

Stadt Tuttlingen

Scala-Wehr (Donau)

Vertiefte Sicherheitsüberprüfung

Anlage 9.1

Vertiefte Sicherheitsüberprüfung

Zusammenfassung

Datum: 04.10.2017
Bearbeiter: Herr Messmer
Projekt - Nr.: T17-047

Kanalstraße 1-4
78532 Tuttlingen
T +49 7461 184-0
F +49 7461 184-100

office@breinlinger.de
www.breinlinger.de

Breinlinger Ingenieure

TRAGWERKSPLANUNG
TIEFBAUPLANUNG

Rotebühlstraße 44
70178 Stuttgart
T +49 711 78 78 16 - 0
F +49 711 78 78 16 - 10

Inhaltsverzeichnis

- 1. Veranlassung und Aufgabenstellung**
- 2. Grundlagen**
- 3. Geotechnische Untersuchung**
- 4. Inaugenscheinnahme der Stahlbetonteile**
- 5. Inaugenscheinnahme der Stahlbauteile**
- 6. Inaugenscheinnahme der Antriebszylinder**
- 7. Statische Nachrechnung der Anlage**
- 8. Hydraulische Nachrechnung der Anlage**
- 9. Arbeitssicherheit im Bedienfall**
- 10. Erforderliche Maßnahmen**
- 11. Quellenverzeichnis**

1. VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Die Stadt Tuttlingen beauftragte das Büro Breinlinger Ingenieure mit der Sicherheitsüberprüfung für das Scala-Wehr, welches sich unterhalb der Groß-Bruck befindet.

Die Staustufe dient zum Erhalt eines Dauerstaus oberhalb der Groß Bruck.

Im Einzelnen ergibt sich folgende Aufgabenstellung:

- Geotechnische Untersuchung zur Beurteilung der konstruktiven und geotechnischen Stand-sicherheit der Anlage.
- Inaugenscheinnahme der Stahlbetonbauteile im Hinblick auf den Zustand der Anlage.
- Inaugenscheinnahme der Stahlbauteile im Hinblick auf den Zustand.
- Inaugenscheinnahme der Antriebszylinder im Hinblick auf die Funktionsfähigkeit.
- Statische Nachrechnung der Anlage.
- Hydraulische Berechnung der Anlage und Nachweis der Sicherheiten.
- Arbeitssicherheit im Bedienfall.

2. GRUNDLAGEN

Die Staustufe befindet sich unterhalb der Groß-Bruck (Donau) auf der Höhe Scala. Die Staustufe ist im beigefügten Übersichtslageplan (Anlage 7.2.) gekennzeichnet.

Kreuzungspunkt Wehrtafeln und Gewässerachse:

RW	34 86 635
HW	53 16 510

3. GEOTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Die Unterlagen der durchgeführten geotechnischen Untersuchungen, sind als Anlage 5 beigelegt. Sie schließt mit folgenden Empfehlungen:

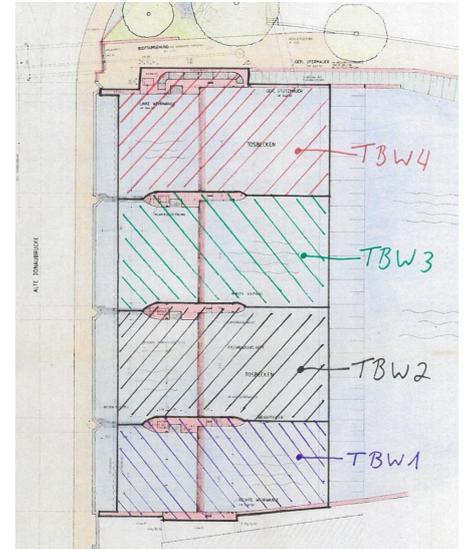
„Die Gründung des Wehres im Weißjura-Fels mit Sohlpressungen (bezogen auf die char. Einwirkungen) von 500 kN/m² bis 700 kN/m² entspricht auch heute noch den üblichen Annahmen, wenn keine Untersuchung im Hinblick auf lokale Störungen durchgeführt werden.“

Für Gründungen in hartem, gebanktem Fels kann an sich mit Sohlpressungen von 4.000 kN/m² gerechnet werden. Die Verwendung von Werten im Bereich 500 kN/m² bis 700 kN/m² (Beilage 1) ist wegen des Risikos lokaler Störungen üblich und angemessen.

