



03.11.2010

CELEBRATING
50
YEARS
in 2010

HYDRAULISCHE SIMULATION - FAHRRINNENANPASSUNG DER UNTER- UND AUSSENELBE

Wirkung von Ausgleichsmaß- nahmen im Bereich Zollen- speiker auf das Abflussverhal- ten der Elbe

Übermittelt an:

Hamburg Port Authority AöR
c/o Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg
Herr Diepold
Moorweidenstraße 14
20148 Hamburg

BERICHT

Berichtsnummer: 10505300852



A world of
capabilities
delivered locally





Inhaltsverzeichnis

1.0 EINFÜHRUNG	1
1.1 Veranlassung	1
1.2 Aufgabenstellung	2
2.0 DATENGRUNDLAGE	3
3.0 VORGEHEN	3
3.1 Modellierungsansatz	3
3.2 Istzustand	4
3.3 Geplanter Zustand	6
3.4 Geländeverläufe für die Rechenszenarien	7
3.5 Hochwasserstände und Abflüsse für die Rechenszenarien	9
3.6 Zusammenstellung der gewählten Rechenszenarien	10
4.0 ERGEBNISSE	11
4.1 Rechenszenario 1a / 1b	11
4.2 Rechenszenario 2a / 2b	14
4.3 Zusammenfassende tabellarische Darstellung der Ergebnisse	16
5.0 ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG	17

ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Luftaufnahme Naturschutzgebiet Zollenspieker vor Beginn der Maßnahmen (2003) aus [1]	1
Abbildung 2: Übersicht über das Maßnahmengbiet Zollenspieker (Ist-Zustand) aus [2]	2
Abbildung 3: Lageplan Zollenspieker mit geplantem Verlauf des neuen Priels und Querverbindungen	5
Abbildung 4: Darstellung der Profillagen, der zusätzlich interpolierten Profile mit Modellstationierung und des Querprofils A-A	6
Abbildung 5: Darstellung des modelltechnischen Planungszustandes	7
Abbildung 6: Sohl- und Geländehöhen des Berechnungsprofils 10750 (Schnitt A-A) im Bereich der Pionierinsel	8
Abbildung 7: Standort des Pegels Neu Darchau aus [4]	9
Abbildung 8: Tabellarische Zusammenstellung der Rechenszenarien und deren Randbedingungen	10
Abbildung 9: Wasserspiegellängsschnitt Istzustand und Rechenszenarien 1a/1b (Bunthaus 2,36 mNN)	12
Abbildung 10: Wasserspiegellängsschnitt – Ausschnitt Bereich Zollenspieker (Bunthaus 2,36 mNN)	12
Abbildung 11: Darstellung der berechneten Wasserspiegel im Querschnitt für Istzustand und Rechenszenarien 1a/1b im Bereich der Pionierinsel (Bunthaus 2,36 mNN)	13
Abbildung 12: Wasserspiegellängsschnitt Istzustand und Planungsszenarien (Bunthaus 6,43 mNN)	14
Abbildung 13: Wasserspiegellängsschnitt – Ausschnitt Bereich Zollenspieker (Bunthaus 6,43 mNN)	15



Abbildung 14: Darstellung der berechneten Wasserspiegel im Querschnitt für Istzustand und Rechenszenarien
2a/2b im Bereich der Pionierinsel (Bunthaus 6,43 mNN) 16

Abbildung 15: Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse..... 16

ANHÄNGE

ANHANG A

Bestimmung des hydraulischen Fließverlustes an der Pionierinsel



1.0 EINFÜHRUNG

Die GOLDER ASSOCIATES GmbH (im Folgenden auch Golder) wurde durch das Projektbüro Fahrrinnenanpassung Unter- und Außenelbe aufgefordert, für das Projekt „Ausgleichsmaßnahmen auf das Abflussverhalten der Stör“ ein Nachtragsangebot zum Nachweis der hydraulischen Wirkung von geplanten Ausgleichsmaßnahmen im Bereich Zollenspieker vorzulegen.

Das Angebot vom 15.07.2010 basiert auf dem Gespräch beim Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg am 09.07.2010.

Die Beauftragung erfolgte durch den Ingenieurvertrag vom 05.08.2010.

1.1 Veranlassung

Im Zuge der geplanten Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an 14,50 m Tiefgang wird ein Planfeststellungsverfahren durchgeführt. In diesem Zusammenhang durchgeführte Untersuchungen haben gezeigt, dass mit dem Vorhaben Beeinträchtigungen der Umwelt verbunden sind, für die entsprechende Kompensationsmaßnahmen vorzusehen sind.

Ziele dieser Maßnahmen liegen vorrangig in der Entwicklung von tidebeeinflussten Lebensräumen. Als einzige in Hamburg vorgesehene Maßnahme ist die Entwicklung von tidebeeinflussten Lebensräumen in dem Naturschutzgebiet Zollenspieker (HH 1) geplant (Abbildung 1).



Abbildung 1: Luftaufnahme Naturschutzgebiet Zollenspieker vor Beginn der Maßnahmen (2003) aus [1]

Das Maßnahmengbiet Zollenspieker liegt im äußersten Südosten Hamburgs und befindet sich vollständig im Naturschutzgebiet Zollenspieker. Das Gebiet ist vollständig im Überschwemmungsbereich der Tideelbe bei Flusskilometer 599.

Das Ziel der Maßnahme ist die Verbesserung der Tidedynamik durch die Vertiefung und die Verlängerung des vorhandenen Priels sowie die Absenkung einer vorhandenen Insel. Durch diese Maßnahmen sowie durch geänderte Fließwiderstände bei der vorgesehenen Entwicklung tideaumentypischer Lebensräume ist ein Einfluss auf Wasserstände bei



Hochwasser nicht auszuschließen. In Abbildung 2 ist eine Übersicht über das Maßnahmenggebiet dargestellt.

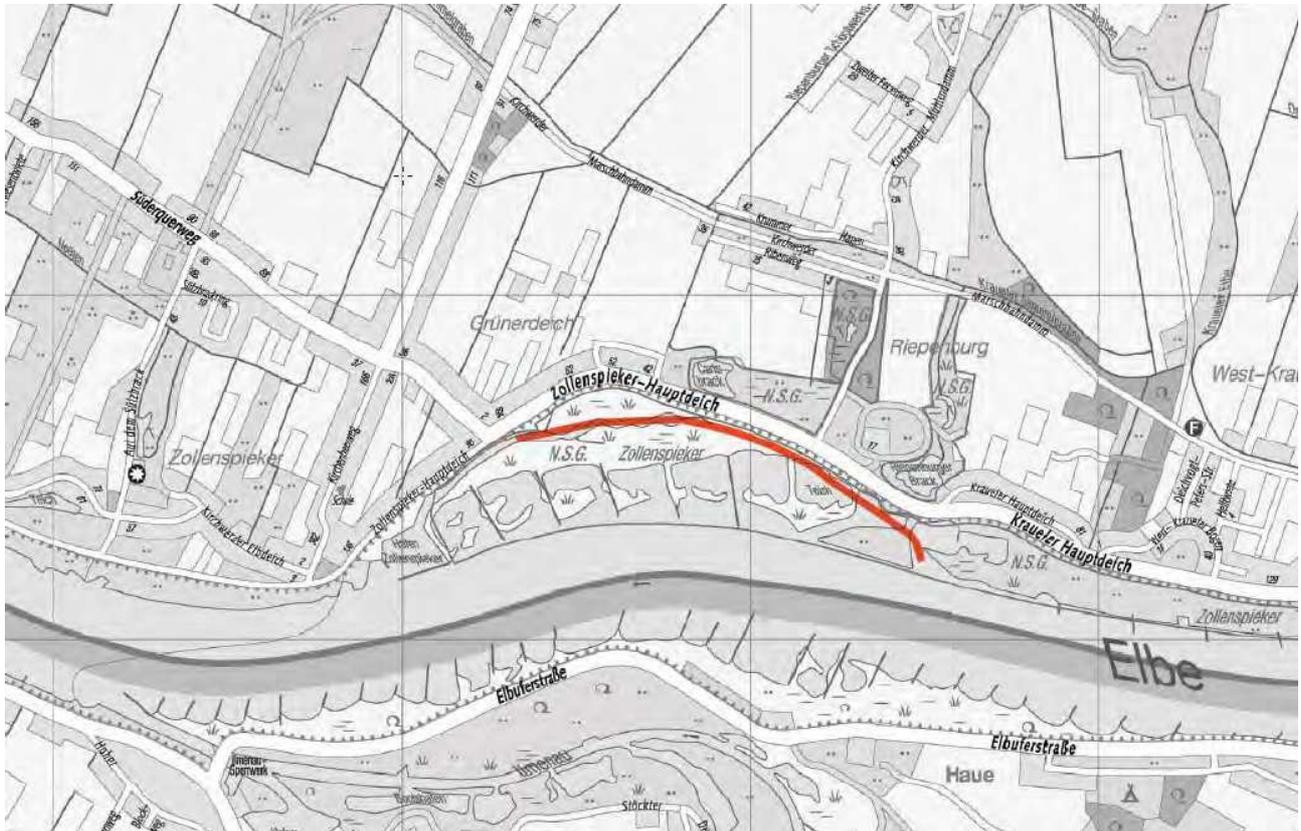


Abbildung 2: Übersicht über das Maßnahmenggebiet Zöllenspieker (Ist-Zustand) aus [2]

1.2 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung umfasst die modelltechnische Abbildung des aktuellen Zustandes (Ist-Zustand) und des "geplanten Zustandes" mit den vorgesehenen Ausgleichsmaßnahmen im Bereich des Naturschutzgebietes Zöllenspieker. Dabei sind Hochwassersituationen zu simulieren und auf dieser Grundlage die hydraulischen Wirkungen der vorgesehenen Ausgleichsmaßnahmen darzulegen.

