entnommen werden.

Bis 1990 gab es parallel DIN 17100 (BRD) und TGL 7960 (DDR), wobei die TGL 7960 sich stark an die DIN 17100 anlehnte. Bei Stählen nach TGL 7960 wird in 3 Gütegruppen hinsichtlich Vergießungsart und Reinheit unterschieden. Gütegruppe 1 (ohne Zusatz) weist keine Schweißbeignung auf und wurde bei geschraubten/genieteten Konstruktionen eingesetzt [19], [20].

DIN 17100 1966	DIN 17100 1980	TGL 7960 1967	TGL 7960 1981	TGL 7960 1987	TGL 101-014 1966	TGL 22426 1974	TGL 22426 1987	DIN EN 10025 1991	DIN EN 10025 1994	kein unbe- ruhigter Stahl mehr DIN EN 10025 2005	Streck- grenze f_y [N/mm ²]	min. Zugfestig- keit f_u [N/mm ²]	min. Bruch- dehnung $5d_0$ [%]
St 33-1 St 33-2	St 33	St 33	St 33	St 33				Fe 310-0	S185		180	290	18
USt 34-1 RSt 34-1		St 34	St 34								210	330	28
USt 34-2		St 34u-2	St 34u-2										
RSt 34-2		St 34hb-2	St 34hb-2										
		St 34b-2	St 34b-2										
		St 34-3	St 34-3										
USt 37-1 RSt 37-1													
	St 37-2	St 38	St 38					Fe 360 B	S235 JR				
		St 38hb-2	St 38hb-2										
U St 37-2	U St 37-2	St 38u-2	St 38u-2	St 38u-2				Fe 360 BFU	S235 JRG1				
R St 37-2	R St 37-2	St 38b-2	St 38b-2	St 38b-2				Fe 360 BFN	S235 JRG2	S235 JR			
		St 38b-3	St 38b-3										
St 37-3	St 37-3 U							Fe 360 C	S235 J0	S235 J0			
	St 37-3 N							Fe 360 D1	S235 J2G3	S235 J2 +N			
								Fe 360 D2	S235 J2G4	S235 J2			
UST 42-1 RST 42-1													
	St 44-2	St 42	St 42	St 44-2				Fe 430 B	S275 JR	S275 JR			
U St 42-2		St 42u-2	St 42u-2										
R St 42-2		St 42b-2	St 42b-2										
St 42-3		St 42-3	St 42-3	St 44-3									
	St 44-3 U							Fe 430 C	S275 J0	S275 J0			
	St 44-3 N							Fe 430 D1	S275 J2G3	S275 J2 +N			
								Fe 430 D2	S275 J2G4	S275 J2			
RSt 46-2					H 45-2	St 315							
St 46-3					H 45-3	St 315 T							
						St 315 E							
								Fe 510 B	S355 JR	S355 JR			
St 52-3	St 52-3 U				H 52 -3	St 355		Fe 510 C	S355 J0	S355 J0			
	St 52-3 N				HS 52-3	St 355 T		Fe 510 D1	S355 J2G3	S355 J2 +N			
								Fe 510 D2	S355 J2G4	S355 J2			
								Fe 510 DD1	S355 K2G3	S355 K2 +N			
								Fe 510 DD2	S355 K2G4	S355 K2			
St 50-1	St 50-2	St 50	St 50										
St 50-2	St 50-2	St 50-2	St 50-2	St 50-2				Fe 490-2	E295	E295	295	490	19
St 60-1		St 60	St 60										
St 60-2	St 60-2	St 60-2	St 60-2	St 60-2				Fe 590-2	E335	E335	335	590	14
		St 70	St 70										
St 70-2	St 70-2	St 70-2	St 70-2	St 70-2				Fe 690-2	E360	E360	365	690	10
					St45/60 C* St45/60 B* St45/60 A* S60/45 18MnSiV5* 18MnSiTi5* H 60-3 HS 60-3 HB 60-3	St 440 St 460				S 450 S 460	440	560	19

schweißbare höherfeste Stähle: * nach TGL 101-014, sonst TGL 22426

Tab. 5 Stahlsorten und charakteristische Materialkennwerte – Zuordnung und Vergleich

- Materialkennwerte auf Datenbasis

Ausgehend von unbekanntem Material werden die Materialkennwerte entsprechend den festgelegten Anforderungen der allgemeinen Lieferbedingungen nach DIN EN 10021 [21] sowie der jeweiligen Produktnorm hinsichtlich Prüfungsumfang und Probenkörper ermittelt. Die Anzahl der Prüfungen für die Ermittlung der Materialkennwerte f_y , f_u , A je Gruppe beträgt 10 % der Anzahl der Bauteile, mind. aber 3 Probekörper von unterschiedlichen Bauteilen einer Gruppe.