Daher ist eine ausreichende Standsicherheit der Wehranlage gegeben.“

4. INAUGENSCH EINNAHME DER STAHLBETONBAUTEILE

Im Zuge der Sicherheitsüberprüfung wurde die Wehranlage (eingeteilt in 4 Teilbauwerke, siehe Bild rechts) einer einfachen Prüfung nach DIN 1076 unterzogen. („Die Einfache Prüfung ist, soweit vertretbar, ohne Verwendung von Besichtigungsgeräten oder -einrichtungen als intensive, erweiterte Sichtprüfung durchzuführen.“) Die Überprüfung des Tosbeckens sowie die unteren Bereiche der Wehrpfeiler im Tosbecken konnte aufgrund des stark rückstauenden Wassers der Donau nicht durchgeführt werden. Bei der durchgeführten Einfachen Prüfung, wurden die Ergebnisse der vorhergehenden Hauptprüfung berücksichtigt und die im zugehörigen Protokoll vermerkten Mängel/Schäden geprüft.



An den Stahlbetonpfeilern und –wänden, wurde kleinere Betonabplatzungen auf dem Pfeilerköpfen, kleinere Auswaschungen und Kiesnester an den Betonoberflächen im Bereich der Wasserwechselzone und kleinere, zum Teil zugesinterte, Risse (aus Schwinden des Beton) festgestellt. Insbesondere bei Teilbauwerk 4 ist am Pfeiler an der wasserabgewandten Seite ein durchgehender vertikaler Riss in der Wandscheibe zwischen der Fischtreppe und dem Radweg vorhanden, welcher jedoch keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Pfeilers hat. Bei den Bodenplatten im Oberwasser, zwischen den Wehrpfeiler, wurden nur unbedenkliche kleinere Risse aus Schwinden festgestellt.

Zusammenfassend für alle geprüften Stahlbetonbauteile ist das Ergebnis, das keine bedenkliche Mängel/Schäden oder Hinweise auf erhebliche Veränderungen gegenüber dem letzten Prüfbericht festgestellt wurden. Somit musste die Einfache Prüfung nicht auf den Umfang einer Hauptprüfung erweitert werden.

Der genaue Umfang, der im Rahmen der Bauwerksprüfung festgestellten Schäden können den vier einzelnen Prüfberichten entnommen werden.

5. INAUGENSCH EINNAHME DER STAHLBAUTEILE

5.1 Korrosionsschutzsystem der Wehrklappen

Die Untersuchung der vier Wehrverschlüsse erfolgte visuell an der Luft- und Wasserseite jeder einzelnen Wehrklappe. Zur Beurteilung werden die Richtlinien für die Erhaltung des Korrosionsschutzes von Stahlbauten (RI-ERH-KOR) zugrunde gelegt, dabei erfolgt die Einteilung in unterschiedliche Schadensklassen je nach Schwere des Mangels gemäß Tabelle 20 und Tabelle 21.

Der Mittelwert der Schichtdicke aus allen 8 Teilflächen ergibt $\bar{\sigma} = 425,58 \mu\text{m}$. Da keine Unterlagen zum aufgetragenen Korrosionsschutz vorhanden sind, kann kein Vergleich durchgeführt werden. Die visuelle Begutachtung nach der Normenreihe DIN EN ISO 4628 zeigte, dass keine Blasen oder Risse vorhanden waren. Es wurden jedoch deutliche Roststellen mit Rostgraden Ri 4 bis Ri 5 festgestellt. Insbesondere im Bereich der Wasserseiten der Wehrverschlüsse waren die Stellen sehr ausgeprägt mit Größen deutlich über $1,0 \text{ m}^2$. Weiterhin wurden teilweise Abplatzungen der Deckbeschichtung festgestellt. Aufgrund der deutlichen Roststellen sind die Bauteile in Schadensklasse SK 4 bis SK 5 einzustufen.

