

Das Wasserstraßenkreuz Magdeburg und die zur Realisierung erforderlichen Vermessungsleistungen

Hermann Lüske, Michael Kramer und Andreas Petter

Zusammenfassung

Das Wasserstraßenkreuz Magdeburg wurde am 10.10.2003 für den Verkehr freigeben. Es ist das Kernstück des Verkehrsprojektes Deutsche Einheit Nr. 17 mit einem Kostenvolumen von 400 Mio. Euro und stellt der Binnenschifffahrt eine moderne Wasserstraße für Großmotorgüterschiffe und Schubverbände zur Verfügung. Die Verkehrsfreigabe war der Abschluss der seit 1992 laufenden Planungen und Baumaßnahmen.

Im vorliegenden Beitrag werden die erforderlichen vermessungstechnischen Leistungen für die Planung und Ausführung eines Großbauvorhabens und die Verknüpfungen zu anderen Fachdisziplinen im Überblick dargestellt. Es wird deutlich, dass Vermessungsleistungen für die Realisierung eines Großbauvorhabens notwendig und unverzichtbar sind.

Summary

The waterway cross Magdeburg was released for traffic on October 10th, 2003. It is the essential part of the German Unity Transport Project no. 17 with total investments of 400 million Euro and provides a modern waterway for large motor cargo vessels and pushed barge trains. The traffic release was the accomplishment of planning and building since 1992.

In this article the necessary surveying requirements concerning planning and realising a large building project and the links to other professions are shown in an overview. It becomes evident, that the inclusion of surveying requirements is necessary and indispensable for realising a large building project.

1 Einführung

Mit der Freigabe des Wasserstraßenkreuzes Magdeburg am 10.10.2003 wurde ein bereits seit den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts angedachtes Verkehrsprojekt fertiggestellt. Es ist Teil des Verkehrsprojektes Deutsche Einheit Nr. 17 mit einem Kostenvolumen von 400 Mio. Euro. Die Verkehrsfreigabe war der Abschluss der seit 1992 laufenden Planungen und Baumaßnahmen.

Als Kernstück der Wasserstraßenverbindung Hannover – Magdeburg – Berlin stellt das Wasserstraßenkreuz Magdeburg der Binnenschifffahrt eine moderne Wasserstraße für Großmotorgüterschiffe und Schubverbände zur Verfügung.

An seiner Verwirklichung waren viele Firmen und Behörden beteiligt und es haben Menschen mit den unterschiedlichsten Ausbildungen und Qualifikationen an diesem Vorhaben mitgewirkt. Auch die Vermessung hat ihren Beitrag geleistet; dieser soll im Folgenden im punktuellen Überblick dargestellt werden.

2 Das Bauvorhaben

Das Wasserstraßenkreuz führt im Raum Magdeburg den Mittellandkanal über die Elbe und realisiert die Abstiege



Abb. 1: Die Kanalbrücke aus der Vogelperspektive

zum Elbe-Havel-Kanal sowie zum Rothenseer Verbindungskanal und zur Elbe. Es wird durch die Kanalbrücke, die Doppelsparschleuse Hohenwarthe, die Sparschleuse Rothensee und die verbindenden Dammstrecken gebildet. In unmittelbarer Nachbarschaft entsteht die Hafenschleuse Magdeburg.

Die *Kanalbrücke* ist das zentrale Bauwerk des Wasserstraßenkreuzes mit einer Länge von 918 m und einer nutzbaren Breite von 32 m bei einer Tauchtiefe von 4,25 m. Der Brückenüberbau besteht aus Stahl und gliedert sich in die Strombrücke (228 m) und in die Vorlandbrücke (690 m). Diese langen Stahlüberbauten erzeugen große Dehnwege bis zu über 700 mm jeweils in drei Dehnfugen. Der Unterbau besteht aus den Widerlagern Ost und West, zwei flachgegründeten Pfeilern im Elbstrom und 17 tiefgegründeten Pfeilern im westlichen Elbvorland.

Die *Doppelsparschleuse Hohenwarthe* bildet das östliche Ende der Haltung Sülfeld – Hohenwarthe des Mittellandkanals. Hier steigen die Schiffe zum Elbe-Havel-Kanal ab. Die beiden Schleusenkammern haben jeweils eine Länge von 190 m, eine Breite von 12,5 m und eine Hubhöhe von 18,55 m, um den Niveauunterschied zwischen den Betriebswasserständen der anschließenden Strecken zu überwinden. Die Anlage wurde als Sparschleuse konzipiert, da der Mittellandkanal über keine hinreichenden

natürlichen Zuflüsse verfügt und somit das Schleusungswasser zurück gepumpt werden muss. Die Sparbecken reduzieren die zu pumpende Wassermenge und den damit verbundenen Energieaufwand um 60 %.

Die *Sparschleuse Rothensee* bindet westlich der Elbe den Hafen Magdeburg und die Elbe an den Mittellandkanal an. Sie verfügt über eine Schleusenkammer und hat aufgrund der wechselnden Wasserstände der Elbe eine variable Hubhöhe zwischen 10,45 m und 18,46 m. Die übrigen Abmessungen entsprechen denen der Doppelsparschleuse Hohenwarthe.

Das *Schiffshebewerk Rothensee* bleibt weiterhin in Betrieb, kann jedoch nur von kleineren Schiffen genutzt werden (Nutzgröße $82 \times 9,5 \times 2$ m).

Die *Strecken* werden als gedichtete Dammstrecken geführt und erreichen Dammhöhen bis zu 16 m. Die Wasserspiegelbreite beträgt im Trapezprofil 55 m bei einer Sohltiefe von 4 m. Die Trassierungselemente sind Gerade und Kreis, wobei für Radien < 2000 m eine Kurvenverbreiterung vorgenommen wird.

Die *Hafenschleuse Magdeburg* sichert die ganzjährige vollschiffige Anbindung der Magdeburger Häfen an den Mittellandkanal und wird nur während der Niedrigwasserperioden der Elbe betrieben. Bei höheren Elbwasserständen steht sie zur freien Durchfahrt offen. Die Schleuse hat eine Durchfahrtsbreite von 25 m und ist 215 m lang.



Abb. 2: Wasserstraßenkreuz Magdeburg mit Anbindung der Magdeburger Häfen

3 Die Planungsphase

Am Anfang der Planungsphase standen *Voruntersuchungen* zu den beiden Varianten »Staustufe in der Elbe« oder »Kanalbrücke über die Elbe«. Nachdem die Entscheidung für die Kanalbrücke gefallen war, erhielt das neu gegründete Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg den Auftrag, das Wasserstraßenkreuz Magdeburg zu planen und zu realisieren.

Die Planungen für ein Bauvorhaben dieser Größenordnung haben klare *Zielvorgaben*. Es müssen zum einen Planfeststellungsunterlagen und zum anderen ausschreibungsreife Ausführungsunterlagen erarbeitet werden, die zu Baurecht und Vergabe führen.

