

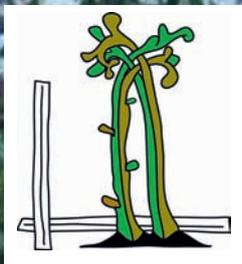


zukunft  
1909-2010  
denken

Mitteilungsblatt Nr. 3, September 2010  
Bulletin n° 3, septembre 2010  
ISSN 1422-0008

# Ingenieurbiologische Herausforderungen Die Anwendungen von Gehölzstrukturen im Wasserbau

*Les enjeux du génie biologique  
L'utilisation des structures en bois dans  
l'aménagement hydraulique*



Universität für Bodenkultur Wien  
Department für Bautechnik und  
Naturgefahren

# INGENIEURBIOLOGIE GENIE BIOLOGIQUE

# Die Anwendung ingenieurbioologischer Bauweisen bei Flusdeichen

Ronald Haselsteiner

## in Anbetracht der Erhöhung der Standsicherheit Möglichkeiten und Grenzen

### Zusammenfassung

Die Sicherung von Deichen mittels ingenieurbioologischer Bauweisen ist Stand der Technik und gehört insbesondere beim oberflächigen Erosionsschutz in Form einer geschlossenen Gras- und Kräuternarbe zu den in den Normen empfohlenen Bauweisen. Weit aus komplexer stellt sich die Berücksichtigung der standsicherheitserhöhenden Wirkung von Gehölzen an und auf Deichen dar, da hierbei eine Vielzahl an Beeinträchtigung auftreten kann. Dennoch bieten zahlreiche ingenieurbioologische Kombinationslösungen Platz, den geotechnischen und wasserbaulichen Aspekten ebenso zu genügen wie z.B. den Anforderungen des Naturhaushaltes und der Landschaftsgestaltung. Der vorliegende Beitrag enthält einen Überblick der ingenieurbioologischen Bauweisen und geht im Hinblick auf ihre Anwendung bei Deichen insbesondere auf die Vegetationsdecke in Form einer Gras- und Kräuterdecke ein.

### Keywords

Flusdeich, Hochwasserschutz, Standsicherheit, Böschungsstabilität, Erosionsschutz, Ökologie, Naturhaushalt, Bewuchs, Erosion

### *L'utilisation de méthodes de construction du génie biologique visant à l'augmentation de la stabilité des digues de protection contre les crues – Possibilités et limites*

### Résumé

*La sécurité des digues au moyen de méthodes du génie biologique fait partie de la technique et appartient, en particu-*

*lier pour la protection de l'érosion superficielle en forme d'une cicatrice de graminées et d'herbes, aux méthodes de construction recommandées dans les normes. La prise en considération de l'effet de l'augmentation de la stabilité des bosquets contre et sur les digues se montre bien plus complexe, car une multitude de dégradations peuvent apparaître, de sorte que la mise en place de bosquets selon la norme devrait être abandonnée en règle générale pour la garantie de la stabilité et de la résistance d'une construction de protection contre les crues. Cependant de nombreuses solutions combinées de génie biologique proposent de satisfaire également aux aspects géotechniques et de construction hydraulique, comme par exemple aux exigences de l'équilibre naturel et de l'aménagement du paysage. Le présent article donne un aperçu des méthodes de construction du génie biologique et se focalise en particulier sur la couverture végétale en forme de couverture de graminées et d'herbes dont l'influence et la mission mérite une considération particulière compte tenu de la stabilité et de l'effet de protection contre l'érosion.*

### Mots-clés

*Digue de cours d'eau, protection contre les crues, stabilité, stabilité du talus, protection contre l'érosion, écologie, équilibre naturel, couverture naturelle, érosion*

### *L'impiego di modalità costruttive naturalistiche per aumentare la sicurezza della stabilità degli argini per la protezione delle piene – Possibilità e limiti*

### Riassunto

*La protezione degli argini artificiali tramite opere d'ingegneria naturalistica è comune e fa parte di quelle modalità*

*consigliate nelle norme, soprattutto per quanto riguarda la protezione di erosioni superficiali sotto forma di uno strato erboso compatto. Ben più complesse sono le considerazioni sull'effetto stabilizzante degli arbusti e degli alberi sulle dighe: qui possono subentrare danni molteplici, tali da portare di regola alla rinuncia del loro impiego (impiego previsto secondo le norme), al fine di garantire stabilità e resistenza di un'opera di protezione contro le piene. Ciò nonostante diverse soluzioni d'ingegneria naturalistiche miste possono essere una soluzione per gli aspetti geotecnici e riguardanti le costruzioni idrauliche tanto quanto quella, per esempio, riguardante le esigenze dell'equilibrio naturale e della sistemazione del paesaggio. L'articolo dà una visione generale dei metodi di costruzione dell'ingegneria naturalistica ed esamina da vicino il manto vegetativo sotto forma di cotica erbosa delle piante erbacee, il cui influsso e compito – considerate la stabilità e l'azione erosiva – meritano un'attenzione particolare.*

### Chiave di ricerca

*Argine artificiale dei fiumi, protezione contro le piene, stabilità, protezione contro l'erosione, ecologia, equilibrio naturale, copertura vegetale, erosione*