Für den aktuell im Untersuchungsgebiet vorliegenden Zustand (nachfolgend Istzustand) wird eine zuvor definierte Hochwassersituation in einem hydraulischen Modell abgebildet und die sich einstellenden Wasserstände berechnet. Diese Berechnung bildet die Vergleichsgrundlage für die Beurteilung der Auswirkungen von geplanten Veränderungen im Untersuchungsgebiet bei Hochwasser.

Die vorgesehenen Veränderungen durch die Ausgleichsmaßnahmen werden als Planungszustand in das hydraulische Modell eingearbeitet. Dabei werden geometrische Veränderungen wie die Abtragung der Pionierinsel ebenso berücksichtigt wie geänderte Fließwiderstände durch die vorgesehene Auwaldentwicklung.



Der geplante Zustand wird nachfolgend in Berechnungsmodellen in verschiedenen Szenarien betrachtet.

Das Ziel der Untersuchung ist der modelltechnische Nachweis, inwieweit sich bei einem definierten hohen Hochwasserabfluss durch die vorgesehene Planung der Ausgleichsmaßnahme Zollenspieker veränderte Wasserstände einstellen.

2.0 DATENGRUNDLAGE

Die Untersuchung erfolgte auf der Grundlage und unter Nutzung folgender Daten:

- Digitales Höhenmodell (2m x 2m Raster)
- Terrestrische Vermessungsdaten
- Planungsstand der Maßnahmen Ingenieurbüro Münster
- Planfeststellungsantrag Hamburg Port Authority (HPA)
- 1D-Modell MIKE11 der Elbe zwischen Bunthaus und Geesthacht (HPA)
- 1D-Modell MIKE11 verfeinerter Bereich Zollenspieker (Golder)

3.0 VORGEHEN

Wie in Abschnitt 1.2 beschrieben, ist das Ziel dieser Untersuchung, durch einen modelltechnischen Vergleich von Istzustand und geplantem Zustand über Rechenszenarien zu zeigen, inwieweit sich bei einem definierten hohen Hochwasserabfluss im Bereich Zollenspieker veränderte Wasserstände einstellen.

Dazu werden nachfolgend die Modellauswahl und der Modellierungsansatz, die untersuchten Szenarien sowie die Berechnungsrandbedingungen beschrieben.

3.1 Modellierungsansatz

Strömungsmodelle (1D, 2D, 3D), auch als hydraulische Modelle bezeichnet, werden zur Beschreibung der natürlichen Fließverhältnisse in Fließgewässern genutzt.

1D-Modelle werden eingesetzt, wenn es eine vorherrschende Hauptfließrichtung im Fluss und in den Vorlandbereichen gibt. Es können u.a. Fließgeschwindigkeiten, Fließtiefen, Wasserspiegel und Schubspannungen berechnet werden.

Im Gegensatz zu 1D-Modellen werden bei 2D-Modellen auch Querströmungen abgebildet. Die Strömungsverteilung über die Tiefe wird über tiefengemittelte Flachwassergleichungen abgebildet. So können 3D-Strömungen (z.B. geschichtete Strömung verschiedener Phasen wie unterschiedliche Salinität bei der Tide in der Elbe) nicht oder nur eingeschränkt beschrieben werden.

Entsprechende Möglichkeiten bietet die Anwendung von 3D-Modellen, in denen auch über die Tiefe variierende Strömungsverhältnisse, verursacht durch Bauwerke oder verschiedene Phasen (Salinität, Temperatur etc.), modelltechnisch abgebildet werden können.



Insbesondere bei Hochwasser liegt in dem betrachteten Bereich der Elbe eine ausgeprägte Hauptfließrichtung vor. Deshalb kommt für die modelltechnische Beschreibung der hydraulischen Verhältnisse ein eindimensionales Strömungsmodell zum Einsatz.

Zur hydrodynamischen Simulation wird die Software MIKE Zero Release 2009 verwendet. MIKE Zero ist ein Programmpaket des Danish Hydraulic Institute (DHI) und beinhaltet die Programmpakete MIKE 11, MIKE 21 FM und MIKE Flood. Im Rahmen dieses Projektes werden ausschließlich 1D-Simulationen mittels MIKE 11 durchgeführt.

MIKE 11 ist ein Programmpaket zur eindimensionalen Simulation stationärer und instationärer Strömungsvorgänge. MIKE 11 integriert verschiedene Basis- und Ergänzungsmodule. Das verwendete Berechnungsmodul Hydrodynamik (HD) wendet die Differentialgleichungen nach Saint-Venant auf Gerinne mit beliebiger Querschnittsform an, indem diese als Summe von parallelen Einzelkanälen berechnet werden.

Die Saint-Venant Gleichungen können nicht analytisch in geschlossener Form gelöst werden, daher wird bei der numerischen Behandlung ein 6-Punkte-Abbott-Verfahren angewendet.

Dem stationären Ansatz liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Konstanter Abfluss (keine zeitliche Variation) über einen fiktiv definierten Zeitraum.
- Unbegrenzt vorhandenes Wasservolumen.
- Iterative Berechnung des Wasserstandes auf der Grundlage des Abflusses und des unterstromigen Wasserstandes.

Das MIKE Softwarepaket vom DHI ist ein weit verbreitetes allgemein anerkanntes Softwareprodukt. In Norddeutschland kommt MIKE nicht nur im Rahmen verschiedenster modelltechnischer Fragestellungen in der Elbe (Modellierung der Tideelbe, Hochwasservorhersage, Sedimenttransport, Wärmeverteilung) zur Anwendung.

Auch in Hamburg und Schleswig-Holstein ist MIKE die Standard-Software, die bei hydraulischen Fragestellungen zur Anwendung kommt.

So werden im Zusammenhang mit der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie und der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie in diesen beiden Bundesländern alle hydraulischen Fragestellungen mit Produkten der MIKE Familie bearbeitet.

Auch international sind die Produkte des DHI weit verbreitet und allgemein anerkannt. MIKE 11 ist das am weitesten verbreitete Produkt des DHI.

3.2 Istzustand

Das bestehende eindimensionale Strömungsmodell ist für die Simulation morphodynamischer Prozesse innerhalb des geplanten Priels bei normalem Abflussgeschehen aufgestellt worden. Es beinhaltet ein komplexes Netzwerk mit Verbindungsstellen zwischen Bühnenfeldern, den Prielen und der Elbe. In Abbildung 3 ist der Modellbereich zwischen Bunthaus bis zum Wehr Geesthacht dargestellt.