Eine Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204 [22] durch den Hersteller ist aufgrund der Wiedernutzung nicht möglich. Es wird empfohlen einen Prüfbericht zu erstellen, welcher die Anforderungen nach DIN EN 10168 [23] erfüllt. Alternativ kann das Material durch ein Gutachten einer dafür anerkannten Prüfstelle (PÜZ-Stelle) nachgewiesen werden.

Ermittelte Materialkennwerte sind nach statistischer Auswertung nach DIN EN 1990, Anhang D unter Verwendung von Tabelle D.1 als charakteristische Materialkennwerte in der Zustimmung im Einzelfall festzulegen [24]. Diese Werte sind die Grundlage für die Bemessung des Tragwerks. Liegt der Variationskoeffizient der statistischen Auswertung bei maximal 5,5 % kann für k_n der Wert V_x als bekannt vorausgesetzt werden. Ist der Variationskoeffizient größer, muss für k_n der Wert V_x als unbekannt angenommen werden oder die Anzahl der Proben wird entsprechend erhöht.

In [25] wird die Möglichkeit eingeräumt, die Dimensionierung mit der schlechtmöglichsten Bemessungsgrundlage der jeweiligen Norm durchzuführen, um Kosten und Zeit zu sparen.

„Ältere Stähle“ (hergestellt vor 1970) sind für eine eindeutige Identifizierung in jedem Fall umfassend zu untersuchen, da aufgrund unterschiedlicher in Frage kommender Herstellungsverfahren die Materialeigenschaften stark differenzieren können.

- Hohlprofile

Bei der Wiederverwendung von Hohlprofilen, deren Herstellung/Lieferbedingung Wärmebehandlung nicht bekannt ist, sollte von kaltgefertigten Hohlprofilen ausgegangen und entsprechende Werte in der Bemessung berücksichtigt werden.

- Kerbschlagzähigkeit

Für die Bemessung ist die Kerbschlagzähigkeit bzw. Einordnung in die Stahlgütegruppe entbehrlich. Nach DIN 1090-2, Abschnitt 5.1 ist der Wert für das Ausgangsprodukt nur zu bestimmen, falls erforderlich.

Die Angabe zur Stahlgütegruppe/Bruchzähigkeit ist sinnvoll bzw. erforderlich bei

- dicken Bauteilen
- tiefen Temperaturen
- ermüdender Beanspruchung
- hoch beanspruchten Bauteilen.

Ermüdende Beanspruchung wurde mit Festlegung des Anwendungsbereiches ausgeschlossen. Sofern die anderen 3 Voraussetzungen für Sprödbruchneigung zutreffen, ist die Kerbschlagzähigkeit zu bestimmen.

Bei Stählen ab 1975 kann von einer Mindestkerbschlagzähigkeit von 27 J bei 20 °C (= JR) ausgegangen werden. Stähle vor 1975 sollten grundsätzlich beprobt werden, da sich aufgrund unterschiedlicher Herstellungsverfahren die chemische Zusammensetzung der Stähle und damit einhergehend auch die Zähigkeitseigenschaften unterscheiden. Festlegungen zur chemischen Zusammensetzung, insbesondere bestimmter Elemente (Stickstoff) wurden schrittweise in die Normung eingeführt und ergänzt [13].

- Schweißbarkeit, Chemische Zusammensetzung, CEV

Neben den Festigkeitswerten dient die chemische Zusammensetzung der eindeutigen Identifizierung des Stahls. Mit der chemischen Analyse kann die Schweißbarkeit eingeschätzt werden. Dabei liegt das Kohlenstoffäquivalent nach der IIW-Formel der Beurteilung zugrunde. Von mehreren Proben ist der höchste Wert zu verwenden.