Ebenfalls wurden die Korrosionsbeschichtungen hinsichtlich Schadstoffbelastung untersucht. Die entnommenen Proben wurden auf Blei, PCB, PAK und Asbest untersucht. Es wurden schadhafte und intakte Bereiche der Beschichtung beprobt.

Aus den Analyseergebnissen geht hervor, dass weder PCB noch Asbest nachweisbar sind. Die Bleigehalte liegen mit 4 mg/kg bis 40 mg/kg in einem für Farben unauffälligen Bereich, die höheren Werte können durch anhaftenden Rost beeinflusst sein. Die PAK-Gehalte liegen zwischen 17 mg/kg und 38 mg/kg , für die 16 Einzelstoffe nach EPA. Auch diese Werte sind unauffällig und liegen z.B. unter dem zulässigen PAK-Grenzwert für Spielzeug nach geltendem EU-Recht (RL 2009/48/EG) und weit unter den PAK-Werten vieler Kunststoffherzeugnisse.

Nach Einschätzung des Sachverständigen sind die nachgewiesenen Schadstoffwerte im Hinblick auf eine mögliche Verunreinigung des Gewässers als unproblematisch einzustufen.

5.2 Zerstörungsfreie Prüfung an den tragenden Komponenten / Stahlbauteile

An den tragenden Komponenten von Schweißnähten und Blechen der einzelnen Wehrklappen, wurde eine zerstörungsfreie und visuelle Sichtprüfung nach DIN EN ISO 17367 durchgeführt. Die wasserseitig festgestellten Abrostungen der Schweißnähte und auch stellenweise an den Blechen liegen über den Grenzwerten der Bewertungsnorm DIN EN 5817. Die Standsicherheit der Bauteile ist noch gegeben, jedoch wird die Empfehlung ausgesprochen, die Schweißnähte und Abrostungen an den Blechen, an allen Wehrklappen-Vorderseiten kurzfristig auszubessern.

G:\PROJEKTEL_2017\T17_047\1\erl\vertiefte Überprüfung 2017.docx

6. INAUGENSCH EINNAHME DER ANTRIEBSZYLINDER

Die Steuer- und Regelaggregate:

- Hubzylinder
- Hydraulikaggregate
- Ölleitungen

Der einzelnen Wehrfelder wurden am 02. und 03. August 2017 einer örtlichen Sichtüberprüfung unterzogen (die Überprüfung der Funktion der Steuer- und Regelaggregate erfolgte im Zusammenhang mit der bautechnischen Prüfung der Wehrfelder).

Alle zugehörigen Aggregate sind dem Betriebsalter entsprechend in einem guten Zustand. Alle Aggregate sind nach der optischen Kontrolle dicht. Druck- und Ölverluste konnten nicht beobachtet werden.

Die weitere Überprüfung der Aggregate hat im Rahmen der Termine des Betriebsbuches zu erfolgen.

7. STATISCHE NACHRECHNUNG DER ANLAGE

Im Rahmen der Überprüfung des Massivbaus anhand der Bestandsunterlagen und visueller Inspektion nach Stufe A in Anlehnung an das BAW-Merkblatt „Bewertung der Tragfähigkeit bestehender, massiver Wasserbauwerke (**TbW**)“ mit Ausgabe vom Juli 2016 wurde eine statische Nachrechnung des Bauwerks nach aktuellen Vorschriften und Regelwerken durchgeführt. Hierzu wurden die vorhandenen Bestandsunterlagen ausgewertet und eine Objektbegehung unter Betrieb durchgeführt.