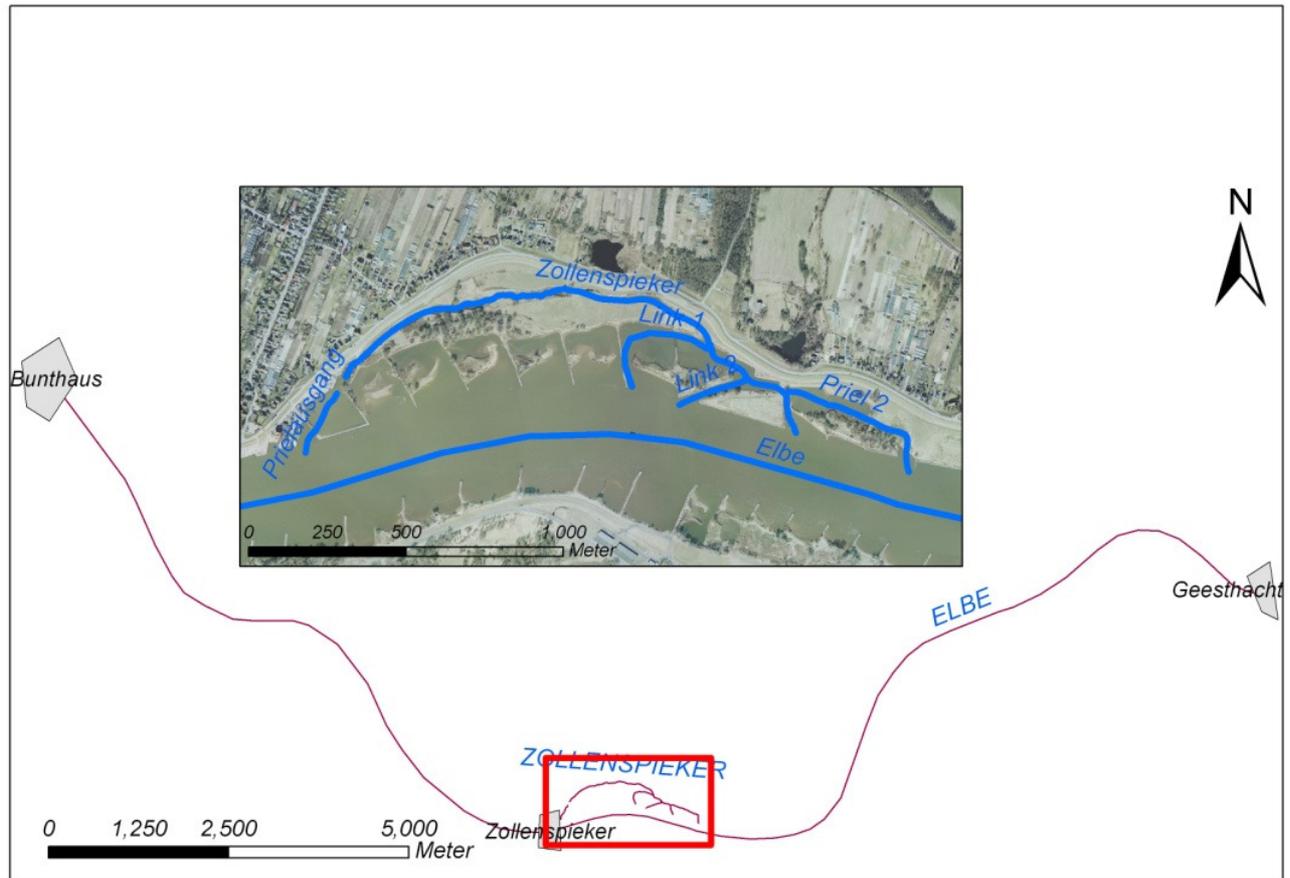


Abbildung 3: Lageplan Zollenspieker mit geplantem Verlauf des neuen Priel und Querverbindungen

Im Falle eines außergewöhnlichen Hochwassers wird der zwischen Elbe und Hauptdeich gelegene Bereich des Naturschutzgebietes Zollenspieker großflächig eingestaut und die Fließrichtung ist in allen Bereichen entlang des Elbeverlaufs ausgerichtet.

Das bestehende für Sedimentationsfragen aufgestellte Modell kann mit seinen Verzweigungen im Bereich Zollenspieker den Hochwasserabfluss nicht abbilden. In dem bestehenden 1D-Modell erstrecken sich die Querprofile des verzweigten Gewässersystems der Priele nur in Teilbereiche des Vorlandes über die Gewässeroberkanten hinaus.

Zur Berücksichtigung der Abflusssituation im Hochwasserfall oberhalb eines bordvollen Abflusses wird daher entsprechend des nachfolgend beschriebenen Vorgehens eine Anpassung in der Modellgeometrie vorgenommen.

Das bestehende Modell ist deshalb im Bereich Zollenspieker so angepasst worden, dass die Querprofile der Elbe über den gesamten Abflussquerschnitt reichen. Die bestehenden Modellprofile stammen aus einem 1D-Modell für die Elbe (Mündung bis Geesthacht) der HPA und einem Teilmodell, das für sedimentbezogene Fragestellungen im Bereich Zollenspieker durch Golder aufgebaut wurde.



Die bestehenden Verzweigungen sind entfernt worden, damit große Abflüsse mit vollständiger Durchströmung der Vorlandbereiche simuliert werden können. Alle Sohlhöhen im Bereich des existierenden Priels sind an dem Istzustand angepasst worden.

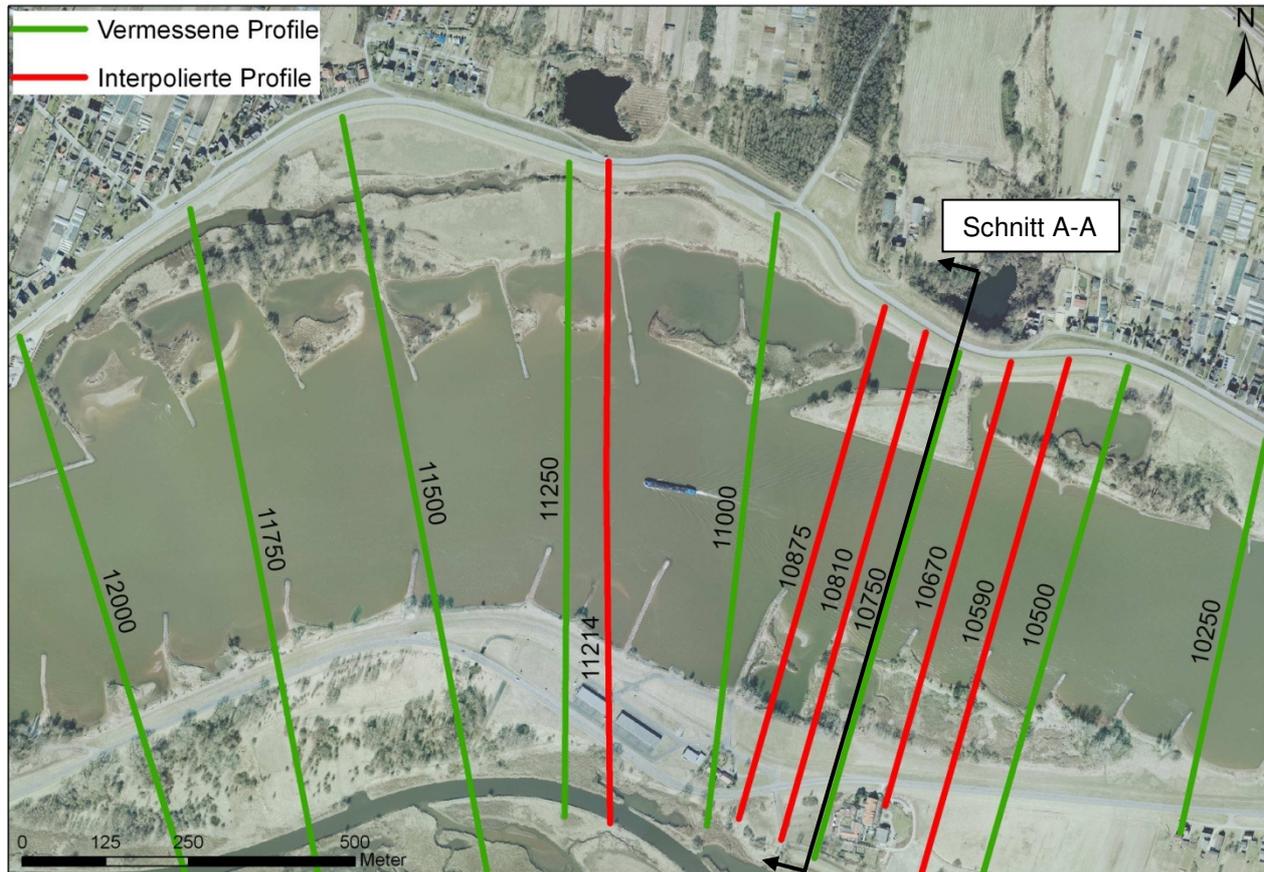


Abbildung 4: Darstellung der Profillagen, der zusätzlich interpolierten Profile mit Modellstationierung und des Querprofils A-A

Durch die Darstellung des Systems als eindimensionales Elbmodell werden die Profile des Priels als Verlängerung der Elbprofile abgebildet. Im Bereich der Pionierinsel werden zusätzliche Elbprofile interpoliert, um diese genauer abbilden zu können (Abbildung 4).

Das Querprofil A-A im Bereich der Pionierinsel ist in Abbildung 6 dargestellt.

3.3 Geplanter Zustand

Die vorgesehenen Änderungen im Zuge der Umsetzung der Ausgleichsmaßnahmen haben insbesondere dann einen möglichen Einfluss auf das hydraulische Abflussgeschehen, wenn die Querschnittsgeometrie oder Rauheiten wie zum Beispiel durch Änderung der Vegetation angepasst werden.

Die vorliegende Planung beinhaltet durch die Umgestaltung der Pionierinsel und des Prielverlaufs Änderungen in der Geometrie des Abflussquerschnitts.



Die vorgesehene Entwicklung von Auwäldern in verschiedenen Bereichen führt im Falle des Überströmens zu anderen Fließwiderständen durch eine erhöhte Rauheit der Gewässersohle. In Abbildung 5 sind die vorgesehenen hydraulisch relevanten Änderungen skizziert.

Im Einzelnen sind folgende Änderungen vorgesehen und im Planungszustand des Modells berücksichtigt:

- Ausbau des vorliegenden Prielabschnitts
- Verfüllen des Wassergrabens nordwestlich der Pionierinsel
- Absenken des Geländes auf der Pionierinsel von derzeit ca. 5,64 mNN auf ca. 3,10 mNN
- Änderung der Vegetation durch Auwaldflächen



Abbildung 5: Darstellung des modelltechnischen Planungszustandes

3.4 Geländeverläufe für die Rechenszenarien

Für den Bereich der Pionierinsel werden zwei verschiedene Planungszustände bzw. Geländeverläufe untersucht, um den Einfluss von Geschwemmsel und Eisstau auf den Fließwiderstand des geplanten Auwaldes auf der Pionierinsel zu berücksichtigen.

