

IWR – Consult

Rostock, Hamburg, Kühlungsborn

**Wasserbauwerke zur Sicherung der touristischen
Infrastruktur im Bereich des Hohen Ufers bei
Ahrenshoop / Ostsee**

Sedimenttransporte und Küstenlinienentwicklung für die Variante 4
„einzelner Wellenbrecher“

15.12.2018

Auftraggeber: b&o ingenieure

Inhalt

1	Veranlassung und Aufgabe	3
2	Untersuchte Variante	3
3	Auswirkungen der geplanten Variante 4 auf den Sedimenttransport und die Küstenlinienentwicklung	4
4	Zusammenfassung	8
5	Schrifttum	8

1 Veranlassung und Aufgabe

Die Gemeinde Ostseebad Ahrenshoop plant zur Reduzierung von Uferabbrüchen und damit zur Verbesserung der touristischen Infrastruktur auf einer Länge von ca. 2.000 m im Flachwasserbereich vor dem Hohen Ufer naturverträgliche Wasserbauwerke einzubauen mit dem Ziel, einerseits Kliff-Abbrüche zu reduzieren und andererseits die Dynamik des aktiven Kliffs beizubehalten. Hierdurch sollen Gefährdungen und Kosten für den Wiederaufbau reduziert werden und gleichzeitig der Naturschutzstatus der Steilufer nicht gefährdet werden. Ohne Reduzierung der Abbruchraten werden kontinuierlich die Aufgänge und der Kliff-Weg zerstört. Die jährlich anfallenden Wiederherstellungskosten belasten den Haushalt der Gemeinde.

In diesem Zusammenhang hat das Ingenieurbüro b&o ingenieure Hamburg, das Ingenieurbüro IWR-Consult beauftragt, das großräumige Sedimenttransportgeschehen im Untersuchungsgebiet zu analysieren und zu bewerten und numerische Untersuchungen zu den Auswirkungen der geplanten Bauwerke auf das Sedimenttransportgeschehen sowie auf das Abbruchverhalten der Steilufer durchzuführen. Im Ergebnis soll eine Variante gefunden werden, welche die vorgenannten Kriterien zum Schutz des Steilufers vor Abbrüchen sowie der Maßgabe des Erhalts von aktiven Kliffabschnitten im Sinne des Umweltschutzes erfüllt.

Hierzu wurde von IWR-Consult ein erstes Gutachten (IWR, 2018) zur grundsätzlichen Situation und zum Sedimenttransport im Untersuchungsgebiet erstellt, welches im Folgenden als bekannt vorausgesetzt wird. Darauf Aufbauend wurde von IWR-Consult die zu erwartenden Auswirkungen der als realistisch umsetzbar erachteten Variante 4 „einzelner Wellenbrecher“ in einem numerischen Modell bewertet. Die Ergebnisse sind im Folgenden dargestellt.

Die Planunterlagen wurden vom Ingenieurbüro b&o ingenieure, Hamburg zur Verfügung gestellt, werden hier aber nicht im Einzelnen aufgelistet.

2 Untersuchte Variante

Im vorliegenden Gutachten wird die Variante 4 „einzelner Wellenbrecher“ untersucht.

Die Variante 4 ist als Lageplan in Abb. 1 in der Übersicht und in Abb. 2 im Detail dargestellt. Der geplante Wellenbrecher ist etwa 250m lang und wird etwa in einem Abstand von 100m zur derzeitigen Uferlinie eingebaut. D.h. der Wellenbrecher entspricht von den Abmessungen und dem Abstand zur Uferlinie in etwa den existierenden Wellenbrechern vor Wustrow und vor Ahrenshoop, die sich ja in den letzten Jahren von der Funktion her bewährt haben. .

