

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Baier, Roland; Deutscher, Martin

Bewertung und Ertüchtigung alter Wehrverschlüsse für eine mittelfristige Weiternutzung

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102203>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

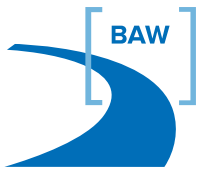
Baier, Roland; Deutscher, Martin (2013): Bewertung und Ertüchtigung alter Wehrverschlüsse für eine mittelfristige Weiternutzung. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Erhalten und Ertüchtigen von Bauwerken. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 109-120.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

BAW Kolloquium

Tagungsband

Erhalten und Ertüchtigen von Bauwerken
4. und 5. November 2013 in Karlsruhe



Bewertung und Ertüchtigung alter Wehrverschlüsse für eine mittelfristige Weiternutzung

Dipl.-Ing (FH) R. Baier (BAW), Dipl.-Ing. M. Deutscher (BAW)

1 Einleitung

Ein großer Teil der bestehenden Wehrverschlüsse in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) haben ihre geplante Nutzungsdauer erreicht oder werden dies in naher Zukunft tun. Viele Wehrverschlüsse zum Beispiel am Main und Neckar wurden vor dem zweiten Weltkrieg gebaut. Die Stahltragwerke müssen daher neu bewertet werden, ob sie die erforderlichen Sicherheitsanforderungen erfüllen. Eine möglichst genaue Einschätzung des Zustandes mit Darstellung vorhandener Schwachstellen und einer Abschätzung der weiteren Nutzungsmöglichkeit ist für den Anlagenbetreiber von höchster Wichtigkeit, um Investitionen optimal einsetzen zu können. Die Frage der Restnutzungsdauer ist für die Priorisierung von Ertüchtigungsmaßnahmen oder Ersatzneubauten ebenfalls von Bedeutung.

Will man Aussagen über eine mittelfristige Weiternutzung bzw. über den Ertüchtigungsbedarf alter Wehrverschlüsse treffen, so muss man sich zunächst vor Augen führen, dass der Begriff der Mittelfristigkeit für den passiven Korrosionsschutz als auch für den konstruktiven Stahlwasserbau in der Regel zwei unterschiedlich lange Zeitabschnitte beschreibt. Spricht man bei Korrosionsschutz durch Beschichtungsstoffe von einer Ertüchtigung für eine mittelfristige Weiternutzung, so werden hierbei Zeiträume von fünf bis maximal acht Jahre angestrebt. Bei der Stahlkonstruktion hingegen wird bei einer mittelfristigen Weiternutzung an Zeiträume von 10 bis 25 Jahren gedacht.

2 Korrosionsschutz

Betrachten wir zunächst den passiven Korrosionsschutz durch Aufbringen einer Polymerbeschichtung. Bei der Bewertung der auf dem Wehrverschluss vorhandenen Altbeschichtung ist es zunächst wichtig aus den Bestandsunterlagen bzw. aus der Korrosionsschutzdatenbank (KorrDaBa) den geplanten Schichtaufbau bzw. den eingesetzten Beschichtungsstoff zu eruieren.

Bei einer anschließenden Untersuchung bzw. Analyse der Altbeschichtung sollten folgende Parameter untersucht bzw. folgende Fragen geklärt werden:

- Bindemitteltyp des Beschichtungsstoffe (Epoxidharz, Polyurethan, Polyharnstoff oder ungesättigtes Polyesterharz → Qualitative Untersuchungen und Infrarotspektroskopie)
- Ist der Beschichtungsstoff PAK-haltig, also sind krebserzeugende polycyclische Kohlenwasserstoffe (PAK) aus Teeranteilen vorhanden? (→ Eluat-Gaschromatographie, Vakuumsublimationsmethode oder Dünnschichtchromatographie)
- Enthält die Beschichtung Asbestfasern? (→ Verbrennungsanalyse und FTIR-RDX/EDX-Untersuchung)