Im ersten Planungszustand wird das Modell bzw. der Geländeverlauf entsprechend der vorliegenden Planung in der Höhenlage angepasst. Dies erfolgt insbesondere im Bereich des geplanten Priels und der „Pionierinsel“. Entsprechend der geplanten Veränderung der



Vegetation hin zu einem sich sukzessiv entwickelnden Auwald wird auch der Fließwiderstand entsprechend lokal angepasst.

Im zweiten Planungszustand wird als ungünstigster Fall davon ausgegangen, dass auf der höhenreduzierten „Pionierinsel“ ein dichter Auwald entstanden ist und bei einem Winterhochwasser durch Eisstau der Abflussbereich über der Pionierinsel vollständig blockiert wird. In diesem Fall wird hydraulisch davon ausgegangen, dass die Insel umflossen wird, was durch einen hydraulischen Fließverlust berücksichtigt wird (Anhang A).

In Abbildung 6 sind die Höhenlagen des Elbe-Querprofils im Bereich der Pionierinsel des Istzustands und der beiden Planungszustände in Fließrichtung dargestellt.

Man erkennt, dass im Bereich der Pionierinsel die Höhen im ersten Planungszustand im Vergleich zum Istzustand entsprechend der Planung abgesenkt wurden.

Die angenommene vollständige Blockade des zweiten Planungszustandes wird modelltechnisch durch eine entsprechende Erhöhung der Geländepunkte auf 10,00 mNN abgebildet. Daneben ist zu erkennen, dass auch die Führung des geplanten Priels in den Sohlhöhen der beiden Planungsszenarien berücksichtigt ist.

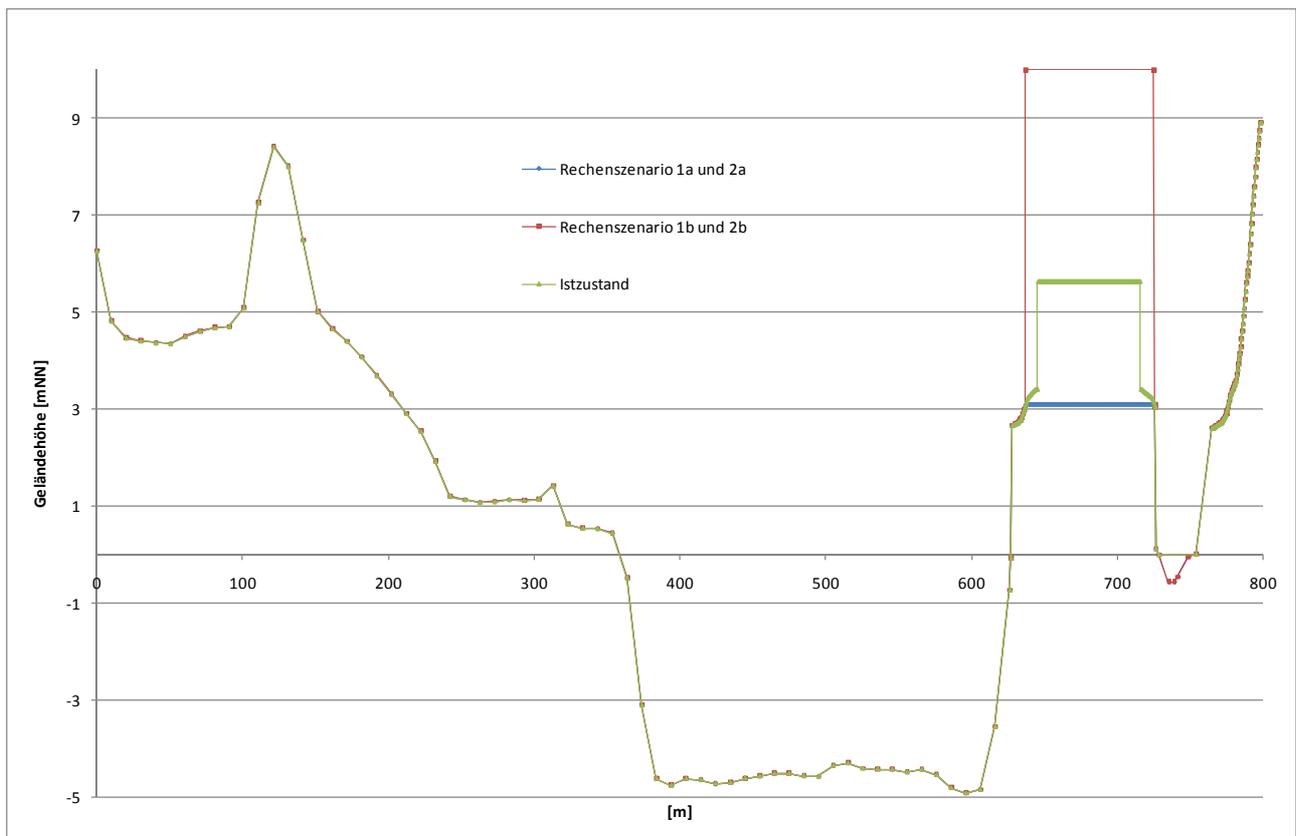


Abbildung 6: Sohl- und Geländehöhen des Berechnungsprofils 10750 (Schnitt A-A) im Bereich der Pionierinsel



3.5 Hochwasserstände und Abflüsse für die Rechenszenarien

Für die modelltechnische Betrachtung der zu wählenden Rechenszenarien müssen Randbedingungen definiert werden, die modelltechnisch den simulierten Zustand definieren. Die Fragestellung dieser Untersuchung beinhaltet die Ermittlung der hydraulischen Wirkung der vorgesehenen Maßnahmen bei Hochwasser.

Die Elbe unterliegt im betrachteten Bereich dem Einfluss der Tide. Daher sind bei der Definition der Randbedingungen nicht nur der Abfluss am oberen Modellrand in Geesthacht sondern auch ein durch die Tide dominierter Wasserstand am unteren Modellrand am Pegel Bunthaus (vergleiche Abbildung 3) zu betrachten.

Als statistischer Abfluss wird am oberen Modellrand ein HQ100 (Hochwasserabfluss, der statistisch gesehen einmal in 100 Jahren überschritten wird) gewählt, das für den Pegel Neu Darchau mit $4200\text{m}^3/\text{s}$ angegeben wird [3]. Die Lage des Pegels Neu Darchau wird anhand der Darstellung des WSA Lauenburg in Abbildung 7 verdeutlicht.



Abbildung 7: Standort des Pegels Neu Darchau aus [4]

Der Pegel Neu Darchau liegt zwischen Boizenburg und Hitzacker bei Flusskilometer 536. Wasserstandsaufzeichnungen werden seit 1839, Abflussbestimmungen seit 1874 durchgeführt. Damit kommt dem Pegel eine besondere Bedeutung zu. Denn es werden nicht nur seit langer Zeit hydrologische Zeitreihen erfasst, es gibt weiter stromab auch keine Möglichkeit, Abflussbestimmungen an der frei fließenden Elbe durchzuführen.

Weiter stromab bestimmen die Staustufe Geesthacht und der Gezeiteneinfluss das Fließgeschehen der Elbe wesentlich. Aus diesem Grund wird der statistische Abfluss des Pegels Neu Darchau am oberen Modellrand am Wehr in Geesthacht angesetzt (vergleiche Abbildung 3).

Da alle Berechnungen stationär, mit gleichbleibenden Randbedingungen im Unterwasser und Oberwasser, durchgeführt werden, muss keine zeitliche Verzögerung zwischen Neu Darchau und Geesthacht berücksichtigt werden.



Zur Bestimmung einer angemessenen unteren Randbedingung (Sturmflutwasserstand am Pegel Bunthaus) ist eine iterative Berechnung mit stetig steigenden Wasserständen durchgeführt worden.

Dafür wurden am Pegel Bunthaus Wasserstände zwischen -1,50 mNN und 7,50 mNN betrachtet. Dabei wurde im Rahmen von Voruntersuchungen gezeigt, dass die Wasserstände im Bereich Zollenspieker umso höher sind, je höher der Wasserstand am Pegel Bunthaus ist.

Deshalb wurden für die modelltechnischen Betrachtungen zwei verschiedene Wasserstände am Pegel Bunthaus als untere Randbedingung des Modells festgelegt. Grund dafür ist, dass ein worst case Szenario als Kombination schwer zu definieren ist. In [5] wird resümiert, dass schwere Sturmfluten in Kombination mit Starkregen nicht vorkommen können.

Entsprechend wird im ersten Fall der Wasserstand des mittleren Tidehochwassers (MThw = NN+2,36 m) [6] gewählt.

