



# Schleusen sicher sanieren

von Heiner Gilleßen und Uwe Sowa

Der Nord-Ostsee-Kanal heißt in der internationalen Schifffahrt Kiel-Canal und ist die meist befahrene künstliche Wasserstraße der Welt. Er erspart den Umweg um den nördlichsten dänischen Zipfel bei Skagen, eine bedeutende Wegverkürzung von 250 Seemeilen (ca. 450 Kilometer). Waren für seinen Bau damals noch see-strategische Gründe maßgebend, so steht der Kanal heute ausschließlich im Dienst des Warenaustausches der Länder des Ostseeraumes mit der übrigen Welt. Der Nord-Ostsee-Kanal wurde nach achtjähriger Bauzeit am 21. Juni 1895 dem Verkehr übergeben. Der Kanal verbindet die Elbe bei Brunsbüttel mit der Kieler Förde, in die er nach rund 100 Kilometern bei Kiel-Holtenau mündet. An beiden Enden wird der Nord-Ostsee-Kanal gegen die wechselnden Wasserstände der Elbe bzw. der Ostsee durch je vier Schleusen

abgeschlossen, nämlich je eine Doppelschleuse aus dem Jahre 1895, den Kleinen Schleusen – und aus dem Jahre 1914, den Großen Schleusen.

Im Zuge der turnusmäßigen Bauwerksinspektion wurde die 220 Meter lange und 10 Meter tiefe Südkammer der Kleinen Schleusen im März 2013 gelenzt – so nennt man in der Fachsprache das Abpumpen von Schleusen – und für zweieinhalb Monate trocken gelegt. Da das Wasser in der Nordkammer auf die Schleusenwand der Südkammer drückt, wurde diese aus Sicherheitsgründen geodätisch mit einer Totalstation und anderen Sensoren überwacht, deren Daten Aufschluss über das Bauwerksverhalten geben, und im Notfall die Inspektoren und Arbeiter während der Sanierung schützen sollen.

Für die Ingenieurvermessung war zur Präzisierung von Art und Umfang der erforderlichen Vermes-





■ Eine Leica TCRP1201 Totalstation erfasst mögliche Bewegungen der Schleusenammer.

sungen vorab ein Messprogramm aufzustellen. Auf dessen Grundlage wurde für die Kleinen Schleusen Kiel-Holtenau zur Überwachung der Südkammer während der Lenzung und Trockenlegungsphase ein geodätisches Monitoring eingerichtet, um jederzeit Aussagen über das Bauwerksverhalten während der Sanierungsarbeiten zu bekommen, um nötigenfalls umgehend auf Ereignisse reagieren zu können.

### Tachymetrische Überwachung

Die Totalstation Leica TCRP1201 wurde auf dem Schleusenleitstandsgebäude installiert, das sich auf der Zwischenwand der beiden Schleusenkammern befindet. Als Software für die Datenerfassung und -prozessierung wurde Leica GeoMoS eingesetzt. Da sich der Standort des Sensors im Bereich möglicher Bewegungen befand, musste für die im Stundentakt programmgesteuerten Messungen jeweils eine Freie Stationierung zu sechs Festpunkten an umliegenden Gebäuden im bewegungsfreien Bereich gemessen werden. Die Messpunkte an der Schleuse wurden anschließend polar in 3D bestimmt. Die zehn Messpunkte, aus denen sich die Kammerweite ableiten ließ, dienten somit als virtuelle Sensoren.

Darüber hinaus wurden auch die Koordinaten der sechs Häuptersohlenpunkte, der drei Kammersohlenpunkte sowie der beiden Punkte an den Revisionsverschlüssen erfasst. Auch die Werte der jeweils sechs Grundwassermessstellen auf der Nordseite und der Südseite sowie die Pegel für den Förde- und Kammerwasserstand wurden stündlich aufgezeichnet und an die GeoMoS-Software übertragen.

### Einbindung geotechnischer Sensoren in Leica GeoMoS

Im südlichen Seitengang wurde ein Riss an der Kammerwand mit Neigungssensoren und Fissurometern überwacht, deren Daten ebenfalls an die Monitoring-Software übermittelt wurden. Die Veränderungen in Längs- und Querrichtung wurden in einem Profil in Ost-West-Richtung grafisch dargestellt. Als zulässige Standardabweichung der einzelnen geodätischen Messung (Messepoche  $n$  unter Wiederholbedingungen) ermittelte das Messprogramm einen Wert von  $\pm 2,2$  mm.

Mittels einer Simulationsberechnung wurde die Realisierbarkeit der Genauigkeitsanforderung bereits vor-



■ Bereit zum Renovieren: Die leergepumpte Schleuse wird inspiziert während die Kammern überwacht werden.

her bestimmt. Mit dem GeoMos Monitor wurde die Sensorik gesteuert. Die Auswertung und graphische Darstellung erfolgte mit dem GeoMos Analyzer.

«Als besondere Herausforderung galt die Einbindung der geotechnischen Sensorik in das Monitoringsystem, die aber reibungslos funktionierte. Auch unter extremen Witterungsverhältnissen, wie Schnee, Eisregen und Sturm arbeitete das System einwandfrei und bot damit ein hohes Maß an Sicherheit für die zutreffenden Aussagen über das Bauwerksverhalten während der Trockenlegung», erklärt Heiner Gilleßen, Technischer Produktmanager für Monitoring bei Leica Geosystems.

Dipl. Ing. Uwe Sowa vom Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau, beurteilt die Bewegungen während der Sanierung und die Ergebnisse nach dem erfolgreichen Einsatz: «Für die erfassten Daten wurden je nach Sensoren im Vorfeld Limitklassen in Ampelfarben festgelegt. Hätten die Werte also im roten Bereich gelegen, hätte dies eine sofortige Benachrichtigung per SMS und E-Mail zur Folge gehabt, um Sicherheitsmaßnahmen einzuleiten. Bis auf wenige

Ausnahmen im gelben Bereich, die eine tiefergehende Analyse erfordert hätten, lagen die Zielgrößen alle im grünen Bereich.»

Die Schleuse wurde mittlerweile geflutet und auch die Nordkammer in der gleichen Vorgehensweise gelenzt, saniert und überwacht. Der Pegel und das Bewegungsverhalten der Schleusen werden weiterhin mit digitalen Neigungssensoren und Wegsensoren kontrolliert, und deren Daten an die GeoMoS-Software übermittelt und ausgewertet. ■

*Über die Autoren:*

*Heiner Gilleßen ist Technischer Produktmanager für Monitoring bei der Leica Geosystems GmbH Vertrieb in Deutschland.*

*heiner.gillessen@leica-geosystems.com*

*Uwe Sowa ist Vermessungsingenieur und Angestellter beim Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau*

*uwe.sowa@wsv.bund.de*