

Bauen im Bestand - Baugruben für den Neubau der Schleusen Münster

Dr.-Ing. Markus Herten
Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Abteilung Geotechnik

1 Einleitung

Die Südstrecke des Dortmund-Ems-Kanals ist Kernstück des nordwestdeutschen Kanalnetzes und gleichzeitig auch ein wesentliches Bindeglied der West-Ost-Magistrale vom Rheinstromgebiet zum Großraum Berlin und dem Küstenbereich. Die DEK-Südstrecke mit ihren zum Teil rd. 100 Jahre alten Anlagen wird daher nach Wasserstraßenklasse Vb für die moderne Güterschifffahrt ausgebaut. In dem rd. 90 km langen Ausbaubereich von Datteln bis Bergeshövede (Abzweig Mittellandkanal) befindet sich auch die Kanalstufe Münster mit 3 Schleusen. Die vom Wasserstraßen-Neubauamt Datteln durchgeführten Baumaßnahmen an der Kanalstufe Münster umfassen neben dem Ersatz der alten Sparbeckenschleusen I und II durch eine Zwillingschleuse mit Ausbau der Vorhäfen auch den Bau eines neuen Pumpwerkes, den Ersatz der DB-Brücken im Unterwasserbereich der Schleusen I und II sowie den Liegestellenbau im Ober- und Unterwasser. Auf Grund der Abhängigkeiten der Maßnahmen zueinander waren vor Beginn der Schleusenbaumaßnahmen der Bau des Pumpwerkes und der Ersatz der DB-Brücken zwingend vorzunehmen. Die neuen Zwillingschleusen erhalten eine nutzbare Länge von 190 m und eine Kammerbreite von 12,50 m. Die Hubhöhe beträgt 6,20 m. Mit den ersten Arbeiten für die Zwillingschleusen wurde im Herbst 2004 begonnen. Die Spundwandbaugrube für die erste Zwillingschleuse muss dem laufenden Betrieb der alten Schleuse II in rd. 4 m Abstand zur Kammerwand während der Bauzeit Rechnung tragen. Die Lage der neuen Schleusen wird durch die Festlegung bestimmt, dass die alte Schleusenachse identisch mit der neuen Schleusenachse ist. Damit werden die geringsten Eingriffe in die anliegende Bebauung und auch im Vorhafenbereich erzielt. Mit den Massivbauarbeiten wurde im April 2006 begonnen. Die Inbetriebnahme der ersten neuen Schleuse ist für Mitte 2008 geplant. Erst dann kann mit dem Abbruch der alten Schleuse II und dem Bau des zweiten Zwillinges begonnen werden, da während der Bauzeit immer zwei Schleusen für den Transport von rd. 13 Mio. GT/a betriebsbereit zur Verfügung stehen müssen. In 2012 soll der Schifffahrt dann eine moderne, leistungsfähige und betriebssichere neue Anlage an der Kanalstufe Münster zur Verfügung stehen [1].