Der zweite Fall beinhaltet die sehr ungünstige Randbedingung, dass bei einem 100-jährigen Binnenabfluss der Elbe Wasserstände am Pegel Bunthaus die Wasserstände der höchsten beobachteten Sturmflut von 1976 angesetzt werden (HThw = NN+6,43 m v. 03.01.1976) [6]).

In den weiteren Berechnungen werden deshalb diese beiden Wasserstände am Pegel Bunthaus als untere Randbedingungen angesetzt:

3.6 Zusammenstellung der gewählten Rechenszenarien

	Unterwasser- randbedingung: Wasserstand Bunthaus [mNN]	Oberwasser- randbedingung: Abfluss Neu Darchau [m³/s]	Höhe Pionierinsel [mNN]	Änderung der Vegetation durch Auwaldflächen	Auwald auf Pionierinsel Vollständig blockiert durch Eis und Geschwemmsel
Istzustand	2,36	4400	5,64	nein	-
Rechenszenario 1a	2,36	4400	3,10	ja	nein
Rechenszenario 1b	2,36	4400	3,10	ja	ja
Istzustand	6,43	4400	5,64	nein	-
Rechenszenario 2a	6,43	4400	3,10	ja	nein
Rechenszenario 2b	6,43	4400	3,10	ja	ja

Abbildung 8: Tabellarische Zusammenstellung der Rechenszenarien und deren Randbedingungen



4.0 ERGEBNISSE

In diesem Abschnitt werden alle Ergebnisse dargestellt und erläutert. Wie in Abschnitt 3.4 und Abschnitt 3.5 beschrieben werden zwei Planungsszenarien bei je zwei verschiedenen Unterwasserrandbedingungen berechnet.

Unterschiedliche Wasserstände bei Bunthaus führen zu vollkommen verschiedenen hydraulischen Verhältnissen, weshalb nachfolgend die Ergebnisse getrennt für die beiden verschiedenen Randbedingungen aber dennoch in vergleichbarer Darstellung dokumentiert werden.

Abschließend werden alle Ergebnisse zusammenfassend tabellarisch dargestellt.

4.1 Rechenszenario 1a / 1b

Die Ergebnisse werden in dem nachfolgend dargestellten Längsschnitt für den gesamten modellierten Bereich mit einem vergrößerten Ausschnitt des Planungsbereichs zur besseren Darstellung der sich ergebenden Auswirkungen auf den Wasserspiegel dargestellt.

In Abbildung 9 sind für den Abschnitt der Elbe zwischen dem Wehr Geesthacht und Bunthaus auf der rechten Achse die Sohlhöhe jeweils für den tiefsten Punkt der verwendeten Querprofile dargestellt.

Auf der linken Achse sind mit einem anderen Maßstab und anderer Bezugshöhe die Wasserspiegellage für den Istzustand und beide Planungszustände (1. Absenkung der Pionierinsel mit durchströmtem Auwald / 2. Absenkung der Pionierinsel mit vollständig blockiertem Auwald) aufgezeichnet.

Die Wasserspiegellagen der verschiedenen betrachteten Zustände liegen allerdings so dicht zusammen, dass in der Gesamtdarstellung keine Wasserspiegeldifferenzen erkennbar sind. Schwarz gestrichelt ist der Bereich des Naturschutzgebietes Zollenspieker markiert, in rot wird der Ausschnitt angegeben, der nachfolgend in Abbildung 10 gezeigt ist.



AUSGLEICHSMAßNAHME ZOLLENSPIEKER

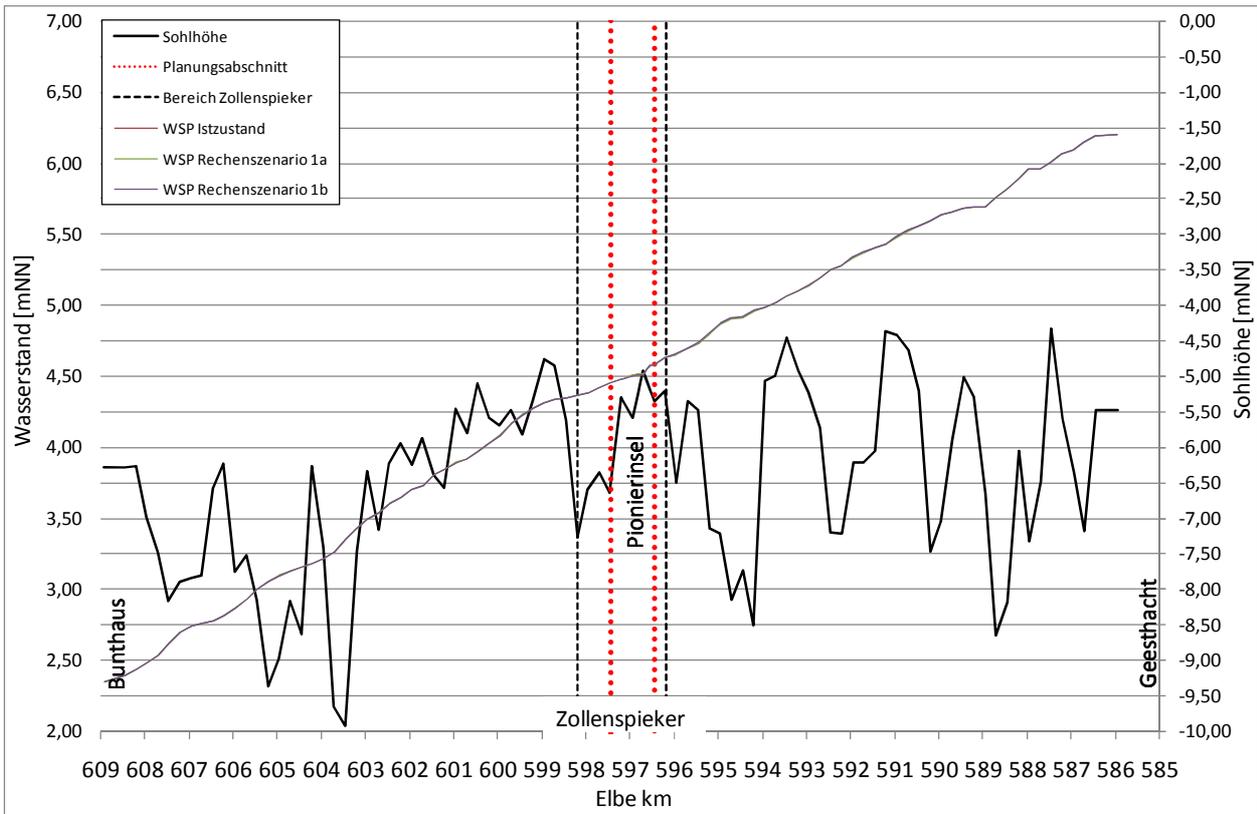


Abbildung 9: Wasserspiegellängsschnitt Istzustand und Rechenszenarien 1a/1b (Burthaus 2,36 mNN)

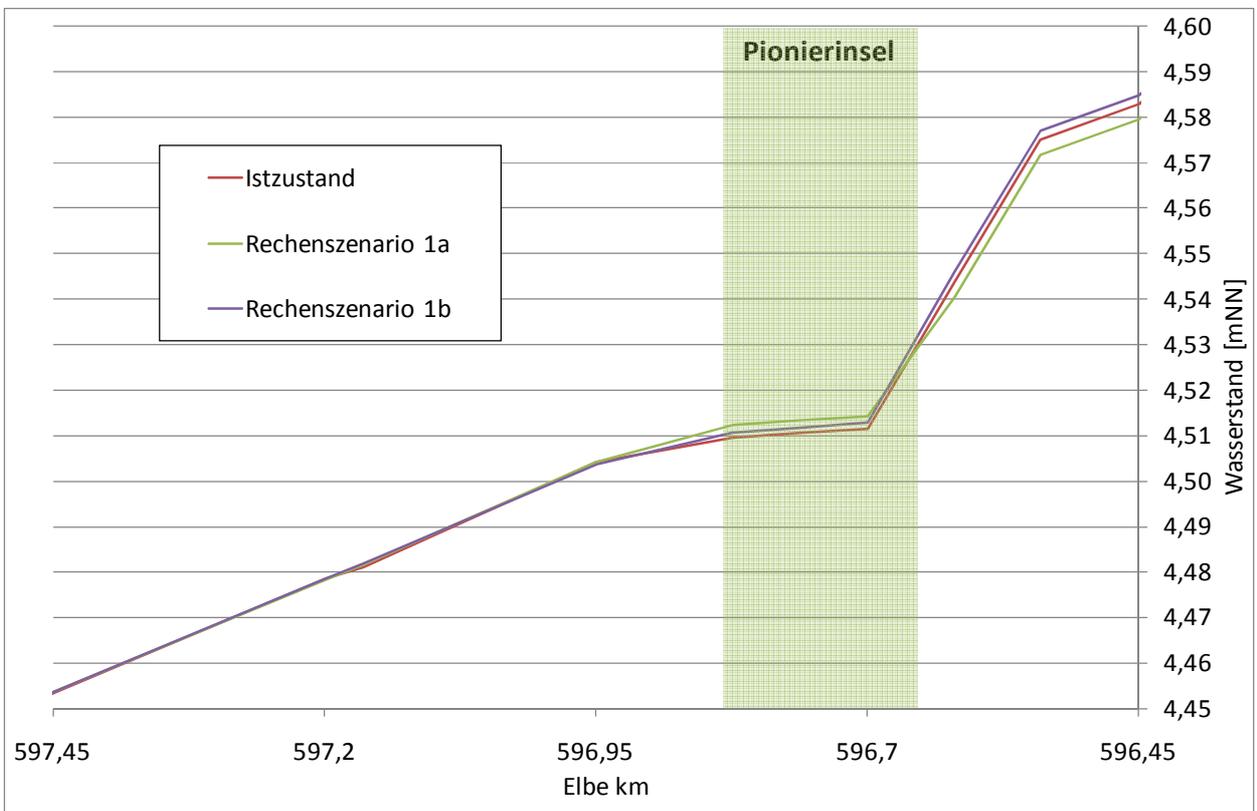


Abbildung 10: Wasserspiegellängsschnitt – Ausschnitt Bereich Zollenspieker (Burthaus 2,36 mNN)



In dem Ausschnitt ist der Planungsabschnitt mit einer höheren Auflösung des Maßstabs für die Wasserspiegellagen der verschiedenen betrachteten Varianten dokumentiert.