Vermessungsleistungen für Entwurf und Planfeststellung
Die wichtigste Aufgabe der Vermessung in diesem Teil der Planungsphase ist es, die Örtlichkeit verkleinert und generalisiert in das Planungsbüro zu übertragen. Auf der Grundlage der Karte entwickelt der Planer seinen Entwurf und stellt sein Vorhaben in Relation zur Örtlichkeit. So steht dem Entscheidungsträger eine Diskussions- und Entscheidungsgrundlage zur Verfügung und der Dritte kann seine Betroffenheit durch das Vorhaben erkennen.

Der konkrete Bedarf an Vermessungsleistungen und ihr Umfang während der Planungsphase ergeben sich aus den Anforderungen an den Entwurf und die Planfeststellungsunterlagen, was Tab. 1 verdeutlicht.

Tab. 1: Einbindung der Vermessung in Entwurfsaufstellung und Planfeststellung

Unterlagen für die Planfeststellung
<ul style="list-style-type: none"> ■ Erläuterungsbericht ■ Bauwerksverzeichnis ■ Technischer Lageplan ■ Profile ■ Umweltverträglichkeitsuntersuchung ■ Landschaftspflegerischer Begleitplan ■ Grunderwerbsunterlagen ■ Beweissicherung
Unterlagen für den Entwurf
<ul style="list-style-type: none"> ■ Erläuterungsbericht ■ Wirtschaftlichkeitsnachweis ■ Umweltverträglichkeitsuntersuchung ■ Landschaftspflegerischer Begleitplan ■ Technische Berechnungen ■ Mengenberechnungen ■ Gutachten ■ Bodenuntersuchungen ■ Übersichtsplan ■ Entwurfszeichnungen ■ Bauzeitenplan ■ Ausgabenberechnung
Aufgaben der Vermessung

Erforderliche Vermessungsleistungen
<ul style="list-style-type: none"> ■ Planungsgrundlage ■ Trassierung ■ Profile / DGM ■ Leitungsbestand ■ Bohr- und Sondierpunkte ■ Einzelmessungen ■ Übersichtskarte ■ Grunderwerbsunterlagen ■ Beweissicherungskonzept
Inhalt der Planungsgrundlage
<ul style="list-style-type: none"> ■ Eigentumsgrenzen ■ Gebäudebestand ■ Leitungsbestand <ul style="list-style-type: none"> - Oberirdische Leitungen - Unterirdische Leitungen - Düker ■ Gräben ■ Straßen / Wege ■ Bedeutsame Topographie ■ Abgrenzung von Hauptnutzungen ■ Zwangspunkte / Einzelpunkte ■ Höhen

4 Baufreiheit und Grundstücksfreiheit

Der Planfeststellungsbeschluss bringt dem Träger des Vorhabens (TdV) die *Baufreiheit*. Durch ihn wird die Zulässigkeit des Vorhabens einschließlich der notwendigen Folgemaßnahmen an anderen Anlagen öffentlich-rechtlich festgestellt. Weitere behördliche Entscheidungen sind nicht erforderlich.

Vom Planfeststellungsbeschluss betroffene Grundstücke dürfen vom Träger des Verfahrens jedoch erst in Anspruch genommen werden, wenn sie im Rahmen des Grundstücksverkehrs bereitgestellt werden konnten. Erst dann hat der Träger des Vorhabens die *Grundstücksfreiheit* erreicht und kann mit dem Bauvorhaben beginnen.

Für das Wasserstraßenkreuz Magdeburg mussten ca. 280 ha Grundstücksflächen bereitgestellt werden, insbesondere für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach dem Naturschutzrecht. Der Grundstücksverkehr gestaltete sich aufgrund der komplexen Rechtslage in den neuen Bundesländern unmittelbar nach der Wiedervereinigung etwas schwierig. Zusätzlich erschwert wurde er durch den geringen Verkehrswert der planfestgestellten Grundstücke: Der Verkehrswert landwirtschaftlicher Flächen beträgt in den neuen Bundesländern nur einen Bruchteil vergleichbarer Flächen in den alten Bundesländern. Gleichwohl konnte der Grundstücksverkehr erfolgreich abgewickelt werden. In nur wenigen Fällen musste ein Antrag auf Enteignung gestellt werden.

5 Ausführungsplanung und Vergabe

In der Phase der Ausführungsplanung und Vergabe erarbeitet der Vermessingenieur das Rahmenmessprogramm und die vermessungstechnischen Ausführungsunterlagen. Bestandteil dieser Arbeiten sind die vermessungstechnische Überprüfung der technischen Ausführungspläne, die Festlegung der erforderlichen Genauigkeit und die Erarbeitung des Grundlagennetzes.

Das Rahmenmessprogramm

Das Rahmenmessprogramm hat die Aufgabe, die fachgerechte Durchführung der vermessungstechnischen Leistungen während der einzelnen Bauphasen sicherzustellen. Dies gilt sowohl für die vom Auftraggeber (Baugeometrische Beratung, Absteckung für Bauausführung, Kontrollmessungen) als auch für die vom Auftragnehmer (Bauausführungsvermessung) zu erbringenden Leistungen. Für die frühzeitige Einbindung der Vermessung in das Baugeschehen werden Aussagen zur erforderlichen Beratung bei der Vergabe getroffen.

Das Rahmenmessprogramm ist ein konzeptionelles Messprogramm, das für das geplante Bauvorhaben auf der Grundlage der technischen Ausführungsplanung und des geplanten Bauablaufs den Vermessungsbedarf während der einzelnen Bauphasen ermittelt und die einzuhal-

tenden Toleranzen unter Berücksichtigung der einschlägigen DIN-Normen erarbeitet und hieraus die einzuhaltenden Standardabweichungen ableitet.

Auf dieser Grundlage wird bereits das Grundlagennetz nach Lage und Abmarkung sowie Genauigkeit und Lagerung geplant. Die Festlegung von Messverfahren für die Bauausführungsvermessung, für die Beweissicherung sowie für die Inspektionsmessungen erfolgt später in eigenen Messprogrammen. Für spezielle Problemstellungen können weitere Messprogramme erforderlich werden.

Die für die Qualitätssicherung und zur Vermeidung von Bauschäden erforderliche Einbindung der Vermessungsleistungen in den Bauablauf wird dem Umfang nach in einer Schnittstelle »Bau/Vermessung« konzipiert.

Festlegung der Genauigkeit

Die erforderliche Genauigkeit wird vor Baubeginn nach dem Grundsatz »So genau wie nötig, so wenig Aufwand wie möglich« festgelegt.

Begrifflich sind zunächst Toleranz (T) und Standardabweichung (δ) zu trennen. Die Toleranz ist die Differenz zwischen dem Höchstmaß und dem Mindestmaß und beschreibt somit die größte zulässige Abweichung als absolute Größe. Die Toleranz ist eine typische Größe des Bauingenieurs. Die Standardabweichung dagegen ist ein statistisches Maß und beschreibt die Streuung der einzelnen Messdaten um einen Erwartungswert und ist tägliche Standardroutine für den Vermessingenieur.