$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$	Kohlenstoff- äquivalent CEV	Kohlenstoff C (un- legierte Stähle)	Schweiß- barkeit
	≤ 0,45 %	≤ 0,22 %	gut
	0,45 % - 0,6 %	0,22 % - 0,35 %	bedingt
	≥ 0,6 %	≥ 0,35 %	nicht

Folgende Elemente sollten in der chemischen Analyse enthalten sein:

- | | | | |
|----------------------|--------------|-------------------|------------|
| - Kohlenstoff | - Aluminium | - Schwefel | - Phosphor |
| - Chrom | - Molybdän | - Kupfer | - Titan |
| - Mangan | - Niob | - Nickel | - Vanadium |
| - Silizium | - Stickstoff | | |

Hinsichtlich der Schweißseignung sind die Gehalte von Phosphor und Schwefel auf 0,05 %, für Silizium auf 0,8 % begrenzt [26]. Festgelegte Grenzwerte der einzelnen Elemente können der jeweiligen Produktnorm entnommen werden.

- Z-Qualität, Brucheinschnürung in Dickenrichtung

Aufgrund nichtmetallischer Einschlüsse (insbesondere Schwefel) aus dem Herstellungsprozess kann es zu ungenügender Festigkeit in Dickenrichtung kommen. Bekannt ist, dass es dadurch beim höherfestem Stahl H 60-3 nach TGL 22426 Probleme beim bzw. durch das Schweißen gab [27].

5 Querschnittsabmessungen

Querschnittsschwächungen (Löcher, Anpassungen), Risse und Korrosion sind zu erfassen und differenziert zu beurteilen. Hinsichtlich Korrosion wird beispielsweise auf das Vorgehen zur Beurteilung in [28] sowie die entsprechenden Teile der Norm DIN EN ISO 4628 [29], [30] verwiesen.

Querschnittsreduktion ist zu untersuchen und zu berücksichtigen, sofern die untere Toleranzgrenze unterschritten ist [31]. DIN EN 1090-2 gibt in Tabelle 2 und 3 Auskunft über die zugrundeliegenden Normen für die Lieferbedingungen, Abmessungen, Toleranzen der unterschiedlichen Stahlbauprodukte. DIN EN 1090-2, Anhang B beinhaltet Herstell- und Montagetoleranzen. Stäbe mit Imperfektionen (Geradheit), welche die Toleranzen überschreiten, sind zu verwerfen.

6 Planungs- und Ausführungshinweise

Die Bemessung für die Stahlkonstruktion mit wiederverwendeten Stahlbauteilen hat nach den bauaufsichtlich eingeführten Regelwerken gemäß VV TB zu erfolgen. Die Verwendung plastischer Querschnittswerte ist bei nachgewiesener ausreichender Duktilität sowie entsprechender Einordnung der Querschnittsteile (b/t -Verhältnisse) möglich. Die Nutzung plastischer Systemreserven hingegen wird ausgeschlossen [14].

Für Stabilitätsnachweise wird ein geringfügig erhöhter Sicherheitsbeiwert von $\gamma_{M1} = 1,15$ empfohlen [14].

Verbindungen sollten möglichst nicht wiederverwendet werden. Werden vorhandene Schweißnähte weiterverwendet, sind diese zusätzlich zu prüfen. Stahlkonstruktionen aus wiederverwendeten Stahlbauteilen haben dabei den Anforderungen der DIN EN 1090-2 hinsichtlich Herstellung und Prüfung zu entsprechen.

Vorhandene Beschichtungen (Korrosionsschutz/Brandschutz) werden den Anforderungen nach De- und Remontage nicht mehr genügen und sind entsprechend aufzuarbeiten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ggfs. gesundheitsgefährdende Stoffe in den Altbeschichtungen enthalten sein können.

Das Bautechnische Prüfamt empfiehlt, das bauvorhabenbezogene Verfahren bereits in einem frühen Planungsstadium durch einen formlosen Antrag einzuleiten, damit die erforderlichen Unterlagen rechtzeitig erstellt und vorgelegt werden können.