- Sind Kohlenwasserstoffharze (Cumaron- bzw. Indenharze) vorhanden? (→ Anlöseversuche mit o-Xylol, Infrarotspektroskopie und Dünnschichtchromatographie)
- Welche Schwermetalle (z. B. Blei oder Chrom) sind enthalten? (→ Königswasseraufschluss und AAS-Untersuchung)
- Sind polychlorierte Biphenyle (PCB) nachweisbar? (→ Eluat-Beilsteintest, Infrarotspektroskopie und GC-MS-Untersuchung)
- Welcher tatsächliche Schichtaufbau ist vorhanden? Bestimmung durch Keilschnittprüfung nach DIN 50986 (1979-03).
- Abklärung von Haftfestigkeit und Bruchverhalten nach DIN EN ISO 16276-1 (2007-08) und DIN EN ISO 4624 (2003-08)
- Schichtdickenbestimmung nach DIN EN ISO 2178 (1995-04)
- Bestandsaufnahme bzw. Untersuchung der optisch auffälligen Beschichtungsflächen bzw. auftretenden Schadensbilder.

Bild 1 zeigt die Bruchflächen einer durchgeführten Haftabzugsprüfung nach DIN EN ISO 16276-1 und DIN EN ISO 4624 bzw. einer Kreuzschnittprüfung nach DIN EN ISO 16276-2 (2007-08), wobei orange Bruchflächen mit Mennige, einem giftigen Bleikorrosionsschutzpigment freigelegt, wurden. In Bild 2 ist die Probenentnahme bei einer PAK-haltigen Beschichtung eines Wehrverschlusses aus den 30er Jahren in Süddeutschland zu sehen.



Bild 1: Freigelegte Bruchfläche nach Haftabzugsfestigkeit- bzw. Kreuzschnittprüfung mit oranger giftiger Bleimennige an einem alten Korrosionsschutzsystem



Bild 2: Optische Begutachtung und Beprobung einer PAK-haltigen Beschichtung am Wehrverschluss

Generell sollten zur Abklärung der Altlastenproblematik folgende Schadstoffe beprobt werden:

- polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) → cancerogen, krebserzeugend,
- Asbestfasern → cancerogen, krebserzeugend,

und optional (bei berechtigten Vorkenntnissen wie positiven Beilsteintest, orange Farbschichten):

- die Schwermetalle Blei und Chrom → toxisch, mutagen,
- Polychloriert Biphenyle (PCB) → toxisch, cancerogen und mutagen.

In Anbetracht der ermittelten Beschichtungsparameter kann unter Berücksichtigung der aufgetretenen lokalen Beschichtungsschäden, der wahrgenommenen Korrosionsphänomene am Stahlbauteil, prozentualer Anteil der geschädigten Beschichtungsfläche und der Schadstoffproblematik (Mehraufwand durch Schwarz-Weiß-Bereiche, Schutzmaßnahmen und Sondermüllentsorgung) nun eine brauchbare Ertüchtigungsstrategie entwickelt werden.

So ist z. B. bei kleinflächigen Verletzungen (< 350 cm²) eine grobe Entfernung der Korrosionsprodukte, nachfolgende Entfettung mit Ethanol (bzw. Isopropanol oder Aceton), großzügige Lufttrocknung mit anschließender mehrmaliger Applikation eines unterwasserhärtenden Systems (auf Epoxidharzbasis) mit Pinsel oder Knolle denkbar. Als ähnlich einsetzbare Beschichtungen sind oberflächentolerante Grundierungen mit Zinknanopartikeln, niederviskose 1K-Polyurethane oder kohlenwasserstoffharz bzw. methylstyrolphenolharz-modifizierte flexible Epoxidharze beschrieben. Sollte dennoch eine spezielle Oberflächenvorbereitung erforderlich sein, so sind je nach Oberflächenverunreinigung und ggf. vorhandenen Altlasten (PAK, Asbest usw.) die Möglichkeit einer lokalen Handentrostung, Reinigung mit Aceton oder Kugelkopfstrahlen abzuklären.