Durch Vorgabe von Sicherungsbedürfnissen lassen sich Toleranz und Standardabweichung in eine funktionale Beziehung setzen. Für das auszuführende Bauvorhaben wurde $\delta = T/5$ festgelegt.

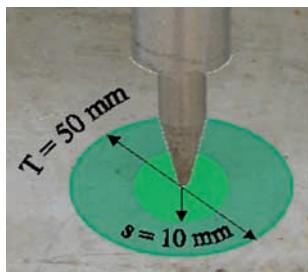


Abb. 3: Plakative Darstellung von Toleranz T und Standardabweichung δ (hier s). Der äußere Kreis bildet die Toleranz, der innere Kreis die Standardabweichung ab.

In zahlreichen DIN-Normen finden sich Angaben für die Toleranz. Diese heben jedoch nur auf kleine Nennweiten ab. Für größere Nennweiten findet sich lediglich in der DIN 18710-1 eine Tabelle für Standardabweichungen. Im Einzelfall muss somit die erforderliche Genauigkeit durch den Auftraggeber auf der Grundlage eines Dialogs zwischen Vermessungs- und Bauingenieur festgelegt werden. Das Ergebnis dieser Diskussion für die Bauwerke des Wasserstraßenkreuzes findet sich in Tab. 2.

Diese Standardabweichungen stehen für die Vermessung insgesamt zur Verfügung und müssen somit noch in die Fehlergruppen Netzeinfluss, Messverfahren und Abmarkung untergliedert werden. Die Aufteilung auf die einzelnen Fehlergruppen erfolgt grundsätzlich gleichgewichtig.

Tab. 2: Standardabweichungen

Bauart	Klasse	Lage [mm]	Höhe [mm]
Einbauteile	4	2	2
Stahlbau	3	5	2
Betonbau	2	10	5
Spundwand/Rammpfähle	1	20	10

Um die Vermessung wirtschaftlich zu gestalten, sollen die ermittelten Standardabweichungen bei hohen Genauigkeitsanforderungen wie beispielsweise beim Stahlbau für das Messverfahren selbst zur Verfügung stehen. Um dieses Ziel zu erreichen, wird der Netzeinfluss in diesen Fällen durch ein dem Grundlagennetz aufgelagertes örtliches Sonernetz (Mikronetz) eliminiert und die Genauigkeit der Abmarkung so gesteigert, dass sie fehlertheoretisch vernachlässigbar wird. Dies ist bereits bei einer Steigerung der Abmarkungsgenauigkeit um den Faktor 2,5 möglich.

Als Messverfahren wurde die hochgenaue Tachymetrie für Lagemessungen und das Präzisionsnivellieren für Höhenmessungen eingesetzt. Bei der Tachymetrie können die unterschiedlichen Genauigkeiten für Richtungs- und Streckenmessung eines verwendeten Gerätes Einfluss auf die Anforderungen an die Messanordnung haben.

Das Grundlagennetz

Die *Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen* (VOB) benennt das Abstecken der Hauptachsen der baulichen Anlage und der Grenzen der Baufelder sowie das Schaffen der notwendigen Höhenfestpunkte in unmittelbarer Nähe der baulichen Anlage als Aufgabe des Auftraggebers. Bei komplexen Bauaufgaben ist ein unmittelbares Abstecken der Hauptachsen der baulichen Anlage alleine nicht sinnvoll. Stattdessen wird ein Grundlagennetz nach Lage und Höhe geschaffen und die Hauptachsen der baulichen Anlagen werden durch Koordinaten festgelegt.

Vom *Grundlagennetz* steckt der Auftragnehmer alle baubestimmenden Punkte nach Lage und Höhe ab und es ist Grundlage für die Kontrollmessungen des Auftraggebers. Mit diesem Netz müssen die Vertragsparteien während der gesamten Bauzeit leben. Somit sind hohe Anforderungen an die Auswahl der Punkte, an die Art und Stabilität der Abmarkung sowie an die Genauigkeit zu stellen.

Das Grundlagennetz ist ein örtliches Netz mit Bezug zum Baukörper ohne Maßstabsfaktor, wird für den überörtlichen Bezug jedoch ergänzend im Landesnetz nach Lage und Höhe zwangsläufig gelagert.

Die Lage der Punkte wird so gewählt, dass sie sich in der näheren Nachbarschaft zum Baukörper befinden. Dabei darf der Baubetrieb nicht behindert und gleichzeitig die Abmarkung der Punkte nicht gefährdet sein.

Der *Stabilität* als Grundforderung an die Punkte eines Grundlagennetzes musste besonders beim Bau der Kanal-

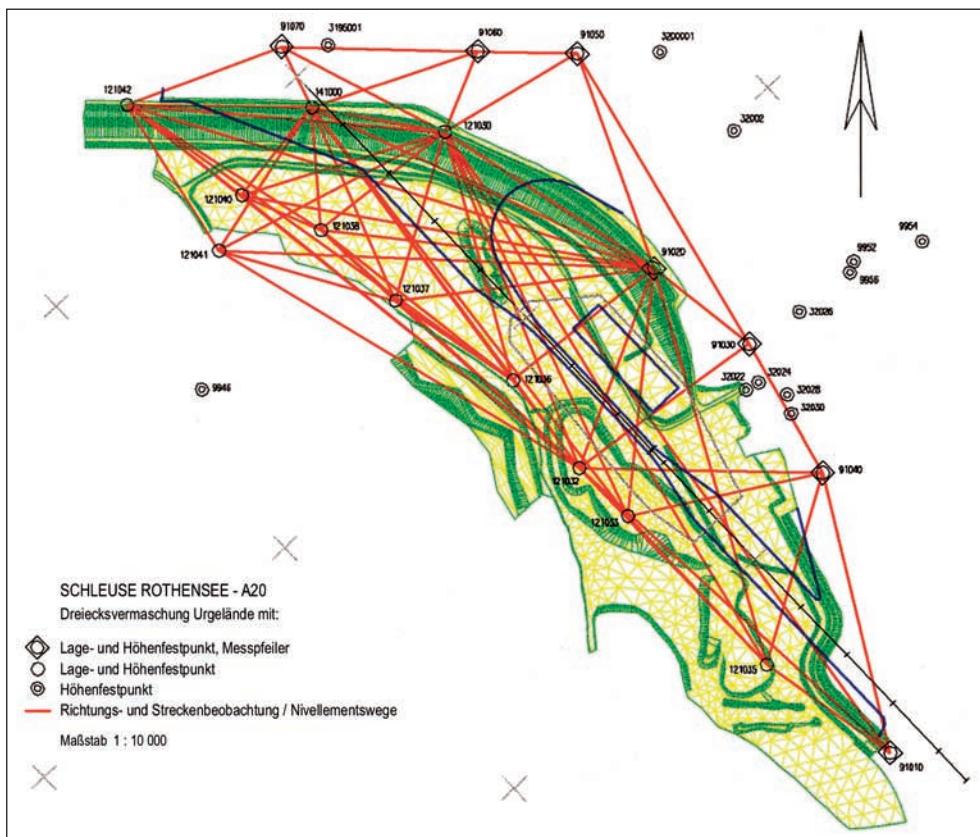


Abb. 4: Richtungs- und Streckenbeobachtungen zur Bestimmung des Grundlagennetzes der Schleuse Rothensee. Im Hintergrund das Dreiecksnetz aus der Vermaschung der Urgelände aufnahme mit geplantem Bauwerk.

brücke über die Elbe Beachtung geschenkt werden, da sich das Baufeld zu 80 % in deren Überflutungsgebiet befindet. Diese Punkte wurden daher als Doppel-T-Träger abgemarkt und bis in tragfähige Schichten gegründet (10–15 m). Sie wurden mit angeschweißter Höhenmarke und Zentriervorrichtung versehen und bilden Ketten von Festpunkten rechts und links entlang der langgestreckten Baumaßnahme. Nur in den nicht überflutungsgefährdeten Bereichen wurden Betonpfeiler verwendet, frostsicher auf einem 1 m³ großen Betonsockel gegründet und von einem PVC-Schutzrohr ummantelt.

