



Re-Use: Wiederverwendung von Stahlbauteilen

Statik – Oberflächenschutz – Qualitätssicherung

Impressum:

Das vorliegende Dokument stellt den aktuellen Stand der Kenntnisse der Autorinnen und Autoren zum Zeitpunkt der Publikation ohne Gewähr zusammen.

steelaid Re-Use: Wiederverwendung von Stahlbauteilen, Stand: 12.09.2022

Autorin: Technische Kommission SZS
Redaktion: SZS Geschäftsstelle

1. Einleitung

Die Wiederverwendung von Stahlbauteilen oder ganzen Stahlkonstruktionen ist eine hervorragende Option zur ökologischen Optimierung von Stahlkonstruktionen. Stahl ist damit ein idealer Baustoff für «Urban Mining».

Primärstahl wird hergestellt, indem Eisenerz aus Bergwerken in Hochöfen auf hohe Temperaturen erhitzt wird, wodurch sich das Eisen von den restlichen – im Stahl unerwünschten Bestandteilen – getrennt und mit ausgewählten Legierungselementen (etwa Chrom, Nickel, Mangan, Molybdän, Vanadium, Kupfer, etc.) zu Stahl ergänzt wird. Die so entstehende Stahlschmelze wird über Zwischenschritte in die Form von Blechen, Stahlprofilen und weiteren Produkten gebracht. Der Energiebedarf für diesen Prozess ist sehr hoch, insbesondere da ein wesentlicher Teil des Schmelzprozesses dazu verwendet werden muss, um Verunreinigungen aus der Stahlschmelze zu entfernen. Klassischerweise wurden solche Hochöfen für Primärstahl mit Kohle betrieben und waren entsprechend emissionsreich.

Der Hochofenprozess lässt sich erheblich optimieren, indem im Hochofen Stahlschrott zugegeben wird – dadurch sinkt der Aufwand zum Abscheiden von Verunreinigungen, und der hohe Aufwand für den Bergbau entfällt. Viele heutige Stahlwerke verarbeiten fast ausschliesslich Stahlschrott und produzieren so **Recyclingstahl**. Die meisten heutigen Stahlwerke nutzen Strom zum Erhitzen – immer mehr werden sogar mit Ökostrom betrieben. Neuere Schmelzverfahren erlauben die Herstellung von Stahl bei deutlich tieferen Temperaturen, verbunden mit weiteren ökologischen Vorteilen.

Trotzdem muss auch für die Herstellung von Recyclingstahl immer noch Schrott in Stahlwerke transportiert und auf eine gewisse Temperatur erhitzt werden, gefolgt vom Aufwand zum Walzen von Blechen und Profilen und von weiteren Transporten bis zum Endverbraucher.