3 Stahlanalyse

Um alte Stähle zu identifizieren und deren tatsächlichen Materialeigenschaften aufzunehmen, sind stichprobenhafte Untersuchungen erforderlich, wenn durch die vorhandenen Bestandsunterlagen (Materialprüfzeugnisse etc.) keine eindeutige Charakterisierung des Stahls erfolgen kann. Bei einer Ertüchtigung älterer Wehrverschlüsse können unter Umständen folgende Altstahlsorten (im Zeitraum von 1860 bis 1950) angetroffen werden:

- **Puddelstahl**, eine frühe Hauptherstellungsmethode (Kneten im Flammenofen mit oxidierender Atomsphäre) im 19. Jahrhundert, der schlackenreiche Rohstahl wurde bis ca. 1905 hergestellt.
- **Flussstahl**, ab ca. 1860/1880 danach mit steigender Tendenz hergestellt (Bessemer-, SM- und Thomasstahl), verdrängte den Puddelstahl, wobei bis Mitte der 20er Jahre des letzten Jahrhunderts grundsätzlich unberuhigt vergossener Flussstahl, danach zusätzlich halbberuhigt (Si-Gehalt) und ab Mitte der 30er Jahre beruhigt vergossene Stähle (Al-Gehalt) erzeugt wurden
- **Siliziumstahl**, ein Ende der 20er Jahre kurzzeitig hergestellter Stahl, bei dem versucht wurde, eine höhere Festigkeit über einen hohen Si-Gehalt zu erreichen.

Die chemische Zusammensetzung des Altstahles kann in der Regel durch Emissionsspektralanalyse leicht bestimmt werden. Bild 3 zeigt das portable Spektralanalysegerät der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) bei einer Vor-Ort-Stahlanalyse an einem Wehrverschluss. Durch die genaue Kenntnis der einzelnen Legierungsbestandteile kann die Stahlsorte und das Produktionsverfahren (Puddel-, Fluss-, unberuhigt, halbberuhigt bzw. beruhigt vergossener Baustahl, niedriglegierter Vergütungsstahl u. a.) rasch ermittelt und gewisse Aussagen über Härte, Sprödigkeit und die Gefahr der Reckalterung getroffen werden.

Bei Wehrverschlüssen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung kommt es durchaus vor, dass innerhalb des Tragwerks Stähle mit verschiedenen Festigkeiten eingebaut wurden.

Mit den über einen Zugversuch nach DIN EN ISO 6892-1 (2009-12) ermittelten mechanischen Kennwerten (siehe Bild 4) kann der eingebaute Stahl identifiziert und der entsprechenden Stahlsorte zugeordnet werden. Die für diese Stahlsorte in den Regelwerken angegebenen Festigkeitswerte können dann für die weitere Tragwerksanalyse angenommen werden (siehe z.B. DIN EN 1993-1:2010, Tabelle 3.1). Für den häufig verwendeten Flussstahl wäre dann ein charakteristischer Wert der Streckgrenze von $f_{y,k} = 235 \text{ MPa}$ anzunehmen. Bis auf wenige Ausnahmen zeigen die in den letzten Jahrzehnten in der BAW durchgeführten Materialanalysen an Wehrverschlüssen, dass die nach Norm geforderten Festigkeitswerte für einen S235 erreicht wurden. Beispielhaft werden in Bild 5 die Probenergebnisse dargestellt, die von Wehranlagen am Neckar gewonnen wurden.