Ein Grundlagennetz sichert sich, wenn es eine gewisse Größe erreicht, zunächst selbst. Um jedoch auf unerwartete Situationen vorbereitet zu sein, wurde es durch Punkte im Hinterland abgesichert. Bei der Auswahl der Abmarkung der Sicherungspunkte wurde besonderer Wert darauf gelegt, dass der Standort keinen Setzungen unterliegt.

Sorgfältige Planung und Ausführung der Abmarkung der Punkte haben zu stabilen Grundlagennetzen geführt. Gleichwohl musste im Zuge von Pflegemessungen festgestellt werden, dass ein kleinerer Teil der Punkte nicht stabil war und sowohl Setzungen als auch Hebungen unterlag.

Um alle Punkte der Grundlagennetze uneingeschränkt nutzen zu können, wurden *Zeitfolgedateien* eingerichtet. Die Koordinaten wurden fortgeschrieben, sobald sich ein Punkt nach Lage oder Höhe signifikant verändert hatte.

Die Grundlagennetze wurden mittels hochgenauer Tachymetrie und Nivellement beobachtet und die Koordinaten selbst durch Ausgleichung ermittelt. Es wurden bei der Erstbestimmung für die Festpunkte Lagegenauigkeiten kleiner 1 mm und Höhengenauigkeiten kleiner 0,5 mm erreicht.

Eine Neubestimmung eines einzelnen Punktes oder des ganzen Netzes kann erforderlich werden, wenn Punkte sich verändert haben. Solche Veränderungen wurden während der Bauphase vereinzelt erkannt. Um der Gefahr nicht erkannter Punktveränderungen zu begegnen, wurde die Messung der Grundlagennetze, nach Lage und Höhe getrennt, im Zuge von *Pflegemessungen* mindestens jährlich bzw. nach jedem Hochwasser wiederholt.

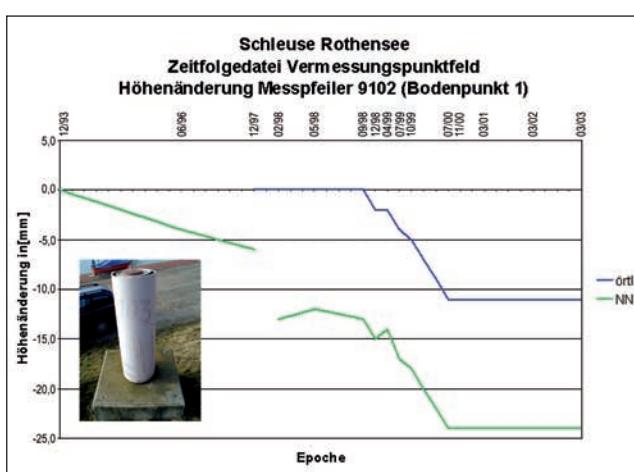


Abb. 5: Höhenbewegungsverhalten eines Messpfeilers mit Änderungen seit der Errichtung bzw. Erstbestimmung seiner Höhe (grün) und der Entwicklung seit der Neulageung in einem örtlichen Höhensystem unmittelbar vor Baubeginn (blau)

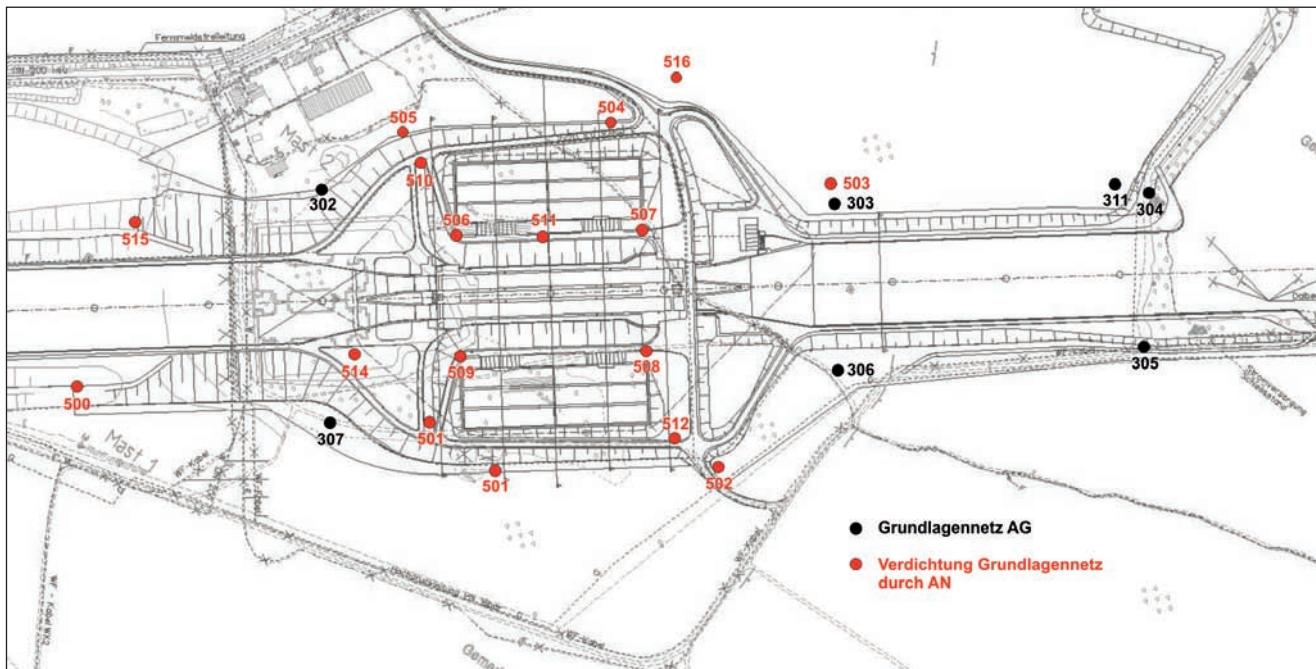


Abb. 6: Verdichtung des Grundlagennetzes beim Neubau der Doppelsparschleuse Hohenwarthe

Das Grundlagennetz der Doppelsparschleuse Hohenwarthe musste im Zuge des Baufortschritts vom Auftragnehmer *verdichtet* werden, um die geforderten Genauigkeiten wirtschaftlich erbringen zu können.

