

Abgeschlossenes Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Deichsanierung“ – Ein Überblick

Einleitung

Der Lehrstuhl und die Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität München sind vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft nicht zuletzt aufgrund der Schäden während der Hochwasserereignisse 1999 und 2002 mit dem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Deichsanierung“ beauftragt worden. Die Bearbeitung des Projektes dauerte von Januar 2003 bis Juni 2005.

Die Notwendigkeit von Deichsanierungsmaßnahmen haben vor allem die Deichbrüche der letzten Hochwasser verdeutlicht. Aufgrund der Komplexität des Arbeitsfeldes „Deichsanierung“ ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit von Behörden, Planern, ausführenden Firmen und von Forschungseinrichtungen notwendig. Nur so kann wesentlich zur Entwicklung von technisch einwandfreien und wirtschaftlichen Lösungen beigetragen werden. Vor allem aufbauend auf den zahlreichen Literaturstellen, wie z. B. Hermann und Jensen (2003) und Schneider et al. (1997), werden fächerübergreifend Empfehlungen und Konzepte zur Ertüchtigung von Deichen entwickelt.

Um die Praxisnähe und Anwendbarkeit der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse zu gewährleisten, wurde das Vorhaben von einem Forschungsbeirat begleitet, der sich aus Vertretern aus Verwaltung, Ingenieurbüros, Energiebetreibern und Hochschule zusammensetzte. Da auch besonderen Wert auf ökologische Aspekte insbesondere bei Fragen zum Deichbewuchs gelegt wurde, waren die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und das Fachgebiet „Geobotanik“ der Fakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der TU München im Forschungsbeirat vertreten. Als im Wasserbau und in der Geotechnik Ingenieurbüro konnte SKI GmbH + Co. KG (München) gewonnen werden. Die Wasserwirtschaftsverwaltung wurde von Vertretern des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft (LfW), des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt,

Gesundheit und Verbraucherschutz sowie des Wasserwirtschaftsamtes (WWA) Rosenheim und zeitweise des WWA Deggendorf repräsentiert. Hinweise von Betreiberseite gab ein Vertreter der E.ON Wasserkraft GmbH. Die Bauunternehmung Bauer Spezialtiefbau GmbH war ebenfalls im Beirat vertreten.

Ziele / Inhalte

Das Ziel war, eine Arbeitshilfe für die bayerischen Wasserwirtschaftsamter mit dem Titel „Hinweise zur Ertüchtigung und Sanierung von Deichen an Fließgewässern“ zu entwickeln. Dabei legte der Auftraggeber (LfW)

Gebrauchstauglichkeit notwendigen Nachweise und Untersuchungen Werkzeuge zur praktischen Umsetzung von Ertüchtigungsmaßnahmen zur Verfügung.

Besondere Fragestellungen zum Bewuchs von Gehölzen und dessen Auswirkung auf die Durchlässigkeit und die Durchsickerung von Deichen und auf die Standsicherheit von Deichen werden mit Hinweisen und Empfehlungen zu zulässigem Bewuchs und möglichen Sicherungsmaßnahmen beantwortet.



Abb. 1: Deichbruch während HW 1999 an der Ammer bei Pschorn (Quelle: WWA Weilheim)

besonderen Wert auf die Erhebung und Zusammenstellung von durchgeführten und geplanten Deichertüchtigungsmaßnahmen in Bayern.

Neben den Betrachtungen von wasserbaulichen und geotechnischen Fragestellungen werden u. A. auch ingenieurbioökologische und ökologische Gesichtspunkte vor allem bei der Betrachtung von Gehölzen und deren Wurzeln auf Deichen beachtet.

Das Projekt spannt aufgrund der fächerübergreifenden Thematik „Deichertüchtigung“ einen weiten Bogen auf und erläutert auf Basis einer Schadenserhebung und Ursachenbeschreibung und der für die Standsicherheit und

Themenschwerpunkte

Bestandsanalyse

Die Auswertung der vom Landesamt für Wasserwirtschaft erhobenen Zustandsdaten von Deichen in Bayern (Stand: Dezember 2002) zeigt den Ertüchtigungs- / Sanierungsbedarf an bayerischen Deichen auf. Mit den Daten können sowohl die Notwendigkeit von Ertüchtigungsmaßnahmen belegt als auch grobe Abschätzungen der notwendigen Maßnahmen sowie Finanzmittel durchgeführt werden.