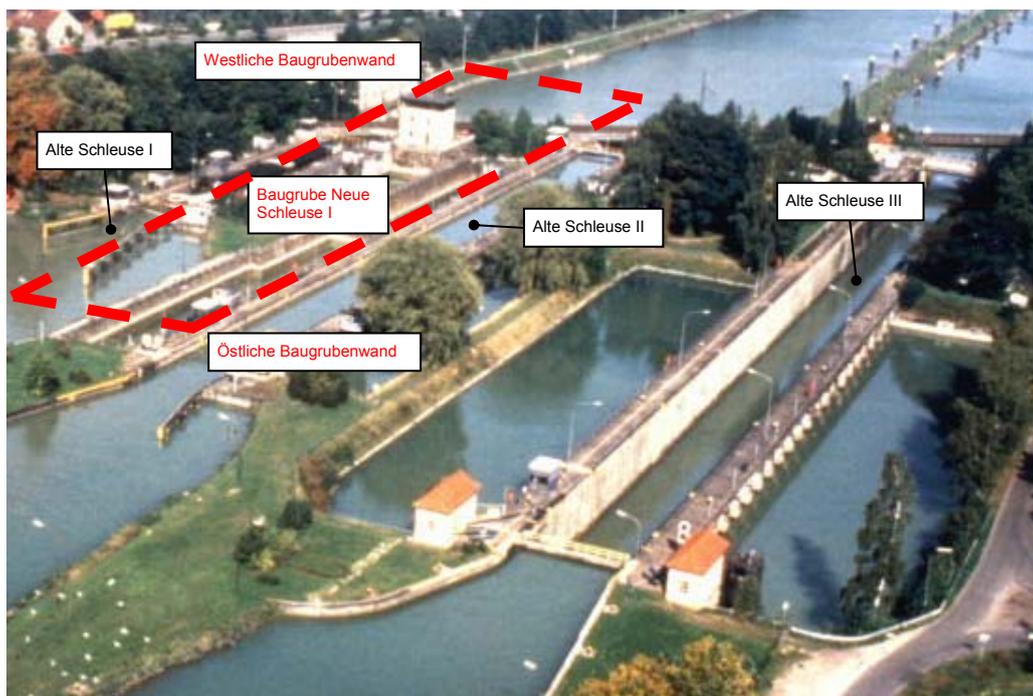


Bild 1: Schleusenanlage Münster mit Lage der Baugrube

Die Baugrube für den ersten Teil der Zwillingschleuse gliedert sich in einen westlichen und einen östlichen Teil (vgl. Bild 1). Die beiden Bereiche unterscheiden sich dadurch voneinander, dass die Ostseite Teile der sich noch in Betrieb befindenden alten Schleuse Münster II umfasst. Der Baugrund im Bereich der Schleuse besteht überwiegend aus festem Mergel und einer Auffüllung. Bereichsweise steht außerdem eine Bodenschicht aus verwittertem Mergel an, die allerdings nur von sehr geringer Mächtigkeit ist. Bei dem Baugrubenverbau handelt es sich um ein- bis vierfach verankerte Spundwände. Die maximal zulässige Gebrauchslast der Anker beträgt 500 kN. Da die Spundwände auf Grund der großen Festigkeit der anstehenden Mergelschicht bei der Herstellung des Baugrubenverbaus nicht in den Mergel gerammt werden können, wurde zunächst durch Bohrungen ein Schlitz hergestellt, der mit Kies verfüllt wurde. Anschließend wurden die Spundwände in die Kiesfüllung gerammt.

2 Finite Elemente Berechnungen

Von der BAW, Abteilung Geotechnik wurden nicht nur das Baugrundgutachten erstellt, sondern auch Abschnitte des Baugrubenverbaus mit dem FE-Programm PLAXIS bemessen. Die Berechnung diente zur Dimensionierung der Anker sowie der Spundwände. Außerdem war die erforderliche Einbindelänge der Spundwände bezüglich einer ausreichenden Sicherheit gegen Hydraulischen Grundbruch von Interesse. Zusätzlich wurden Verformungsprognosen für die im Betrieb befindliche Schleuse erstellt. Zur Abbildung der Bodenarten wurde den PLAXIS-Berechnungen das Mohr-Coulomb-Modell zu Grunde gelegt. Im Rahmen der Berechnungen für die Ostseite wurden auch Schleusungsvorgänge berücksichtigt. Bild 2 zeigt das FE-Modell eines mehrfach verankerten Baugrubenabschnitts der Ostseite für die Position 8.