Mindestumfang einzureichende Unterlagen:

- Bestandspläne, Zeichnungen, Stücklisten: Es ist eine eindeutige Identifizierung und Zuordnung (zwischen Altstruktur, Prüfung, Neustruktur) erforderlich. Das vorgesehene System zur Sicherstellung der Identifizierung ist darzulegen.
- Vollständige Unterlagen zur Sichtprüfung: Es sind Angaben zu Maßen, Abweichungen und Toleranzen sowie vorhandenen Reduktionen für die Struktur und das Einzelbauteil zu erstellen.
- Die Gruppen-Ergebnisse der Materialprüfung sind je nach Umfang der Werkstoffprüfung, entweder Zuordnung zu einer Stahlsorte anhand einer Stichprobe oder als Prüfbericht/Gutachten aufzuführen. Alle Einschätzungen und getroffenen Annahmen sind zu dokumentieren und zu begründen.

Bitte übergeben Sie die Unterlagen digital im pdf-Format. Bei größeren Datenmengen stimmen Sie sich bzgl. der Übergabe bitte mit dem Bautechnischen Prüfamt ab.

7 Literatur

- [1] Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen, Ausgabe 2021/1; Amtliche Mitteilungen 2022/1 (Ausgabe: 17. Januar 2022 mit Druckfehlerberichtigung vom 4. März 2022) .
- [2] DIN EN 1993-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-1 Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Berlin: Beuth Verlag, EN 1993-1-1:2005/A1:2014.
- [3] Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1.1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Berlin: Beuth Verlag, DIN EN 1993-1-1/NA:2018-12.
- [4] DIN EN 1090 - Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile, Berlin: Beuth Verlag, EN 1090-1:2009+A1:2011.
- [5] DIN EN 1090 - Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken, Berlin: Beuth Verlag, EN 1090-2:2008+A1:2011.
- [6] Brandenburgische Bauordnung (BbgBO), in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. November 2018 (GVBl. I Nr. 39), zuletzt geändert durch Gesetz vom 9. Februar 2021 (GVBl. I/21, Nr.5).
- [7] Hinweise und Beispiele zum Vorgehen beim Nachweis der Standsicherheit beim Bauen im Bestand, FK Bautechnik der Bauministerkonferenz (ARGEBAU), 2008.
- [8] Schmidt, Ausführung von Stahlbauten, Kommentare zu DIN EN 1090-2 und DIN EN 1090-4, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2019.
- [9] Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1.1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Berlin: Beuth verlag, DIN EN 1993-1-1/NA:2022-10.
- [10] Kuhlmann, Feldmann, Lindner, Müller und Stroetmann, Eurocode 3, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Band 1: Allgemeine Regeln und Hochbau, Kommentar und Beispiele, bauforumstahl e. V., Beuth Verlag GmbH, Wilhelm Ernst & Sohn Verlag, 1. Auflage 2014.
- [11] Bauen mit Stahl - Chance zur Nachhaltigkeit, Düsseldorf: bauforumstahl, 2022.
- [12] DIN EN 1990 - Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung, Berlin: Beuth Verlag, EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010.
- [13] Sieber, Zur Beurteilung der Sprödbbruchgefährdung gelochter Stahltragwerke aus Flusstahl, TU Dresden, 2016.
- [14] Structural steel reuse, P427, SCI, 2019.
- [15] DIN EN 10025-1 - Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen, Berlin: Beuth Verlag, EN 100251:2004.
- [16] R. Helmerich, Alte Stähle und Stahlkonstruktionen, Forschungsbericht 271, Berlin: BAM, 2005.
- [17] BAW Merkblatt - Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Verschlüsse im Stahlwasserbau (TbVS), Karlsruhe: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau, 2018.