Es sind die Auswirkungen der vorgesehenen Maßnahmen auf die Wasserstände erkennbar. Im Bereich Elbe-Km 597,0 führen die vorgesehenen Auwälder durch den erhöhten Fließwiderstand zu geringfügig erhöhten Wasserständen.

Die Absenkung der Pionierinsel, der Bereich ist in dem Ausschnitt grün hinterlegt, führt in dem ersten Rechenszenario trotz des erhöhten Fließwiderstandes durch den Auwald zu einer Absenkung des Wasserspiegels von etwa 0,3 cm.

Für das zweite Rechenszenario ergeben sich bei Annahme vollständiger Blockade des Auwaldbereiches auf der Pionierinsel (kein Durchfluss in diesem Bereich) geringfügig höhere Wasserstände von etwa 0,3 cm.

In Abbildung 11 sind die Ergebnisse im Elbequerschnitt (Bereich Pionierinsel) dargestellt.

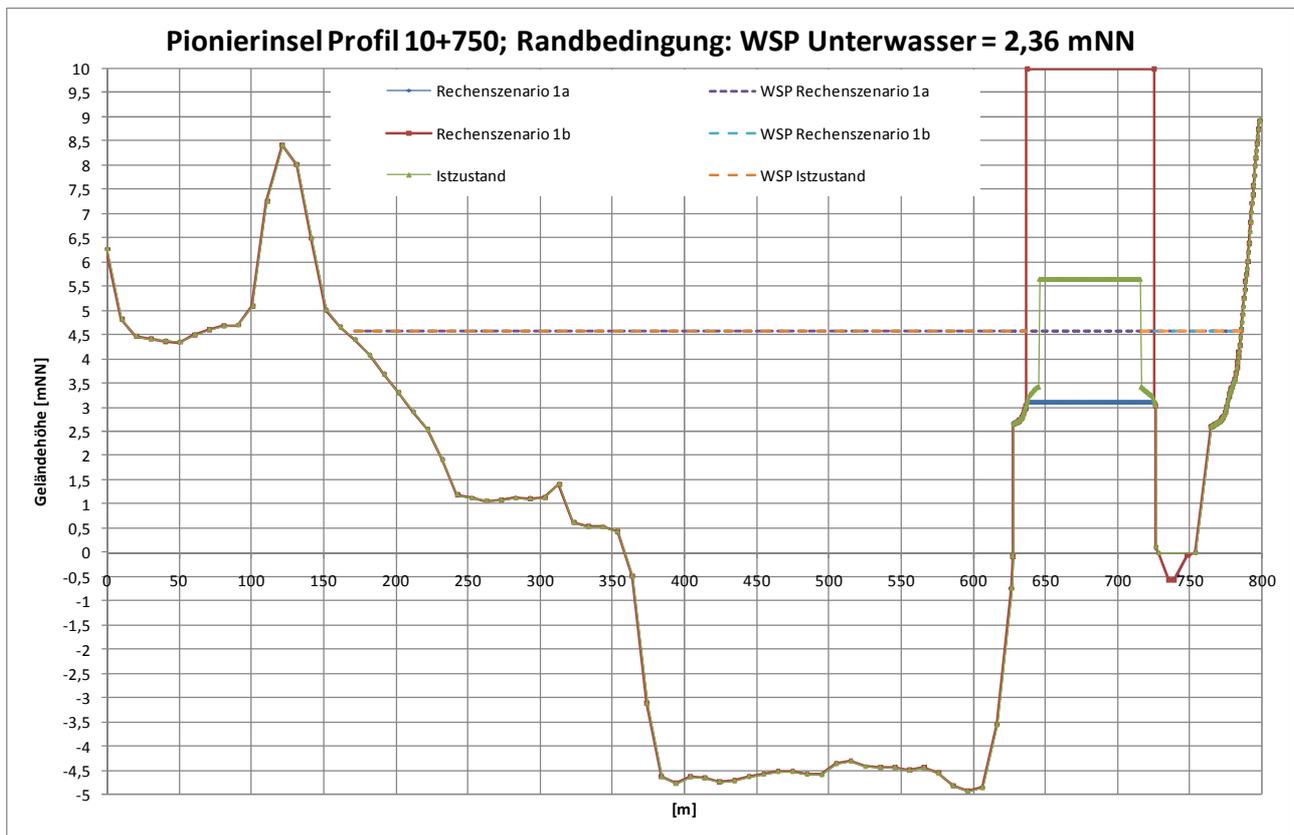


Abbildung 11: Darstellung der berechneten Wasserspiegel im Querschnitt für Istzustand und Rechenszenarien 1a/1b im Bereich der Pionierinsel (Bunthaus 2,36 mNN)



4.2 Rechenszenario 2a / 2b

In Abbildung 12 sind analog zu der Darstellung in Abbildung 9 Sohlhöhe, Wasserspiegel der betrachteten Varianten und nachfolgend in Abbildung 13 der vergrößerte Ausschnitt des Planungsbereiches dargestellt.

Abgesehen davon, dass sich durch die erheblich höheren Wasserstände am Pegel Bunthaus im gesamten modellierten Bereich höhere Wasserstände einstellen würden, lägen die Wasserspiegeldifferenzen als Auswirkungen von den vorgesehenen Planungen im gleichen Bereich.

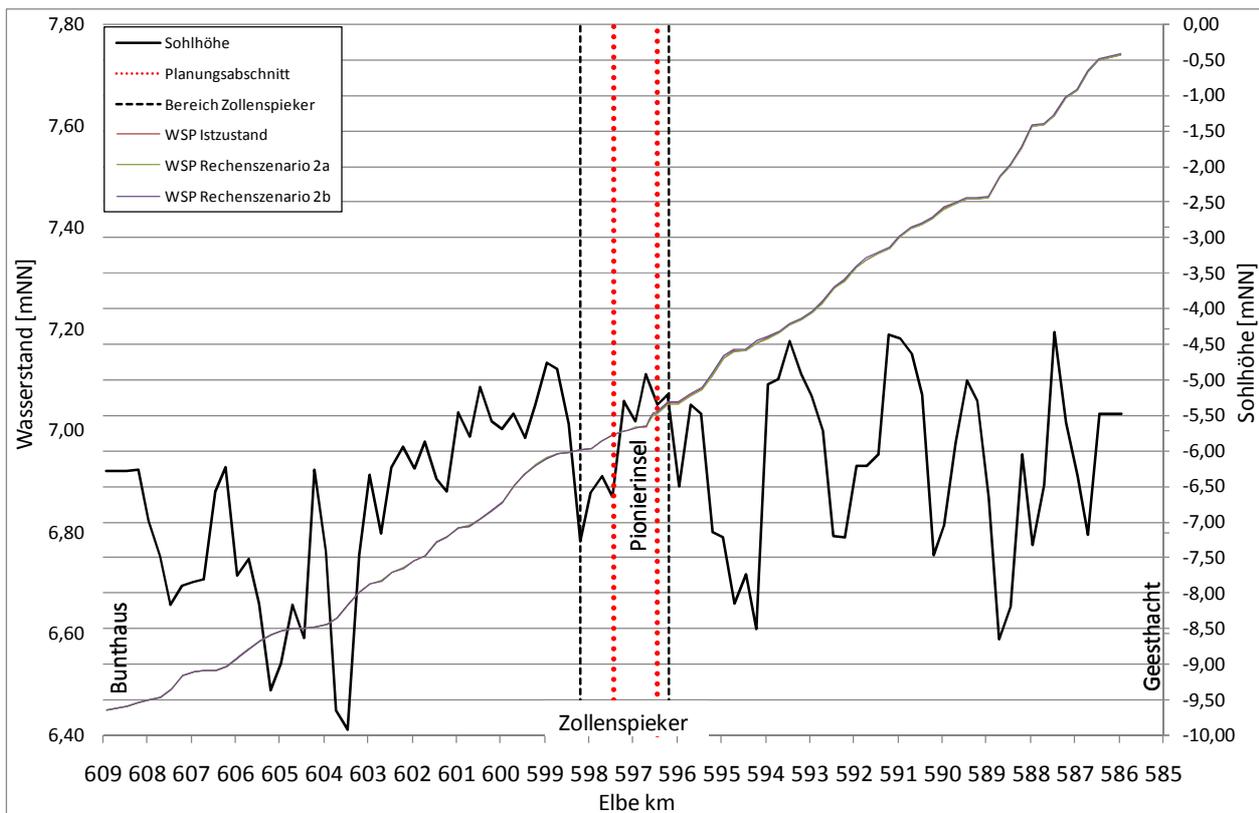


Abbildung 12: Wasserspiegellängsschnitt Istzustand und Planungsszenarien (Bunthaus 6,43 mNN)

