

# Einsatz schwimmender Wellenbrecher

Wagner, H., Götze A., Reinsch R., Kaiser H.J.

## Einsatz schwimmender Wellenbrecher im Geiseltalsee bei Mücheln:

Am Westufer des Geiseltalsees (siehe Abb.1)



Abb.1 Lage des deformierten Böschungsbereiches im Seegebiet Geiseltal

war es bereits Ende der 90-er Jahre zu beachtlichen Rutschungen und Böschungsabbrissen gekommen (siehe Abb.2).



Abb. 2 Böschungsdeformation Mueheln (Westböschung), Blickrichtung Süd

Ursache dafür war das anstehende sehr feinkörnige Bodenmaterial mit Wasseraufsättigung und Hinterströmung.

Während der Füllphase verschlechterte sich diese Situation. Die Deformationsbereiche weiteten sich nach Norden und hinten aus (siehe Abb.3).

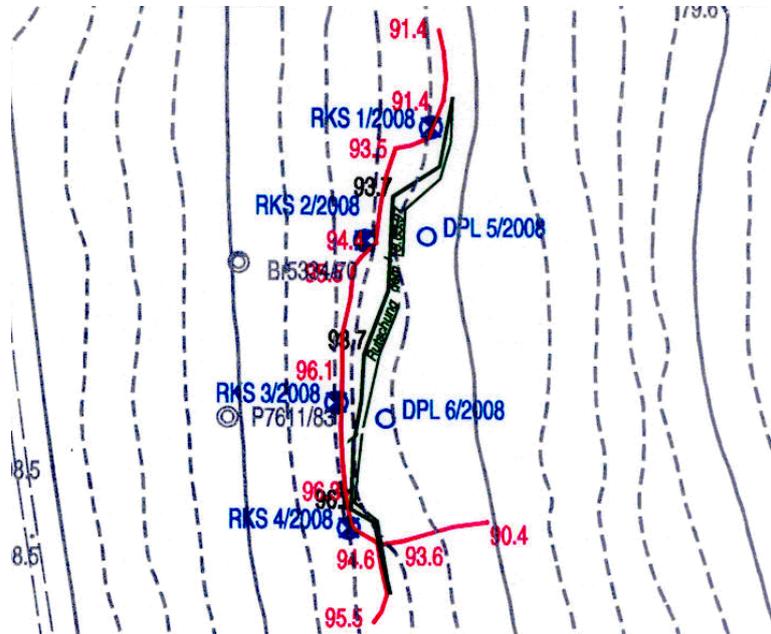


Abb. 3 Veränderung der Abrisskonturen zwischen 1997 und 2008

Die grüne Linie stellt dabei die Risslinie von 1997 dar. Die rote Linie kennzeichnet die Abrisslinie von 2008. Abrisskanten mit Sprunghöhen bis zu 2,5 m erreichten 2008 die Basishöhe der geplanten Ufersicherung.

Um durch Wellenerosion ein weiteres Ausräumen der Böschung und eine Steigerung der Rutschgefährdung zu vermeiden, wurde bis zum Erreichen des Endwasserstandes der Einsatz von schwimmenden Wellenbrechern auf einer Uferlänge von ca. 120 m geplant. Schwimmende Wellenbrecher können bei entsprechender Dimensionierung effektiv Wellenwirkungen vermindern.