### Einleitung

Deiche an Fließgewässern sind landschaftsprägende und den Naturhaushalt beeinflussende Elemente, die zwar dem Diktat des Hochwasserschutzes gehorchen müssen, aber eine Vielzahl an Möglichkeiten bieten, anderen Nutzungen und Interessen Raum zu lassen. In Verbindung mit ingenieurbioologischen Bauweisen lassen sich naturhaushaltliche, landschaftsästhetische und die Standsicherheit bzw. Tragsicherheit betreffende Aspekte vereinen. Dies kann bei der Erstellung von realisierbaren

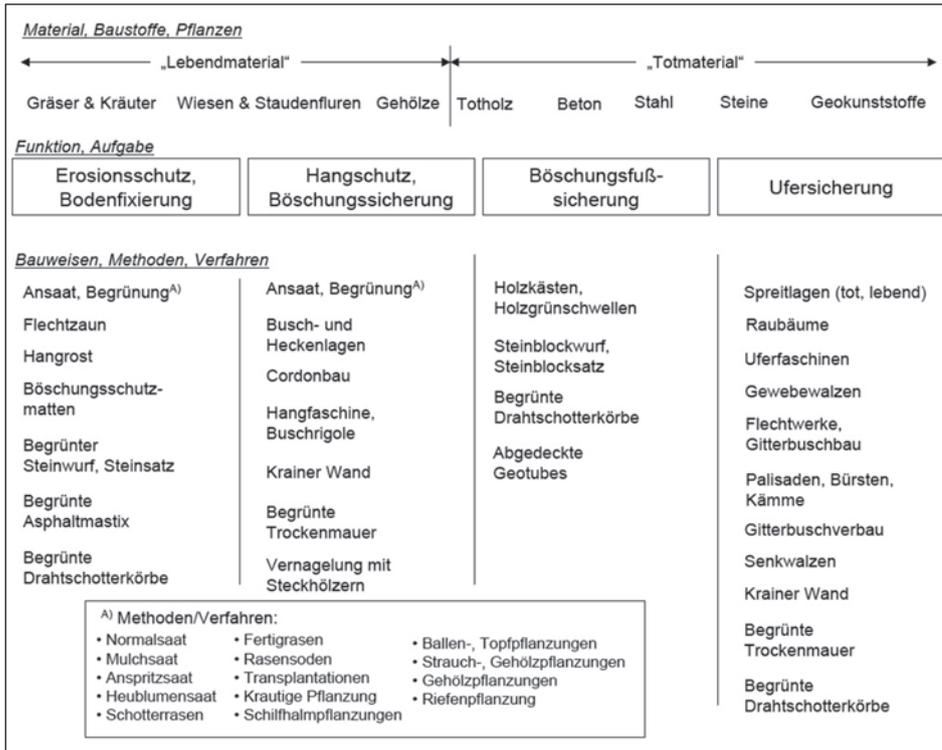


Abb. 1: Ingenieurbiologische Bauweisen und Konstruktionselemente für Deiche und Dämme nach Tobias (2003) und Johannsen & Hacker (2009).

Fig. 1: Méthodes de construction de génie biologique et éléments de constructions pour barrages et digues d'après Schiechtl (1985), Tobias (2003), Zander (2004) et Johannsen & Hacker (2009).

Kompromisslösungen helfen, wenn die Anforderungen des Naturschutzes, der Anrainer und der Wasserwirtschaftsbehörden sowie der Betreiber aufeinander treffen. Besonders interessant wird es, wenn die Deiche direkt ans Gewässer reichen, sozusagen «schar» liegen, und die das Gewässer stabilisierenden Ufergehölze die Standsicherheit des Deiches gefährden können.

Wesentliches Hemmnis bei der Anwendung von ingenieurbiologischen Bauweisen ist nach wie vor die Schwierigkeit, die Bauweisen in ein geotechnisches Nachweiskonzept zu integrieren. Floss (1985) notiert dazu, dass «nur wenig Angaben über Festigkeitsparameter (Reibungswinkel, Kohäsion, Durchlässigkeit) von durchwurzelten Bodenschichten» vorliegen. Nach wie vor «basiert das Wissen der Ingenieurbiologie häufig auf Erfahrungswerten» (Johannsen & Hacker, 2009). Inzwischen haben sich einige Arbeiten mit der Bestimmung dieser Parameter beschäftigt (Tobias, 1991; Hähne, 1991; Husicka, 2003; Haselsteiner, 2007; etc.), wes-

halb in begrenzter Weise «weiche» biotechnische Parameter zur Verfügung stehen.

### Ingenieurbiologische Bauweisen

Die ingenieurbiologischen Bauweisen lassen sich in Tot- und Lebendverbau sowie Kombinationsbauweisen untergliedern (Abb. 1). Ingenieurbiologische Bauweisen werden eingesetzt, um die Dauerhaftigkeit, Standsicherheit und Erosionssicherheit von Bauwerken, Hängen und Böschungen positiv zu beeinflussen und hierbei den Anforderungen an ökologische und gestalterische (landschaftsästhetische) Gesichtspunkte gerecht werden zu können. Die naturnahe Gestaltung von wasserbaulichen Anlagen konzentriert sich auf die Anwendung von ingenieurbiologischen Bauweisen (Patt et al., 1998), welche meist in Form von Ufersicherungen oder Bauwerken im Gewässer umgesetzt werden. Als Baustoff kommt besonders im Rahmen der Kombinationslösungen die ganze Bandbreite von in der Geotechnik und im Wasserbau verwendeten Materialien zum Einsatz, wobei seitens

der Ingenieurbiologie stets versucht wird, natürliche und die Ressourcen schonende Lebendbaustoffe zu verwenden (Florineth, 2004).