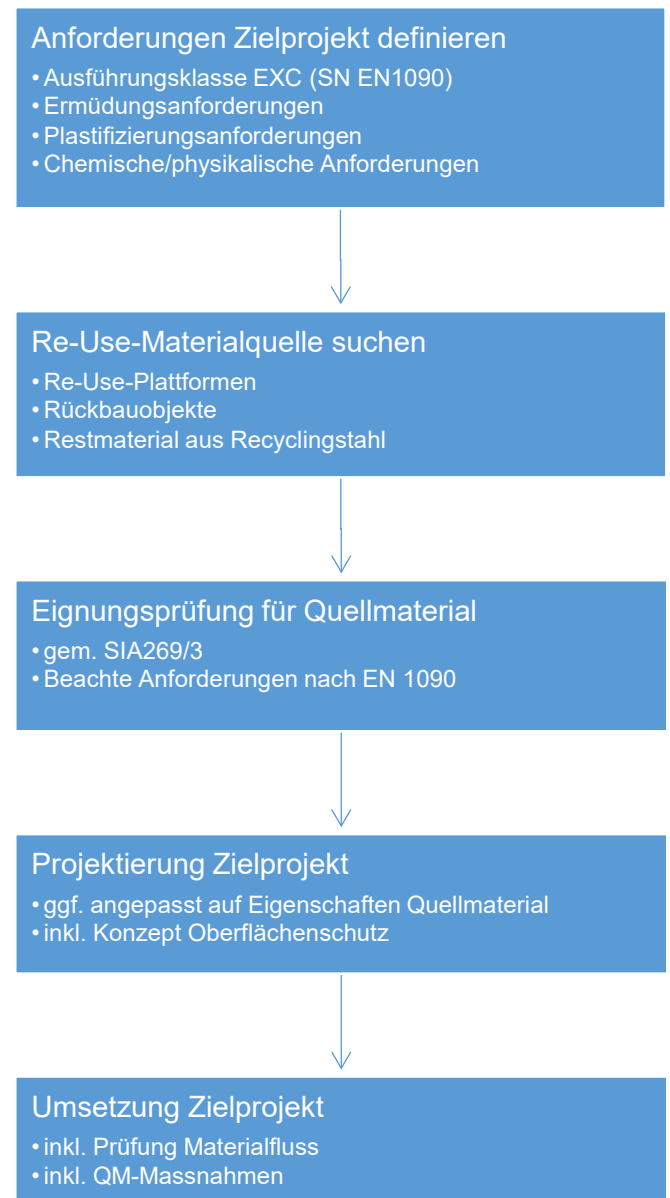
Durch **direkte Wiederverwendung (Re-Use)** von Stahlbauteilen, -tragwerken und -bauwerken kann der Energie- und Arbeitsaufwand für Verschrottung, Transporte, Schmelzen und Walzen eingespart werden. Dafür werden Bauteile aus bestehenden Bauwerken fachgerecht ausgebaut und in der Werkstatt für die neue Verwendung vorbereitet. Natürlich muss in diesem Prozess auch sichergestellt werden, dass die Bauteile bei ihrem bisherigen Einsatz keine unzulässigen Schädigungen (etwa Ermüdung, starke plastische Verformungen oder andere chemische oder physikalische Schädigungen) erfahren haben.

Der **Oberflächenschutz** verursacht einen wesentlichen Teil des ökologischen Fussabdruckes von Stahlkonstruktionen. Daher ist diesem gerade bei der direkten Wiederverwendung von Stahlbauteilen höchste Beachtung zu schenken.

2. Qualitätssicherung

Für jedes Bauvorhaben (Ziel) muss individuell überprüft werden, ob sich eine Quelle zur Wiederverwendung eignet und ob für das Ziel der Einsatz von wiederverwendetem Stahl möglich ist.

Für ermüdungsbeanspruchte Bauteile ist sicherzustellen, dass die Summe der Spannungswechsel aus bisheriger und Zukünftiger Nutzung im zulässigen Rahmen bleibt.