Zahlreiche Bilder von Schäden an und in Deichen inklusive Deichbrüche (Abb. 1) vorwiegend an bayerischen Deichen wurden

gesammelt und beschrieben. Durch die Betrachtung der Schäden können aufgrund der möglichen Ursachen sowohl notwendige Ertüchtigungsmaßnahmen beurteilt und geplant als auch die Gefahren an bestehenden Deichen besser bewertet werden. Besonders hinzuweisen ist auf die negativen Auswirkungen von Gehölzen an und auf nicht dafür konzipierten Deichen.

Infolge einer Systematisierung der möglichen Schäden und Schadensursachen wurden 35 Schadensfälle / -ursachen benannt, wie z. B. das Versagen durch Böschungsbruch (Abb. 2). Dabei wird unterschieden, ob sie während oder vor bzw. nach Hochwasser auftreten und als Primär- oder Folgeschäden auftreten können. Festgestellt werden kann, dass die Schadensabläufe bzw. -mechanismen bei Deichen sehr komplex sind, was zum einen auf die temporäre Belastung durch Einstau und den Zeiten des Trockenliegens beruht und zum anderen auf den abschnittswisen, extrem unterschiedlichen Randbedingungen zurückzuführen ist, angeführt von der Beschaffenheit und des Zustandes des existierenden Deiches und des Untergrundes.

Die Bemessungsgrundlagen und Standsicherheitsnachweise wurden unter Berücksichtigung der an das Sicherheitskonzept mit angepassten geotechnischen Normen, wie z. B. DIN 1054 und DIN 4084, überarbeitet. Lastfälle, Einwirkungen, Widerstände sowie eine Aufteilung der notwendigen Berechnungen und Nachweise in die Kategorien

- Hydraulisch (z. B. Oberflächenerosion ...)
- Geohydraulisch (z. B. Ermittlung der Sickerlinie, Erosion ...)
- Erdstatisch (z. B. Böschungs- und Geländebruch, Spreizen, Gleiten ...)
- Sonstige (z. B. Freibord, Frostsicherheit ...)

bilden die Kernpunkte dieses Arbeitspunktes.

Dadurch ist es möglich, zum einen Nachweise, die auf Basis des alten Sicherheitskonzeptes mit globalen Sicherheitsfaktoren erstellt wurden, sowie die Vollständigkeit und Richtigkeit von Nachweisen und Berechnungen nach dem neuen Teichsicherheitskonzept besser beurteilen zu können und zum anderen auch im Zuge der Planung von Deichertüchtigungsmaßnahmen die notwendigen Nachweise und Berechnung

übersichtlich und gesammelt zur Hand zu haben.

Besonderen Wert wurde auf die Sammlung von 20 Maßnahmen (19 Ertüchtigungsmaßnahmen + 1 Neubau) bei insgesamt acht Wasserwirtschaftsämtern gelegt. Diese wurden in gekürzter Form dem Enderbericht des Vorhabens beigelegt. Neben den allgemeinen Informationen über die Maßnahme, wie Lage und Fließgewässer, wurde besonders auf die Beschreibung der Randbedingungen, der vorhandene Zustand der Deiche und die Kosten sowie auf die technisch durchgeführten Maßnahmen eingegangen.

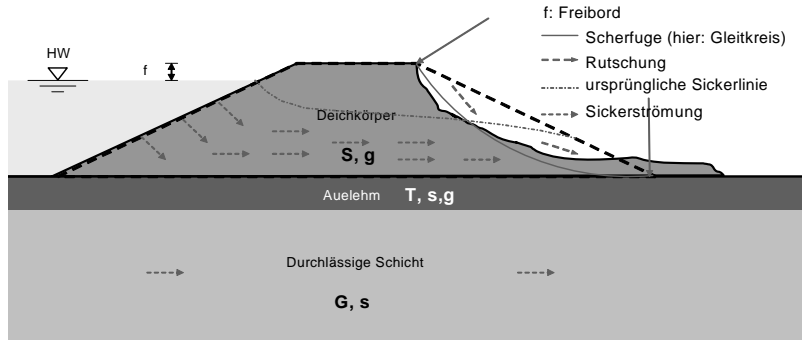


Abb. 2: Versagen eines Deiches durch Böschungsbruch (Systemskizze)

Entwicklung

Für Deiche an Fließgewässern muss ein technischer Standard gelten, dem sowohl ein neu gebauter als auch ein ertüchtigter Deich genügen muss. Dieser Standard wird in erster Linie durch die geltende DIN-Norm 19712 „Flussdeiche“ (1997) beschrieben. Besonders die Normen des DIN e. V. und die zahlreichen Schriften der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), ehemals DVWK-Verband, enthalten nützliche Hinweise und Empfehlungen zu Deichertüchtigungsmaßnahmen.