In der Nachrechnung wurden die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit, in Anlehnung der Stufe A aus dem Merkblatt **TbW** geführt. Die Wehrpfeiler, sowie die Fischtreppe und die Fundamentbalken wurden aufgrund der großen Bauteildicken nicht betrachtet.

Die Tragfähigkeit der Wehranlage lässt sich innerhalb der Stufe A der **TbW** unter Anwendung der in der Nachrechnung zugrunde gelegten Lasten, sowie unter Vernachlässigung der Überschreitungen (in kleinen lokalen Bereichen) nachweisen.

Aufgrund der lokal auftretenden geringfügigen Überschreitungen können diese vernachlässigt werden. Die Ausnutzungsgrade sind nachfolgend zusammengefasst.

- Tosbecken $\kappa = 71\%$
- Vorboden $\kappa = 94\%$
- Linksseitige Erddruckwand $\kappa = 34\%$
- Rechte Uferwange $\kappa = 130\%$
- Wehrpfeiler $\kappa = 93\%$

Im Rahmen der Nachweisführung wurden für die gewählten Auswertestellen bezogen auf die jeweilige Ordinate die erforderlichen Bewehrungsmengen in der maßgebenden Kombination ermittelt, mit dem Bestand bzw. Maximalwert abgeglichen und der Ausnutzungsgrad bestimmt.

Da sich im Zuge der Sicherheitsüberprüfung und Bauwerksprüfung keine Anzeichen von Gebrauchstauglichkeitsdefiziten (Verformungen, Rissbreite) an den Stahlbetonbauteilen zeigte, wurde auf die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit verzichtet.

Die geotechnischen Nachweise können unter Berücksichtigung der geringfügigen Überschreitungen beim Nachweis der zulässigen Sohlpressungen erbracht werden.

Ergebnis:

Eine erfolgreiche Nachweisführung der Wehranlage sowie der Gründungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist unter Beachtung der angesetzten Wasserdrücke nach Stufe A der **TbW** nahezu in allen Bereichen der Wehranlage möglich. Die geringfügigen lokalen Überschreitungen sind auf die im Vergleich zur Bestandsstatik genauere Berücksichtigung der geometrischen Parameter sowie den nichtlinearen Ansatz der Lagerungsbedingungen zurückzuführen. Weiterhin wurden bei der Nachrechnung mehrere Laststellungen der Wasserlasten untersucht.

8. HYDRAULISCHE NACHRECHNUNG DER ANLAGE

8.1 Bemessungshochwasser

Bei der Begehung im Jahr 2015 wurden auf der Dammoberfläche, soweit sie einsehbar war, keine weiteren für die Standsicherheit des Absperrbauwerks relevanten Sachverhalte festgestellt:

· **BHQ₁**

Für das Scala-Wehr:

Bemessungshochwasserzufluss BHQ₁ mit Wiederkehrzeit T	T = 100 a
--	-----------

HQ100 oberhalb Seltenbachzufluss: HQ100 = 314,00 m³/s

HQ100 unterhalb Seltenbachzufluss: HQ100 = 316,00 m³/s

· **BHQ₂**

Für das Scala-Wehr:

Bemessungshochwasserzufluss BHQ₂ mit Wiederkehrzeit T	T = 1.000 a
--	-------------

HQ1000 oberhalb Seltenbachzufluss: HQ1000 = 443,00 m³/s

HQ1000 unterhalb Seltenbachzufluss: HQ1000 = 445,00 m³/s

8.2 Ergebnis Umläufe

Der angelegte Radweg (Umläufe) wurde als Hochwasserschutzdamm konzipiert. Die Höhen der berechneten Wasserspiegel (HQ100 n-1 Regel) und die Höhen des Dammes (Daten aus der Befliegung), sind im Lageplan Anlage 7.3 dargestellt.

