

Schadensbegutachtung Schleuse Anderten – der mühsame Weg aus der Planlosigkeit

Dipl.-Ing. Matthias Lutz, Bundesanstalt für Wasserbau

Einleitung

Im Umlaufkanal der Schleuse Anderten wurden im Zuge der regelmäßigen Bauwerksinspektionen des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamts Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal (WSA MLK/ESK) ausgeprägte Schäden festgestellt, die im Rahmen eines Schadensgutachtens durch die Abteilung Bautechnik der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) bewertet werden sollten. Die Untersuchungen sind im Schadensgutachten Rahimi und Lutz (2020) dokumentiert.



Abbildung 1: Luftbild der Schleuse Anderten in Richtung Oberwasser. Quelle: Historisches Bildarchiv der Bundeswasserstraßen, Archivnummer BB03414

Das stattliche Alter der im Jahr 1928 in Betrieb genommenen Schleuse Anderten ist bei Schleusenbauwerken innerhalb der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) nicht außergewöhnlich. Von den über 300 betriebenen Schleusen sind aus heutiger Sicht 83 Prozent älter als 50 Jahre und 33 Prozent sogar älter als 100 Jahre.

Während dieser langen Zeitspanne haben sich erwartungsgemäß sowohl die Bauweise von Schleusen als auch die zugrundeliegenden massivbaulichen Regelwerke stark verändert. So führten die Weiterentwicklung der technischen Möglichkeiten, dazugewonnene wissenschaftliche Erkenntnisse sowie der gestiegene Sicherheits- sowie Dauerhaftigkeitsanspruch an die Bauwerke zu den deutlich strengeren, umfänglicheren und komplexeren Regelwerken und der enthaltenen Nachweisformate von heute.

Nach der derzeitigen Auslegung der Gesetzeslage, Paragraph 48 des Bundeswasserstraßengesetzes (WaStrG), müssen die wasserbaulichen Anlagen unabhängig von ihrem Alter jederzeit allen Anforderungen der Sicherheit genügen.

Folglich muss auch die Standsicherheit älterer Bauwerke im Rahmen von statischen Nachrechnungen nachgewiesen werden können. Grundlage hierfür sind Nachrechnungsvorschriften, wie z. B. das BAW-Merkblatt „Bewertung der Tragfähigkeit bestehender, massiver Wasserbauwerke“ (TbW), in der aktuellen Ausgabe von Juli 2016.

Von wesentlicher Bedeutung für die statische Beurteilung ist das Vorhandensein der erforderlichen Bestandsunterlagen, insbesondere von Bauwerksplänen, aus denen die wesentlichen geometrischen sowie baulich-konstruktiven Einzelheiten hervorgehen. Jedoch sind diese Unterlagen bei älteren Bauwerken oftmals nicht vollständig verfügbar. Dieses Problem lag auch bei der zu begutachtenden Schleuse Anderten vor. Daher war neben den materialtechnischen Untersuchungen im Vorfeld der statischen Berechnungen eine umfassende Bestandsunterlagenrecherche notwendig.

Bauwerk

Bei der 1928 in Betrieb genommenen Schleuse Anderten handelt es sich aus technischer, konstruktiver und hydraulischer Sicht um ein herausragendes Bauwerk der WSV, bei dem für die damalige Zeit in vielerlei Hinsicht neue Wege beschritten wurden. Die Doppelsparschleuse hat fünf etagenförmig übereinanderliegende Sparbeckenebenen, die seitlich an den Kammern angeordnet sind (Abbildung 2). Sie sind in Längsrichtung in fünf Abschnitte, sogenannte Speicher, unterteilt und werden durch Zylinderschütze und einen Zentralschacht, der an den Umlauf angeschlossen ist, befüllt.