- [18] Provisions for a greater reuse of Steel Structures (PROGRESS) - Final Report, European Commission, Research Fund for Coal and Steel, 2020.
- [19] TGL 12910 - Werkstoffauswahl für Konstruktionen aus allgemeinen Baustählen, Leipzig: VEB Fachbuchverlag, 1963.
- [20] TGL 12910 - Werkstoffauswahl für Konstruktionen aus Baustählen, Berlin: Staatsverlag der DDR, 1980.
- [21] DIN EN 10021 - Allgemeine technische Lieferbedingungen für Stahlerzeugnisse, Berlin: Beuth Verlag, EN 10021:2006.
- [22] DIN EN 10204 - Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen, Berlin: Beuth Verlag, EN 10204:2004.
- [23] DIN EN 10168 - Stahlerzeugnisse - Prüfbescheinigungen - Liste und Beschreibung der Angaben, Berlin: Beuth Verlag, EN 10168:2004.
- [24] Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Straßenentwicklung, 2011.
- [25] K. Bollinger, M. Grohmann, M. Feldmann, G. Giebeler, D. Pfanner und M. Zeumer, Atlas Moderner Stahlbau, München: Detail-Verlag, 2011.
- [26] H. J. Fahrenwaldt und V. Schuler, Praxiswissen Schweißtechnik, Wiesbaden: Vieweg + Teubner, GWV Fachverlage GmbH, 2009.
- [27] Information Nr. 127/81 über auftretende Probleme im Zusammenhang mit der Durchsetzung von Sicherheit, Ordnung und Disziplin bei der, Das Bundesarchiv, 1981.
- [28] BAW Merkblatt - Schadensklassifizierung an Verkehrswasserbauwerken (MSV), Karlsruhe: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau, 2018.
- [29] DIN EN ISO 4628 - Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden - Teil 1-4, Berlin: Beuth Verlag, 2016.
- [30] DIN EN ISO 4628 - Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden - Teil 8, Berlin: Beuth Verlag, 2005.
- [31] DB Netz AG, Tragsicherheit bestehender Eisenbahnbrücken (805), Berlin, 2021.
- [32] DIN 17100 - Allgemeine Baustähle, Gütenorm, Berlin: Beuth Verlag, 1980.
- [33] DIN 17100 - Allgemeine Baustähle, Gütevorschriften, Fachnormenausschuss für Eisen und Stahl im Deutschen Normenausschuss (DNA), 1966.
- [34] TGL 101-014 - Sonderhochbaustähle, Berlin: VVB Stahl- und Walzwerke, 1966.
- [35] TGL 22426 - Höherfeste Schweissbare Baustähle, Stahlmarken, Allgemeine technische Forderungen, Berlin: Staatsverlag der DDR, 1974.
- [36] TGL 7960 - Allgemeine Baustähle - Allgemeine technische Forderungen für Stab- und Profilstahl, Band und Blech, warmgewalzt, Verlag für Standardisierung: Leipzig, 1987.
- [37] TGL 7960 - Allgemeine Baustähle, Stahlmarken, Allgemeine technische Bedingungen, Leipzig: Verlag für Standardisierung, 1981.
- [38] TGL 7960 - Allgemeine Baustähle, Stahlmarken, Allgemeine technische Forderungen, Leipzig: VEB Fachbuchverlag, 1967.
- [39] TGL 7960 - Allgemeine Baustähle, Stahlmarken, Allgemeine technische Forderungen, Berlin: Staatsverlag der DDR, 1975.

- [40] TGL 22426 - Schweißbare Feinkornbaustähle, Allgemeine technische Forderungen für Stab- und Profilstahl, Band und Blech, warmgewalzt, Leipzig: Verlag für Standardisierung, 1987.
- [41] Stahlhochbau - Richtlinien für Projektierung und Konstruktion, Werkstoffe, Leipzig: VEB MLK, 1976.
- [42] DIN EN 10025 - Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustähle, Technische Lieferbedingungen, Berlin: Beuth Verlag, EN 10025:1990.
- [43] DIN EN 10025-2 - Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle, Berlin: Beuth Verlag, EN 10025-2:2019.
- [44] DIN EN 10210-1 - Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen - Teil 1: Technische Lieferbedingungen, Berlin: Beuth Verlag, EN 10210-1:2006.
- [45] DIN EN 10219-1 - Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen, Teil 1: Technische Lieferbedingungen, Berlin: Beuth Verlag, EN 10219-1:2006.
- [46] DIN EN 10025 - Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen, Technische Lieferbedingungen, Berlin: Beuth Verlag, EN 10025:1990+A1:1993.

Impressum

Landesamt für Bauen und Verkehr
Außenstelle Cottbus
Bautechnisches Prüfamt
Dr.-Ing. A. Schwarzlos
Gulbener Straße 24
03046 Cottbus

Telefon 03342 4266-3470
Telefax 03342 4266-7608
bpa@lbv.brandenburg.de
<https://lbv.brandenburg.de>