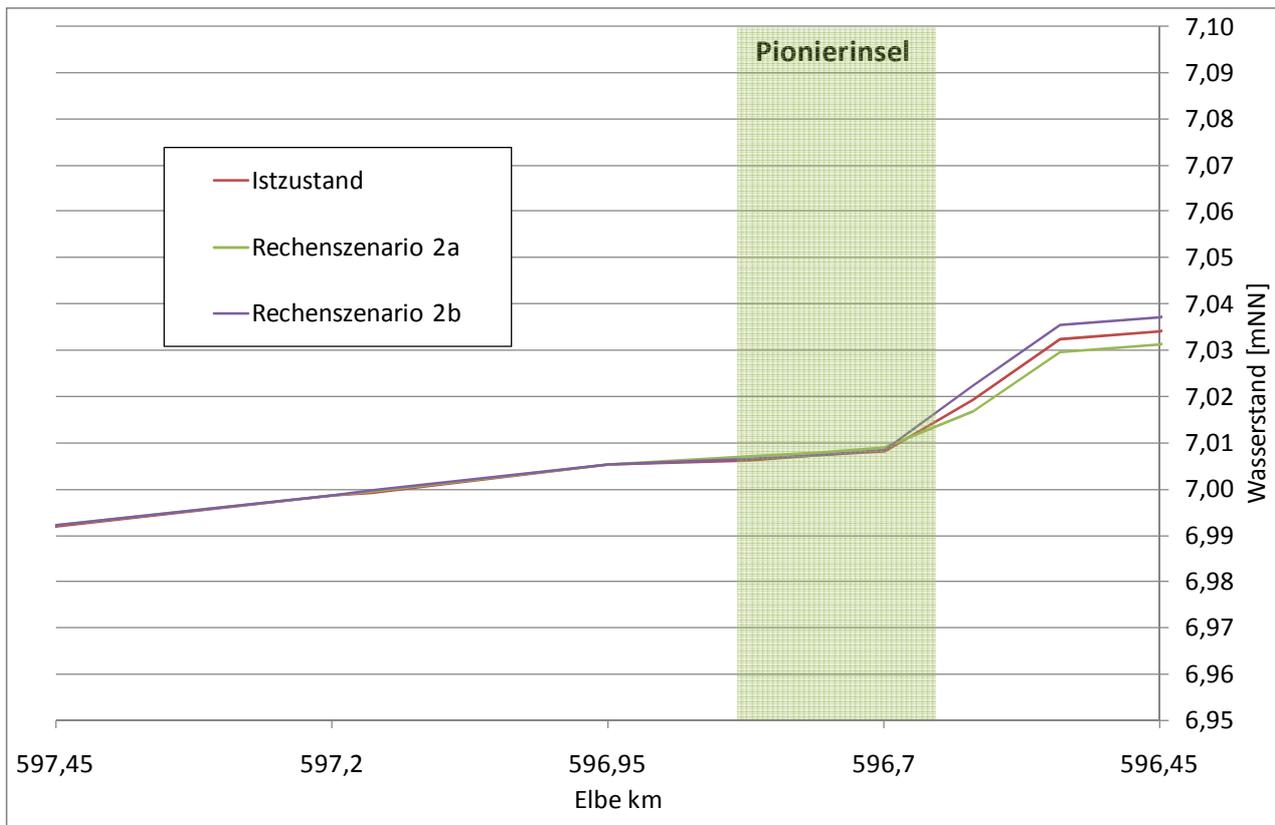


Abbildung 13: Wasserspiegellängsschnitt – Ausschnitt Bereich Zollenspieker (Bunthaus 6,43 mNN)

Die Absenkung der Pionierinsel, der Bereich ist in dem Ausschnitt grün hinterlegt, führt in dem Rechenszenario 2a trotz des erhöhten Fließwiderstandes durch den Auwald zu einer Absenkung des Wasserspiegels von etwa 0,3 cm. Für das Rechenszenario 2b ergeben sich bei Annahme vollständiger Blockade des Auwaldbereiches auf der Pionierinsel (kein Durchfluss in diesem Bereich) geringfügig höhere Wasserstände von etwa 0,3 cm.

In Abbildung 14 sind die Ergebnisse im Elbequerschnitt (Bereich Pionierinsel) dargestellt.

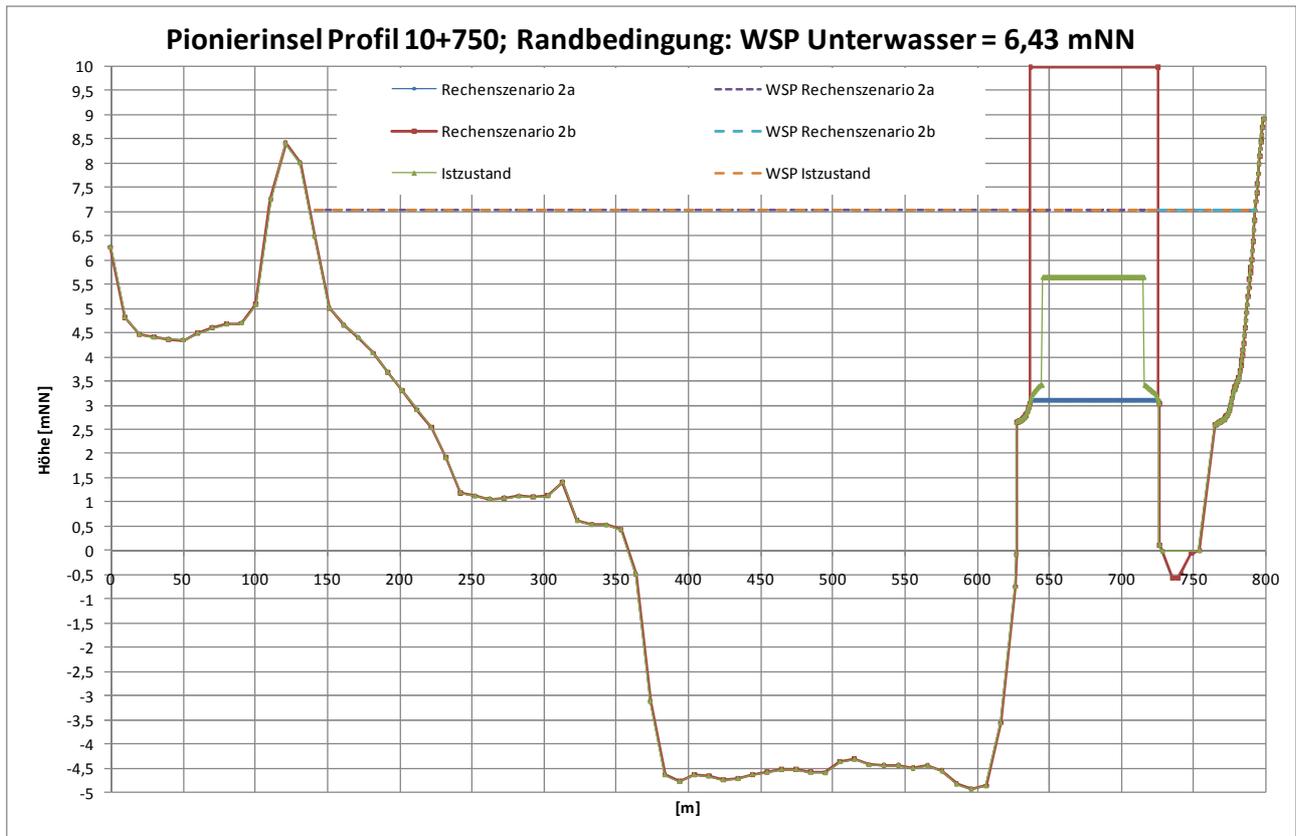


Abbildung 14: Darstellung der berechneten Wasserspiegel im Querschnitt für Istzustand und Rechenzenarien 2a/2b im Bereich der Pionierinsel (Bunthaus 6,43 mNN)

4.3 Zusammenfassende tabellarische Darstellung der Ergebnisse

Alle unter Abschnitt 3.0 beschriebenen Randbedingungen und die in Abschnitt 4.1 und 4.2 dargestellten modelltechnischen Ergebnisse werden in nachfolgender Tabelle zusammenfassend dargestellt.

