

Sicherung einer durch Wellenbelastung abbruchgefährdeten Böschung am Großkaynaer See

Massive Wellenbrecher wurden an einem Tagebaurestsee erfolgreich zum Schutz eines abbruchgefährdeten Ufers eingesetzt.

Von Harold Wagner, Ronald Wagner, Carsten Günther, Ralf Reinsch, Frank Köhler

Am Großkaynaer See war ein ca. 650 m langer Uferabschnitt akut abbruchgefährdet und musste deshalb für die Öffentlichkeit gesperrt werden. Durch eine Kombination von vorgelagerten Wellenbrechern und Unterwasserschwellen konnte von der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbauverwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) eine dauerhafte, wartungsarme, landschaftsgestaltende Sicherung durchgeführt werden, die zukünftig auch die touristische Nutzung erleichtert.

Lagebeschreibung

Der Großkaynaer See (ehemals Südfeldsee) ist aus dem ehemaligen Tagebau Kayna-Süd entstanden. Er gehört zusammen mit Geiseltalsee, dem Runstedter See und dem Hasse See zum Geiseltaler Seengebiet (siehe Abb. 1). Er liegt etwa 40 km westlich von Leipzig und zirka 25 km südlich von Halle.

Von 1996 bis 2009 wurde der Großkaynaer See überwiegend aus Tiefbrunnen befüllt. Zusätzlich erfolgte eine Flutung mit Saalewasser vom Mai 2003 bis Juli 2004. Vorgesehen ist eine Füllung bis zum Endwasserstand von 98,00 m NHN, die seit Mai 2008 ausschließlich durch Eigenaufgang (Grundwasseranstieg) erfolgt. Dann hat der Großkaynaer See eine Wasserfläche von 2,6 km², eine Uferlänge von 7,5 km, eine maximale Wassertiefe von 22 m und ein Volumen von ca. 26,7 Mio. m³. Momentan liegt der Wasserspiegel etwa auf einer Höhe von 97,70 m NHN.

Der Großkaynaer See wird schon heute zu vielfältigen touristischen Aktivitäten genutzt. Im nördlichen Teil, in unmittelbarer Nähe der Ortslage Großkayna, haben sich ein kleiner Yachthafen sowie ein Surfstützpunkt angesiedelt. Im Nordosten ist ein Strand- und Badebereich entstanden. Der Südteil des Sees mit seinen Ufergebieten und einer Gesamtfläche von 222 ha ist europäisches Vogelschutzgebiet.

Böschungssituation zwischen Badestrand und Vogelschutzgebiet

2009 musste bei einer geotechnischen Kontrollbefahrung der LMBV festgestellt werden, dass die Nordostböschung zwischen Badestrand und Vogelschutzgebiet (siehe Abb. 1) am Großkaynaer See unter starken Abbruch geraten war. Auf einer Länge von ca. 650 m waren Kliffbildungen mit bis zu 1,5 m Höhe entstanden. Abb. 2–Abb. 4 zeigen diesen Zustand.

Diese Situation wurde vom zuständigen Landesamt für Geologie und Bergwesen als gefährlich eingestuft, worauf vom Ordnungsamt Braunsbedra der Uferabschnitt für die Öffentlichkeit gesperrt wurde.

Die LMBV strebte daraufhin eine dauerhafte, wartungsarme, landschaftsgestaltende Böschungssicherung an, die einerseits den durch Welleneinwirkung bedingten fortschreitenden Erosionen Einhalt gebietet und andererseits dem Naturschutz und der touristischen Nutzung entgegen kommt

Planung der Sicherungsmaßnahmen

Als Grundkenndaten zur Sanierung wurden zunächst **die Werte der Tabelle unten (Tab. 1)** ermittelt. Zusammen mit einer Sedimentbilanz des Uferabschnittes konnte **so** zunächst geschlussfolgert werden, dass die Abbrüche durch zu steile Gestaltung der Unterwasserböschung ($m_A = 10$) und durch Nichtbeachtung von Erosionsbereichen im Uferlängstransport entstanden waren. Für die zu planenden Sicherungsmaßnahmen standen grundsätzlich drei Möglichkeiten zur Auswahl:



Abb. 1: Geiseltaler Seengebiet mit Großkaynaer See (Tagebaurestloch Kayna-Süd)

Abb. 2: Abbruch im Anschluss an den Badestrand

Abb. 3: Kliffabbruch mit Blickrichtung Südwest

Abb. 4: Kliffbildung am südlichen Ende der Abbruchzone

1. flacher Böschungsverbau mit den anstehenden Materialien durch Einebnung,
2. massiver Böschungsverbau in der Uferlinie,
3. Schutzmaßnahmen im Unterwasserbereich, wasserseitig vor der Kliffkante.