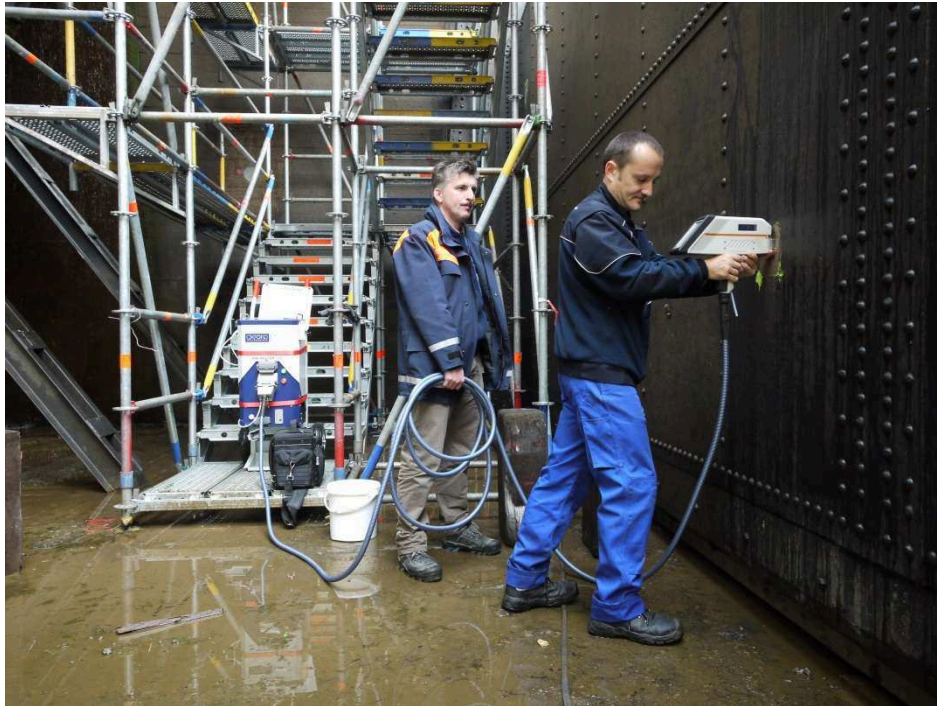


Bild 3: Vor-Ort-Analyse des Altstahles an der Stauwand eines Wehrschützes mit dem portablen Spektralanalysegerät der BAW Karlsruhe



Bild 4: Durchführung eines Zugversuches mit Feindehnungsaufnahme an einer Stahlprobe im Prüflabor der BAW Karlsruhe

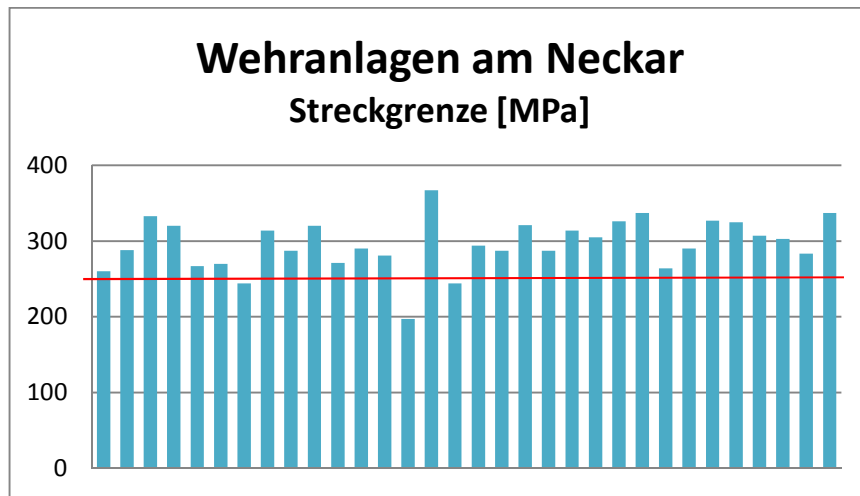


Bild 5: Mechanische Kennwerte, Verteilung der Streckgrenzenwerte

Sollen höhere Festigkeitswerte als die Normwerte bei der Nachweisführung zugrunde gelegt werden, müssen diese in Abhängigkeit der Probenanzahl und des Variationskoeffizienten ermittelt werden. Angaben zur Ermittlung der charakteristischen Materialkennwerte ist der DIN EN 1990 (2010-12), Anhang D zu entnehmen. Dieses Vorgehen sollte sich nur auf die Konstruktionsdetails beschränken, an denen die Nachweisführung mit höheren Festigkeitswerten notwendig und zielführend erscheint.

Die Ergebnisse der Materialanalyse sollten jeweils nur aus einer Grundgesamtheit zusammengeführt werden (Stauwand, Walzprofil, etc.). Bei der Materialanalyse muss zudem berücksichtigt werden, dass durch Kriegs- und Korrosionsschäden bereits einzelne Profile ausgetauscht sein können und nicht der Grundgesamtheit der Altstähle entsprechen müssen. Besonders bei Altstählen sind deutliche Unterschiede (Anisotropie) in der Festigkeit und Verformbarkeit in Abhängigkeit der Walzrichtung zu erwarten. Rechtwinklig zur Walzrichtung sind die mechanischen Kennwerte (Zugfestigkeit, Streckgrenze und E-Modul) in der Regel geringer. Vorab ist zu prüfen, ob die entnommenen Proben unter den vorhandenen Beanspruchungen entnommen werden können oder eine Entlastung stattfinden muss. Gering ausgelastete Bereiche sind zu bevorzugen. Eine Entnahme mit Hilfe eines Brennschneiders ist aufgrund der Wärmeeinbringung und der dadurch resultierenden Aufhärtung sowie der deutlichen Zunahme der Kerbschärfe durch die Brennerben abzulehnen.