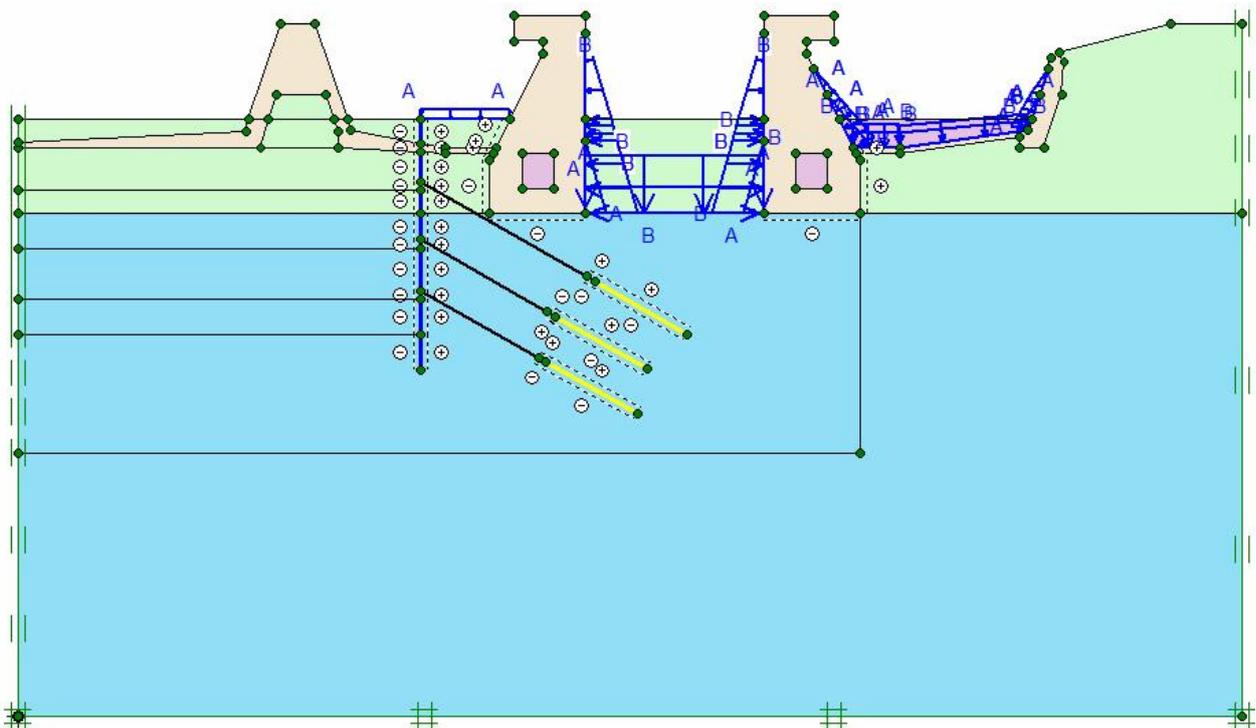


Bild 2: FE-Modell für die Bemessung der Position 8

2.1 Bemessung des Baugrubenverbaus

Anhand der aus der FEM-Berechnung ermittelten Schnitt- und Ankerkräfte wurde die Spundwandbemessung und Ankerdimensionierung durchgeführt. Eine Vordimensionierung erfolgte mithilfe einer Stabwerksstatik des Wasserstraßen-Neubauamt Datteln. Um realistische Ergebnisse zu erhalten, wurden alle Zwischenbauzustände mit abgebildet. Zusätzlich wurde für den Bauzustand nach Erreichen der Baugrubensohle auf Grundlage einer φ -c-Reduzierung die Gesamtstandsicherheit untersucht.