Als Grundkenndaten zur Sanierung wurden zunächst ermittelt:

Maßgebende Wellenbelastung:	20-jähriges Ereignis	100-jähriges Ereignis
signifikante Wellenhöhe	$H_S = 0,50$ m	$H_S = 0,60$ m
Peakperiode	$T_P = 2,22$ s	$T_P = 2,38$ s
mittlere Wellenlänge	$\lambda_m = 6,56$ m	$\lambda_m = 7,51$ m
Ausgleichneigung	$m_A = 15,05$	
Grenztiefe der Sedimentation und Erosion	$h_{u,eff} = 1,66$ m,	
notwendiger Steindurchmesser für geschüttete Befestigungen $D \geq 0,18$ m.		

Tab. 1 (?)

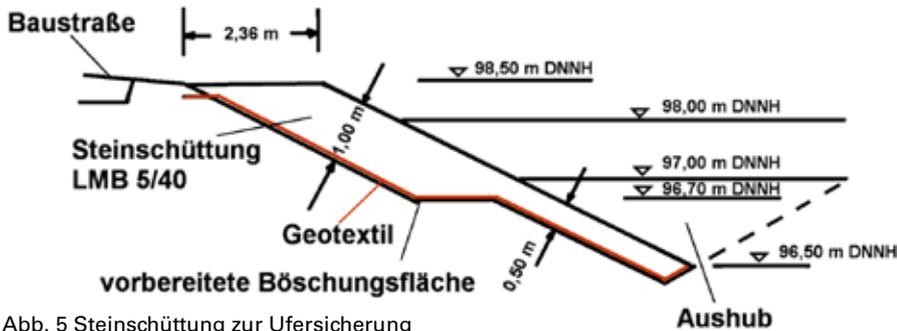


Abb. 5 Steinschüttung zur Ufersicherung

Zu 1: Jedwede Abflachung ist gleichbedeutend mit einer landwärts gerichteten Verschiebung der Uferlinie. Der Einbau der ausgewiesenen wesentlich flacheren Gleichgewichtsböschung von 1:15 ist deshalb von vorn herein mit Landverlust verbunden. Trotzdem wird damit unter den vorliegenden Verhältnissen kein unveränderlicher Endzustand geschaffen, weil weiterhin umfangreiche Uferabschnitte im Erosionsbereich des Uferlängstransport liegen. Lokale Rückverlegungen der Wasserlinie gegenüber dem vorhandenen Zustand sind in diesem Gebiet zu erwarten. Es müssten deshalb zusätzlich weitere Maßnahmen (z. B. Bühnenbau) ergriffen werden, um diese Erosionen zu vermindern.

Zu 2: Alternativ zur Böschungsabflachung ist ein massiver Verbau der vorhandenen Uferlinie mit einer Steinbefestigung möglich. Empfehlenswert wäre eine Schüttung von Wasserbausteinen der Kategorie LMB 5/40 mit einer Neigung von 1:2 auf einem Geotextil sowie mit Bezug auf die noch zu erwartenden Sohlveränderungen im Vorland und dem noch vorläufig noch nichterreichten Endwasserstand mit Abmessungen nach Abb. 5. Die Auswirkungen dieser Befestigung auf die anschließenden Uferbereiche sind unter den vorliegenden Bedingungen relativ gering. Trotzdem wird empfohlen, zur Abgrenzung zum Badestrand eine Hakenbühne anzuordnen.