Die alten Wehrverschlüsse wurden fast ausnahmslos durch Nietverbindungen zusammengefügt. Dazu wird der Niet erhitzt bis er hellrot-glühend ist (siehe Bild 6). Durch den Nietvorgang wird das gesamte Bohrloch mit Nietmaterial ausgefüllt und verhindert so einen Schlupf in der Nietkonstruktion.



Bild 6: Erwärmung der Niete vor dem Setzen

Bei Reparaturarbeiten sind die Nietlöcher des gesamten Blechpaketes gemeinsam zu bohren und anschließend zu entgraten. Durch das Abkühlen des Nietes zieht er sich zusammen und erzeugt so eine „Vorspannkraft“ in der Verbindung. Durch die Nietvorspannung wird ein gutmütiges Ermüdungsverhalten erzeugt, indem die Spannungsspitzen durch die Vorspannung im Nietlochbereich reduziert werden. Die planmäßige Beanspruchung der Niete erfolgt quer zur Längsachse (Abscheren), wenn im Grenzzustand die Reibung durch die Vorspannkraft der Niete überwunden wird. Bei der Interpretation der Materialuntersuchungen ist zu beachten, dass durch das schnelle Abkühlen der Niet eine gewisse Aufhärtung erfolgt und die Zugfestigkeit höher ist als im Lieferzustand. Die Festigkeit des Nietmaterials wurde daher etwas geringer gewählt, um nach dem Setzen des Nietes ähnliche Eigenschaften zu erhalten, wie die zu verbindenden Stahlteile.

4 Statische Bewertung

Der Vorteil bei der Bewertung bestehender Wehrverschlüsse besteht darin, dass die für eine Tragfähigkeitsbewertung erforderlichen Informationen direkt vor Ort aufgenommen werden können. Dazu gehört auch eine Aufnahme der Bauteilabmessungen zum Beispiel durch Restwanddickenmessungen mit Ultraschall. Dabei ist festzustellen, dass die vor dem zweiten Weltkrieg verwendeten Stahlbleche für die Stauwand zum Teil mit einem Übermaß gewalzt wurden. Die ermittelten Materialkennwerte sind in das semiprobabilistische Nachweiskonzept als charakteristische Baustoffeigenschaften zu überführen. Die Teilsicherheitsbeiwerte sind gegebenenfalls in Abhängigkeit der Streuung anzupassen. Für Flussstahl kann der Teilsicherheitsbeiwert unter der Annahme einer logarithmischen Normalverteilung nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$\gamma_M = e^{\alpha_R \cdot \beta \cdot V_R - k_n \cdot V_f}$$

Der Wichtungsfaktor α_R ist abhängig vom Verhältnis der Streuungen aus Einwirkung und Widerstand. Je größer der Wichtungsfaktor des Widerstandes, umso größer ist der Einfluss auf die Versagenswahrscheinlichkeit und somit auf die Bauteilzuverlässigkeit, vgl. Schneider, J. (1994). Der Wichtungsfaktor $\alpha_R = 0,8$ darf vereinfachend als fester Wert angenommen werden, wenn sich das Verhältnis der Standardabweichungen von Einwirkungen und Widerstand in gewissen Grenzen bewegt. Hinweise dazu sind der DIN EN 1990 (2010-12), Anhang C zu entnehmen.

Als V_R wird der Variationskoeffizient des Gesamtwiderstandes bezeichnet, der sich aus der Variation der Materialfestigkeit, der geometrischen Eigenschaften und der Modellunsicherheiten ergibt. Mit V_f wird der Variationskoeffizient der Materialfestigkeit beschrieben. In der Nachrechnungsrichtlinie (2011) wird für Flusstahl, der nach 1900 hergestellt wurde, ein Wert von $V_f = 0,07$ angegeben. In Spaethe, G. (1992) werden Variationskoeffizienten der Streckgrenze in Abhängigkeit davon angegeben, ob es sich um gleiche Stahlprofile handelt und diese im selben Werk hergestellt wurden oder nicht. Für Flusstahlproben von Wehrverschlüssen, die durch die BAW untersucht wurden, konnte für die Streckgrenze ein Variationskoeffizient $V_f = 0,11$ ermittelt werden. Der Faktor $k_n = 1,64$ beschreibt die Streuung einer unendlich großen Anzahl von Stichproben.