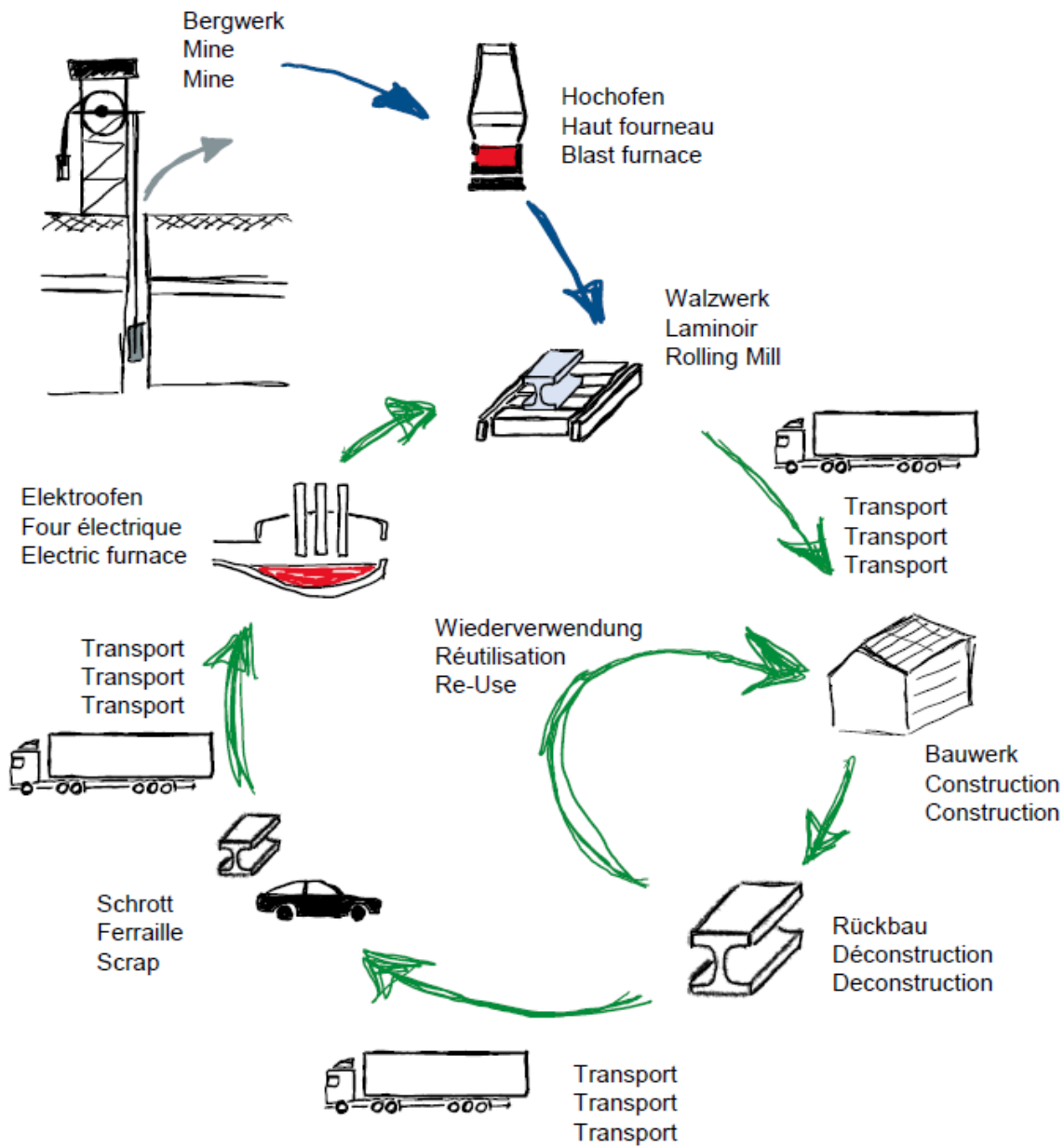


Abbildung 1: Materialkreisläufe bei Einsatz von Primärstahl, Recyclingstahl (Normalfall), Re-Use

Eignungsmatrix für Re-Use (nicht abschliessend)

E	Vorgespannte Schrauben (nach dem Lösen) Bauteilbereiche mit plastischen Verformungen von über 20% der Bruchdehnung						
D	Lokale Tragelemente und Querträger von Eisenbahnbrücken Hochbauten mit schweren Kranbahnen (Kollektivklasse Q4 in Kombination mit Betriebsklassen U7 oder höher) Bauteile mit Verdacht auf chemische oder physikalische Versprödungen						
C	Masten, Kamine, Türme Haupttragelemente von Eisenbahnbrücken Querträger von Strassenbrücken Hochbauten mit schweren Kranbahnen (Kollektivklassen Q3 oder Q4 in Kombination mit Betriebsklassen U5 oder U6 oder Kollektivklasse Q3 in Kombination mit Betriebsklassen U7 oder höher) Bauteile mit Querschnittsverlust infolge Korrosion oder Abrasion						
B	Haupttragelemente von Strassenbrücken Fussgängerbrücken Hochbauten mit mittleren Kranbahnen (Kollektivklassen Q3 oder Q4 in Kombination mit Betriebsklassen U3 oder U4)						
A	Hochbauten ohne Ermüdungsbeanspruchung und Plastifizierungen. Hallenbauten ohne Kranbahnen oder mit leichten Kranbahnen (Kollektivklassen Q1 oder Q2 oder Betriebsklassen U0, U1 oder U2 gem. SIA 261/1). Ungelöste Schraubverbindungen mit hochfesten Schrauben oder Stahlbauschrauben Bauteile welche durch Kalt- oder Heissbearbeitung getrennt oder wieder zusammengefügt wurden.						
	Zielanwendung: Kategorien A - E						

Die Grenzen zwischen den Kategorien A – E sind fließend. Jeder Fall ist einzeln zu prüfen und zu bewerten.