Seitens der Ingenieurbiologie wird eingeräumt, dass «auch negative Wirkungen ... möglich [sind], wie Wurzeleinwachsungen in Bauwerke oder Leitungen» (Johannsen & Hacker, 2009). An Flussdeichen mit erheblichem Schadenspotential wird deshalb der Einsatz von Gehölzen zur Sicherung von Deichen sehr restriktiv und vorsichtig ausgeübt, da hier aus geotechnischer und wasserbaulicher Sicht die Gefährdung überwiegt. Als oberflächiger Erosionsschutz wird eine Gräser-Kräuter-Narbe empfohlen, die entsprechend sorgfältig zu pflegen ist (DIN 19712, 1997).

Den positiven Aspekten von Pflanzen auf Böschungen, wie z.B. Verzahnung, Abdecken der Oberflächen etc. (Johannsen & Hacker, 2009), können, wie erwähnt, mindestens ebenso viele negative Aspekte gegenübergestellt werden (Haselsteiner & Strobl, 2004, 2006; DVWK 226, 1993). Für den Einzelfall ist deshalb eine projektspezifische Lösung zu finden, die in der interdisziplinären Diskussion Bestand haben muss.

### Hochwasserschutzdeiche und ihre Standsicherheit in Anbetracht ingenieurbiologischer Bauweisen

Die Anforderungen an die Standsicherheit an Flussdeiche sind in DIN 19712 (1997) und in DWA M507 (2007) beschrieben. Die landschaftsökologischen Gesichtspunkte inklusive dezidierter Bewuchsregelungen werden in DVWK 226 (1993) behandelt. In diesem Zusammenhang muss auch das Regelwerk für Dämme an Bundeswasserstrassen erwähnt werden (BAW MSD, 2005), in dem u.a. auch Bewuchsregelungen zu finden sind. Weitere technische Regelwerke zur Zulässigkeit von unterschiedlichen Bewuchsformen auf Deichen und Dämmen sind auf dem internationalen Parkett erhältlich. Hier haben sich besonders die USA (USACE, 2000; Marks & Tschantz, 2002) und Holland als weg-

weisende Erfahrungsträger erwiesen (TAW, 1991).

Der Einfluss von Bewuchs auf die Standsicherheit von Flussdeichen wurde bereits von Döscher & Armbruster (1999), Seethaler (1999) und Londong (1999) ausgiebig diskutiert. Konträre Ansichten seitens der Ingenieurbio­logie wurden beispielsweise in Krömer & Hacker (1999), Pflug & Stähr (1999) oder in Wessolly (2002) vertreten. Lammeraner & Meixner (2007) weisen auf den Mangel an wissenschaftlichen Untersuchungen hin, welche notwendig wären, um Gehölze auf Deichen fundierter beurteilen zu können. Die Sicherung von Deichen im Hinblick auf vorhandene Gehölzstrukturen wurde in Haselsteiner & Strobl (2006) behandelt.

Seitens der Ingenieurbio­logie wird auch die standsicherheitserhöhende Wirkung von Gehölzen angeführt und in diesem Zusammenhang eine Bewaldung von Deichen gefordert, was seitens der klassischen Ingenieur­fächer im Zusammenhang mit durchströmten Böschungen von Deichen und Dämmen ohne genaue Prüfung abgelehnt wird. Diese Ablehnung beruht weitgehend auf den bei grossen Bewuchsformen nicht auszuschliessenden Gefährdungen. Generell besteht Einigkeit, dass grosse Einzelbäume eher als gefährdend zu betrachten sind als kleine, bodennah wachsende Sträucher. Letztere bieten wiederum Wühltieren und anderen Tieren Lebensraum, was für die Standsicherheit des Deiches nicht unbedingt förderlich ist. Im Hinblick auf die Standsicherheit von Böschungen wird nicht selten die Festigkeit der Vegetationsdecke in Form von Rasen- und Kräuternarben und deren Wurzelverflechtung mit dem Boden berücksichtigt. Hierfür kann im Rahmen der zu führenden geotechnischen Nachweise ein Kohäsionswert für den durchwurzelten Boden  $c_w$  [kN/m<sup>2</sup>] herangezogen werden.

Der Einfluss von Wurzeln auf die Durchlässigkeit ist i. Allg. erhöhend, ausser bei sehr durchlässigen Filter- oder Drainageschichten, wo ein Einwachsen der Wurzeln durchlässigkeitsmindernd wir-

ken kann. Dichtungen können bereits bei Auftreten einer einzigen grösseren Wurzeln ihre Dichtwirkung verlieren. Besonders kritisch sind abgestorbene, verfaulende Wurzel zu beäugen, die Wasserwegigkeiten und Erosionsröhren hinterlassen können.

Der vorsichtige Umgang mit durchwurzelten Böden zeigt sich auch dadurch, dass beispielsweise DIN 19712 (1997) empfiehlt, eine dichtende Wirkung der Vegetationsdecke bzw. des Oberbodens nicht im Standsicherheitsnachweis zu berücksichtigen, sondern diese als Sicherheitsreserve anzusehen. Ähnliches gilt für den Nachweis der globalen Standsicherheit im Zusammenhang mit dem Ansatz der Wurzelkohäsion nach BAW MSD (2005).