Folgende Freiborde wurden ermittelt:

Profil 162+505:	Gelände: 646,35 m	WSP: 645,11 m	FB: 1,24 m
Profil 162+334:	Gelände: 645,54 m	WSP: 644,97 m	FB: 0,57 m
Zwischen Profil 162+334 und 162+163:			
	Gelände: 645,49 m	WSP: 644,84 m	FB: 0,65 m
Profil 162+163:	Gelände: 645,65 m	WSP: 644,73 m	FB: 0,92 m
Profil 162+063:	Gelände: 645,37 m	WSP: 644,48 m	FB: 0,89 m

G:\PROJEKTEL_2017\T17_047\1erl\vertiefte Überprüfung 2017.docx

Eine detaillierte Untersuchung des Dammkörpers (Vermessung, Geologische Untersuchung usw.) wurde nicht durchgeführt.

8.3 Ergebnis Staustufe Scala-Wehr

Die Wasserspiegelhöhe bis zur Oberkante der Wehrpfeiler der Stauanlage markiert den Übergangszustand, ab dem ein Gefahrenpotenzial für die Anlagensicherheit gegeben ist. Liegt der maximale Wasserstand aus BHQ_1 oder BHQ_2 unterhalb dieses Grenzzustandes, so muss die zu diesem Grenzzustand gehörende Belastung größer als das BHQ_2 sein. Die Differenz der Belastungen zwischen dem Grenzzustand und BHQ_2 ist ein Maß für die Unsicherheiten, die in der Berechnung zum BHQ enthalten sein können, ohne die betreffende Stauanlage zu gefährden. Die Ermittlung dieser Differenz ist eine einfache und anschauliche Möglichkeit zur Abschätzung des verbleibenden hydrologischen Risikos.

Beim BHQ_1 ergeben sich zur Oberkante der Wehrpfeiler, Freiborde von 35 bis 43 cm. Die seitlichen Wehrwangen weisen Freiborde von 65 cm und 89 cm auf.

Beim BHQ_2 ergeben sich zur Oberkante der Wehrpfeiler keine Freiborde mehr. Die Pfeiler werden überspült und die darauf befindlichen Schaltkästen angeströmt. Die seitlichen Wehrwangen weisen Freiborde von 17 cm und 41 cm auf.

Der Einfluss der Wehranlage auf den oberhalb ermittelten Wasserspiegel, beträgt lediglich 4 cm. Dadurch ergeben sich Ausbordungen, wie sich diese bei Extremwetterereignissen oberhalb der Wehranlage zeigen, generell und ohne Einfluss durch die Wehranlage.

Die bestehende Stauanlage weist beim Berechnungsabfluss BHQ_1 Sicherheitsreserven auf! Beim BHQ_2 stehen keine Sicherheitsreserven zur Verfügung!

Die Anlagensicherheit ist dennoch gegeben. Aufgrund des fehlenden Freibordes werden zwar die Schalteinrichtungen beschädigt. Dies ist jedoch erst dann der Fall, nachdem die Klappen bereits abgesenkt wurden und der volle Abfluss die Anlage erreicht. Mittelfristig sollte jedoch eine Schutzmaßnahme der Schalteinrichtungen realisiert werden (siehe hierzu Punkt 10 – Maßnahmenkatalog)!

9. ARBEITSSICHERHEIT IM BEDIENFALL

Die Bedienung der Anlage und die Überwachung der Automatiksteuerung funktioniert momentan wie folgt:

Wehr 1 – 3:

Hier sind die Schaltanlagen auf den jeweils linkseitig zugehörigen Wehrpfeilern positioniert. Die ursprünglich installierten Übergangsstege, von der Groß-Bruck auf die drei Wehrpfeiler, wurden vor etlichen Jahren bereits demontiert. Ein Zugang zu den Wehrpfeilern/Schaltkästen, ist nur über den Einsatz des städtischen Teleskopladers (alternativ mit der Drehleiter der Feuerwehr) möglich. Fallschutzeinrichtungen sind im Bereich der Wehrpfeiler nicht vorhanden (Geländer, Verankerungsösen usw.).

Bei BHQ2 ist die Pfeilerkrone überspült und kann nicht mehr begangen werden.