Festgestellter Schaden

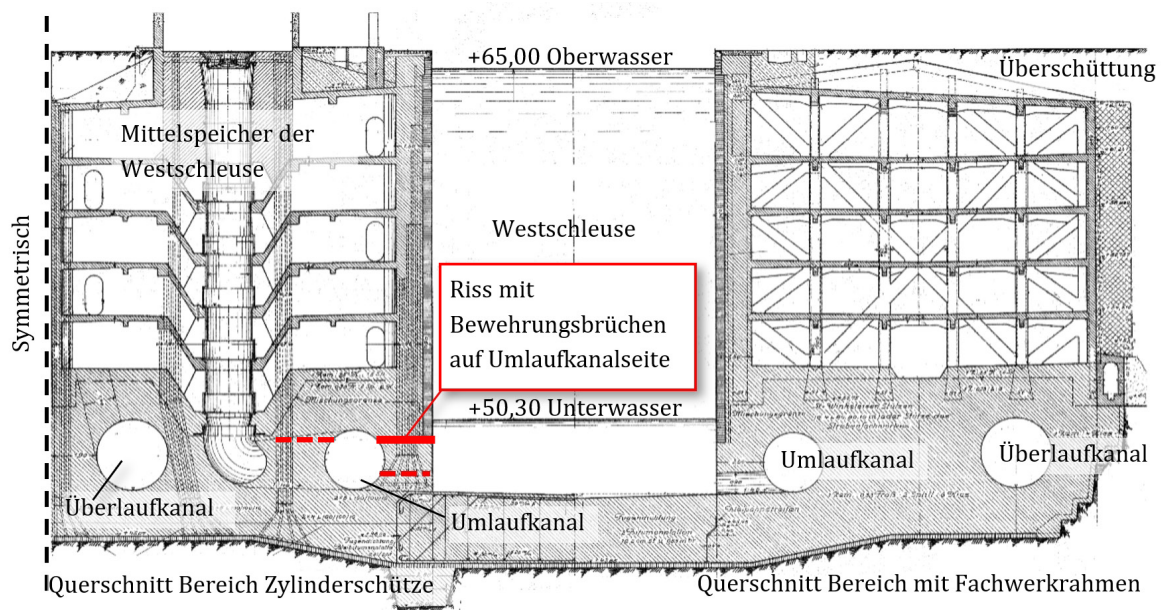


Abbildung 2: Querschnitt durch die Westkammer und die Speicher mit Lage der Schäden im östlichen Umlaufkanal

Das WSA MLK/ESK stellte im östlichen Umlaufkanal der Westkammer der Schleuse Anderten eine deutliche Schadenszunahme an einem kammerseitigen, horizontalen Riss fest. An der kammerseitigen Wand des Umlaufkanals befindet sich auf einer Höhe von rund zwei Metern ein Längsriss mit großer Rissbreite, der nahezu über die gesamte Kanallänge verläuft und sich auch auf der zur Kammerwand abgewandten Seite des Umlaufkanals in vergleichbarer Höhe weiter in den Querschnitt fortsetzt (Abbildung 2 und 3). An mehreren Stellen liegen senkrechte Bewehrungsstäbe mit Korrosionserscheinungen frei (Abbildung 4). Einige Bewehrungsstäbe sind durchgerissen. Auch von der Kammer aus betrachtet ist eine in Längsrichtung über weite Strecken aufgehende Fuge im Übergang der Verklinkerung zum betonierten Bereich vorhanden (Abbildung 3).

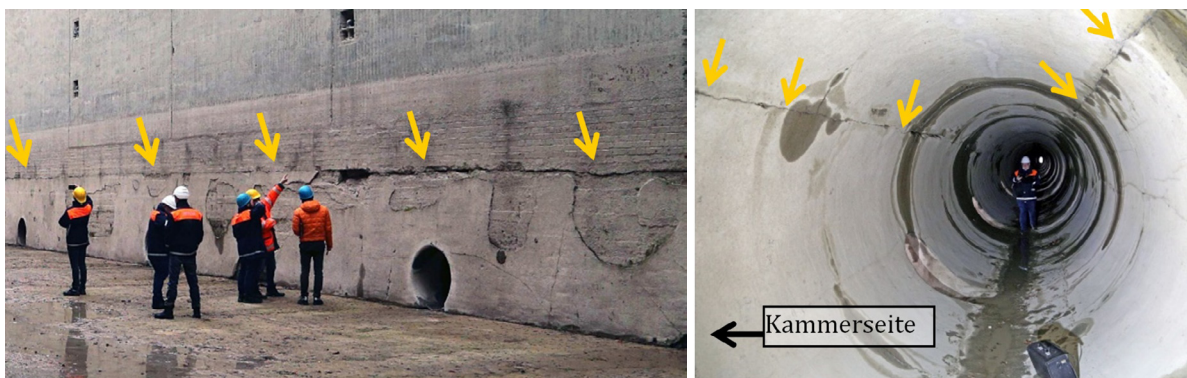


Abbildung 3: Ostwand der Westkammer mit sichtbarem Riss (links), horizontale Risse im östlichen Umlaufkanal der Westkammer (rechts)