Wie in der Einleitung bereits erwähnt, kann im Fall von Schardeichen der Uferschutz des Gewässers durch Bäume und Büsche mit den Anforderungen an ein Hochwasserschutzbauwerk kollidieren. Sofern es sich um Volldeiche handelt, muss auf die Standsicherheit besonderes Augenmerk gelegt werden. Eine Sicherung mit ingenieurbio­logischen Massnahmen erscheint hier nur in Kombinationsbauweise möglich. Hier können ingenieurbio­logische Methoden zur Ufererosionssicherung eingesetzt werden und gleichzeitig das Eindringen von Wurzeln oder das mögliche Versagen des ingenieurbio­logischen Uferverbau durch zusätzliche bautechnische Massnahmen (z.B. Spundwände) verhindert werden.

### **Böschungsstabilität/ Standsicherheit**

Beim Nachweis der Böschungsstabilität werden die globale und die lokale Standsicherheit getrennt betrachtet. Die oberflächennahe, örtlich begrenzte Stabilität der Böschung wird innerhalb der lokalen Standsicherheit untersucht. Zur Sicherstellung der lokalen Standsicherheit reicht i. Allg. eine gut entwickelte und flächendeckende Vegetationsdecke aus Gräsern und Kräutern aus (DIN 19712, 1997). Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) erlaubt den Ansatz einer Wurzelkohäsion von  $c_w =$

7 kN/m<sup>2</sup> für den Nachweis der lokalen Standsicherheit bei entsprechend ausgebildeter Vegetationsdecke. Dieser Wert beruht u. A. auf den Arbeiten von Hähne (1991) und Schuppener (1993, 1994, 2001). Ähnliche Werte wurden von Katzenbach & Wegener (2007) anhand von Scherfestigkeitsuntersuchungen bestätigt. Weiterführende Literaturstellen sind Husicka (2003) und Tobias (1991). Die Arbeiten von Schuppener (1994, 2001) gehen ausführlich auf den theoretischen Hintergrund der bodenstabilisierenden Wirkung von Wurzeln auf Böschungen ein und beinhalten auch ein Bemessungskonzept.

Bereits bei sehr geringen Kohäsionswerten von  $c = 2$  kN/m<sup>2</sup> ist der Nachweis der lokalen Standsicherheit für Böschungsneigungen von 1:2 und flacher auch unter Berücksichtigung einer Sickerwasserströmung erfüllt. Generell wird von der Berücksichtigung der Wurzelkohäsion beim Nachweis der globalen Standsicherheit abgeraten.

Seitens der Ingenieurbio­logie wird der Verdübelungseffekt von Wurzeln, auch von Gehölzen, stets positiv für die Standsicherheit von Böschungen gewertet. Dass bestehende Gehölze, auch wenn diese statische Verdübelungseffekte bewirken, auch eine Gefährdung des Dammes bzw. Deiches darstellen können, beweisen die Windwürfe an Deichen, die auch während Hochwasser auftreten können (Haselsteiner & Strobl, 2005; DWA M507, 2007). Dass Gehölze auf Deichen aufgrund der spezifischen Randbedingungen spezielle Wurzelsysteme ausbilden, dürfte spätestens seit umfangreichen Wurzel­ausgrabungen in den 70er und 80er Jahren an bayrischen Deichen bekannt sein (LFW BY, 1990). Ein verlässlicher Verdübelungseffekt kann somit bei den relativ kleinen Dammbauten, wie sie Flussdeiche darstellen, nicht festgestellt werden. Der Verdübelungseffekt von Gehölzen und Bäumen spielt eher bei grossen Anlagen und Hängen eine Rolle, wenn die Durchsickerung bzw. -strömung keine Rolle spielt und/oder das Versagen von Einzelbäumen oder Baumgruppen zu keiner akuten Gefähr-

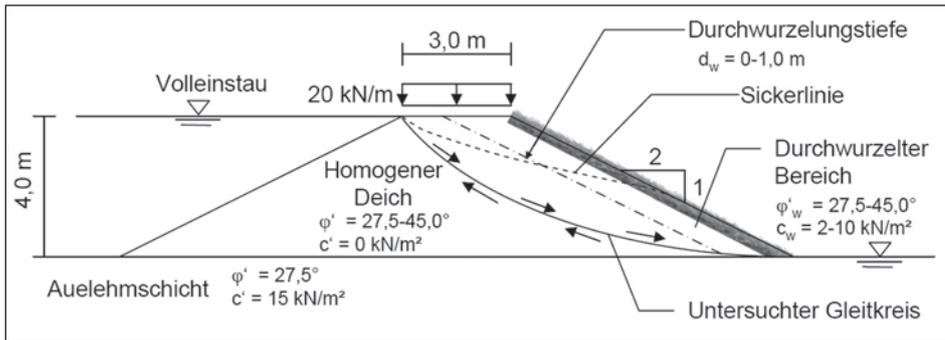


Abb. 2: Statisches System eines Deiches mit festgelegtem Gleitkreis zur Untersuchung der globalen Standsicherheit der landseitigen Böschung.

Fig. 2: Système statique d'une digue avec cercle de glissement déterminé pour l'étude de la stabilité globale du talus terrestre.

dung führt, wie dies z.B. im Lawinenschutz der Fall ist.