Legende



Für Re-Use nicht geeignet

Für Re-Use nur geeignet, falls ein lückenloser Nachweis vorliegt.

Für Re-Use geeignet, falls Nachweise für die potenziell kritischen Kriterien vorliegen.

Für Re-Use in der Regel problemlos geeignet.

Für Re-Use problemlos geeignet.

3. Beurteilung von Stählen aus Bestandsbauten

Die Beurteilung verwendeter Stähle (Quelle) bezüglich ihrer Eignung zur Wiederverwendung umfasst die Festigkeitseigenschaften sowie den Ausschluss unzulässiger Schädigungen aus Ermüdung, plastischer Verformung, Korrosion, sowie physikalischer oder chemischer Beanspruchung (Brand, Abrasion, Strahlungsschäden, Versprödung, ...).

Dazu wird auf die Norm SIA 269/3 verwiesen.

Visuelle Prüfung

Die visuelle Prüfung gibt Aufschluss über den generellen Zustand der Stahlbauteile. Insbesondere können damit Korrosionsschäden und plastische Verformungen oder Risse am Tragwerk festgestellt und dokumentiert werden.

Bauteilgeschichte

Die Wiederverwendbarkeit von Stahlbauteilen beruht primär auf der Rückverfolgbarkeit und Dokumentation der Tragelemente.

Die einfachste Methode, Material- oder Bauteileigenschaften zu bestimmen, sind Materialzeugnisse aus der Bauzeit. Diese sind jedoch erst für neuere Konstruktionen und bei entsprechender Qualitätsüberwachung im Original-Bau verfügbar (z. B. Konstruktionen nach SN EN 1090 mit Ausführungsklasse EXC3 oder höher).

Üblicherweise darf davon ausgegangen werden, dass Stahlbauteile mindestens der geringsten zur Bauzeit üblichen Festigkeitsklasse entsprechen. Entsprechende Hinweise zu älteren Stählen werden in SIA269/3 gegeben.

Um die Bauteilgeschichte zu überprüfen (insbesondere auf Ermüdungsbeanspruchung, plastische Verformungen und besondere chemische oder physikalische Belastungen) wird eine Rekapitulation der Bauwerksgeschichte inkl. Berichten über aussergewöhnliche Einzelereignisse empfohlen.

Materialprüfungen

Folgende Prüfungen können bei fehlender Dokumentation Aufschluss über mechanische und metallurgische Eigenschaften geben. Dabei sind nebst reinen Festigkeitsprüfungen auch die Zähigkeit, die Bruchdehnung sowie weitere Eigenschaften von Interesse.

Mechanische Prüfung

Bei der Mechanischen Prüfung werden dem Stahltragwerk Proben entnommen und im Labor in einer Zugmaschine getestet. Die Resultate können im Spannungs-Dehnungs-Diagramm dargestellt und interpretiert werden. Mit diesem Verfahren kann eine eindeutige Zuordnung der Festigkeitsklassen erfolgen. Es hat jedoch den Nachteil, dass diese Verfahrensart einen Teil des Tragwerks beschädigt.

Zerstörungsfreie Prüfung

Im Gegensatz zu der mechanischen Prüfung kann mittels Härte- oder Wirbelstrommessung ebenfalls eine Zuordnung der Festigkeitsklasse erfolgen. Die Festigkeitszuordnung kann mittels Rückprallhammer ermittelt werden. Die Rückprallhärte (L'-Wert) werden an Proben bekannter Härte kalibriert. Die Messungen ermöglichen eine approximative Zuordnung in Festigkeitsklassen aufgrund der erreichten Resultate. Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass dieses Verfahren einer gewissen Streuung unterworfen ist und die Zuordnung bspw. bei S 235 und S 275 gewisse Unschärfen aufweist. Für die Beurteilung der potentiellen Altersversprödung kann aufgrund einer Kalibrierung der Kerbschlagwerte an Vergleichsplatten mit der Wirbelstrommessung eine Einteilung mittels dem Wirbelstromsignal in «duktilen» und «spröden» Verhalten erfolgen. Das UCI-Härteprüfverfahren, welches den Vickers-Härteprüfeindruck elektronisch auswertet und als Differenzfrequenz auswertet, ist ein weiteres gängiges Verfahren. Auch hier ist nur eine indirekte Zuordnung mittels Referenzplatten bekannter Härte möglich. Mit den erwähnten Prüfverfahren ist eine Zuordnung in Festigkeitsklassen und einer Aussage der Altersversprödung möglich, sinnvollerweise werden die drei Verfahren kombiniert damit valide Resultate generiert werden können.