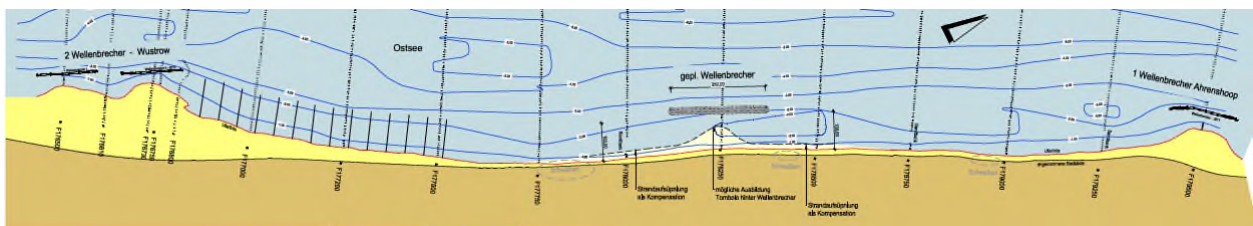


Abb. 1: Variante 4 „einzelner Wellenbrecher“ zur Sicherung des Steilufers Ahrenshoop zwischen Wustrow und Ahrenshoop (Variante 4, b&o ingenieure 2018)

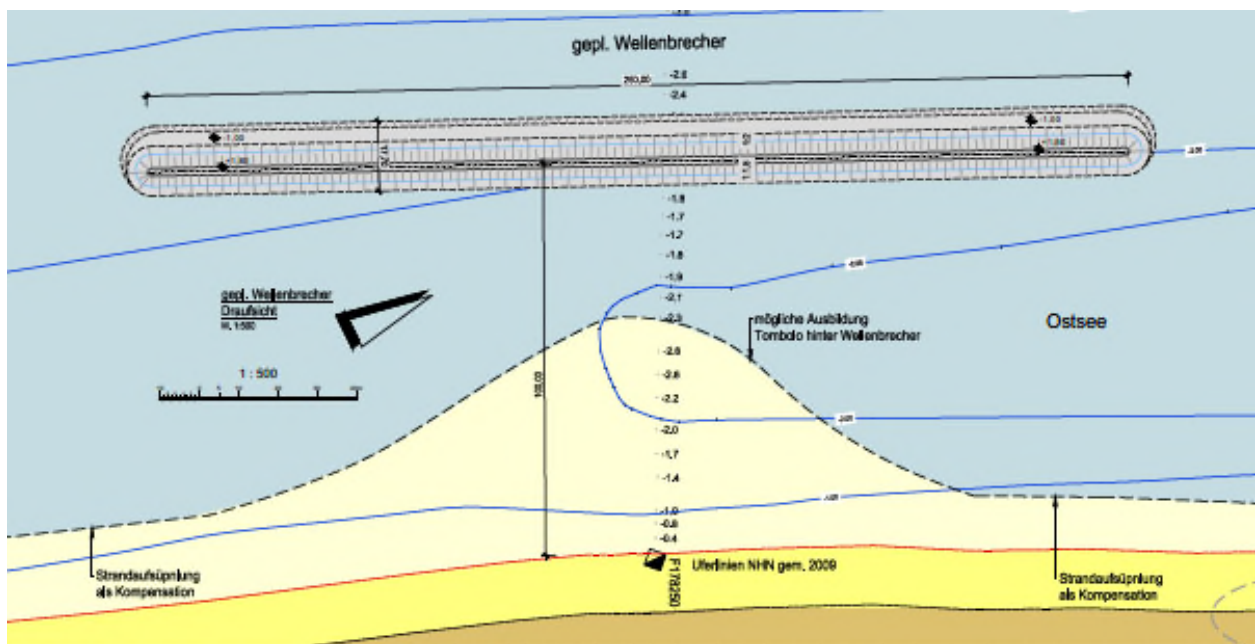


Abb. 2: Detailplan Variante 4 „einzelner Wellenbrecher“ zur Sicherung des Steilufers Ahrenshoop zwischen Wustrow und Ahrenshoop (Variante 4, b&o ingenieure 2018)

3 Auswirkungen der geplanten Variante 4 auf den Sedimenttransport und die Küstenlinienentwicklung

Die hydrodynamischen und morphodynamischen Bedingungen im Untersuchungsgebiet wurden in (IWR, 2018) im Einzelnen dargestellt. Die Ergebnisse werden im Folgenden als bekannt vorausgesetzt. Die Auswirkungen der geplanten Variante 4 wurden mit dem numerischen Modell Genesis () analysiert.