Der Sicherheitsindex β steht im direkten Zusammenhang mit der Versagenswahrscheinlichkeit und ist abhängig von der Zuverlässigkeitsklasse, dem betrachteten Grenzzustand und dem Bezugszeitraum. Die Zuverlässigkeitsanforderungen an die einzelnen Bauteile eines Wehrverschlusses sind abhängig davon, welche Folgen für Mensch, Umwelt und Wirtschaft beim Verlust der Tragfähigkeit entstehen. Für neue Stahlwasserbauteile ist für einen Bezugszeitraum von 70 Jahren von einem Sicherheitsindex $\beta=3,8$ auszugehen. Im Vergleich zu bestehenden Wehrverschlüssen sind bei der Neubauplanung die tatsächlichen Streuungen zum Beispiel der Streckgrenze noch nicht bekannt und bedürfen daher eines größeren „Sicherheitspolsters“ als bei der Bewertung bestehender Tragwerke. Für bestehende Tragwerke existieren verschiedene Ansätze zur Anpassung des Sicherheitsindex. In Bergmeister, K.; Santa, U. (2004) wird ein Vorschlag formuliert, der eine Anpassung des Sicherheitsindex in Abhängigkeit der Bauwerkskontrolle und der Bauwerks- und Belastungsart berücksichtigt. In der Literatur gibt es zudem Vorschläge für bestehende Bauwerke, den Sicherheitsindex für Neubauten um einen $\Delta\beta$ -Faktor abzumindern, vgl. Braml, T. (2010). Ein weiterer Ansatz besteht darin, die Erfahrung des nicht eingetretenen Versagensfalls bei der erneuten Bewertung zu berücksichtigen und für die noch verbleibende Restnutzungsdauer den Sicherheitsindex entsprechend anzupassen, vgl. Kunz, C. (2012). Bei einer Zielzuverlässigkeit von $\beta_{70} = 3,8$ nach 70 Jahren würde sich danach (siehe Bild 7) beispielsweise für eine Restnutzungsdauer von 10 Jahren ein Sicherheitsindex $\beta_{\text{Rest}} = 3,3$ ergeben.

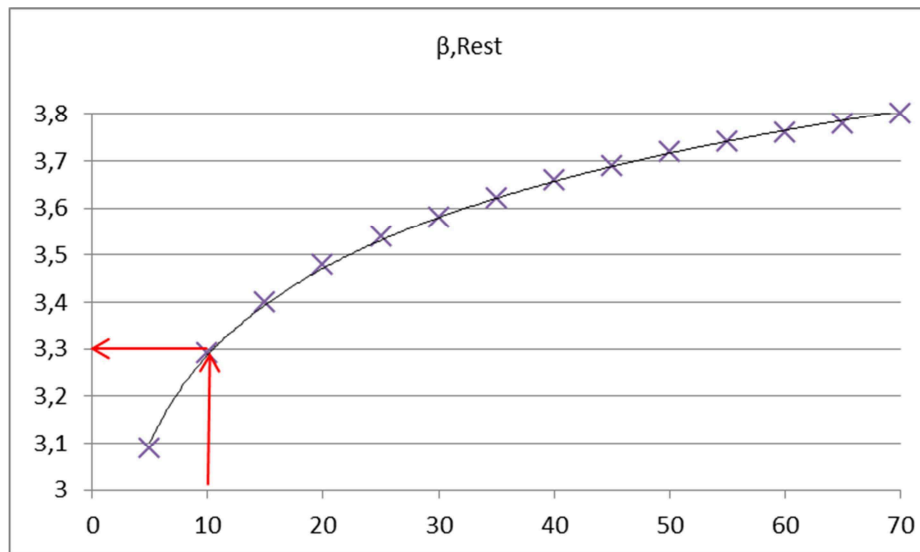


Bild 7: Sicherheitsindex β_{Rest} in Abhängigkeit der Restnutzungsdauer / Stahlwasserbau