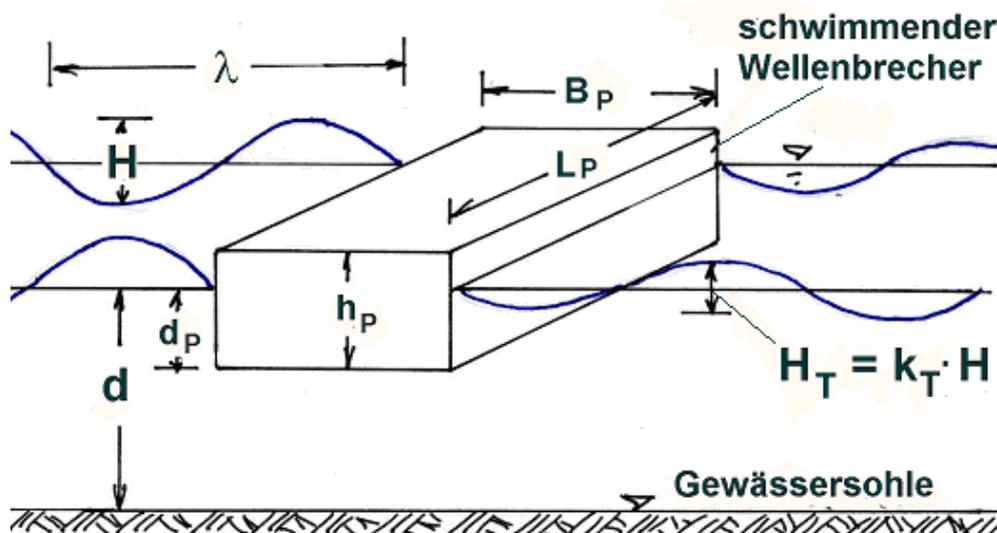


Abb. 4 Systemdarstellung

In Abb.4 ist die Dämpfungswirkung eines quaderförmigen Schwimmkörpers schematisch dargestellt. Die anlaufende Welle mit der Höhe H wird durch den schwimmenden Wellenbrecher auf die

transmittierte Welle reduziert. Diese hat eine Wellenhöhe  $H_T = k_T \cdot H$ .

Der Reduktionsfaktor  $k_T$  kann abgeschätzt werden mit

$$k_T \cong \frac{g \cdot T_m^2 \cdot \sinh \frac{2 \cdot \pi \cdot (d - d_p)}{\lambda_m}}{2 \cdot \pi^2 \cdot (B_p + d \cdot \tanh 3,5 \cdot d_p / d) \cdot \cosh \frac{2 \cdot \pi \cdot d}{\lambda_m}} \cdot f \left( \frac{T_T}{T_m}, \frac{T_K}{T_m} \right)$$

wenn in erster Näherung  $f(T) = 1$  gesetzt wird.

In dieser Beziehung bezeichnen:

d	Wassertiefe
$d_p$	Eintauchtiefe des Schwimmkörpers (Pont)
$h_p$	Höhe des Schwimmkörpers
H	Wellenhöhe
$H_T$	transmittierte Wellenhöhe
$H_{\max}$	maximale Wellenhöhe
$T_m$	mittlere Wellenperiode
$T_T$	Tauchperiode des schwimmenden Wellenbrechers
$T_K$	Rollperiode der schwimmenden Wellenbrechers
$d_p$	Eintauchtiefe des Schwimmkörpers
$B_p$	Breite des Schwimmkörpers (Länge in Wellenrichtung)
$\lambda_m$	mittlere Wellenlänge

Zur Realisierung des erforderlichen Böschungsschutzes wurden zeitbegrenzt Stegelemente der geplanten Marina Mücheln benutzt (siehe Abb.5).



**Abb.5 Grundkörper eines Stegelementes beim Transport**

Diese Schwimmkörper hatten Abmessungen von  $h_p = 1,30$  m,  $B_p = 3,0$  m sowie  $L_p = 15$  m und 20 m und Tauchungen von  $d_p = 0,70$  m.

Da sich die Wellendämpfung wesentlich verbessert, wenn die Schwimmkörper tiefer ins Wasser eintauchen, wurden die vorhandenen Stegelemente bei ihrer Nutzung als Wellenbrecher, zusätzlich mit Ankerklötzen belastet. Bei Erhalt der Schwimmstabilität (megazentrische Höhe 0,20 m über dem Wasserspiegel) wurde mit Belastungen von jeweils 18 t ( $L_p = 20$  m) bzw. mit 13,5 t ( $L_p = 15$  m) Tauchungen von  $d_p = 1,00$  m erreicht.

Die Anordnung der Stegelemente als Wellenbrecher erfolgte als aufgelöste Gruppe in 2 m Wassertiefe (siehe Abb.6 und 7)



**Abb. 6 Anordnung der Wellenbrecher als gestaffelte Einheit**



**Abb. 7 Wellenbrecher im Einsatz vor dem gefährdeten Böschungsabschnitt**

Mit dieser Anordnung wurden Wellendämpfungen hinter den Wellenbrechern von

$$k_{T/\tau=1} = 0,106$$

und

$$k_{T/\tau=100} = 0,140$$

vorausgesagt. Diese Kennwerte besagen, dass die signifikante Wellenhöhe  $H_S$  des 1-jährigen Ereignisses von 0,32 m auf 0,03 m und die des 100-jährigen Ereignisses von 0,41 m auf 0,06 m vermindert wird. Gleichzeitig verringert sich damit die in die Böschung eingetragene Wellenenergie um 99% auf 1 % bzw. um 98% auf 2 % des Ausgangswertes.