Chemische Analyse

Die chemische Analyse gibt Aufschluss über das Herstellungsverfahren und dies wiederum auf die Schweissbarkeit des Stahls. Eine chemische Analyse kann beispielsweise über das Funkenemissionsspektrometer erfolgen. Die Resultate werden mittels Vergleichsproben (Standardproben) generiert. Es werden die Anteile an Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor, Schwefel, Molybdän, Nickel, Aluminium, Kupfer, Titan und Weiteren ermittelt. Daraus kann eine Zuordnung der Herstellungsart erfolgen. Beispielsweise sind Stähle nach dem Thomas-Verfahren grundsätzlich schweisbar. Die Schweisseignung lässt sich durch den sogenannten Schweissfaktor S ausdrücken und gibt Auskunft über dessen Schweisseignung. Diese werden grundsätzlich in 4 Gruppen unterschiedlicher Schweisseignungen eingeteilt.

4. Oberflächenschutz

Der Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen trägt wesentlich zur Dauerhaftigkeit und zum günstigen optischen Erscheinungsbild von Bauwerken bei.

Daneben ist der Oberflächenschutz auch entscheidend für die ökologische Qualität der Konstruktion. Bei der Wiederverwendung von Stahlbauteilen ist es daher besonders vorteilhaft, auch den Oberflächenschutz der Quellbauteile möglichst zu übernehmen. In vielen Fällen kann jedoch aus ästhetischen Gründen ein einheitliches Erscheinungsbild aller Bauteiloberflächen oder eine Auffrischung des Oberflächenschutzes erwünscht sein.

Dies ist bezüglich Verfahrensqualität unkritisch, falls alle Bauteile mit einer neuen Feuerverzinkung versehen werden – allerdings mit den entsprechenden ökologischen Auswirkungen.

Falls der bestehende Oberflächenschutz durch organische Beschichtungen ergänzt werden soll, ist die Tauglichkeit des bestehenden Oberflächenschutzes und seine Verträglichkeit mit der neuen Beschichtung gründlich zu prüfen.

Gewisse ältere Oberflächenschutzsysteme enthalten Schadstoffe, welche in der neuen Anwendung nicht erwünscht sind oder bei der Bearbeitung der Bauteile besondere Vorkehrungen erfordern. Typisch sind dabei etwa ältere Beschichtungen mit Bleimennige oder die Heissbearbeitung feuerverzinkter Bauteile.

Beurteilung des bestehenden Oberflächenschutzes

Die Qualität des Oberflächenschutzes bei Beschichtungen kann in erster Näherung mit dem Gitterschnittverfahren erfolgen, damit kann die Haftfestigkeit von Beschichtungen abgeschätzt werden. Hierfür werden mit einem Einschneidegerät in beide Richtungen 6 Schnitte über Kreuz gemacht. Je nach Abplatzungen werden diese in Gitterschnitt-Kennwerte von 0 (sehr gut) bis 5 (sehr schlecht) eingestuft und beurteilt. Weitergehende und verlässlichere Resultate liefern Haftfestigkeitsprüfungen.

5. Literatur, Normen

SIA 269/3:2011: Erhaltung von Tragwerken.

SN EN 1090-2:2018: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken.

SN EN ISO 12944: Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme

SN EN ISO 1461: Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken) – Anforderungen und Prüfungen

SN EN ISO 2063: Thermisches Spritzen – Zink, Aluminium und ihre Legierungen

SN EN ISO 14713: Zinküberzüge – Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion

VVEA Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen, arv Baustoffrecycling Schweiz