Für die statische Betrachtung eines bestehenden Wehrverschluss der WSV aus Flusstahl, der nach 1900 hergestellt wurde und in die Zuverlässigkeitsklasse RC2 eingestuft wird, ergibt sich mit dem von der BAW ermittelten Variationskoeffizienten beispielsweise folgender Teilsicherheitsbeiwert:

$$V_R = \sqrt{V_f^2 + V_g^2 + V_m^2} = \sqrt{0,11^2 + 0,025^2 + 0,025^2} = 0,12$$

$V_f = 0,11$: Festigkeit

$V_g = 0,025$: Geometrie, angenommen

$V_m = 0,025$: Modellunsicherheit, angenommen

$$\gamma_M = e^{\alpha_R \cdot \beta \cdot V_R - k_n \cdot V_f} = e^{0,8 \cdot 3,3 \cdot 0,12 - 1,64 \cdot 0,11} = 1,15$$

5 Schweißbeignung

Wird die erforderliche Tragfähigkeit für eine mittelfristige Weiternutzung nicht erreicht, beinhalten die Sanierungskonzepte bei Altstahlkonstruktionen weniger Ertüchtigungsmaßnahmen durch Schweißkonstruktionen. Die Verbindung mit Altstählen gilt häufig zu Recht, als problematisch. Um dieses Verfahren bei der Verstärkung von alten Stahlkonstruktionen nicht von vornherein auszuschließen, sollte das vorhandene Potenzial des Fügeverfahrens am konkreten Bauteil untersucht und wenn möglich auch genutzt werden, vgl. Lüdecke, F. (2006). Puddelstahl und Siliziumstahl

sind nicht schweißgeeignet. Es kommen jedoch auch Altstähle vor, die ohne Probleme wie heutige Baustähle geschweißt werden können.

Wird die Zusammensetzung des Gefüges von Flusstahl untersucht, kann festgestellt werden, dass es durchaus Bereiche an den Profilen der Verschlusskonstruktionen geben kann, bei denen eine Schweißbeignung gegeben ist. Diese schwefel- und phosphorärmeren Bereiche befinden sich in der Regel in den Randbereichen der Walzprofile („Speckschicht“). Das Ausmaß dieser Bereiche kann im Labor mit Hilfe des Baumannabdruckes bestimmt werden. Die Bestimmung der Schweißbeignung eines Altstahles erfolgt in der BAW über die spektralanalytisch ermittelte Zusammensetzung. Anhand einfacher Gleichungen kann aus den Analysewerten relevanter Legierungselemente das Kohlenstoffäquivalent und damit eine qualitative Aussage über die Schweißbeignung errechnet werden. Wird aufgrund der chemischen Zusammensetzung eine Schweißbeignung der „Speckschicht“ bestätigt, sind bei der Anwendung der Schweißverfahren besondere Randbedingungen zu beachten, um nicht durch zu große Streckenenergie und Einbrandtiefen die nichtschweißbaren Bereiche anzuschmelzen. Folgende grundsätzliche Empfehlungen können gegeben werden, vgl. auch BAW-Brief (2/2003).

- Entfernen der Korrosionsprodukte
- V- bzw. X-Naht-Vorbereitung
- Trocknen des Nahtbereiches, z.B. mit Anwärmblechern
- Schweißen mit basisch umhüllter Elektrode (geringer Einbrand)
- Rücktrocknen der Elektroden
- Schweißen mit geringen Stromstärkewerten (geringer Wärmeeintrag)
- Verwendung von Elektroden mit kleinem Durchmesser
- Strichraupentechnik anwenden

6 Zusammenfassung

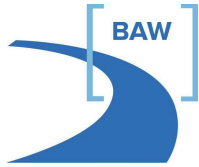
Bei einer Bewertung der Sanierungsmöglichkeiten an einem älteren Wehrverschlusskörper sollte zunächst die applizierte Korrosionsschutzbeschichtung auf Funktionalität, Systemaufbau, vorhandene Schädigungen und mögliche Schadstoffe (PAK, Asbest, ggf. Schwermetalle und PCB) hin untersucht werden. Hat man sich dann vom Potenzial der Beschichtung ein Bild gemacht, können Rückschlüsse auf mögliche Sanierungsszenarien, angefangen vom Smart-Repair-Ansatz, über die Teilerneuerung, die Grundinstandsetzung bis hin zur Verschrottung / Neubau gezogen werden. Hierbei ist jedoch eine kombinierte Betrachtung des Zustandes des Stahlwasserbaues zwingend erforderlich.