Problemlos konnte während der Einsatzzeit die Arbeitshöhe der Wellenbrecher durch Veränderung der Ankerlängen dem steigenden Wasserspiegel angepasst werden.

Nach etwa einjähriger Einsatzzeit kann festgestellt werden, dass die erwartete und vorhergesagte Wellendämpfung eingetreten ist. Gleichzeitig konnte damit die vorher aufgetretenen, fortschreitende Böschungsdeformationen gestoppt werden.

Nach diesem ersten, erfolgreichen Einsatz schwimmender Wellenbrecher im Bereich der LmbV sollte die weitere Nutzung dieser umweltschonenden Baugestaltung, mit zahlreichen weiteren Vorteilen vorangetrieben werden. Zu diesen Nutzungsvorteilen gehören:

- besondere Wirtschaftlichkeit bei Einsatzes in relativ großen Wassertiefen
- problemloses Anpassen der Schutzwirkung an veränderliche Wasserspiegellagen
- vergleichsweise geringer Aufwand im Vergleich zu massiv gegründeten Sanierungsmaßnahmen ohne Schwierigkeiten beim Aufbau im Wasser bzw. bei teilweise fortgeschrittener Flutungszustand in einer Reihe von Tagebaurestseen
- einfache Realisierbarkeit von nachträglichen Korrekturen des Standortes
- Möglichkeiten eines nacheinander folgenden örtlich flexibeln Funktionseinsatzes sowie Sekundär- und Mehrfachnutzung.

Neben Sekundärnutzungen als Stege, Anleger, schwimmende Straßen, Badeinseln sowie als schwimmende Basis für Bauten unterschiedlicher Nutzungsfunktionen sind diese wellendämpfenden Elemente vorrangig zur Verringerung des Böschungsabbruches sowie zur Beeinflussung des Transportes von Sediment entlang der Ufer einsetzbar.

In Anlehnung zur Wirkung fester Wellenbrecher an Meeresufern erscheint der Einsatz schwimmender Wellenbrecher in Tagebaurestseen zur Uferliniengestaltung empfehlenswert.

Abb.8 zeigt eine Gruppe fester Wellenbrecher vor Koserow (Ostsee, Mecklenburg-Vorpommern) und ihre Wirkung auf das dahinter liegende Ufer.

Im Schatten der drei Wellenbrecher (siehe Abb.9) hat sich landseitig statt des vorher erosionsgefährdeten Bereichs ein aus 3 Höfts und 2 Buchten gebildeter stabiler Strandabschnitt aufgebaut.

Dieses Phänomen kommt dadurch zu Stande, dass im Schatten der Wellenbrecher die Wellen gedämpft und sowohl Uferlängs- wie auch Uferquertransport zunächst vermindert werden. Je nach Auslegung der Wellenbrecher wird dabei ein Großteil des mitgeführten Sediments als Höft im Schutz der Wellenbrecher abgelagert. Als Ergebnis entsteht schließlich eine relativ stabile buchtenförmige Strandlinie.

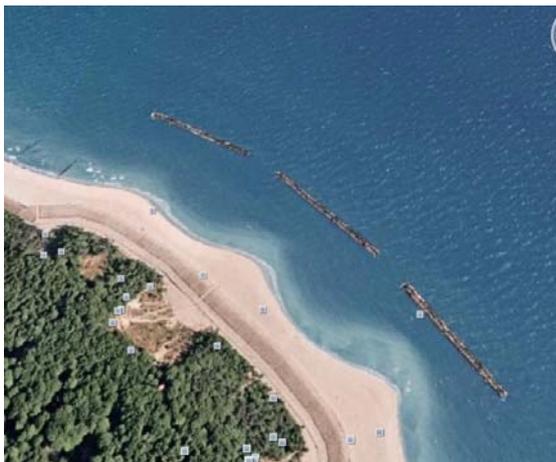


Abb. 8 Wellenbrecher bei Koserow (Streckelsberg)