Das Modell Genesis

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde vornehmlich aus dem Erfordernis, langfristige Auswirkungen abzuschätzen, aber auch wegen der Richtungsabhängigkeit resultierender jährlicher Transporte das eindimensionale numerische Modell GENESIS (GENERALIZED model for Simulating Shoreline change) für Variantenrechnungen eingesetzt. Das Modell simuliert über längere Zeiträume die aus dem küstenparallelen Sedimenttransport resultierenden Veränderungen der Küstenlinie. Genesis erlaubt die Berücksichtigung von vorhandenen sowie technisch infrage kommenden Küstenbauwerken (etwa Buhnen, Molen, Wellenbrecher, Strandmauern und Vorspülungen) sowie deren Einflüssen auf den Sedimenttransport. Eine detaillierte Beschreibung findet sich z.B. bei HANSON UND KRAUS (1989).

Das Modell wurde vom Coastal Engineering Research Center (CERC) in den USA entwickelt und ist ein sog. 'One-Line Model'. Es beruht auf der Annahme eines im Gleichgewicht stehenden Strandes mit sich lediglich parallel verschiebendem Strandprofil (vgl. Abb. 3).

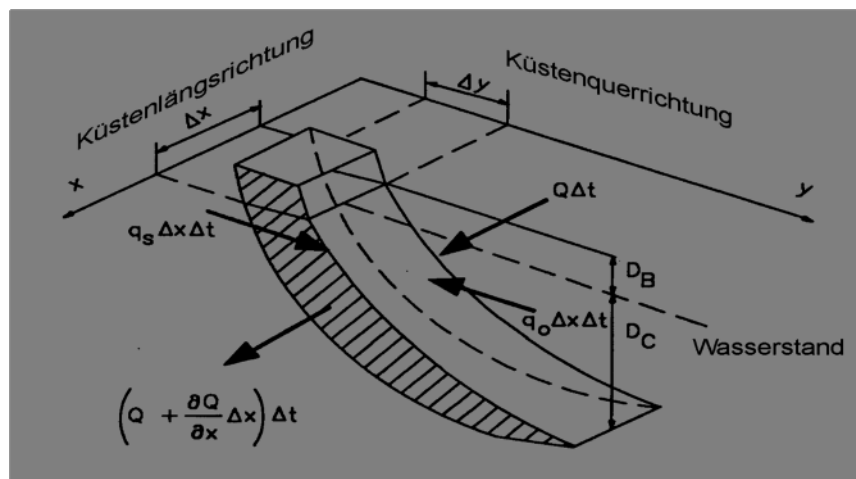


Abb. 3: Gleichgewichtsbedingungen für die Modellrechnungen
(nach HANSON, KRAUS 1989)

Für die numerische Simulation von Veränderungen der Küstenlinie mit GENESIS werden folgende Eingangsdaten benötigt:

- Lage der Uferlinie im Ausgangszustand (Küstenlinie)
- signifikante Seegangparameter
- Strandprofil
- Position und Lage der Bauwerke sowie deren bauwerksspezifische Faktoren
- Bedingungen an den Rändern des Untersuchungsgebiets

Lage der Küstenlinie

Für die Modellrechnungen wird ein Datensatz mit der Ausgangslage der Küstenlinie in einem x, y - Koordinatensystem benötigt. Dabei ist der Abstand zwischen zwei Punkten Δx konstant. Die Veränderungen entlang der y-Achse sind dagegen beliebig.

Seegangparameter

Die signifikanten Seegangparameter in tieferem Wasser (Wellenhöhe H_{m0} , Wellenperiode T_{02} und mittlere Wellenanlaufichtung Θ_m bezogen auf die mittlere Küstennormale) werden vom Modell in äquidistanten Zeitschritten aus einer Eingabedatei eingelesen. Für jeden Zeitschritt wird ein Seegangdatensatz gelesen und mit einem internen, Flachwassereffekte berücksichtigenden Wellenmodell bis zum rechnerischen Brechpunkt der Welle transformiert. Die Berechnung des Sedimenttransports erfolgt analog der Berechnung der Sedimenttransportkapazitäten auf der Grundlage des CERC-Ansatzes. Die den Berechnungen zugrunde gelegten Seegangsdaten wurden in IWR (2018) bereits erläutert.

Strandprofil

Das mittlere Strandprofil (dynamisches Ausgleichsprofil) in einem Abschnitt wird charakterisiert durch (vgl. Abb. 3):

- die mittlere Bermenhöhe D_b ,

- die Endtiefe des Sedimenttransports D_c und
- den mittleren Korndurchmesser d_{50} .