Der Übergang über die Elbe

Das Grundlagennetz der Kanalbrücke überspannt die Elbe, die hier bei Mittelwasser eine Breite von 120 m hat. Der höhenmäßige Stromübergang zwischen den Netzteilen östlich und westlich der Elbe wurde durch hochgenaue Tachymetrie realisiert. Mittels der Überbestimmungen in den Messungen wurde eine Ausgleichung mit drei Beobachtungsblöcken (Westseite, Stromübergang und Ostseite) gerechnet. Für die Festpunkte unmittelbar an der Elbe konnten bei der Erstbestimmung Genauigkeiten von ca. $\pm 0,2$ mm ermittelt werden. Zur Erinnerung: Bei einem Feinnivellement wird ein Kilometerfehler von ca. 0,2 bis 0,6 mm erreicht.

Vermessungstechnische Ausführungsunterlagen

Die vermessungstechnischen Ausführungsunterlagen enthalten insbesondere Informationen zum Grundlagennetz und zu den Baufeldgrenzen und werden im Zuge der Baufeldübergabe vom Auftraggeber an den Auftragnehmer übergeben.

Die vermessungstechnische Bemaßung des Bauobjektes sowie dessen Lagerung im Raum mittels Koordinaten nach Lage und Höhe findet sich in den Verdingungsunterlagen.

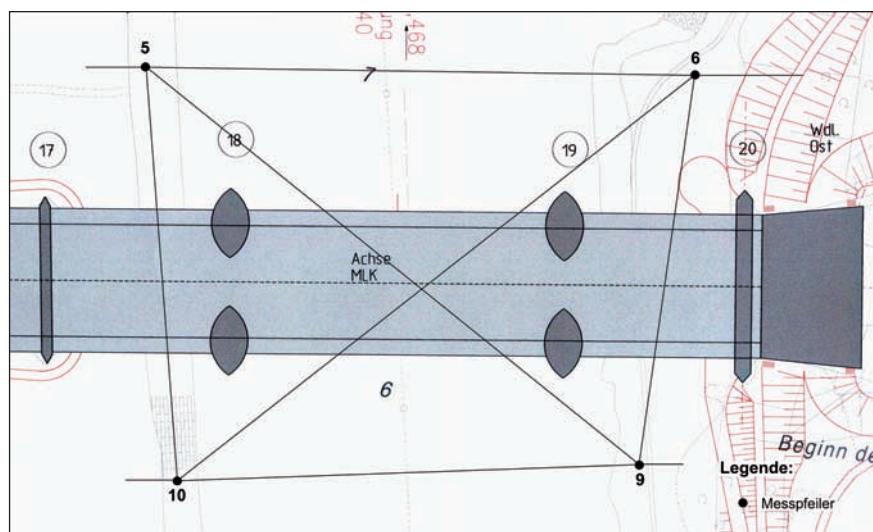


Abb. 7: Stromübergang

Bereits in der Planungsphase waren diese Festsetzungen auf Widerspruchsfreiheit in sich, auf Stimmigkeit zu angrenzenden Planungen, auf richtige Lagerung im Raum unter Berücksichtigung des Abstands zu Zwangspunkten sowie auf Stetigkeit der Trassierung geprüft worden.

Beweissicherung

Vor Beginn der Bauarbeiten ist der Zustand der vom Baubetrieb zu nutzenden Straßen und Wege sowie der Baustelleneinrichtungsflächen festzustellen. Bedarfswise ist der Zustand weiterer Flächen und Objekte im Einwirkungsbereich der Baumaßnahmen zu erfassen. Die Ergebnisse werden in einer Niederschrift festgehalten, die vom Auftraggeber und Auftragnehmer sowie den Eigentümern oder Baulastträgern anzuerkennen ist.

6 Die Bauphase

In der Bauphase überträgt der Vermessungsingenieur die geometriebestimmenden Bauwerkspunkte der Planung nach Lage und Höhe mit der erforderlichen Genauigkeit in die Örtlichkeit.

Die *Bauausführungsvermessung* wird in der VOB als Nebenleistung des Bauvertrages und somit als Aufgabe des Auftragnehmers geführt. Die Bauausführungsvermessung beinhaltet alle zur Herstellung eines Bauwerkes erforderlichen Vermessungsleistungen einschließlich der Massenermittlung für die Abrechnung des Erdabaus. Sofern der Auftragnehmer nicht eigenes qualifiziertes Personal einsetzen kann, wird er ein Vermessungsbüro mit diesen Arbeiten beauftragten.

Im *Messprogramm für die Bauausführung* plant der Vermessungsingenieur die Ausführung seiner Leistungen. Er erarbeitet den Umfang der erforderlichen Vermessungsleistungen und stellt die Methoden der Umsetzung und deren Genauigkeit dar. Das vom Auftraggeber erarbeitete Rahmenmessprogramm gibt hierfür die Randbedingungen vor. Spezielle Problemstellungen werden in weiteren Messprogrammen abgearbeitet. Die Messprogramme sind nicht nur Arbeitsplanung, sondern auch Teil der Qualitätssicherung.

Die erste vermessungstechnische Aufgabe des Auftragnehmers ist die Prüfung der vermessungstechnischen Ausführungsunterlagen und die Sicherung des Grundlagennetzes.

Aufmaße für die Abrechnung des Erdabaus werden von Auftragnehmer und Auftraggeber gemeinsam durchgeführt. Vor Baubeginn wird so grundsätzlich das Urgelände erfasst. Beim Neubau der Doppelsparschleuse Hohenwarthe wurden insgesamt ca. 3500 Punkte (Y, X, Z) aufgemessen und zu einem Digitalen Geländemodell ausgearbeitet. Im Zuge des Baufortschritts werden für die Abrechnung – aufbauend auf das Urgeländemodell – weitere zahlreiche gemeinsame Erdbauaufmaße durchgeführt.

Für die typischen *Absteckungsarbeiten* beispielsweise zur Herstellung von Dichtwand, Baugrube, Pfahlgründung,

dung, Betonierabschnitten und Spundwänden war beim Neubau der Doppelsparschleuse Hohenwarthe fast ständig ein Vermessungsingenieur auf der Baustelle im Einsatz. Es wurden Einzelpunkte oder Achsen überwiegend mittels »Freier Stationierung« mit der erforderlichen Genauigkeit in die Örtlichkeit übertragen.

Das Setzungsverhalten der Bauwerke

Das Setzungsverhalten der Bauwerke wurde schon während der Bauzeit durch Extensometermessungen und durch geodätische Messungen erfasst. Seit der Fertigstellung von Teilstücken der Sohle der Doppelschleuse Hohenwarthe wurden beispielsweise je Quartal ein Setzungsnivellement durchgeführt und die ermittelten Änderungen graphisch dargestellt (vgl. Abb. 9).