Obwohl der Autor auch empfiehlt, beim globalen Standsicherheitsnachweis den Einfluss einer Wurzelkohäsion nicht anzusetzen, ist es interessant, sich theoretisch über die Grösse der standsicherheitserhöhenden Wirkung der Durchwurzelung Rechenschaft abzulegen. Hierfür kann ein einfaches Deichsystem bestehend aus einem homogenen Deich auf einer Auelehmschicht betrachtet werden. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu wahren, wird ein festgelegter Gleitkreis, der von der wasserseitigen Schulter bis zum landseitigen Deichfuß reicht, betrachtet (Abb. 2). Die Durchwurzelungstiefe  $d_w$  [m] wird vereinfachend senkrecht zur Böschung angenommen.

In Abhängigkeit der Wurzelkohäsion wurde die Erhöhung der Standsicherheit in Form der Erhöhung des Sicherheitsfaktors (altes, globales Sicherheitskonzept!) für eine Durchwurzelungstiefe von  $d_w = 0,25$  m untersucht. Bei reibungsschwachen Böden ist der Einfluss der berücksichtigten Wurzelkohäsion stärker ausgeprägt als bei reibungsstarken Böden, da bei letzteren der Reibungsanteil in der Scherfläche dominiert. Falls der reibungsbedingte Scherwiderstand durch den Porenwasserdruck vermindert wird, wirkt sich der Ansatz einer Wurzelkohäsion noch stärker aus. Beim betrachteten Beispiel erreicht die durch Wurzelkohäsion hervorgerufene Sicherheitsreserve 2,5–7,5% des Sicherheitsfaktors ohne Wurzelkohäsion.

Der Autor erachtet die Schutzfunktion eines durchwurzelten Oberbodens als Sicherheitsreserve, auf die man sich besonders im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit nicht ausreichend verlassen kann. Dieses Vorgehen geht konform mit DIN 19712 (1997). Eine «Gesundrechnung» von Böschungsstandsicherheiten durch die Berücksichtigung der dichtenden, stabilisierenden oder dränierenden Wirkung von durchwurzelten Bodenschichten erscheint nicht zuletzt im Hinblick auf die Streuung der einzelnen Boden- und Pflanzenkennwerte für Deiche als risikobehaftet. Oft fehlen hierzu belastbare (Labor-)Untersuchungen oder dauerhaft beständige biotechnische Parameter.

### Erosionsschutz

Zur Erhöhung des Erosionswiderstandes ist i. Allg., wie schon im Rahmen der Standsicherheit besprochen wurde, eine geschlossene Grasnarbe vorteilhaft, wie sie in DIN 19712 (1997) empfohlen wird. Im Hinblick auf die Beanspruchung können die Wasser- und die Landseite getrennt betrachtet werden. Sofern keine Überströmung vorgesehen ist, muss die Landseite lediglich Regen, Wind und ggf. Sickerwasser widerstehen.

Für Oberflächenerosionsschutzaufgaben wird nicht selten eine Grenzgeschwindigkeit  $v_g$  [m/s] oder eine Grenzschubspannung  $\tau_g$  [N/m<sup>2</sup>] zur Abschätzung des Widerstandsverhaltens verwendet. Auch hier sind die Ansätze sehr ungenau und die Streuungen erheblich, sodass es im Einzelfall wiederum dem Wasserbauer und/oder dem Geotech-

niker obliegt, die in der Literatur zu findenden Werte abzusegnen. Nicht selten werden subjektiv zusätzliche Sicherheiten eingebaut, auch um die Unsicherheit bei der Anwendung von ingenieurbioologischen Bauweisen aufzufangen. Grössere Belastungen der wasserseitigen Böschungen durch Fließgeschwindigkeiten grösser als 1,0–2,0 m/s sollten vermieden oder entsprechend geschützt werden. Bemessungswerte, was ingenieurbioologische Bauweisen für den Erosionsschutz aushalten, sind z.B. in Haselsteiner (2007) zu finden. Rasenähnlicher Bewuchs kann kurzzeitig Fließgeschwindigkeiten  $v_g < 2,0$  m bzw.  $\tau_g < 30$  N/m<sup>2</sup> aufnehmen.

Besonderes Augenmerk muss der bei Durchströmung des Deichkörpers möglichen rückschreitenden Erosion gewidmet werden, die bevorzugt im Bereich von abgestorbenen Wurzeln oder Wühlтиergängen auftreten wird. Nicht nur die zunehmenden Erfahrungen im Rahmen der Verteidigung von Flussdeichen während Hochwasser haben gezeigt, dass die Wurzeln von Bäumen, Windwurf und/oder Wühlтиergänge bei hydraulischer Beaufschlagung zu Materialtransport führen können, der die Standsicherheit akut gefährden kann. Deshalb wird in den einschlägigen Regelwerken gefordert, dass im Bereich des Austritts der Sickerlinie bis einschliesslich eines Sicherheitsabstandes Gehölze zu vermeiden sind (DIN 19712, 1997).