2.2 Sicherheit gegen den Hydraulischen Grundbruch

Zur Bestimmung der Sicherheit gegen Hydraulischen Grundbruch werden vor der Spundwand zwei unterschiedliche Aufbruchkörper betrachtet. Zunächst wird die Sicherheit für einen hydraulischen Grundbruchkörper nach Terzaghi-Peck mit der Breite $t/2$ bestimmt. Anschließend wird geprüft, ob die erforderliche Sicherheit auch für die Kiesschicht alleine erreicht werden kann. Da eine ausreichende Sicherheit nur mit einer sehr großen Einbindetiefe der Spundwand nachgewiesen werden konnte, wurden statt dessen vier alternative Maßnahmen zur Sicherung der Baugrube gegen Hydraulischen Grundbruch untersucht. Dazu zählen das Bohren von Entlastungsbrunnen in der Baugrube, die Anordnung von Schlitzten in der Spundwand, die Abdichtung der Kiesschüttung unterhalb der Oberkante der Mergelschicht auf der hinterfüllten Seite der Spundwand sowie eine Kombination der beiden letztgenannten Maßnahmen. Für die Ermittlung der Grundwasserpotenziale wurde das in Bild 3 dargestellte FE-Modell verwendet. Als Ausführungsvariante wurde eine Kombination zwischen einer Abdichtung der Kiesschicht und der Anordnung von Sickerschlitzten gewählt, da auf diese Weise auch bei Ausfall eines der beiden Systeme eine ausreichende Sicherheit gegen Hydraulischen Grundbruch nachweislich gewährleistet werden kann.

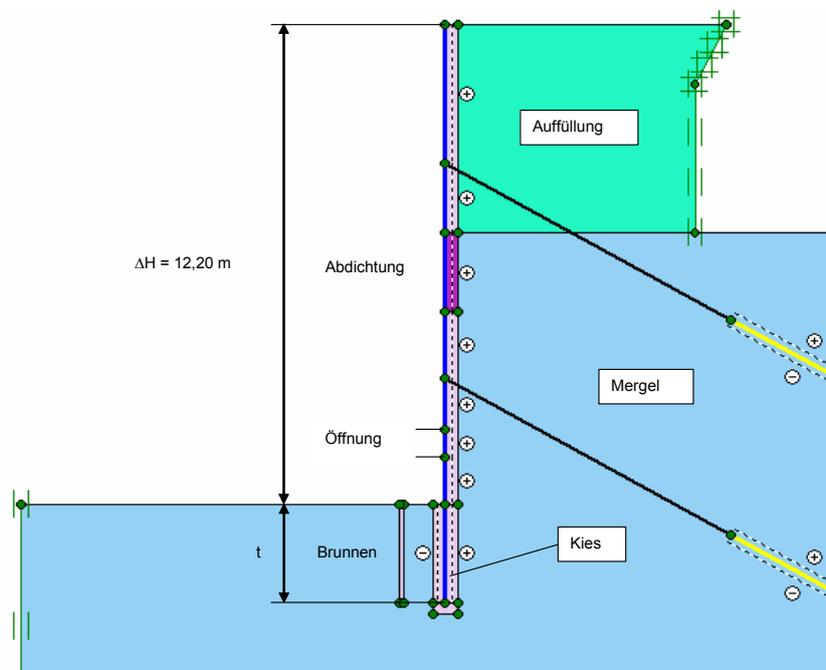


Bild 3: FE-Modell für Berechnung des Grundwasserpotenzials

2.3 Verformungsprognose für die alte Schleuse

Parallel zu den oben dargestellten Berechnungen konnten auch die Verschiebungen an der alten Schleuse prognostiziert werden. Das Bild 4 zeigt exemplarisch die für die Position 8 berechneten horizontalen Verschiebungen an vier Punkten der Schwergewichtsmauern für den jeweiligen Bauzustand.

3 Bauwerksüberwachung

Zur Überprüfung der durchgeführten FEM-Berechnungen und zur Beweissicherung wurden verschiedene Messungen baubegleitend durchgeführt. So wurden die Kammerweite in der alten Schleuse, die Neigung an deren Schwergewichtsmauern, Porenwasserdrücke unter der Schleuse, einzelne Ankerkräfte und die Durchbiegung an der Spundwand gemessen. Mithilfe eines Alignements wurde eine Redundanz für die Kammerweitenmessung erreicht (Bild 5), wobei sich jedoch bis zu 1 cm kleinere Verformungen ergaben als aus der direkten Streckenmessung mit einem Messband. Die maximale Aufweitung der Schleusenkammer lag bei ca. 7 cm am Block 13, der im Bereich der Position 8 liegt. Während der einzelnen Bauzustände wurden deshalb basierend auf den FEM-Berechnungen die noch zu erwartenden Verformungen abgeschätzt und die Standsicherheit der Schwergewichtsmauern der alten Schleuse bestätigt.