Zu 3: Während die Abflachungen die Böschungserosionen minimieren aber trotzdem weiterhin Unterhaltungsarbeiten erfordern, lässt die dauerhafte und weitgehend wartungsfreie Uferbefestigung durch die Steinschüttung zahlreiche Wünsche in landschaftsgestalterischen und naturschutzfördernden Aspekten offen. Zur Ausführung wurde deshalb eine Bauvariante gewählt, die einerseits einen optimalen Schutz bietet auch den Erhalt der jetzigen Uferlinie garantiert, andererseits aber auch im Endzustand einen nur geringen Eingriff in das Landschaftsbild darstellt sowie Flora und Fauna im Uferbereich aktiv unterstützt.

Geplant wurden poröse, uferparallele Bauten im vorgelagerten Unterwasserbereich bei etwa $d = 1,60$ m Wassertiefe. Nutzungsmäßig wurde gefordert, dass auch bei einem hundertjährigen Ereignis die lokale Uferbelastung eine transmittierte signifikante Wellenhöhe von $H_{ST} = 0,30$ m nicht überschreitet und der Mittelwert auf dem gesamten Abschnitt unter der Größe von $H_{ST} = 0,15$ m verbleibt. Gewährleistet wurde das durch Bau von steingeschütteten Wellenbrechern, die abschnittsweise über den Endwasserspiegel hinaus reichten und andererseits als überströmte Unterwasserwellenbrecher angeordnet wurden

Bemessungsgrundlagen

Als Bemessungsgrundlagen dienen verallgemeinerte Ergebnisse von Modellversuchen [1], [2], [3], [4]. Für das Verhältnis von transmittierter signifikanter Wellenhöhe zur signifikanten Höhe anlaufender Wellen gilt danach für den Bereich $-0,3 \leq h/H_S \leq 0,1$:

$$\frac{H_{ST}}{H_S} = c_T = \left\{ 0,71 \cdot \left[1 + \frac{\cosh 2 \cdot k \cdot d - \cosh 2 \cdot k \cdot (d - h)}{\cosh 2 \cdot k \cdot d - 1} \right]^{1/2} + c'_T \right\} \cdot k_B$$

mit c'_T nach Abb. 6 und k_B nach Abb. 7.

Es gilt für $\Delta h / H = \Delta h / H_S = \pi \cdot H_S \cdot \lambda_m^{-1} \cdot \coth k \cdot d$ und für $k = 2 \cdot \pi / \lambda_m$.

Es bezeichnen:

- h [m] Wassertiefe über der Krone des Unterwasserwellenbrechers
- B [m] Kronenbreite des Unterwasserwellenbrechers
- d [m] Mittel der Wassertiefe vor und hinter dem Unterwasserwellenbrecher
- c_T [1] Transmissionswert
- λ_m [m] mittlere Wellenlänge
- H_S [m] signifikante Wellenhöhe der anlaufenden Welle
- H_{ST} [m] signifikante Wellenhöhe der transmittierten Welle

Mit $d = 1,60$ m, $B = 1,80$ m, $\lambda_m = 7,51$ m, $H_S = 0,60$ m und $H_{ST} = 0,30$ m folgt daraus $h = 0,20$ m.

Das Verhältnis von Systembreite L_G (Länge des Unterwasserwellenbrechers + Länge des Wellenbrechers, der über den Wasserspiegel hinausgeht) zur Öffnungsbreite L_O (Länge des Unterwasserwellenbrechers) ergibt sich aus dem Verhältnis der Wellenenergien (Verhältnis der Quadrate der Wellenhöhen), d. h.: $L_G / (L_O \geq (0,30 \text{ m})^2 / (0,15 \text{ m})^2 = 4$. Wird weiterhin in Rechnung gestellt, dass noch ein geringer Teil der Energie der anlaufenden Wellen durch die Poren der Steinschüttung in den Raum hinter den Wellenbrecher transmittiert wird, so kann mit $L_G / L_O = 5$ bemessen werden. Als Öffnungsbreite L_O wurde die anderthalbfache Wellenlänge des 100-jährigen Ereignisses $L_O = 11,0$ m gewählt. Daraus ergibt sich eine Systemlänge von $L_G = 55,00$ m sowie eine Länge des über den Wasserspiegel hinausragenden Wellenbrechers von $L_{WL} = 44$ m.