Falls der Flussdeich auch einer Überströmung standhalten soll, können bauliche Massnahmen getroffen werden, um dieser Belastung zu widerstehen (LFU, 2004). Falls «lediglich» mit einer geschlossenen Gras- und Kräuterdecke gesichert werden soll, werden i. d. R. Böschungsneigungen von 1:10 bis 1:20 ausgeführt. Da bei flächigen Bewuchsformen kleine Fehlstellen nicht auszuschliessen sind, welche jedoch empfindliche Auswirkungen auf die Standsicherheit haben können, kann eine Grasnarbe mit anderen baulichen Methoden/Baustoffen kombiniert werden. Die Kombination mit einem Geokunststoff, z.B. einer Erosionsschutz-

matte, ist eine gute Möglichkeit, mit wenig Aufwand die Widerstandsfähigkeit von Vegetationsdecken zu erhöhen. Hierfür existieren aber derzeit noch keine verlässlichen Langzeitstudien (Haselsteiner et al., 2007).

### Resümee

Die sichernde Wirkung von ingenieurbio-logischen Bauweisen ist unbestritten. Bei der Quantifizierung und Berücksichtigung von ingenieurbio-logischen Bauweisen und dem Nachweis mit Hilfe gängiger geotechnischer Nachweisverfahren bestehen jedoch immer noch Schwierigkeiten, verlässliche Rechenkennwerte z.B. für durchwurzelten Boden ansetzen zu können. Anhaltswerte für die Kohäsion und die Durchlässigkeit sind inzwischen in der Literatur zu finden. Aufgrund der Heterogenität von Boden/Material und Pflanzen streuen die Werte jedoch erheblich, was die Verwendung beim statischen Nachweis erschwert.

Bei kleinen Dämmen und Flussdeichen, die einer hydraulischen Belastung unterliegen, überwiegen im Fall von Baum- und Strauchbewuchs nicht selten die gefährdenden Einflüsse, sodass diese Art des Lebendverbau sehr restriktiv eingesetzt wird. Ingenieurbio-logische Bauweisen spielen vor allem als Kombinationsmodelle im Rahmen des Erosionsschutzes eine Rolle. Falls die Beeinträchtigung der Ufergehölze auf Schardeiche nicht ausgeschlossen werden kann, müssen entsprechende Sicherungsmassnahmen am Deich durchgeführt werden oder die Ufersicherung auf andere Weise gewährleistet werden. Der Schutz von Leben und Güterwerten sollte immer Vorrang haben.

### Quellenverzeichnis

BAW MSD (2005): Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstrassen (MSD). Merkblatt, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe 2005.  
 DIN 19712 (1997): Flussdeiche. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), 1997.  
 DÖSCHER, H.-D.; ARMBRUSTER, H. (1999): Die Standsicherheit von Flussdeichen und -dämmen unter Berücksichtigung der Vegetationsdecke. Fluss-

deiche und Flussdämme. Bewuchs und Standsicherheit. Jahrbuch 4 der Gesellschaft für Ingenieurbio-logie e.V., S. 73–83, Hrsg. Pflug und Hacker, Aachen 1999.  
 DWA-M 507 (2007): Deiche an Fließgewässern. Gelbdruck des Merkblatts Nr. 507, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Hennef 2007.  
 DVWK 226 (1993): Landschaftsökologische Gesichtspunkte bei Flussdeichen. Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 226, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.  
 FLORINETH, F. (2004): Pflanzen statt Beton – Handbuch zur Ingenieurbio-logie und Vegetationstechnik, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 2004.  
 FLOSS, R. (1985): Zur Standsicherheit von Böschungen mit Lebendverbau aus der Sicht von Bodenmechanik und Grundbau. Wurzelwerk und Standsicherheit von Böschungen und Hängen. Jahrbuch 2 der Gesellschaft für Ingenieurbio-logie e.V., S. 35–49, Hrsg. Pflug, Aachen 1985.  
 HÄHNE, K. (1995): Der Einfluss von Gräser- und Gehölzwurzeln auf die Scherfestigkeit von Böden und damit die Standsicherheit von Hängen und Böschungen. Dissertation. Fachbereich 14 Landschaftsentwicklung der Technischen Universität Berlin, 1991.  
 HASELSTEINER, R.; STROBL, TH. (2004): Zum Einfluss von Bewuchs und Hohlräumen auf die Durchsickerung von Deichbauten; Lebensraum Fluss – Hochwasserschutz, Wasserkraft, Ökologie; Beiträge zum Symposium vom 16.–19. Juni 2004 in Wallgau (Oberbayern); Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Berichtsheft Nr. 101, Band 2, S. 92–100, München 2004.  
 HASELSTEINER, R.; STROBL, TH. (2005): Deichsanierung. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Endbericht, im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft (LfW), Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München (erhältlich beim Bayerischen Landesamt für Umwelt), München 2005.