Wehr 4:

Der Schaltkasten befindet sich auf der Fischaufstiegsanlage und ist über den angrenzenden Fuß-/Radweg erreichbar. Ein auf der Fischaufstiegsanlage (OK 644,00 m) montiertes Blech erhöht den Hochwasserschutz auf 644,30 m. Das Blech läuft jedoch zwischen Schaltkasten und Radweg entlang. Der Schaltkasten ist somit nicht vor BHQ2 geschützt (wie die Schaltkästen auf den Wehrpfeilern).

Fallschutzeinrichtungen sind im Bereich der Wehrpfeiler nicht vorhanden (Geländer, Verankerungsösen usw.).

Durch die Stadt geplant:

Die gesamte Steuerung der Anlage soll so aufgerüstet werden, dass diese über Funk angesprochen werden kann. Im Hochwasserfall ist somit ein betreten der Wehrpfeiler nicht mehr notwendig. Bei der monatlichen Wartung wird jedoch eine Begehung notwendig. Für diese Arbeitsprozesse sind Fallschutzeinrichtungen zu installieren. Alternativ dazu kann eine Fallschutzeinrichtung am Teleskoplader angebracht/genutzt werden, mit welcher sich die auf den Wehrpfeiler aussteigende Person sichern kann.

10. ERFORDERLICHE MASSNAHMEN

Für den sicheren Betrieb der Anlage sind u. E. folgende Maßnahmen durchzuführen:

- | | | |
|------|--|---------------|
| 10.1 | Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten für alle Anlagenteile weiterführen (siehe Betriebsvorschrift). | kurzfristig |
| 10.2 | Anbringen von Fallschutzeinrichtungen im Bereich der Schaltkästen, an den Wehrpfeilern und der Fischtreppe. | kurzfristig |
| 10.3 | Umbau des Hochwasserschutzbleches auf der Fischaufstiegsanlage. Blechmonate zwischen Schaltkasten und Donau, damit der Schaltkasten vor BHQ2 geschützt ist. | kurzfristig |
| 10.4 | Empfehlung zur Schadensminimierung:
Höherlegen der Schaltkästen auf den drei Wehrpfeilern, über das BHQ2. Alternativ dazu; Montage eines Schutzbleches um die jeweiligen Schaltkästen herum, zur Abweisung des anströmenden BHQ2. | mittelfristig |
| 10.5 | Installation einer Funkeinrichtung für die Wehrsteuerung.
Dieses Ziel wird bereits von der Stadt Tuttlingen verfolgt. | kurzfristig |
| 10.6 | Betoninstandsetzung Stahlbetonbauteile <ul style="list-style-type: none">- Instandsetzung Schadstellen / Betonabplatzungen- Verpressen / Tränkung offener Risse- Oberflächenschutz / Beschichtung | mittelfristig |

G:\PROJEKTEL_2017\T17_047\1\erl\vertiefte Überprüfung 2017.docx

- 10.7 Umfassende Instandsetzung Wehrklappen: kurzfristig
- lokale Instandsetzung der Schweißnähte und Deckbleche
 - Instandsetzung der Lager und Gelenke
 - Erneuerung des vollständigen Korrosionsschutzes
 - Erneuerung der Dichtprofile

Empfehlung einer werksseitigen Vollinstandsetzung der einzelnen Wehrklappen in 4 Etappen.
(Ausbau der Klappen, werksseitige Instandsetzung der Schäden, Einbau der Klappen)

Aufgestellt:

Tuttlingen, den 04.10.2017



Breinlinger Ingenieure
Tuttlingen - Stuttgart

11. QUELLENVERZEICHNIS

- [1] Bericht zur Geotechnischen Untersuchung
Dr. Bahrig, Allensbach – Stand 22.09.2017

- [2] Statische Nachrechnung der Anlage
Büro Breinlinger - Stand Oktober 2017

- [3] Hydraulische Überrechnung der Anlage
Büro Breinlinger - Stand Oktober 2017