Sind bestehende Wehrverschlüsse statisch neu zu bewerten, müssen die Materialeigenschaften eindeutig bekannt sein. Werden die mechanischen Kennwerte aus Bauteilproben gewonnen und bei der Nachweisführung berücksichtigt, ist der zugehörige Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand unter Berücksichtigung des vorhandenen Variationskoeffizienten der Materialfestigkeit zu ermitteln.

Die Schweißbeignung an alten Wehrverschlüssen sollte nicht von vornherein ausgeschlossen werden, wenn sich dadurch einfache und wirtschaftliche Verstärkungsmaßnahmen realisieren ließe. Dazu bedarf es jedoch einer gründlichen Untersuchung zur Schweißbeignung und der schweißbaren Bereiche mit genauen Angaben zur Durchführung des Fügeverfahrens.

7 Literatur

- BAW-Brief (2/2003): Schweißen an Altstählen, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, 2003.
- Bergmeister, K. ; Santa, U. (2004): Brückeninspektion und –überwachung. In: Betonkalender 2004, Ernst und Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co.KG, Berlin, 2004.
- Braml, T. (2010): Zur Beurteilung der Zuverlässigkeit von Massivbrücken auf der Grundlage der Ergebnisse von Überprüfungen am Bauwerk. Dissertation, München, 2010.
- DIN 50986 (1979-03): DIN 50986: Messung von Schichtdicken; Keilschnitt-Verfahren zur Messung der Dicke von Anstrichen und ähnlichen Schichten; Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1979.
- DIN EN 1990 (2010-12): DIN EN 1990: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005+A1:2005/AC:2005/AC:2010, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010.
- DIN EN ISO 2178 (1995-04): DIN EN ISO 2178: Nichtmagnetische Überzüge auf magnetischen Grundmetallen - Messen der Schichtdicke - Magnetverfahren; Deutsche Fassung EN ISO 2178:1995, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1995.
- DIN EN ISO 4624 (2003-08): DIN EN ISO 4624: Beschichtungssysteme - Abreißversuch zur Beurteilung der Haftfestigkeit (ISO 4624:2002); Deutsche Fassung EN ISO 4624:2003, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2003.
- DIN EN ISO 6892-1 (2009-12): DIN EN ISO 6892-1: Metallische Werkstoffe - Zugversuch - Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 6892-1:2009, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2009.
- DIN EN ISO 16276-1 (2007-08): DIN EN ISO 16276-1: Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Beurteilung der Adhäsion/Kohäsion (Haftfestigkeit) einer Beschichtung und Kriterien für deren Annahme - Teil 1: Abreißversuch; Deutsche Fassung EN ISO 16276-1:2007, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2007.
- DIN EN ISO 16276-2 (2007-08): DIN EN ISO 16276-2: Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Beurteilung der Adhäsion/Kohäsion (Haftfestigkeit) einer Beschichtung und Kriterien für deren Annahme - Teil 2: Gitterschnitt- und Kreuzschnittprüfung; Deutsche Fassung EN ISO 16276-2:2007, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2007.
- Kunz, C., Sicherheitskonzept für bestehende Wasserbauwerke, Vermerk, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, 13.07.2012 (unveröffentlicht).
- Lüdecke, F. (2006): Ein Beitrag zur Ertüchtigung bestehender Stahltragwerke unter besonderer Berücksichtigung des Fügeverfahrens Schweißen. Dissertation, Berlin, 2006.



- Nachrechnungsrichtlinie (2011): Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie). Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau, Bonn, 2011.
- Schneider, J. (1994): Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen: Grundwissen für Ingenieure. Unter Mitarbeit von Hans-Peter Schlatter, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich, 1994.
- Spaethe, G. (1992): Die Sicherheit tragender Baukonstruktionen. Zweite, neubearbeitete Auflage, Springer Verlag, Wien New York, 1992.