HASELSTEINER, R.; STROBL, TH. (2006): Deichertüchtigung unter besonderer Berücksichtigung von Gehölzen. Sicherung von Dämmen, Deichen und Stauanlagen: Handbuch für Theorie und Praxis, Hrsg. Hermann und Jensen, Universitätsverlag Siegen – universi, Vol. II, S. 325–353, Siegen 2006.  
 HASELSTEINER, R. (2007): Hochwasserschutzdeiche an Fließgewässern und ihre Durchsickerung. Dissertation, Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München, Band 111.  
 HASELSTEINER, R.; STROBL, TH.; HEERTEN, G.; WERTH, K. (2007): Moderne Deichquerschnitte mit integrierten Sicherungsmassnahmen aus Geokunststoffen – Ergebnisse aus Modellversuchen zur Überströmung. 10. Informations- und Vortragsveranstaltung über «Kunststoffe in der Geotechnik», Geotechnik Sonderheft 2007, S. 39–48, München 2007.  
 HASELSTEINER, R. (2010): Der Bewuchs an und auf Hochwasserschutzdeichen an Fließgewässern aus technischer und naturschutzfachlicher Sicht. Dresdner Wasserbaukolloquium, «Wasserbau und Umwelt – Anforderungen, Methoden und Lösungen», 17.–18.03. 2010 in Dresden, Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik, Wasserbauliche Mitteilungen, Heft 40, S. 373–382.  
 HUSICKA, A. (2003): Vegetation, Ökologie und Erosionsfestigkeit von Grasnarben auf Flussdeichen am Beispiel der Rheindeiche in Nordrhein-Westfalen. Dissertationes Botanicae, Band 379, Verlag J. Cramer, Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin Stuttgart 2003.  
 JOHANNSEN, R.; HACKER, E. (2009): Ingenieurbio-logische Verfahren zur Böschungssicherung. In: Grundbau-Taschenbuch Teil 2: Geotechnische Verfahren, Hrsg. Karl Josef Witt, S. 835–919, Ernst & Sohn, Berlin 2009.  
 KATZENBACH, R.; WERNER, A. (2007): Erhöhung der Standsicherheit von Deichen und Dämmen durch Bewuchs. 1. Departmentkongress Bautechnik und Naturgefahren: 24 Beiträge/BOKU, Department für Bautechnik und Naturgefahren. Ernst & Sohn, Verl. für

Architektur und Techn. Wiss., Berlin 2007.

KRÖMER, I.; HACKER, E. (1999): Die DIN 19712: 1997-11 «Flussdeiche» unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Gehölzen auf die Standsicherheit von Flussdeichen. In: Ingenieurbiologie. Flussdeiche und Flussdämme. Bewuchs und Standsicherheit. Pflug, W.; und Hacker, E. (Hrsg.), Jahrbuch 4 der Gesellschaft für Ingenieurbiologie, e.V., S. 447–476, Aachen 1999.

LAMMERANN, W.; MEIXNER, H. (2007): Gehölzstrukturen an Dämmen und Deichen – Ein Widerspruch? Bautechnik und Naturgefahren, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin 2007.

LFU BW (2004): Überströmbare Dämme und Dammscharten. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU BW), 1. Auflage, Karlsruhe.

LFW BY (1990): Gehölze auf Deichen. Dokumentation von Baumwurzelauflösungen und Windwurf von Gehölzen. 5/89 Informationsberichte. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München 1990.

LONDONG, D. (1999): Die Bepflanzung von Flussdeichen aus der Sicht des DVWK Ausschuss Flussdeiche und aus den Erfahrungen von Emschergenossenschaft und Lippeverband. Flussdeiche und Flussdämme. Bewuchs und Standsicherheit – Jahrbuch 4 der Gesellschaft für Ingenieurbiologie e.V., S. 85–99, Hrsg. Pflug und Hacker, Aachen 1999.

PATT, H.; JÜRGING, P.; KRAUS, W. (1998): Naturnaher Wasserbau – Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern. Springer-Verlag, Heidelberg Berlin 1998.

PFLUG, W.; STÄHR, E. (1999): Wald auf und an Flussdeichen. In: Ingenieurbiologie. Flussdeiche und Flussdämme. Bewuchs und Standsicherheit. Pflug, W.; und Hacker, E. (Hrsg.), Jahrbuch 4 der Gesellschaft für Ingenieurbiologie e.V., S. 297–321, Aachen 1999.

MARKS, D. B.; TSCHANTZ, B. A. (2002): A Technical Manual on the Effects of Tree and Woody Vegetation Root Penetrations on the Safety of Earthen Dams. Marks Enterprises Of NC, PLLC, North Carolina.

SCHUPPENER, B. (1994): Die statische Berechnung der Bauweise Lebend Bewehrte Erde. Geotechnik, 18, S. 204–213, 1994.

SCHUPPENER, B. (2001): Die Bemessung von Böschungssicherungen mit Pflanzen. Geotechnik 24, Heft 3, S. 175–185, 2001.

SEETHALER, L. (1999): Wurzelausbreitung von Gehölzen auf Flussdeichen. Flussdeiche und Flussdämme – Bewuchs und Standsicherheit, Jahrbuch 4 der Gesellschaft für Ingenieurbiologie e.V., S. 215–232, Hrsg. Pflug und Hacker, Aachen 1999.

TAW (1991): Guidelines on design of river dikes. Technical Advisory Committee for Flood Defence (TAW), Published by the Centre for Civil Engineering Research and Codes (CUR), Gouda, The Netherlands.

TOBIAS, S. (1991): Bautechnisch nutzbare Verbundfestigkeit von Boden und Wurzel. Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 1991.

TOBIAS, S. (2003): Einführung in die Ingenieurbiologie. Skriptum, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, 2003.

USACE (2000): Design and Construction of Levees. Engineer Manual – Engineering and Design, US Army Corps of Engineers (USACE), Washington DC 2000.

WESSOLLY, L. (2002): Bäume auf Deichen – Unverträglich oder nützlich? Westdeutsche Baumpflegetage 30.10. 2002, Tagungsband, Köln 2002.