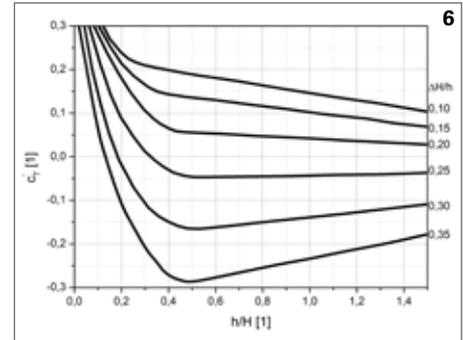


Abb. 6 Korrekturwert

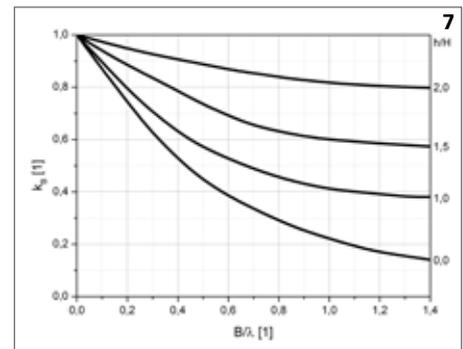


Abb. 7 Kennzeichnung des Breiteninflusses der Krone des Unterwasserwellenbrechers

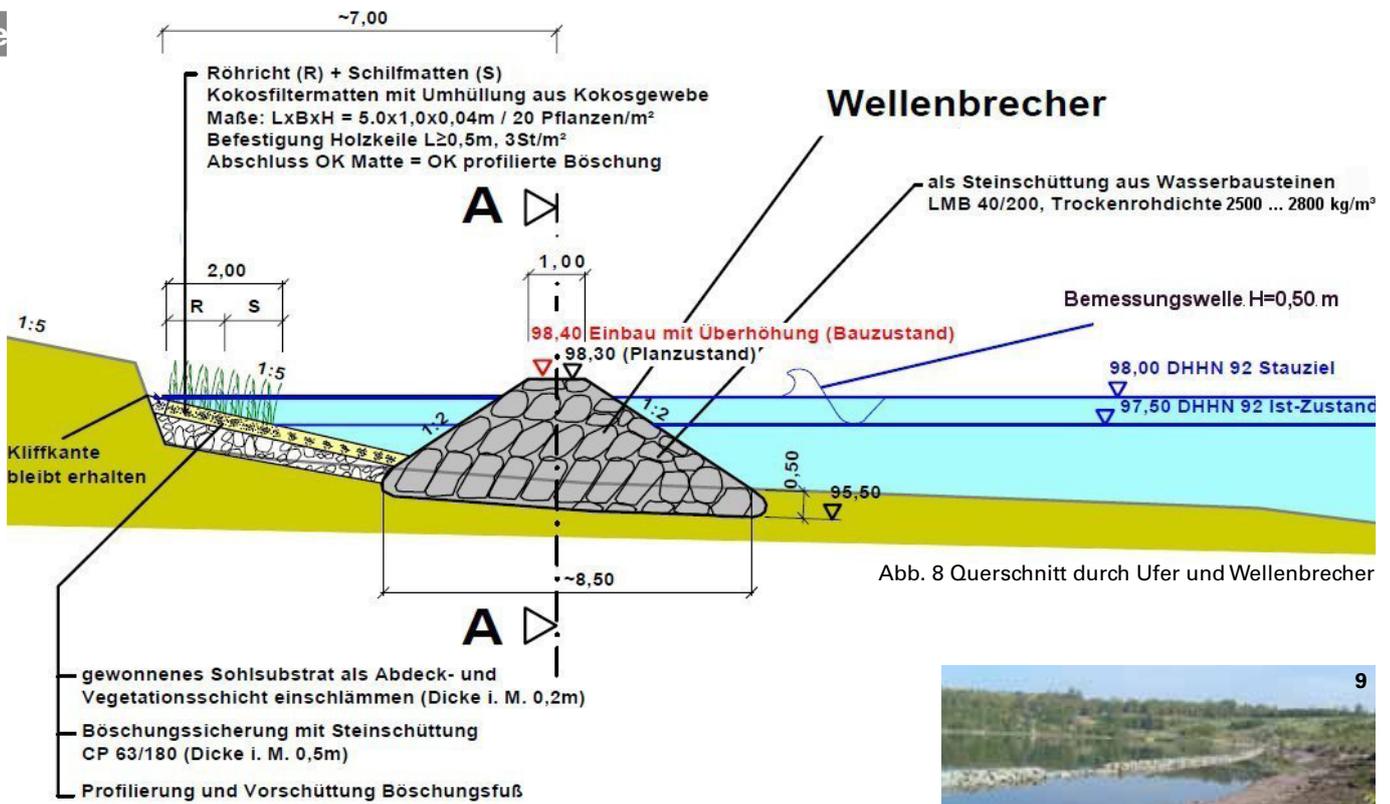


Abb. 8 Querschnitt durch Ufer und Wellenbrecher

Ausführung

Ein Geländequerschnitt durch einen zwischen realisierten Wellenbrecher ist in Abb. 8 dargestellt.