Die Ausführungen zu den wasserwirtschaftlichen Grundlagen beinhalten auch ein vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung des Freibordes, das zum einen Windwellen und zum anderen Strömungswellen berücksichtigt. Dabei wird der Tatsache Rechnung getragen, dass die gängigen Verfahren zur Ermittlung des Freibordes an Stauanlagen (vgl. DVWK 246 (1997)) nur bei besonderen Randbedingungen (Fließgeschwindigkeit $v_F \approx 0$ m/s, etc.) angewendet werden können. Bei hohen Fließgeschwindigkeiten bzw. Froudezahlen und großen Fließstiefen können auch strömungsinduzierte Wellen für die

Bemessung des Freibordes maßgebend werden.

Neben der Zusammenfassung der Anforderungen an Elemente des Deichquerschnittes wird vor allem auf die im Deichbau zurzeit angewandten Dichtungsverfahren wie z. B. MIP- oder FMI-Verfahren eingegangen (Abb. 3 und 4 sowie DWA 2005). Der technische Standard, der in der Arbeit beschrieben ist, geht so zum Teil über die aktuell in technischen Regelwerken formulierten „allgemein anerkannte Regeln der Technik“ hinaus.

Neben dem Erkundungsumfang und den herkömmlichen

Erkundungsverfahren werden auch geophysikalische Untersuchungsverfahren beschrieben, erläutert und ihre Anwendung im Vorfeld von Deichertüchtigungen beurteilt. (vgl. DIN 4020). Aufgrund der schwierigen und oft variierenden Bodenparameter in Deichen und deren Untergrund sowie aufgrund des dominierenden Einflusses des Wassergehaltes des Bodens auf die Messparameter der geophysikalischen Verfahren ist es i. d. R. nicht möglich, Bodenparameter wie Wichte, Dichte oder Bodenart bei der Deicherkundung zu ermitteln. Eine Anwendung von flächig angewandten Widerstandskartierungen kalibriert an Eichauflüssen mittels herkömmlicher Verfahren kann zur Planungssicherheit beitragen (vgl. Hohlfeld et al. (2004)). Im Einzelfall können bei besonderen Aufgaben wie z. B. der Erkundung von Sparten, andere geophysikalische Verfahren wie z. B. die Magnetik hilfreich sein.

Eine zentrale Aufgabe bestand auch darin, die für die Deichertüchtigung zur Verfügung stehenden Methoden und Konzepte zu erläutern und die besonderen Rahmenbedingungen

- bestehender Altdeich,
- Naturhaushalt,

- rechtliche Rahmenbedingungen,
- Platzverhältnisse,
- Deichunterhaltung,
- die Berücksichtigung der Zeit- bzw. Finanzplanung aufzuzeigen.

Neben der Festlegung des Ertüchtigungsbedarfes bzw. der Ertüchtigungsdringlichkeit konzentrierte sich dieses Vorhaben auf die technischen Maßnahmen, um vor allem die Standsicherheit zu erhöhen und die Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten. Anschüttungen, der Einbau von Dichtungen (Abb. 3 und 4), die Verwendung von Geokunststoffen kommen ebenso zur Anwendung wie landseitige Dräns mit Deichwegen. Neben den Verfahren, welche die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit verbessern, werden auch Möglichkeiten zur Erhöhung von Deichen und besondere Maßnahmen bei Gehölzbeständen am und auf dem Deich beschrieben. Je nach Problemstellung ist somit für die besonderen Rahmenbedingungen der Deichertüchtigung rasch die Wahl einer geeigneten Methode zur Deichertüchtigung möglich. Die bereits erwähnte, kurz gefasste Arbeitshilfe beinhaltet neben dem Themenschwerpunkt „Ertüchtigungskonzepte und Ertüchtigungsmethoden“ auch einige Hinweise zu den notwendigen Grundlagen sowie auszugsweise Punkte anderer Themenbereiche wie z. B. „Dichtungen“ und „Überlaufstrecken“.