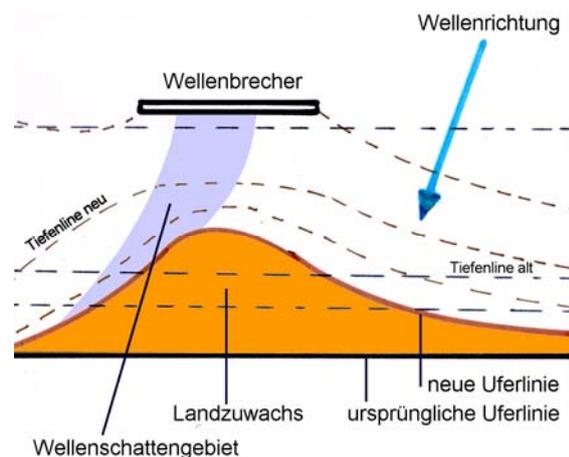
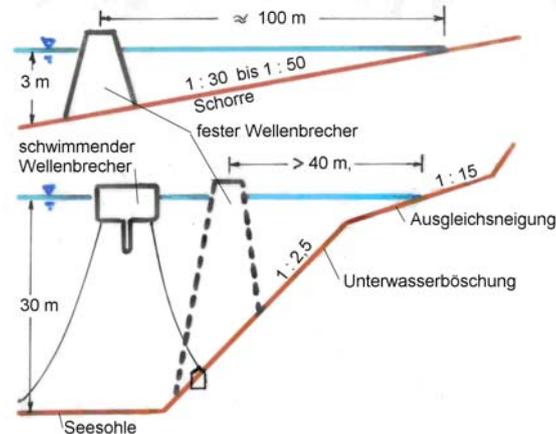


Abb. 9 Wirkung eines freistehenden Wellenbrecher

Bei dem Versuch der direkten Übertragung dieses Wirkprinzips von festen Wellenbrechern auf die Ufergestaltung von Tagebaurestseen treten durch die dort vorhandenen, relativ steilen Böschungen Schwierigkeiten auf. Diese Schwierigkeiten sind darin begründet, dass die Bauwerke in relativ großen Wassertiefen (siehe Abb.10) platziert werden müssten und damit voluminös und sehr teuer würden.

Hier bieten schwimmende Wellenbrecher eine Möglichkeit, gepaart mit weiteren Vorteilen, das gleiche Wirkprinzip der Wellendämpfung und der Sedimentablagerung auf die Uferliniengestaltung Bergbaunachfolgeseen erfolgreich zu übertragen.



**Abb. 10 Vergleich zwischen Strand Ostsee und Uferböschung Tagebaurestsee**

Einen stichhaltigen Beweis für diese Behauptung liefert die Versandung des schwimmenden Hauses auf der Halbinsel Skado im Partwitzer See.

Hier war aus Schwimmstegen des gleichen Herstellers wie in Mücheln die in Abb. 11 und 12 dargestellte Anlage errichtet worden.

Die uferparallelen Stege wirkten als schwimmende Wellenbrecher, deren Effekte durch den Längssteg T-buhnenartig noch vergrößert wurde.



**Abb. 11 Schwimmendes Haus (Ausgangszustand)**



**Abb.12 Schwimmendes Haus (Ausgangszustand)**

Durch diese Situation stellte sich bald eine massive Versandung ein (siehe Abb. 13 und 14), die in diesem Fall schließlich zur völligen Versandung der Anlage führte (siehe Abb.15).

Der Entwurf von Ufersanierungen für Tagebaurestseen mit schwimmenden Wellenbrechern sollte stets auf der Grundlage einer detaillierten Sedimentbilanz des entsprechenden Bereiches erfolgen. Im Gegensatz zu Strandabschnitten mit flachen Böschungen ist bei Tagebaurestseen im Allgemeinen bei der Projektierung des Uferschutzes durch schwimmende Wellenbrecher darauf zu achten, dass bei zu großen Uferabständen der ankommende Sedimenttransport in große Wassertiefen abgedrängt werden kann und damit verloren geht.

Ein Experimentalbau dieser äußerst umweltschonenden Sanierungsmethode wäre wünschenswert.



Abb.13 deutlich sichtbarer Sandeintrag



Abb.14 deutlich sichtbarer Sandeintrag



Abb.15 eingetretene starke Versandung des schwimmenden Hauses

Der Entwurf von Ufersanierungen für Tagebaurestseen mit schwimmenden Wellenbrechern sollte stets auf der Grundlage einer detaillierten Sedimentbilanz des entsprechenden Bereiches erfolgen. Im Gegensatz zu Strandabschnitten mit flachen Böschungen ist bei Tagebaurestseen im Allgemeinen bei der Projektierung des Uferschutzes durch schwimmende Wellenbrecher darauf zu

achten, dass bei zu großen Uferabständen der ankommende Sedimenttransport in große Wassertiefen abgedrängt werden kann und damit verloren geht.  
Ein Experimentalbau dieser äußerst umweltschonenden Sanierungsmethode wäre wünschenswert.