Wellenbrecher und die verbindenden Unterwasserwellenbrecher sind einheitlich mit Wasserbausteinen der Kategorie LMB 40/200 aufgebaut worden. Mit diesem Material hätten auch Böschungsneigungen von 1:1,2 wellenstandsicher errichtet werden können. Mit Rücksicht auf eventuelle Gefährdungen bei touristischer Nutzung (z. B. Angler) wurden mit größerem Materialaufwand Böschungsneigungen von 1:2 ausgeführt. Im Bereich zwischen Wellenbrecher und Ufer wurde landseitig durch Verlegung von Schilf- und Röhrichtmatten ein ufernaher, regional üblicher Bewuchs eingebracht. Die Abb. 9 bis Abb. 13 zeigen Einzelheiten und Gesamteinbindung der Wellenbrecher im Bau und nach ihrer Fertigstellung.

Obwohl auf dem Bildmaterial von den Schilf- und Röhrichtpflanzungen noch sehr wenig zu sehen ist und auch zum geplanten Endwasserspiegel von 98,00 m NHN noch knapp 40 cm fehlen, ist auf Abb. 9 bis Abb. 13 zu erkennen, dass der abbruchgefährdete Uferbereich nachhaltig und dauerhaft saniert wurde. Es ist ebenso ersichtlich, dass die Baumaßnahme mit Erreichen des Endwasserspiegels, wenn die Wellenbrecher nur noch eine Steingröße aus dem Wasser herausragen und wie ein vorgelagertes sichtbares Riff wahrgenommen werden, einen minimalen Eingriff in

das Landschaftsbild darstellt. Der geschützte Bereich zwischen Wellenbrecher und Uferlinie mit seinen Hohlräumen in den Wellenbrechern und seinen Nährstoffen im ufernahen Gebiet wird ein Habitat für Wasserpflanzen und Wassertiere. Schließlich hat auch die dauerhaft begrünte Uferzone alle Chancen ein touristisches Highlight für Camper und Angler zu werden.

Schrifttum:

- [1] Wagner, H.: Entwicklung von Einbauten im küstennahen Seeraum zum Zwecke der Verminderung der Angriffskräfte auf Seeboden und Ufer durch Seegangsbeeinflussung. Forschungsarbeit, Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau, Berlin, 1973
- [2] Wagner, H.: Hydraulic parameters for the performance of solid breakwaters, Proc. 17th Congress of IAHR, Baden-Baden, 1977
- [3] Wagner, H.: Sicherung stark beanspruchter Küstenstrecken durch Wellenbrecher. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, H. 5, 1979

Verfasser:

Prof. Dr. Ing.-habil. Harold Wagner,
 Dr. Ronald Wagner,
 beide Fluss- und Seebau-Consult,
 Am Havelblick 5 a, 14473 Potsdam
 Dipl.-Ing. Carsten Günther,
 Dipl.-Ing. Ralf Reinsch
 beide Lausitzer und Mitteldeutsche
 Bergbauverwaltungsgesellschaft mbH,
 Walter Köhn-Straße 2, 04356 Leipzig
 Dipl.-Ing. Frank Köhler,
 Dr.-Ing. Heinrich Ingenieurgesellschaft,
 Zuger Straße 9, 09599 Freiburg/Sachsen



Abb. 9: Bauzustand des Wellenbrechers

Abb. 10: fertiggestellter Wellenbrecher am Ostende

Abb. 11: Blick auf die Gesamtanlage

Abb. 12: Wellenbrecher mit Öffnungen, Blickrichtung Südwest

Abb. 13: Diffraktionserscheinungen an der Mittelloffnung eines Unterwasserwellenbrechers