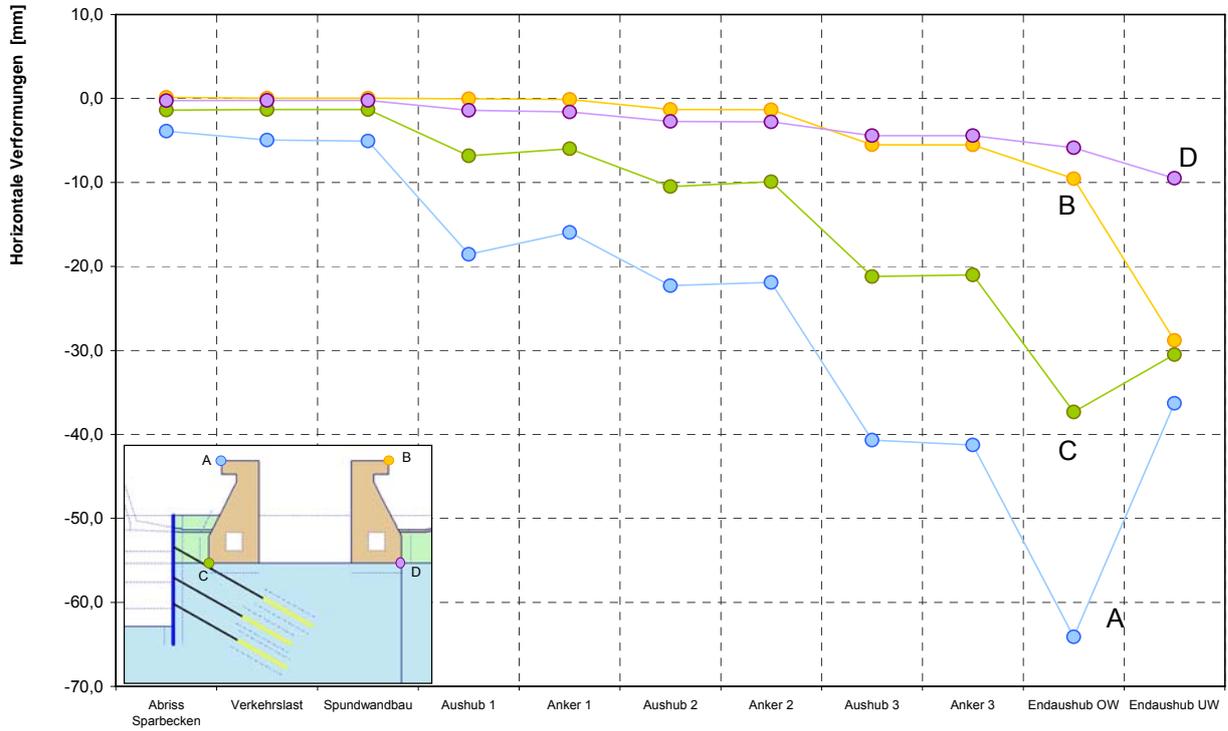


Bild 4: Verformungsprognose für die alte Schleuse für die Position 8

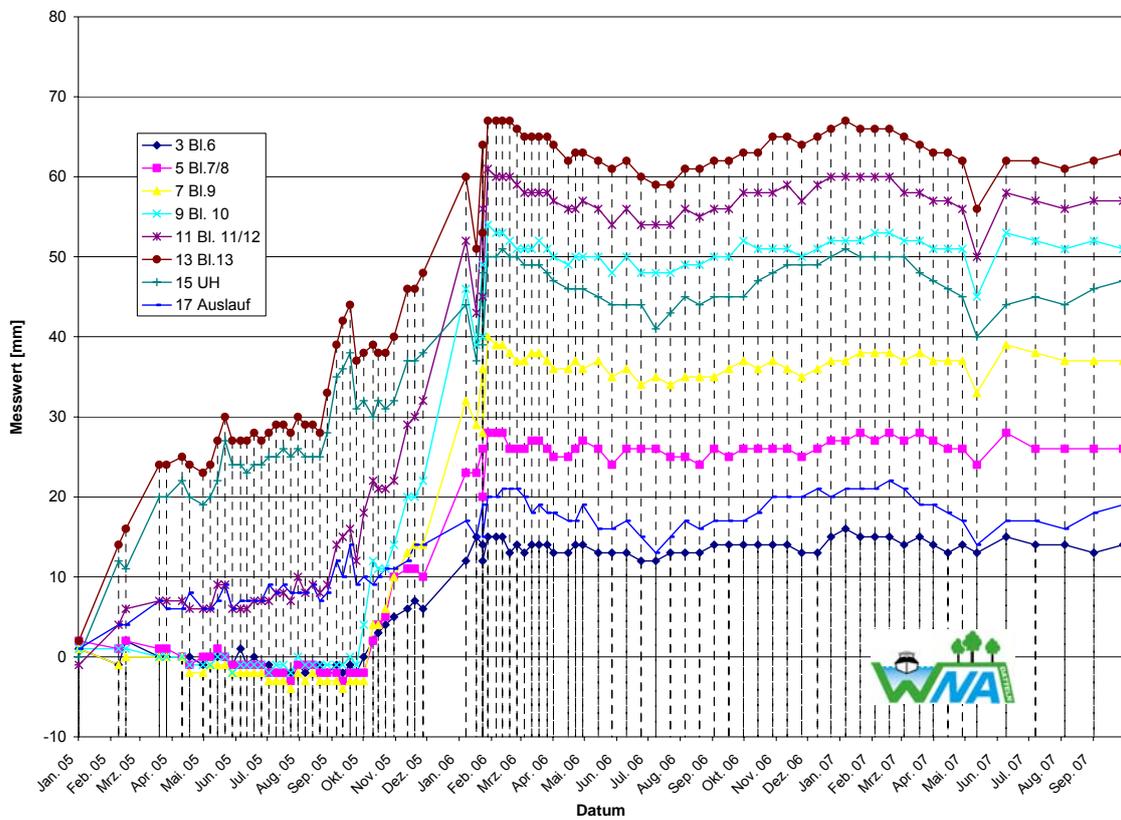


Bild 5: Ergebnis des Alignments für die Kammerweitenänderung

4 Vergleich Prognose und Messungen

Exemplarisch werden im Bild 6 die gemessenen mit den prognostizierten (in Klammern) Verschiebungen und Ankerkräften für die Position 8 verglichen. Es zeigt sich bei den Verschiebungen eine sehr gute Übereinstimmung. Der Einfluss der Baugrube auf die in Bild 6 rechte Schwergewichtsmauer der Schleuse wurde in der FEM-Berechnung überschätzt. Die Inklinometermessungen konnten erst nach Aushub bis zur ersten Ankerlage begonnen werden, sodass hier die Gesamtverformungen nicht verglichen werden können. Die Verschiebungen für die maßgebliche Schwergewichtsmauer an der Baugrube konnten jedoch gut erfasst werden. Die Ankerkräfte an der Spundwand waren durchweg geringer, da der Porenwasserdruck im Mergel wesentlich günstiger war, als in den statischen Berechnungen angenommen.