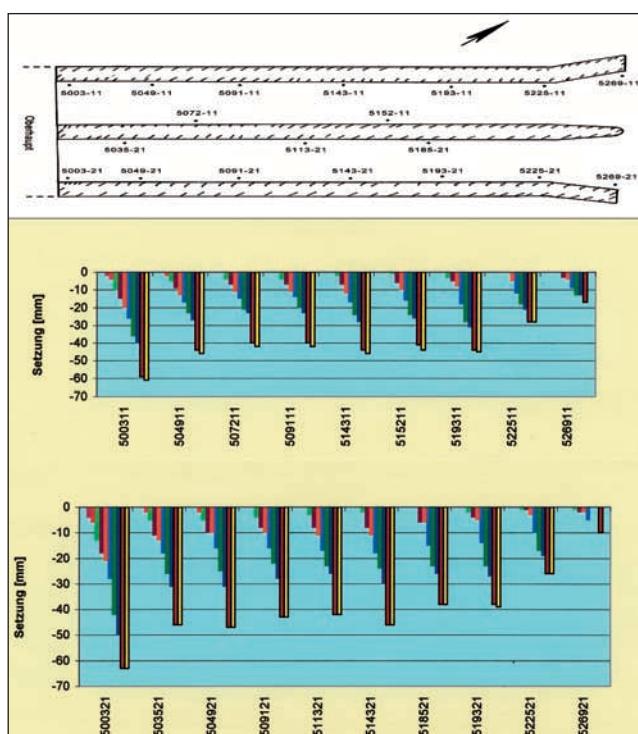


Abb. 9: Setzungsverhalten der Schleusenkammern Hohenwarthe. Die farbigen Säulen zeigen das Setzungsverhalten der Bauwerkspunkte in der Zeitfolge.

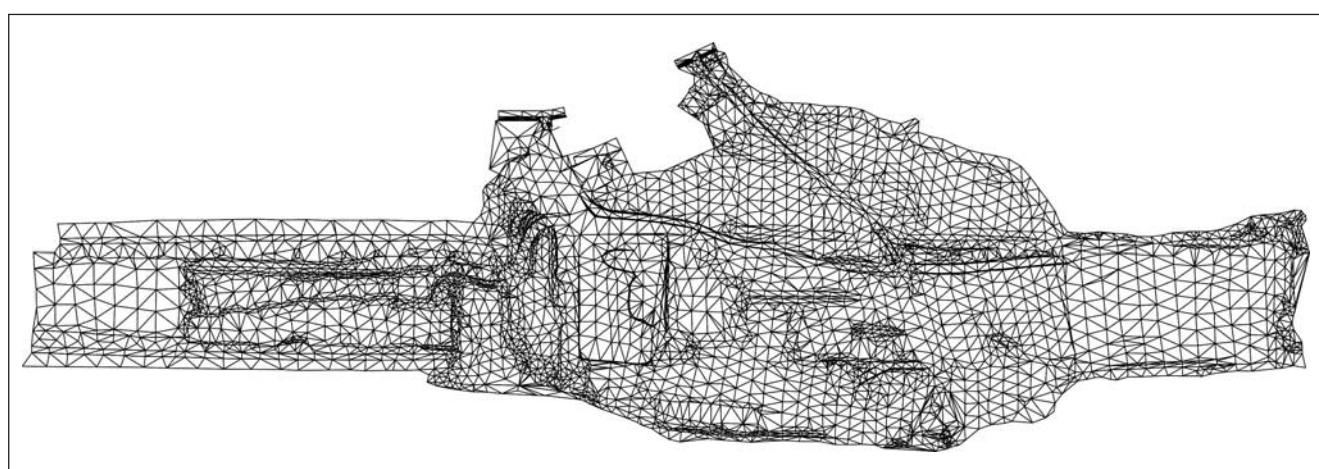


Abb. 8: DGM Urgelände Neubau Doppelschleuse Hohenwarthe Messung 1998

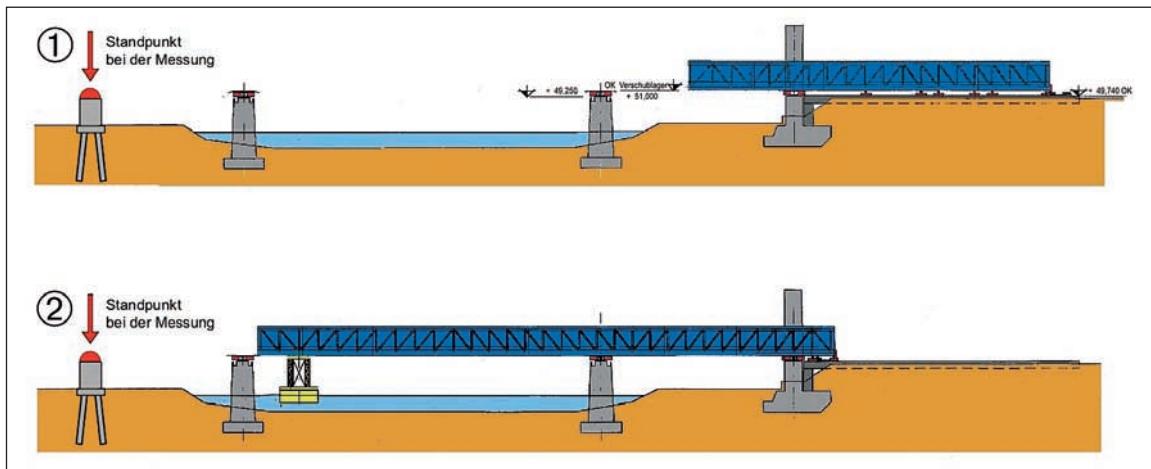


Abb. 10:
Verschub-
vorgang mit
Darstellung
der vermes-
sungstechni-
schen
Beobach-
tungslösung

Die geodätischen Messungen ermitteln absolute Setzungsbeträge, während die Extensometermessungen relative Setzungsbeträge zwischen Baukörper und bezogener Bodenschicht erfassen. Bei den Strompeilern der Kanalbrücke wurden beispielsweise 5 Extensometer in unterschiedliche Bodenschichten bis zu einer Tiefe von 40 m geführt. Erst die Gesamtheit der Setzungsinformationen ergeben einen umfassenden Überblick über das Setzungsverhalten des Bauwerks.

Kontrollmessungen des Auftraggebers

Während der Bauphase wurden durch den Auftraggeber kontinuierlich *Kontrollmessungen* durchgeführt. Beispielsweise wurden zur Kontrolle des Betonbaues Schalungen und Bewehrungen (Höhe) nachgemessen. Die Zahl der Kontrollmessungen ist zu Beginn einer Baumaßnahme größer, um rechtzeitig die Qualität der Bauausführung zu überprüfen. Die Qualitätsanforderungen an die Kontrollmessungen leiten sich vom zu kontrollierenden Objekt ab. Beim fertigen Bauteil ist die Einhaltung der Gesamt-toleranz zu prüfen, bei der Kontrolle einer Absteckung die Einhaltung der deutlich kleineren Vermessungstoleranz. Vor der Übernahme des Objektes durch den Auftraggeber findet eine umfangreiche Abnahme statt, zu der auch der Vermessingenieur bei Bedarf seinen Beitrag leistet.