Abbildung 4: Durchtrennte Bewehrung im Riss im östlichen Umlaufkanal der Westkammer (links), Bewehrungsprobe nach dem Beizen (rechts)

Probenahme und Laboruntersuchungen

Im Rahmen der Untersuchungen wurden zunächst Betonbohrkerne und Bewehrungsproben aus geschädigten Bereichen zur Ermittlung von Baustoffkennwerten entnommen. Die an entnommenen Bohrkernen festgestellte Durchgängigkeit des Risses über die gesamte Wanddicke bestätigte die Vermutung, dass es sich bei dem Riss um eine geschädigte Arbeitsfuge handelt. Verschmutzungen und Ablagerungen weisen auf eine starke Durchströmung des Rissbereichs hin und darauf, dass der Verbund zwischen dem Beton und dem Mauerwerksvorsatz der Kammerwand in horizontaler Richtung stark gestört bzw. nicht mehr vorhanden ist.

Die entnommenen Proben der Bewehrungsstäbe im Schadensbereich sind an den freiliegenden Stellen mit leichtem flächigem Querschnittsverlust korrodiert. Eine eindeutige, ausgedehnte Einschnürung des Querschnittes im Bruchbereich ist nicht erkennbar (Abbildung 4). Durch die intensive Durchströmung des Risses mit Wasser kann es zu einer Auslaugung des Betons und einer damit verbundenen Depassivierung der Bewehrung kommen. Die Korrosion der Bewehrung wird dadurch ermöglicht bzw. begünstigt.

Statische Untersuchungen und Unterlagenrecherche

Eine rechnerische Betrachtung des Bauwerks sollte mögliche Tragfähigkeits- oder Gebrauchstauglichkeitsdefizite im Schadensbereich aufdecken. Hierfür erforderliche Bestandsunterlagen mit konkreteren Informationen über die konstruktive Ausführung des Bauwerks, insbesondere für den massiven Schadensbereich, lagen jedoch nur unzureichend vor.

Daher wurde zunächst angenommen, dass es sich im unteren Gründungsbereich des Bauwerks um eine unbewehrte Schwergewichtskonstruktion handelt. Es zeigte sich jedoch schnell, dass die Tragfähigkeit im maßgebenden Lastzustand bei gefüllter Kammer unter berechtigter Berücksichtigung des Risswasserdrucks so nicht nachweisbar ist.

Der erforderliche Nachweis der Tragfähigkeit konnte demzufolge nur bei Vorliegen verlässlicher Informationen über eine gegebenenfalls eingebaute, den Schadensbereich überbrückende und ausreichend nach oben und unten verankerte Bewehrung geführt werden.

Zunächst wurde nach bauzeitlichen Veröffentlichungen recherchiert. Es fanden sich mehrere, im Literaturverzeichnis aufgeführte Artikel mit wertvollen Informationen (Goetzcke (1929), Kurz (2014), Schonk und Maaske (1926), Schonk und Maaske (1927), Schonk und Rütjerodt (1928)). Außerdem wurden umfangreiche, zur Bauzeit aufgenommene Photographien aus den Unterlagen des WSA MLK/ESK, den Archiven der ehemaligen Wasserstraßendirektion (WSD) Mitte und der Literatur zusammengetragen. Weitere Bestandsunterlagen wurden im Landesarchiv Hannover entdeckt, deren Bestandsbuch online einsehbar ist. Hier fanden sich die in Sütterlin verfassten statischen und hydraulischen Berechnungen zur Schleuse Anderten.