Mit diesen Größen werden, in Anlehnung an die Untersuchungen von BRUUN (1954) und DEAN (1977), mittlere dynamische Ausgleichsprofile normal zur Küstenlinie berechnet. Unter der Annahme, dass diese dynamischen Ausgleichsprofile in ihrer Form erhalten bleiben, wird aus den Erosions- bzw. Akkumulationsraten die resultierende Veränderung der Küstenlinie bestimmt. Desweiteren werden auf der Grundlage dynamischer Ausgleichsprofile der theoretische Brechpunkt der Wellen bestimmt und die Größenordnung des Küstenlängstransports berechnet.

Position und Lage der Bauwerke, sowie deren bauwerksspezifische Parameter

In das Modell können – wie bereits erwähnt – Bauwerke z.B. Buhnen (mit und ohne Berücksichtigung der Diffraktion), Molen, freistehende Wellenbrecher, Ufermauern und Strandersatzmaßnahmen in idealisierter Form implementiert werden. Die Lage der Bauwerke wird durch die Anfangs- und Endpunkte (im x, y-Koordinatensystem) beschrieben. Für Buhnen und andere teildurchlässige Bauwerke wird zusätzlich die Bauwerksspermeabilität benötigt. Die Permeabilität beschreibt das Verhältnis von transmittierter zu einlaufender Wellenenergie ($K_p = H_t^2/H_i^2$).

Die Berechnungen wurden jeweils für ein mittleres, signifikantes Jahr durchgeführt.

Ergebnisse der Modellrechnungen

Die Ergebnisse der Modellrechnungen sind in Abb. 4 und Abb. 5 dargestellt. Insgesamt werden im betrachteten Küstenabschnitt etwa $Q_{NE}=300.000\text{m}^3/\text{a}$ in Richtung NE transportiert und etwa $Q_{SW}=100.000\text{m}^3/\text{a}$ in Richtung SW. Netto werden etwa $Q_{NET}=200.000\text{m}^3/\text{a}$ in Richtung NE transportiert. Hier handelt es sich somit um einen der aus Sicht des Sedimenttransports aktivsten Küstenabschnitte in der gesamten westlichen Ostsee.

Aus Abb. 4 und Abb. 5 ist zudem zu erkennen, dass die Sedimenttransportkapazitäten im Bereich des geplanten Wellenbrechers deutlich beeinflusst werden. Der Bereich, in dem der Wellenbrecher geplant ist, ist entsprechend mit eingetragen. Es ist deutlich zu erkennen, dass sich im geschützten Bereich die Sedimente ansammeln werden. Der Strand wächst bis an den Wellenbrecher heran und ein sogenannter Tombolo bildet sich aus. Ebenso deutlich ist zu erkennen, dass im nordöstlich anschließenden Leebereich des Wellenbrechers die sogenannte Lee-Erosion wirksam wird. Vgl. auch die Ausführungen in IWR (2018) sowie die Abb. 6 in IWR (2018). Rechnerisch wird die Küste ohne begleitende Maßnahmen wie beispielsweise eine Initialvorspülung im Leebereich signifikant um 60m bis 70m zurückweichen.

Die Lee-Effekte lassen sich prinzipbedingt dem Grunde nach nicht vermeiden, können jedoch durch eine sogenannte Initialvorspülung von Sedimenten weitgehend abgemindert werden. D.h. das zu erwartende Gleichgewichtsmorphologie wird im Zuge des Baus der Wellenbrecher mittels einer Strand-Ersatzmaßnahme direkt hergestellt. Es wird sich dann das dynamische morphologische Gleichgewicht einstellen und die Sedimente werden vergleichsweise schnell seewärts des Wellenbrechers in den Lee-Bereich des Wellenbrechers transportiert werden. Erfolgreiches Beispiel für die Wirksamkeit von Initialvorspülungen ist das Wellenbrechersystem am Streckelsberg auf Usedom.