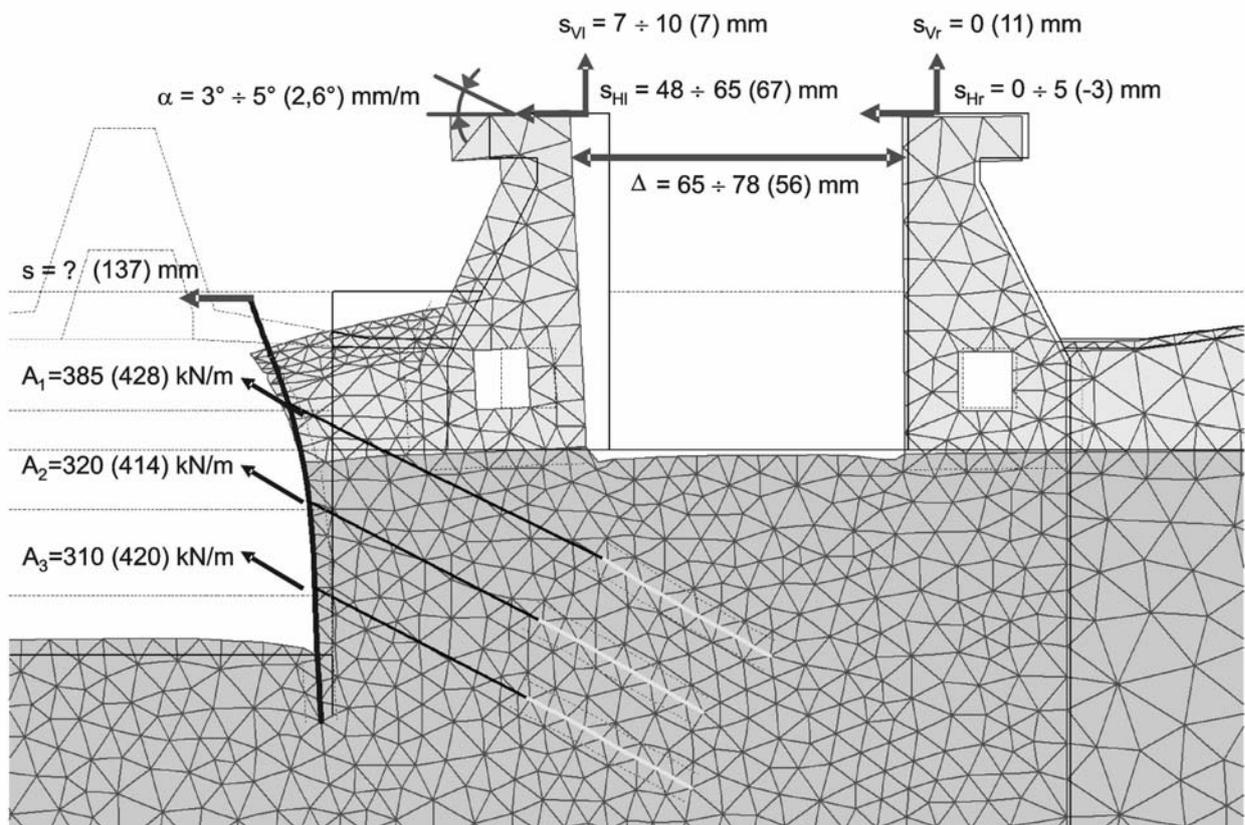


Bild 6: Vergleich der Messungen mit den Berechnungen

5 Zusammenfassung

Die Herstellung der Baugrube für den ersten Teil der neuen Zwillingschleuse Münster hat gezeigt, dass mithilfe der FEM und einer angepassten messtechnischen Überwachung auch schwierige Bauvorhaben im Bestand erfolgreich gemeistert werden können. Auf diese Weise konnte die Standsicherheit der alten Schleuse ständig sichergestellt werden.

Literatur

[1] B. Maßmann, Baumaßnahmen an der Kanalstufe Münster, Sonderausgabe Binnenschifffahrt, 1999