**Kontaktadresse**

Dr.-Ing. Ronald Haselsteiner  
E-Mail: Ronald@dr-haselsteiner.de  
FICHTNER GmbH & Co. KG, Turkey  
Büyükdere Cad. Polat Han No: 87/5  
34387 Mecidiyeköy – Sisli, Istanbul  
Homepage: www.dr-haselsteiner.de

**Mehr als grüne Böschungen. Mit Sicherheit!**

- ▣ Böschungsbegrünung
- ▣ Erosionsschutz
- ▣ Jute- und Kokosgewebe
- ▣ Deponiebegrünung
- ▣ Hochlagenbegrünung
- ▣ Rohbodenbegrünung
- ▣ Dachbegrünung
- ▣ Wildblumenwiese

**Unser Angebot für eine erfolgreiche Begrünung:**

- ▣ Objektberatung
- ▣ Produkte ab Lager
- ▣ Ausführung und Einbau

**Begrünungen Hunn**

Pilatusstrasse 14, CH-5630 Muri AG  
Tel. 056 664 22 25, Fax 056 664 29 25  
info@begruenungen-hunn.ch, www.begruenungen-hunn.ch

<b>Editorial</b>	2
<hr/>	
<b>Fachbeiträge</b>	
Stand der Sanierung des Hochwasserschutzsystems an der March/Thaya	4
Geotechnische Anforderungen an Hochwasserschutzdämme	10
Gehölzstrukturen an Hochwasserschutzdämmen – Ergebnisse der Versuchsanlage Deutsch-Wagram	15
Die Anwendung ingenieurbioologischer Bauweisen zur Erhöhung der Standsicherheit von Hochwasserschutzdeichen – Möglichkeiten und Grenzen	20
Urbaner und naturnaher Wasserbau am Beispiel von Limmat und Thur	26
Beschattung durch Ufervegetation	31
Die Vegetation an Fliessgewässern aus dem Blickwinkel eines Hydraulikers	37
Bestimmung von Vegetationsparametern und Bodenrauigkeiten aus Laserscandaten	43
Ingenieurbioologische Modellierung als Hilfsmittel für wasserbauliche Fragestellungen	50

<b>Vorstellung ÖWAV</b>	
Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband	55

<b>Veranstaltungen</b>	
Agenda Schweiz	56
Agenda ÖWAV	58

## Inserate

### Inseratentarif für Mitteilungsblatt / Tarif d'insertion dans le bulletin

Der vorliegende Tarif ist gültig für eine Ausgabennummer.

Le présent tarif comprend l'insertion pour une parution.

1 Seite	Fr. 750.–	2/3 Seite	Fr. 550.–	1/2 Seite	Fr. 400.–
1/3 Seite	Fr. 300.–	1/4 Seite	Fr. 250.–	1/8 Seite	Fr. 150.–
Separate Werbebeilage beim Versand:		1 A4-Seite	Fr. 1000.–		
		jede weitere A4-Seite	Fr. 300.–		

**Inseratenannahme: Roland Scheibli, Gossweiler Ingenieure AG, Neuhofstrasse 34, Postfach, 8600 Dübendorf 1, Tel.: +41 44 802 77 11, Fax: +41 44 802 77 01, E-Mail: rs@gossweiler.com**

Link auf der Internetseite des Vereins/Liaison internet sur la page web de l'association: Fr. 750.– pro Jahr/par an

Oder bei Inseraten im Mitteilungsblatt im Wert von mindestens Fr. 750.– pro Jahr

Contre publication d'encarts publicitaires dans le journal Génie Biologique pour Fr. 750.– par an au moins

## Redaktionsschluss / Délai rédactionnel

Heft:	Redaktionsschluss:	Thema:	erscheint:	Redaktion:
Nr. 4/10	15. Oktober 2010	Lebenszyklus ingenieurbioologischer Verbauungen	Dezember 2010	Ladina Koepfel Mouzinho
Nr. 1/11	15. Februar 2011	Pflanzen und Wasserqualität	April 2011	Margrith Göldi
Nr. 2/11	15. März 2011	Exkursionsführer (Kanton Obwalden)	Mai 2011	Roland Scheibli
Nr. 3/11	15. Juli 2011	Retention von Niederschlagswasser	September 2011	Monika Stampfer

**Fachbeiträge sind gemäss den redaktionellen Richtlinien zu verfassen und bis zum Redaktionsschluss an Roland Scheibli, Gossweiler Ingenieure AG, Neuhofstrasse 34, Postfach, 8600 Dübendorf 1, Tel.: +41 44 802 77 11, Fax: +41 44 802 77 00, E-Mail: rs@gossweiler.com, einzureichen.**



### Verein für Ingenieurbioologie Association pour le génie biologique

ZHAW  
Zürcher Hochschule für  
Angewandte Wissenschaften  
Thomas Weibel  
Grüntal, Postfach 335, CH-8820 Wädenswil  
Tel. +41 58 934 55 64, Fax +41 58 934 55 80



**E  
F  
I  
B**

Europäische Föderation für Ingenieurbioologie  
Federazione Europea per l'Ingegneria Naturalistica  
European Federation for Soil Bioengineering  
Federation Europeenne pour le Génie Biologique  
Federacion Europea de Ingenieria del Paisaje

Rolf Studer  
Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions  
Protection de la nature et paysage  
Rue des Chanoines 17, Case postale, CH-1701 Fribourg  
Tel. +41 (0)26 305 51 87, Fax +41 (0)26 305 36 09  
E-Mail: studerr@fr.ch