	Unterrandbedingung: Wasserstand Bunthaus in [mNN]	Oberwasserandbedingung: Abfluss Neu Darchau in [m³/s]	Höhe Pionierinsel [mNN]	Änderung der Vegetation durch Auwaldflächen	Auwald auf Pionierinsel vollständig blockiert durch Eis/Geschwemmel	Modelltechnische Wasserspiegeldifferenzen im Vergleich zum Istzustand in [cm]	Signifikante Auswirkungen auf den Wasserstand
Istzustand	2,36	4400	5,64	nein	-	-	-
Rechenzenario 1a	2,36	4400	3,10	ja	nein	-0,3	nein
Rechenzenario 1b	2,36	4400	3,10	ja	ja	+0,2	nein
Istzustand	6,43	4400	5,64	nein	-	-	-
Rechenzenario 2a	6,43	4400	3,10	ja	nein	-0,3	nein
Rechenzenario 2b	6,43	4400	3,10	ja	ja	+0,3	nein

Abbildung 15: Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse



5.0 ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG

Im Rahmen von Ausgleichsmaßnahmen im Bereich Zollenspieker an der Elbe sind Veränderungen am Prielverlauf, eine Absenkung der Pionierinsel sowie die Entstehung von Auenwäldern geplant. Die hydraulische Wirkung dieser Maßnahmen bei Hochwasser ist im Rahmen dieser Untersuchung mit einem hydrodynamischen Modell und der Berechnung entsprechender Szenarien ermittelt worden.

Das nach derzeitigem Kenntnisstand anzunehmende ungünstigste Hochwasser liegt bei hohen Binnenabflüssen und gleichzeitigen Sturmflutwasserständen in Bunthaus vor, die im Bereich zwischen den beiden betrachteten Unterwasserrandbedingungen liegen.

Um die Auswirkungen bei sehr ungünstigen Annahmen für ein Hochwasser, Binnenhochwasser bei gleichzeitiger Sturmflut, ermitteln zu können, wurden alle Berechnungen für zwei verschiedene Unterwasserrandbedingungen (Wasserstand Bunthaus) durchgeführt.

Die zu erwartenden Wasserstandsänderungen durch die geplanten Maßnahmen sind durch einen Vergleich des Ist-Zustands mit dem geplanten Zustand ermittelt worden.

Die Berechnungen für beide Unterwasserrandbedingungen ergeben, dass durch die vorgesehenen Maßnahmen eine geringfügige Absenkung der Wasserstände oberwasserseitig der Pionierinsel von ca. 0,3 cm - 0,5 cm bei Hochwasser einstellen wird.

Unter der Annahme, dass der Auwald auf der Pionierinsel von Eisstau und/oder Geschwemmsel vollständig zugesetzt wird, ergibt sich bei ansonsten gleichen Annahmen eine geringfügige Erhöhung der Wasserstände oberwasserseitig der Pionierinsel von ca. 0,3 cm - 0,5 cm bei Hochwasser.

Sowohl die rechnerisch gezeigte Erhöhung der Wasserstände als auch die Absenkung sind so gering, dass sie innerhalb der modelltechnischen Genauigkeit liegen. Diese ist durch den Einfluss von Fehlern begründet, die ihrem Ursprung nach numerische Fehler, Messfehler oder Modellfehler sind, die im Bereich der berechneten Wasserspiegeldifferenzen liegen können. Für weitere Informationen wird an dieser Stelle auf einschlägige Literatur verwiesen, siehe beispielsweise [9].

Auch unter praktischen Gesichtspunkten liegen die berechneten Wasserspiegeldifferenzen von ca. +/- 0,5 cm maximal in der Größenordnung sich kräuselnden Wassers.

Deshalb wird zusammenfassend festgestellt, dass sich sowohl unter den modelltechnischen als auch praktischen Gesichtspunkten durch die vorgesehenen Ausgleichsmaßnahmen im Fall einer extremen Hochwassersituation in der Elbe keine signifikanten Auswirkungen auf die Wasserstände ergeben werden.



LITERATUR

- [1] Sondervermögen für Naturschutz und Landschaftspflege, Sachstandsbericht 2003/2004, Herausgeber: Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg, 2003
- [2] Projektbüro Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe: Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe für 14,5 m tiefgehende Containerschiffe; Planänderungsunterlage III Teil 12a; Allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls auf UVP-Pflicht für Kompensationsmaßnahmen (UVP-Screening), www.zukunftelbe.de
- [3] Bestandsaufnahme des vorhandenen Hochwasserschutzniveaus im Einzugsgebiet der Elbe, Herausgeber: International Kommission zum Schutz des Rheins (IKSE), Magdeburg, 2001
- [4] www.wsa-lauenburg.wsv.de/gewaesserkunde/anlagen_PDF/Pegel_Neu_Darchau
- [5] Gönner, Günther, Behrend: Sturmflutsicherheit in Hamburg vor dem Hintergrund des Augusthochwassers 2002, Tagungsband des HTG-Kongresses 2005, S.457 – S.466, Bremen
- [6] Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Elbegebiet, Teil III, 2005, Herausgeber: Freie und Hansestadt Hamburg, Hamburg Port Authority, Hamburg, 2009
- [7] Naudascher, E.: Hydraulik der Gerinne und Gerinnebauwerke, 2. Auflage, Springer Verlag, 1992
- [8] Bollrich, G.: Technische Hydromechanik, Band 1, 5. Auflage, Verlag Bauwesen, Berlin, 2000
- [9] Noak, M.; Wieprecht, S.: Unsicherheit hydraulischer Modelle, Abschlussbericht Teilprojekt 5 von „horix – Entwicklung eines operationell einsetzbaren Expertensystems zum Hochwasserrisikomanagement unter Berücksichtigung der Vorhersageungenauigkeit“, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Stuttgart 2008



Unterschriftenseite Bericht

GOLDER ASSOCIATES GMBH

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'TE' followed by a long horizontal stroke.

Dr.-Ing. Thorsten Evertz
Associate

HRB 100483 (Amtsgericht/District Court Lüneburg)
Vorbruch 3, D-29227 Celle, Germany
Geschäftsführer/Managing Director: Cristian Enachescu



ANHANG A

Bestimmung des hydraulischen Fließverlustes an der Pionierinsel

In MIKE11 ist es möglich, lokale Fließverluste zwischen zwei Berechnungspunkten (Profilen) zu definieren. Dieser Energieverlust ist abhängig von der Fließgeschwindigkeit und kann durch die Dimensionierung des Verlustbeiwertes ζ gesteuert werden:

$$\Delta H = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

wobei v = Fließgeschwindigkeit [m/s]
 g = Gravitationskonstante [m/s²]
 ζ = Verlustbeiwert

Der durch die Pionierinsel entstehende Strömungsverlust wird in der eindimensionalen Berechnung anhand eines Verlustbeiwertes berücksichtigt. Hierbei wurden aus den Ansätzen von Naudascher [7] und Rehbock [8] unabhängig voneinander ein Verlustbeiwert von $\zeta = 0,25$ bestimmt.

Naudascher Ansatz:

$$\zeta = C_w \frac{A_w}{A_j}$$

wobei A_w = Gesamtanströmfläche des Hindernisses bei einer bestimmten Höhe [m²]
 A_j = Fläche des verbauten Querschnittes bei einer bestimmten [m²]
 C_w = Formbeiwert

Rehbock Ansatz:

$$\zeta = [\partial \cdot (1 - \alpha) + \alpha] \cdot (0,4 \cdot \alpha + \alpha^2 + 9 \cdot \alpha^4) \cdot (1 + Fr_u^2)$$

wobei α = Verbauungsverhältnis (verbaute Fließfläche bis zu einer bestimmten Höhe, dividiert durch die Fließfläche des Unterwassers)
 ∂ = Formbeiwert
 Fr_u = Froude Zahl im unterstromigen Querschnitt
 A_j = Fläche des verbauten Querschnittes bei einer bestimmten [m²]
 C_w = Formbeiwert

Golder Associates ist eine international führende Gruppe von Beratungsunternehmen mit Arbeitsschwerpunkten in den Bereichen Bodensanierung und Entwicklung von Umwelttechnologien. Seit der Gründung der Gruppe im Jahre 1960 steht Golder Associates im Besitz der Mitarbeiter. Durch ständige Erweiterung der Fähigkeiten und Arbeitsbereiche können die Golder-Mitarbeiter Strategien und Lösungen gemäß den Bedürfnissen der Kunden entwickeln. Wir erfahren einen beständigen Zuwachs an Mitarbeitern und sind von Büros in Afrika, Asien, Australien, Europa sowie Nord- und Süd-Amerika aus tätig.

Afrika	+ 27 11 254 4800
Asien	+ 852 2562 3658
Australien	+ 61 3 8862 3500
Europa	+ 356 21 42 30 20
Nord-Amerika	+ 1 800 275 3281
Süd-Amerika	+ 55 21 3095 9500

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates GmbH
Kasernenstrasse 12

D-21073 Hamburg
Germany

T: +49 40 530 217 61