Der Verschub der Kanalbrücke über die Elbe

Beispielhaft für eine herausragende Vermessungsaufgabe beim Bau des Wasserstraßenkreuzes soll über den Verschub der Trogbrücke berichtet werden. Das Verschieben erfolgte über eine hydraulische Verschubanlage in mehreren Takten. Beim entscheidenden vierten Verschub vom Strompeiler Ost zum Strompeiler West musste eine Distanz von 106 m überbrückt werden. Um eine Überbeanspruchung des Stahlüberbaus zu vermeiden, wurde der vorragende Teil des Stahlüberbaus von einem Ponton (Schwimmkörper) mit entsprechenden Aufbauten (vgl. Abb. 11) gestützt.

Während des Verschubs sollten in Echtzeit Aussagen über die Position des Stahlüberbaus in Bezug zur Bauwerksachse nach Lage und Höhe sowie über die Verkantung des Troges getroffen werden können. Für diese Aufgabe wurde ein Messprogramm aufgestellt, in dem unter Berücksichtigung aller logistischen Randbedingungen sowie der genauigkeitsbezogenen Anforderungen die folgende Beobachtungslösung entwickelt wurde.

Auf dem Elbvorlandpfeiler 17 wurde ein geeigneter Beobachtungspunkt erkundet sowie lage- und höhenmäßig bestimmt. Von hier aus wurden dann drei Prismen an der Vorderfront des Troges angemessen. Die Prismen waren seitlich an der Troginnenseite und in der Trogmitte angeschweißt, wobei Nord- und Südprisma eine identische Höhe über der Konstruktionsunterkante hatten. Für die Messungen wurden die ca. zwei Minuten langen Pausen des Takschiebeverfahrens genutzt, in denen die hydraulischen Pressen umgesetzt wurden und den Trog nicht bewegten.

Der Verschub dauerte vom 24.03.00, 14:30 Uhr, bis zum 25.03.00, 7:48 Uhr. Die Abb. 12

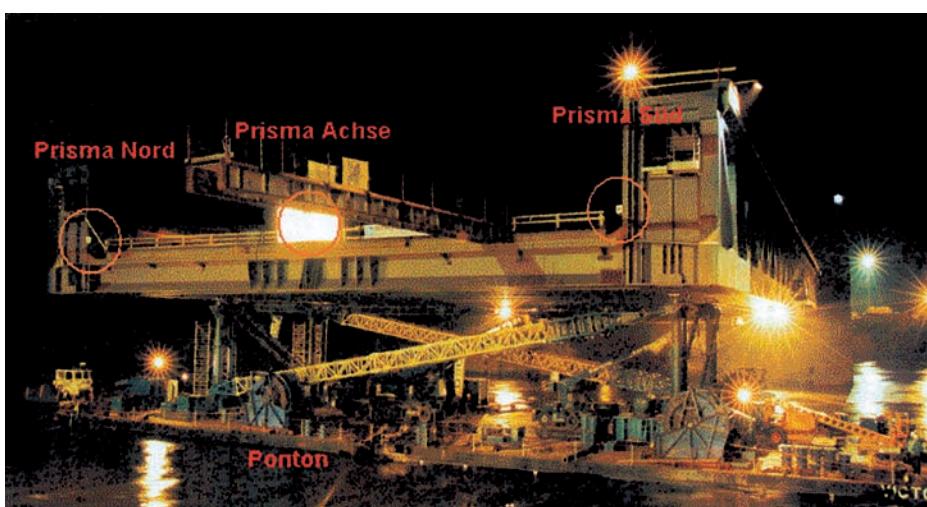


Abb. 11: Trogbrücke auf dem
Ponton bei Nacht mit ange-
ordneten Beobachtungspunkten

und 13 dokumentieren den Verlauf des Verschubs. Während Abb. 12 die Höhenlage des Trogs und die Trogverkantung zeigt, ist in Abb. 13 das Bewegungsverhalten des Troges relativ zur Bauwerksachse zu erkennen.

In Abb. 12 ist vom 24.03.00, 19:25 Uhr, bis zum 25.03.00, 1:36 Uhr, das Leichtern des Pontons während einer nächtlichen Verschubpause zu erkennen. Beim Leichtern wird Wasser aus dem Ponton gepumpt und hierdurch der Auftrieb verändert. Durch das Leichtern kann die Höhenlage der Brücke sehr präzise geführt werden. Die Abb. 12 zeigt auch die Leichterungen ab dem Zeitpunkt 25.03.00, 06:46 Uhr, mit denen die Brücke zum Ablegen auf dem Strompfeiler zielgerichtet auf das gewünschte Niveau geführt wurde.

Die Abb. 13 lässt den stabilen Verlauf des Verschubs erkennen, die Unruhe zum Schluss des Verschubs ist auf den Ausfall einer hydraulischen Presse zurückzuführen, als im Ergebnis mit nur einer hydraulischen Presse gearbeitet werden musste. Einem erfahrenen Praktiker gelingt aber auch dies.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Verschub trotz einiger Widrigkeiten mit einer erstaunlichen Genauigkeit und Stabilität realisiert werden konnte.