Mit den Unterlagen konnte ein Abgleich von den in Textform verfassten Angaben über die verlegte Bewehrung mit Photographien aus der Bauzeit erfolgen, die als Annahmen zur Lage und zur Menge ansetzbarer Bewehrungsmengen in die statischen Untersuchungen eingingen.

Mit diesen Informationen konnten weitere statische Untersuchungen unter Berücksichtigung der Bewehrung auf Grundlage des BAWMerkblatts TbW (2016) durchgeführt werden. Sie wurden durch numerische Betrachtungen anhand einer FEM-Berechnung ergänzt, bei der auch Temperaturwirkungen berücksichtigt werden konnten.

Im Ergebnis bestehen für den massiven Speicher-Gründungsbereich im Grenzzustand der Tragfähigkeit rechnerisch keine wesentlichen Defizite, wenn die vermutlich eingelegte Kammerwandbewehrung mit angesetzt wird.

Die durchgeführten FEM-Berechnungen zeigen, dass die minderfesten Arbeitsfugen durch jahreszeitliche Zwangsbeanspruchungen aufreißen. Dies geschieht im Bereich des festgestellten

Schadens in der Kammerwand insbesondere im Winter, während sich die Arbeitsfuge zwischen den beiden kreisrunden Öffnungen im Querschnitt (Abbildung 2) im Sommer öffnet.

Schadensursache

Durch die beschriebenen Zwangsverformungen werden größere Dehnungen in der Umfassungsbewehrung des Umlaufkanals hervorgerufen. Die Durchströmung des Risses im Beton und die begünstigte Bewehrungskorrosion sorgen für eine weitere Schädigung der Bewehrung. Das Durchtrennen der Bewehrungsstäbe ist höchstwahrscheinlich die Folge einer kombinierten Einwirkung von mechanischer Beanspruchung und Bewehrungskorrosion.

Empfohlene Instandsetzungsmaßnahmen

Für die globale Tragfähigkeit des Bauwerks spielt die gerissene Umlaufbewehrung des Umlaufkanals keine wesentliche Rolle. Die Kräfte zur Sicherstellung der Tragfähigkeit müssen vielmehr von der vertikalen Kammerwandbewehrung aufgenommen werden.

Durch die günstigen Korrosionsbedingungen in der geschädigten Arbeitsfuge der Kammerwand können allerdings auch Schäden an der Kammerwandbewehrung verursacht werden, die im Endeffekt zum Verlust der Tragfähigkeit des Bauwerks führen.

Aus diesem Grund müssen auch die Oberflächen der geschädigten Bereiche des Umlaufkanals instandgesetzt und, soweit möglich, abgedichtet werden. Die weiterhin zu erwartenden Rissverformungen durch den zyklisch auftretenden Risswasserdruck und den Temperaturzwang müssen ebenso begrenzt werden.