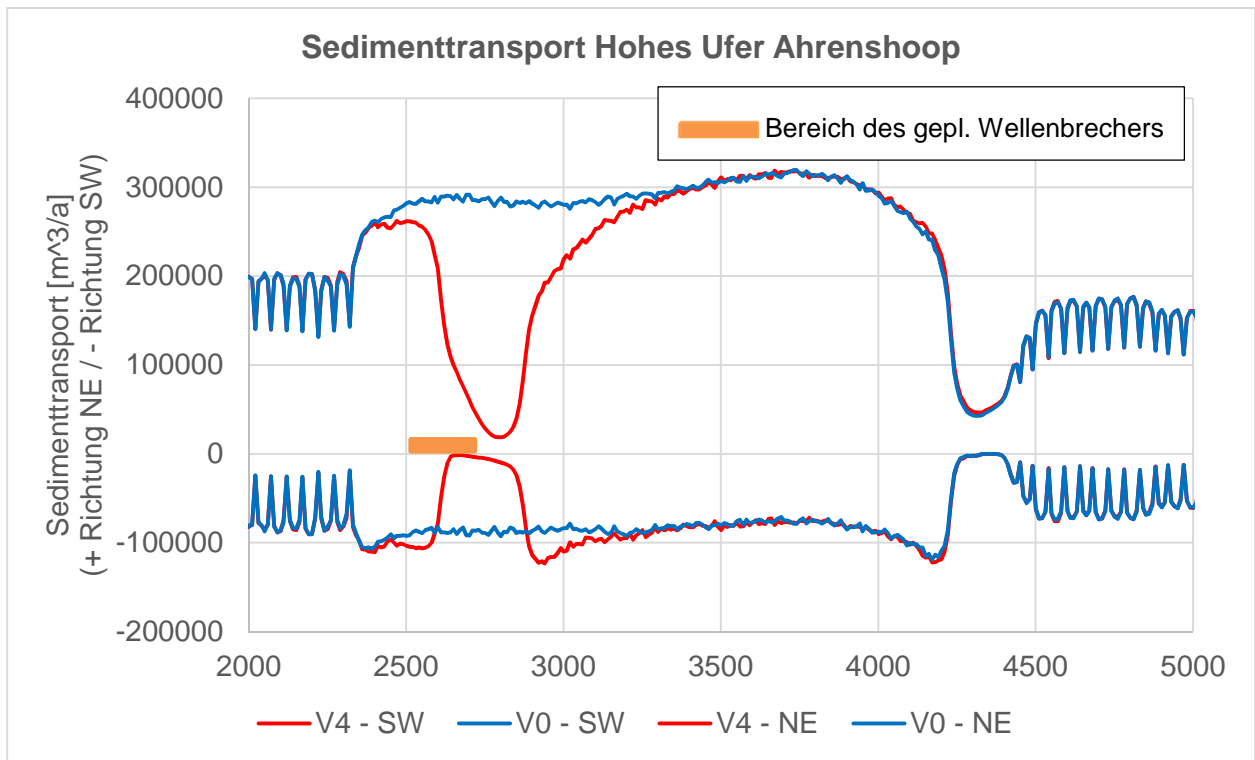


Abb. 4: Sedimenttransportkapazitäten im Bereich Hohes Ufer Ahrenshoop

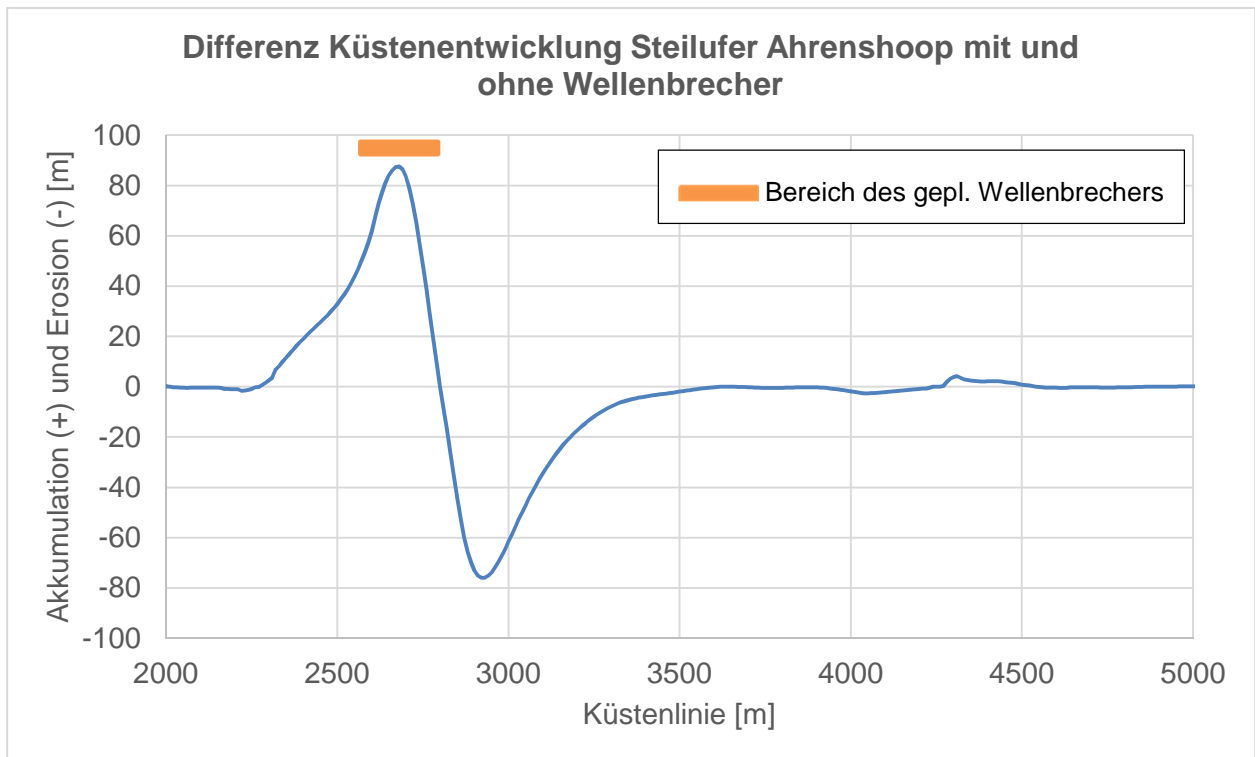


Abb. 5: Differenz Küstenlinienentwicklung mit und ohne Wellenbrecher

4 Zusammenfassung

IWR-Consult führt im Auftrag der b&o ingenieure Untersuchungen zum Sedimenttransport und zu morphologischen Entwicklung im Küstenabschnitt Wustrow / Ahrenshoop durch mit dem Ziel, in einem numerischen Model die Auswirkungen von geplanten Schutzbauwerken auf die zukünftige Küstenentwicklung und auf die Aktivität des Steilufers zu bewerten.

Im vorliegenden Bericht sind die Untersuchungen zur Abschätzung der Auswirkung der Variante 4 „einzelner Wellenbrecher“ zusammengefasst. Demnach sind die gewünschten positiven Wirkungen des Wellenbrechers besonders im geschützten Bereich sowie südwestlich daran anschließend deutlich zu erkennen. Die prinzipiell nicht zu verhindernden Lee-Wirkungen werden jedoch ebenfalls deutlich. Es wird zur Abminderung der negativen Lee-Effekte empfohlen, das zu erwartende dynamische Gleichgewicht mittels einer Strandersatzmaßnahme im Zuge der Baumaßnahme zu erstellen.

Kühlungsborn, 15. Dezember 2018



Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle

5 Schrifttum

BRUUN, P., 1954. Coast erosion and the development of beach profiles. Technical Memorandum No. 44, Beach Erosion Board, U.S.Army Corps of Engineers

DEAN, R.G., 1977. Equilibrium beach profiles: U.S. Atlantic and Gulf coasts. Ocean Engineering Report No. 12, Department of Civil Engineering, University of Delaware, Newark, DE.

Hanson, H. and Kraus, N.C. „Genesis: Generalized model for simulating shoreline change. Technical Report CERC-89-19. U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Mississippi, 1989

IWR-Consult „Wasserbauwerke zur Sicherung der touristischen Infrastruktur im Bereich des Hohen Ufers bei Ahrenshoop / Ostsee - Grundsätzliche Situation des Sedimenttransportes im Untersuchungsgebiet und Ermittlung der Nullvariante (Sedimenttransport ohne zusätzliche weitere Bauwerke)“, unveröffentlichte gutachterliche Stellungnahme, Rostock, Hamburg, Kühlungsborn, Januar 2018