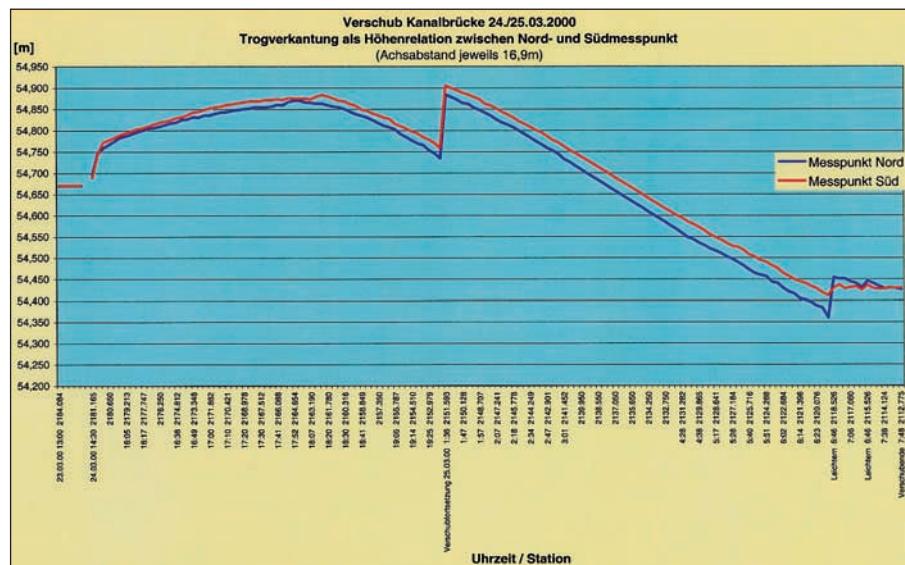


Abb. 12: Dokumentation der ermittelten Trogverkantung während des Verschubs

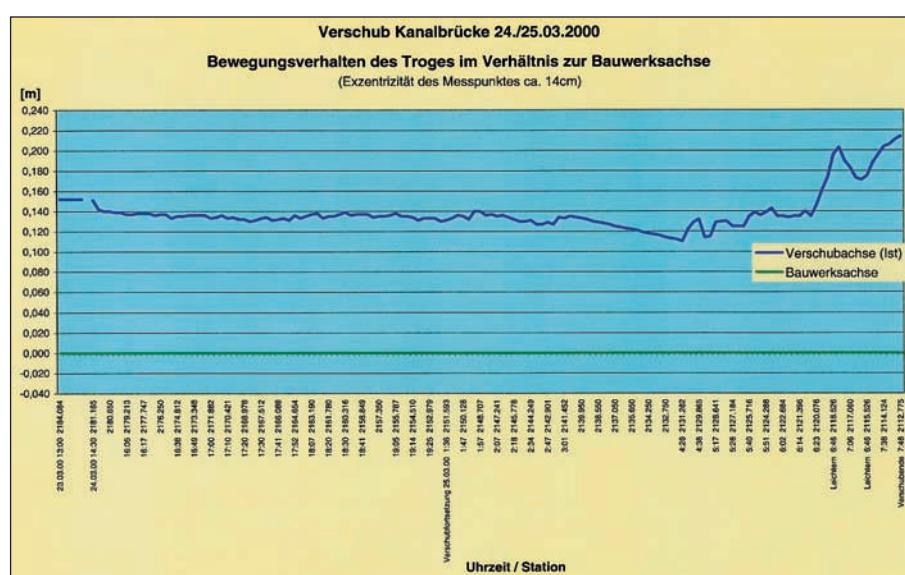


Abb. 13: Dokumentation des Bewegungsverhaltens relativ zur Bauwerksachse während des Verschubs

7 Vermessungsleistungen für Betrieb und Unterhaltung

In der Unterhaltungsphase ermittelt der Vermessungsingenieur bei Bedarf das Bewegungsverhalten des Bauwerks und ermöglicht dem Bauingenieur/Statiker die Beurteilung, ob das Bauwerk innerhalb der erwarteten Bewegungsräume verbleibt. Ziel dieser Arbeiten ist es, potenziell schädliche Bewegungen rechtzeitig zu erkennen, um schadensvermeidende Maßnahmen ergreifen zu können.

Diese Inspektionsmessungen sind Bestandteil der Bauwerksinspektion, die insgesamt sehr viel umfangreicher ist. Die erforderlichen Vermessungsleistungen werden in einem Inspektionsmessprogramm geplant. Ein erster wichtiger Termin für eine Bauwerksinspektion ist der

Zeitpunkt des Ablaufs von Gewährleistungfristen, um etwaige Ansprüche geltend machen zu können.

Für die Inspektionsmessung schafft der Vermessungsingenieur ein Objektpunktfeld und führt vor Inbetriebnahme die Nullmessung durch. Die Ergebnisse sind unmittelbare Abstandsmaße, Abstandsmaße zu Bezugslinien und Koordinaten nach Lage und Höhe. Der Vergleich der Nullmessung mit den Folgemessungen ermöglicht Aussagen zum Bewegungsverhalten des Bauwerks.

Die Genauigkeit der Inspektionsmessung wird durch den nachzuweisenden Veränderungsbetrag eines Punktes zwischen zwei Epochen vorgegeben. Es muss der ermittelte Veränderungsbetrag innerhalb eines bestimmten statistisch nachgewiesenen Vertrauensbereiches interpretierbar sein. Das reine Messergebnis liefert der Vermes-

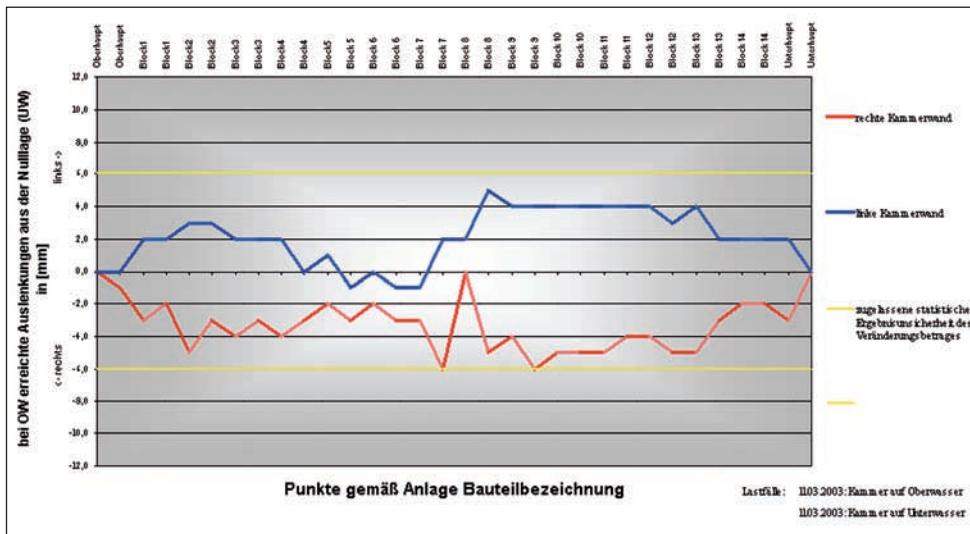


Abb. 14: Ergebnisdarstellung von Messungen zur Untersuchung der Aufweitung der Schleusenkammer Rothensee. Rot (rechte Wand) und blau (linke Wand) sind die erreichten Auslenkungen nach außen (überwiegend) im Zuge der Kammerfüllung von Unter- auf Oberwasser sowie gelb die zugelassene statistische Ergebnisunsicherheit. Schlussfolgerung: Eine Systematik, nämlich das Aufweiten, ist zu vermuten, aber statistisch nicht erwiesen.

sungsingenieur, die Aufgabe der Interpretation der Ergebnisse ist Aufgabe des Bauingenieurs/Statikers.

8 Schluss

Wenn der Baukörper sich nach seiner Vollendung in seinem Verlauf und seiner Gestaltung harmonisch präsentiert, ist dies auch ein Verdienst der Vermessung, die dafür gesorgt hat, dass die Bauteile in der richtigen Dimension an die richtige Stelle gekommen sind. Die Ästhetik des Baukörpers kann so auch die Vermessungsleistungen während der Bauphase vermittelnd sichtbar machen.

Literatur

Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg: Dokumentation, Verkehrsfreigabe 10. Oktober 2003

Bildnachweis

Abb. 1: LUFTBILD & PRESSEFOTO®
Abb. 2 bis Abb. 14: WNA Magdeburg

Anschrift der Autoren

Vermessungsdirektor Hermann Lüske
Vermessungsamt Mann Michael Kramer
Vermessungsamt Mann Andreas Petter
Wasserstraßen-Neubauamt
Kleiner Werder 5 c, 39114 Magdeburg