Forschung

Bei den Untersuchungen zu den Auswirkungen von Wurzeln und Hohlräumen auf Deichböden wurden neben den Durchlässigkeitsuntersuchungen an insitu entnommenen Grasnarben, welche eine Durchlässigkeiten $k = 10^{-3}$ bis 10^{-4} m/s aufweisen können, auch einige theoretische Ansätze betrachtet, um den Einfluss von erhöhtem Porengehalt und von Wurzeln auf die Durchlässigkeit von Böden näher bestimmen zu können. Sande und Kiese können demnach nach Auflockerung des Bodens beim Übergang von dichter Lagerung zu lockerer Lagerung eine Erhöhung der Durchlässigkeit bis zu einem Faktor 10 erfahren. Die erhöhte Randporosität an Wurzelkanälen spielt in dieser Hinsicht eine untergeordnete Rolle. Ein weiteres Ergebnis zeigt, dass natürliche Oberflächendichtungen schon bei sehr kleinen, in der



Abb. 3: MIP-Wand-Einbau an einem Deich an der „Kleinen Donau“ (Quelle: WWA Ingolstadt)



Abb. 4: FMI-Wand-Einbau an einem Deich bei Niederaltich an der Donau (Quelle: TU München)

Dichtung liegende Röhren ($D_w < 2$ cm) ihre Dichtfunktion verlieren und eine Restdurchlässigkeit annehmen, die u. A. abhängig ist von der Durchlässigkeit des anstehenden Deichkörpers. Die Durchlässigkeit von Vegetationsschichten auf Deichen bzw. Grasnarben kann in Abhängigkeit von der Dicke der Vegetationsschicht, der Durchlässigkeit des Ausgangsbodens sowie der Intensität des Grasbewuchses abgeschätzt werden. Besonders bei Vegetationsschichten größerer Dicke ($d > 20$ cm) und bei besonders durchlässigen Deichkörpern ($k = 10^{-2}$ m/s) kann

die Grasnarbe zur Verminderung der Durchsickerung beitragen.

Neben den Auswirkungen und den daraus in DIN 19712 formulierten Regeln zum Bewuchs auf Deichen (siehe z. B. Haselsteiner und Strobl (2004)) werden auch die Standsicherheit und Bruchsicherheit von Einzelgehölzen betrachtet. Insbesondere während Hochwasser kommt es immer wieder vor, dass Bäume am und auf dem Deich geworfen werden und die Sicherheit des Deiches gefährden bzw. unmittelbar zum Bruch führen können (Abb. 5).



Abb. 5: Entwurzelte Fichte am Fuß eines Lechdeiches (aus LfW BY 1990)

Die Standsicherheit von Bäumen ist u. A. Abhängig vom Verhältnis der Höhe H und des Durchmessers D und von den angreifenden Kräften, vor allem vom Wind, und der Verwurzelung im Untergrund. Für einfache Annahmen der Baumgeometrie und der Wurzelausbreitung im Untergrund kann der erforderliche Stammdurchmesser D_{erf} in Abhängigkeit vom Verhältnis H/D für verschiedene Windstärken abgeschätzt werden so dass die Standsicherheit für Kippen (Windwurf) noch eingehalten ist (Abb. 6).

Unter Berücksichtigung der bestehenden Regelungen und der Ergebnisse der statischen Untersuchungen wurden Hinweise zur Zulässigkeit von Gehölzen auf und an Deichen gegeben, die neben den baumspezifischen Parametern wie z. B. Größe und Wurzelwachstum auch den Deichquerschnitt mit möglichen Sicherungsmaßnahmen wie z. B. statisch wirksame Dichtungen und/oder der Anordnung eines Überprofils berücksichtigen. Für die praktische Anwendung kann die Zulässigkeit von Gehölzen in Abhängigkeit von der Lage des Gehölzes bezüglich des Deichquerschnittes und den vorhandenen Sicherungselementen beurteilt werden. Zu diesem Zweck wurden Gehölze zu Gefahrenklassen zugeordnet. Darüber hinaus werden Hinweise gegeben, wie mit bestehendem Gehölz zu verfahren ist. Dabei wurden Maßnahmen der Pflege und Unterhaltung und bautechnische Sicherungsmaßnahmen sowie das Vorgehen bei der Gehölzentfernung

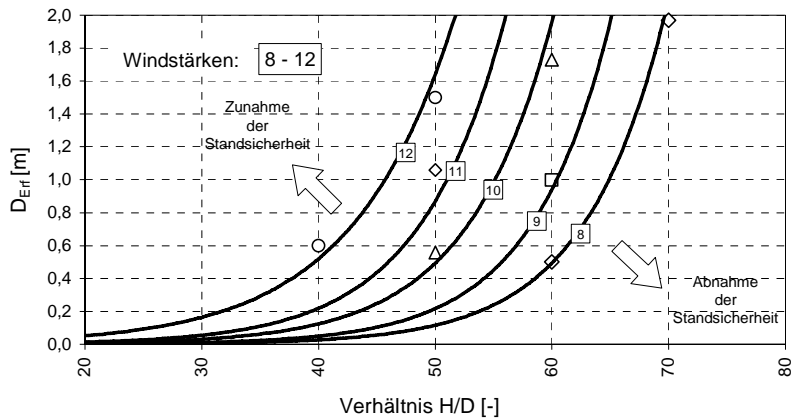


Abb. 6: Diagramm zur Abschätzung der Standsicherheit von Bäumen (Windwurf)

näher erläutert. Da die Auswahl von Gehölzen bzw. das Erkennen von besonders für die Deichsicherheit gefährlichen Gehölzen wesentlich zur Erhöhung der Sicherheit des Deiches beitragen kann, werden tabellarisch von über 70 Gehölzen die Eigenschaften, wie z. B. Größe, Wurzelform, bevorzugte Böden, Überflutungsempfindlichkeit, die Fähigkeit zum Stockausschlag u. v. m. zusammengestellt. Dadurch kann es möglich sein, unter Beibehaltung des Sicherheitsniveaus des in den Regelwerken beschriebenen Standards im Einzelfall ein Bewuchskonzept für Deiche

dahingehend zu entwickeln, dass Gehölze belassen werden oder sich entwickeln können, wie es von der Praxis nicht selten gefordert und teilweise bereits ausgeführt wird. Die Durchwurzelbarkeit von Dichtungen in Deichen ist ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchungen. Die in Deichen üblichen Dichtungen – natürliche Oberflächendichtung, Geosynthetische Tondichtungsbahn, Spundwand, Schmalwand, Verfahren der Bodenvermörtelung – werden anhand von zwei Kriterien im Falle von Oberflächendichtungen und fünf Kriterien im Falle von

		Dichtungstyp		Kriterien					Summe					
		Natürliche Dichtung	GTD	Sicherheitsabstand (Kriterium 1)	Sicherungsmaßnahmen (Kriterium 2)	Chem. Resistenz (Kriterium 3)	Stat. Sicherheit (Kriterium 4)	Fehlstellen (Kriterium 5)	12	12	42	12		
Oberflächendichtungen	Natürliche Dichtung	Ja	+	Ja	+	keine Berücksichtigung					--	o	o	++
		Nein	-	Nein	-									
	Ja	+	Ja	+										
	Nein	-	Nein	-										
									--	o	o	++		
									+			1		
Innendichtungen ¹	Spundwand	Ja	+	+	+	+	+	+	+	+++	++++			
		Nein	-											
	Einphasenschlitzwand	Ja	+	+	o	+	+	+	+	++	++++			
		Nein	-											
	Schmalwand	Ja	+	+	o	-	o	o	o	o	+			
		Nein	-											
	Bodenvermörtelung	Ja	+	+	o	o	+	+	+	+	+++			
		Nein	-											

¹Innendichtungen übernimmt der Deichkörper die Sicherung

Bewertungsschema:

- + gut "durchwurzelungshemmend"
- o neutral "u. U. von anderen Randbedingungen abhängig"
- schlecht "kein größerer Widerstand"

Abb. 7: Beurteilung der Durchwurzelbarkeit von Dichtungen in Deichen

Innendichtung auf ihre Durchwurzelbarkeit hin untersucht. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass Oberflächendichtungen mehr gefährdet sind als Innendichtungen. Bei Oberflächendichtungen müssen i. d. R. Maßnahmen zum Schutz der Dichtung vor Durchwurzelung ergriffen werden. Innendichtungen sind bei üblichen Deichabmessungen und Dichtungsarten und Dichtungswurzeln durchwurzelungsresistent. Ausnahmen können Schmalwände darstellen (vgl. Abb. 7).

An einem an der Versuchsanstalt in Oberrach errichteten Deich wurden der Einfluss von Wellencharakteristiken, wie Anstiegs- und Abstiegsgeschwindigkeit und Scheiteldauer, Vorwellen, Vorregenereignisse sowie der Einfluss von Grasnarben untersucht. Die Hochwasserparameter haben neben der Durchlässigkeit des Deichmaterials und der Deichgeometrie den maßgebenden Einfluss auf die Durchsickerung des Deiches. Vorregenereignis und Grasnarbe haben nur geringen verstärkenden bzw. dämpfenden Einfluss auf die Durchsickerung. Die untersuchten Vorregenereignisse haben ebenso wie einige Störstellen in der Grasnarbe keinen nennenswerten Einfluss auf die Durchsickerung. Schnell anlaufende wie ablaufende Hochwasserstände führen mit Anstiegs- wie Abstiegsgeschwindigkeiten größer $v_{an} = v_{ab} > 0,10$ m/s führen bei Deichen mit Durchlässigkeiten geringer als $k = 10^{-5}$ m/s zu keiner stationären Durchsickerung. Hochwasser mit langsamerer Entwicklung können bei durchlässigen Deichen ($k = 10^{-3}$ m/s) stationäre Verhältnisse hervorrufen.

Resümee

Die für die Planung und Durchführung notwendigen Grundlagen zur Deichsanierung / -ertüchtigung werden im Endbericht des Vorhabens beschrieben. Insbesondere werden die sich aus den überarbeiteten Normen Geotechnik ergebenden Veränderungen berücksichtigt.

Aufgrund der Ausführlichkeit der Arbeit wird eine umfassende thematische Übersicht des gesamten Themenkomplexes „Deichsanierung“ gegeben. Die kurz gehaltene Arbeitshilfe ermöglicht es, in kürzester Zeit einen Überblick des Gesamtthemas zu erlangen. Praktische Erfahrungen fließen sowohl durch die Sammlung von Deichschäden

während der letzten, großen Hochwasserereignisse 1988, 1999, und 2005 als auch durch die Zusammenstellung von 20 Deichertüchtigungs- und Deichbaumaßnahmen in die Arbeit ein.

Als besonders wertvoll erwiesen sich die regelmäßigen Treffen des Forschungsbeirates, an denen Teilergebnisse vorgestellt und wertvolle Hinweise zur Weiterführung der Arbeiten eingeholt werden konnten.

Den Vertretern der Wasserwirtschaftsverwaltung sei für die konstruktive Zusammenarbeit und die außerordentliche Unterstützung gedankt.

Literatur

DIN 1054 (2005): Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), Januar 2005

DIN 4020 (2003): Geotechnische Untersuchung für bautechnische Zwecke. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), 2003

DIN V 4084-100 (1996): Böschungs- und Geländebruchberechnungen. Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), 1996

DIN 19712 (1997): Flussdeiche. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), 1997

DVWK 246 (1997): Freibordbemessung an Stauanlagen. Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 246, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1997

DWA (2005): Dichtungssysteme in Deichen. DWA-Themen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef 2005

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; Juni 2004

Hermann, Richard A.; Jensen, Jürgen (2003): Sicherung von Dämmen und Deichen. Handbuch

für Theorie und Praxis. Hrsg. Hermann und Jensen, Universitätsverlag Siegen – universi, 2003

Hohlfeld, Thomas; Geiling, Peter; Dörrer, Thomas. (2004) Geophysikalisch-geotechnische Untersuchung zur Einschätzung der Baugrundverhältnisse an Hochwasserschutzdeichen. Geotechnik 27, Heft Nr. 4, S. 356 – 363, 2004

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

Schneider, H.; Schuler, U.; Kast, K.; Brauns, J. (1997): Bewertung der geotechnischen Sicherheit von Hochwasserschutzdeichen und Grundlagen zur Beurteilung von Sanierungsmaßnahmen. Abteilung Erddamm- und Deponiebau, Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik, Universität Karlsruhe, Heft 7, Karlsruhe 1997

Verfasser

Ronald Haselsteiner
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Theodor Strobl
Lehrstuhl und Versuchsanstalt für
Wasserbau und Wasserwirtschaft
Technische Universität München