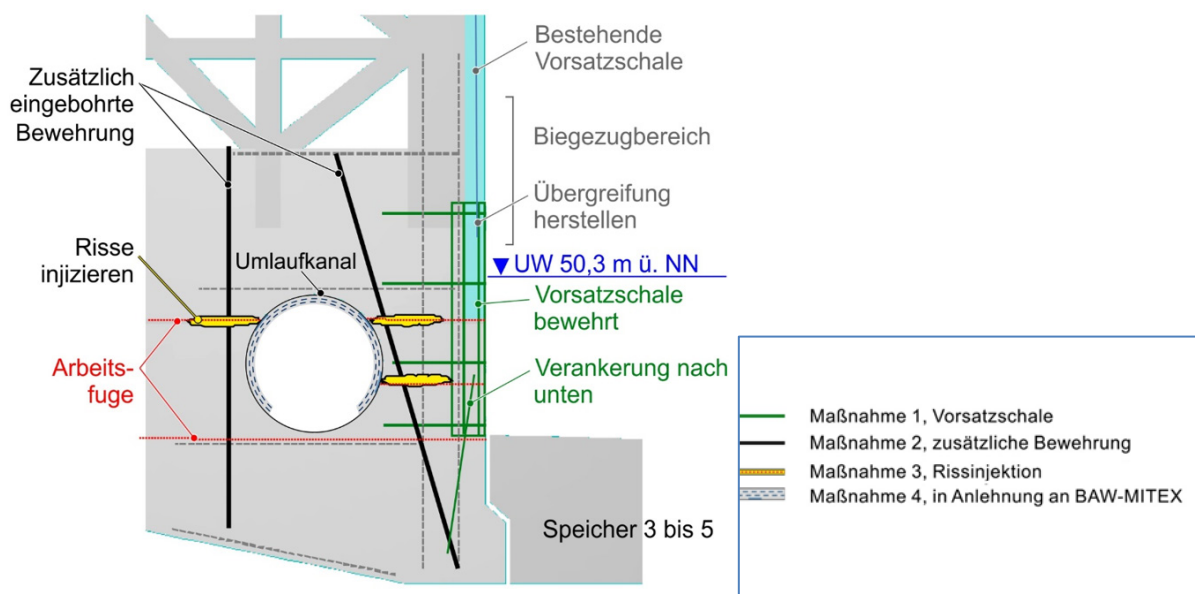


Abbildung 5: Skizze zu Instandsetzungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen

Zur Instandsetzung der Kammerwand wurde eine bewehrte und verankerte Vorsatzschale (Maßnahme 1) empfohlen (Abbildung 5). Die eingebaute Bewehrungsmenge in der Vorsatzschale muss mindestens der rechnerisch erforderlichen Bewehrungsmenge entsprechen.

Durch das Einbohren von zusätzlichen, vertikalen Bewehrungsstäben seitlich des Umlaufkanals (Maßnahme 2) können die weiterhin zu erwartenden Rissverformungen reduziert werden. Sie erhöhen die Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit einer außerdem empfohlenen Rissinjizierung (Maßnahme 3) mit zementgebundenen Materialien.

Schließlich sollen die Umlaufinnenkanalflächen durch eine flächige Applikation eines Spritzmörtels in einer Schichtdicke von etwa 30 mm instandgesetzt werden. Es wurde angeregt, im Rahmen einer Probeinstandsetzung hierfür den Einsatz einer textilbewehrten Spritzbetonschicht gemäß BAWMerkblatt MITEX „Flächige Instandsetzung von Wasserbauwerken mit textilbewehrten Mörtel- und Betonschichten“ (2020) zu planen (Maßnahme 4).

Derzeit werden die vorgeschlagenen Instandsetzungsmaßnahmen geplant und in einer Probeinstandsetzung durchgeführt.

Literatur

- Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2016): BAWMerkblatt Bewertung der Tragfähigkeit bestehender, massiver Wasserbauwerke (TbW). Ausgabe Juli 2016. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).
- Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2020): BAWMerkblatt Flächige Instandsetzung von Wasserbauwerken mit textilbewehrten Mörtel- und Betonschichten (MITEX). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).
- Ems-Weserkanal (neuer Kanal). Schachtschleuse Anderten, Band 4. Verzeichnis Nr. 4. Inhalt: 82 Aufnahmen der Schleuse während der Bauzeit. Eigentum der Wasserstraßendirektion Hannover.
- Goetzcke (1929): Die Hindenburgschleuse in Anderten am Mittellandkanal, Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Band 41/1929.
- Kurz L. (2014): Der Schleusenbau in Anderten. Eine Fotodokumentation mit 170 Abbildungen vom Bau und Betrieb der Hindenburgschleuse.
- Rahimi, A.; Lutz, M. (2020): Begutachtung des Schadensfalls im östlichen Umlaufkanal der Westkammer der Schleuse Anderten. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.
- Schonk; Maaske (1926): Praktische Versuche zur Feststellung der Festigkeit und Wasserdurchlässigkeit des Betons für den Schleusenbau Anderten. Die Bautechnik 1926, Heft 13, S. 187.
- Schonk; Maaske (1927): Die Betriebseinrichtungen für den Bau der Schleusen bei Anderten. Zentralblatt der Bauverwaltung 1927, Nr. 30.
- Schonk; Rütjerodt (1928): Die neuen Schleusen des Mittellandkanals bei Hannover in: Die Bautechnik, Heft 25, S. 345-373.
- Weirich, T. (2013): Ermüdungsverhalten des Betonstahls unter Berücksichtigung möglicher Korrosionseinflüsse. Dissertation, Institut für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart.