

Deichsanierungsarbeiten



Anerkannte Regeln der Technik und Stand der Technik

Ronald Haselsteiner, Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft,
Technische Universität München

1 Einleitung

Die Hochwasserereignisse der letzten Jahre – erwähnt seien nochmals das Auguthochwasser 2002 und das Pfingsthochwasser 1999 – haben anhand der aufgetretenen Schäden gezeigt, dass noch großer Tätigkeitsbedarf mit Ziel der Verbesserung des Hochwasserschutzes herrscht. Die durch den Druck der Bevölkerung anlaufenden Hochwasserschutzmaßnahmen erstrecken sich vom Rückhalt des Abflusses über den technischen Hochwasserschutz bis hin zur Hochwasservorsorge. Dieses 3-Säulen-Konzept des modernen Hochwasserschutzes beruht auf der Kalkulierbarkeit aller vom Hochwasser betroffenen Bereiche. Nicht zuletzt dürfen sich an eingedeichten Flussstrecken keine unbeabsichtigten Brüche ereignen, welche die Investitionen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes der gesamten Maßnahme in Frage stellen würden. Dieses Risiko (Risiko = Schaden x Wahrscheinlichkeit) muss reduziert werden und die Deichsanierung ist besonders in besiedelten Gebieten mit direkter Gefahr für den Menschen und dessen Güter ein nicht verzichtbarer Faktor zum Erreichen des gewünschten Schutzgrads. Damit diese oft sehr alten Bauwerke „die Anforderungen an einen modernen Deich erfüllen“ können, ist eine häufig eine Ertüchtigung notwendig (Haselsteiner et al. (2002)).

2 Anerkannte Regeln der Technik

Deiche (Abb. 1) sind „Dämme aus Erd- und Baustoffen an Fließgewässern zum Schutz des Hinterlandes gegen Hochwasser, die im Gegensatz zu Stauhaltungsdämmen nur bei Hochwasser beansprucht werden“ (DIN 19712 (1997)).

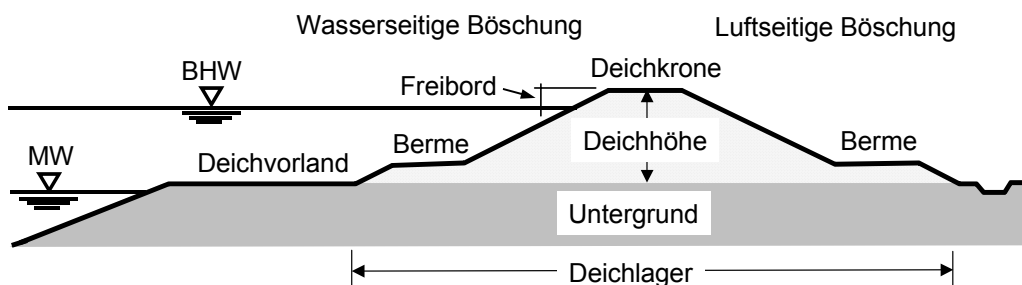


Abb. 1: Deichquerschnitt mit typischen Begriffen nach DIN 19712 (1997)

Deiche sollten nach DVWK (1986) als Drei-Zonen-Damm (Abb. 2) aufgebaut sein.

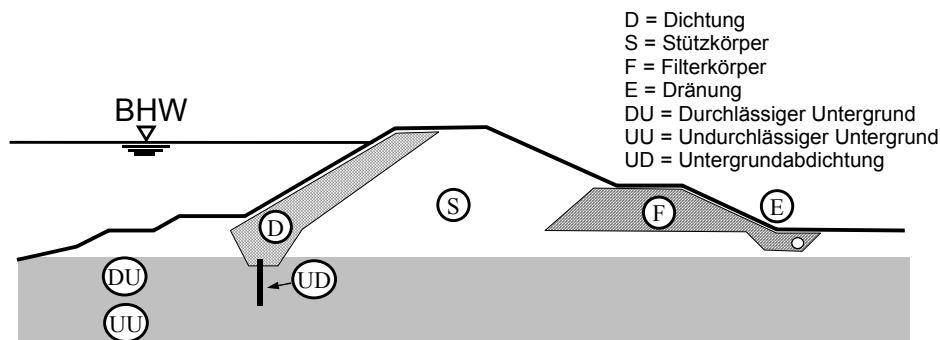


Abb. 2: Drei-Zonen-Damm nach DVWK (1986)

Das Maß der hydraulischen Belastung bei Hochwasserfall hängt maßgeblich vom Zustand des Deichbauwerks ab. In Trockenzeiten nehmen vor allem die Tätigkeit von Wühltieren, Bewuchs und andere den Boden verändernde Faktoren Einfluss. Neben der DIN 19712 „Flussdeiche“ (1997) und dem DVWK-Merkblatt 210 „Flussdeiche“ (1986) sind weitere Merkblätter erschienen, die sich ausschließlich mit der Problematik von Wühltier- und Bewuchsschäden auseinandersetzen: DVWK (1981) / (1989) / (1993) / (1997) I + II und LfW (1984). Die Belange der technischen Funktionalität des Bauwerks können mit den Anforderungen des Natur- und Umweltschutzes teilweise nicht korrespondieren. Die Forderungen nach einem gehölzfreien und Wühltier feindlichen Bauwerk sind ebenso wenig konsensfähig wie ein nicht mehr kontrollierter, der Natur überlassener Deich.

Wissenschaftlich ausgerichtete Arbeiten, welche sich mit Deichbauten und deren Sanierung beschäftigten, haben in Vergangenheit Sanierungskonzepte erarbeitet (Brauns et al. (1997)), bei denen primär die Funktionalität im Vordergrund stand (Abb. 3). Die Thematik der Einpassung des Deiches in ein übergeordnetes Ökosystem wurde bislang noch keiner konkreten Regelung zugeführt.

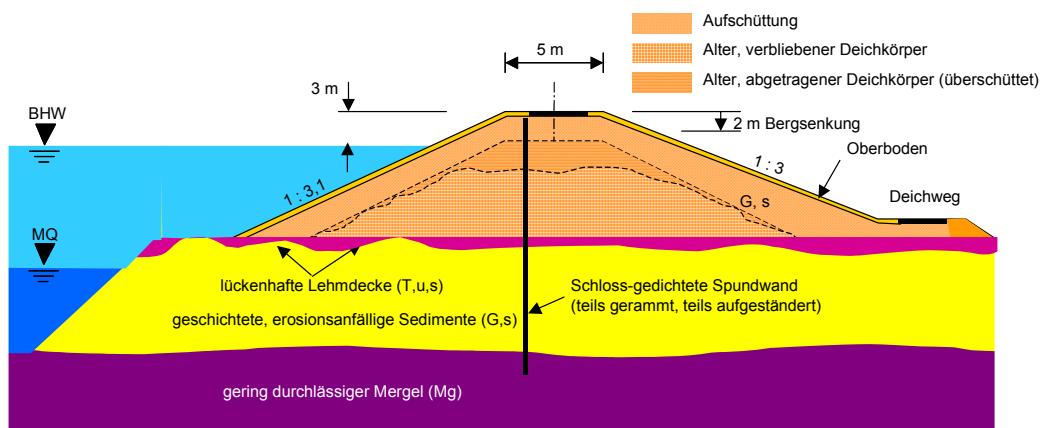


Abb. 3: Beispiel eines sanierungsbedürftigen Deiches mit Sanierungsvorschlag nach Brauns et al. (1997)

Bei einer zu erwartenden Bergsenkung von 2,0 m des gezeigten Beispiels (Abb. 3), beträgt das Freibord nach Abklingen der Senkung 1,0 m. Als Dichtung wird eine bis in den Untergrund reichende Spundwand vorgeschlagen. Der Austausch zwischen Vorfluter und Grundwasser kann bei einer bis in den undurchlässigen Untergrund reichenden Dichtwand beeinträchtigt sein. Auf die Grundwasserverhältnisse ist in der Praxis stets besonders Rücksicht zu nehmen.

Die Verquickung von theoretisch-wissenschaftlichen Ansätzen mit der in der Baupraxis relevanten Wirtschaftlichkeit und Ausführbarkeit muss jeder Ingenieur innerhalb seines eigenen Ermessensspielraums neu erarbeiten, wenn er nicht auf Erfahrungswerte oder Beispielmaßnahmen zurückgreifen kann.

3 Beanspruchungen und Lastfälle

3.1 Beanspruchungen

Der Einstau bei Hochwasser stellt die maßgebende Belastung des Deichbauwerks dar. Das Deichbauwerk kann, wie schon erwähnt, während Trockenzeiten durch Wühltiere, unsachgemäßen Bewuchs etc. in seiner Substanz geschädigt werden. Der Einstau mit der sich einstellender Durchsickerung hat maßgeblichen Einfluss auf die Bodenparameter. Der Einfluss der Durchsickerung auf den Deich ist in Tab. 1 aufgelistet.

Tab. 1: Auswirkungen der Durchsickerung auf den Deich

Durchsickerung	Direkte Auswirkung / Änderung der Deichparameter	Folgen / Schäden
Auftreten von Strömungskräften Sättigung des Bodens	Schwächung des Korngerüstes (Suffusion / Erosion), Änderung der Bodenzusammensetzung, abnehmende Wichte γ , steigende Durchlässigkeit k , abnehmende Kohäsion c , abnehmender innerer Reibungswinkel φ , erhöhter Porenraum n , Auftreten einer Hangquelle, Verminderung der Scherfestigkeit τ_F	stärkere Durchsickerung, erhöhte Gefahr von Grundbruch und Böschungsrutsch, Ausspülungen, Setzungen, Verringerung der Gleitsicherheit, Oberflächenerosion

Wenn die angreifenden Belastungen größer sind, als der Widerstand, den das Bauwerk „Deich“ mit Untergrund als Dichtungssystem bietet, kann ein Versagen des Deiches ausgelöst werden (Abb. 4):

1. Bruch durch Überströmung mit Oberflächenerosion
2. Versagen der Böschungen
3. Hydraulischer Grundbruch (Auftrieb) oder Gleitversagen unter Grundwasserdruck
4. Erosionsgrundbruch (Ausspülungen) / Rückschreitende Erosion

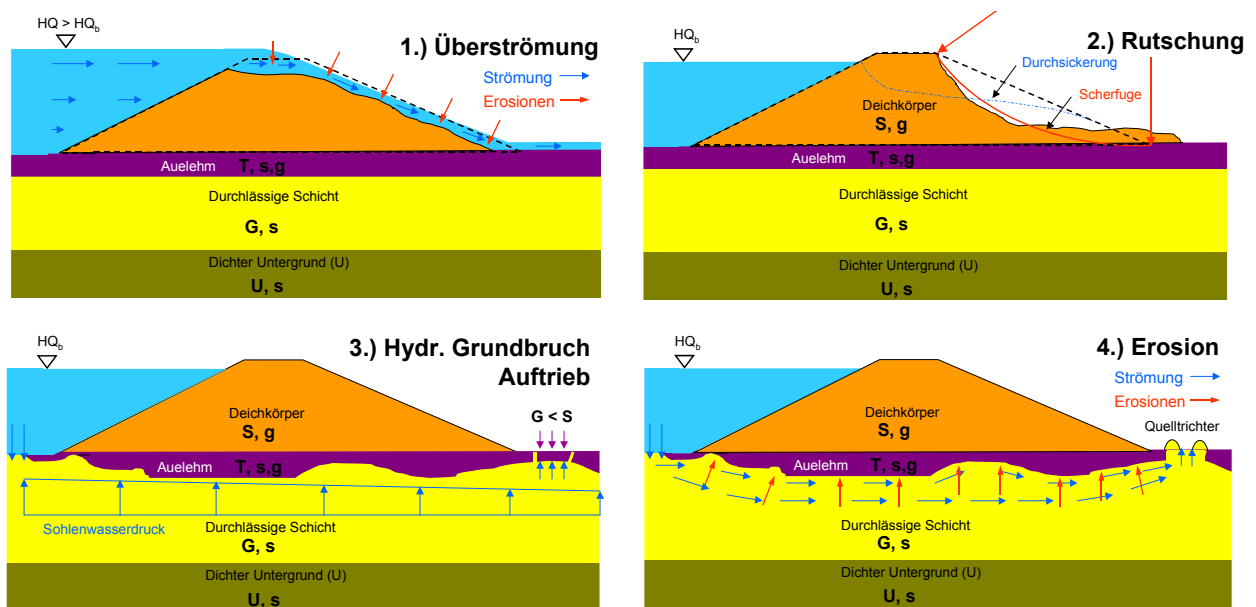


Abb. 4: Deichversagensarten an systematischen Deichquerschnitten

Normalerweise ist das Versagen eines Deiches das Resultat des Zusammenspiels von mannigfaltigen schadhafte Einflüssen auf Deichkörper und Untergrund.

Verändert sich die Lage der freien Oberfläche im Deichkörper mit fortschreitender Zeit nicht, wenn also die hydraulischen und bodentechnischen Kennwerte theoretisch gleich bleiben, stellt sich eine Umhüllende der Durchsickerung ein (Abb. 5), die oft als Sickerlinie oder

Grenzsickerlinie bezeichnet wird. Dieser Endzustand der Durchsickerung stellt den ungünstigsten Fall des Durchsickerungsvorganges dar.

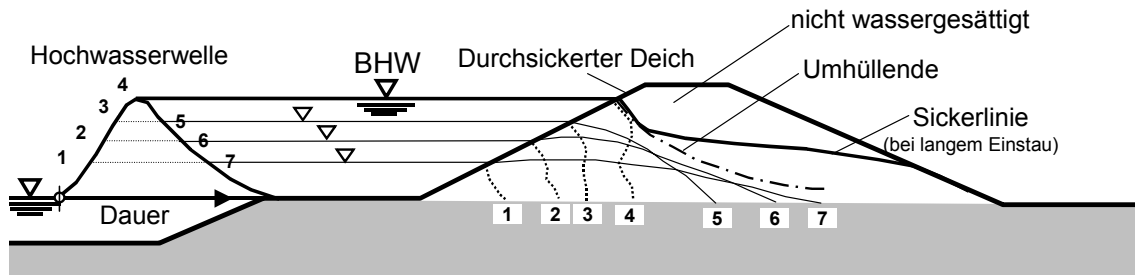


Abb. 5: Ausbreitung der Durchsickerung nach DVWK (1986)

3.2 Lastfälle

Lastfälle an Deichen können gemäß DIN 1054 (1976), DIN 4084 (1981) und DIN 19712 (1997) gebildet werden. Die Anwendung des neuen Konzepts mit Teilsicherheitsbeiwerten nach DIN 1054-100 (1996) findet in der Praxis bereits Anwendung. Lastfall 1 nach DIN 1054 bzw. DIN 19700-11 (2001) für ständig einwirkende Lasten kommt für Deichbauten nicht in Frage. Für temporäre Belastungen sind Lastfall 2 und 3 nach DIN 1054 (1976) mit den Sicherheiten aus DIN 4084 (1981) in folgender Tab. 2 aus DVWK (1986) angegeben.

Tab. 2: Lastfälle für Deiche nach DIN 1054 (1976) mit Sicherheiten nach DIN 4084 (1981)

	Anzusetzende Lasten nach DIN 1054 (1976)	Sicherheit nach DIN 4084 (1981)
Lastfall 2	<ul style="list-style-type: none"> - Eigenlast - Verkehrslast auf Krone und Berme - Wasserstand nicht höher als BHW (Tab. 3, Bild 1) 	$\eta = 1,3$
Lastfall 3	<ul style="list-style-type: none"> - Eigenlast - Verkehrslast auf Krone und Berme - Wasserstand bis Deichkrone (Tab. 3, Bild 2) - ggf. Versagen der Dränung (Tab. 3, Bild 3) 	$\eta = 1,2$

In folgender Aufstellung sind Lastfälle für Deichbauten dargestellt. Zusätzlich sei hier auf den Lastfall „Fallender Wasserspiegel“ (Tab. 3, Bild 4) nach DVWK (1986) hingewiesen. In der Praxis werden die in den Normen klassifizierten Lastfälle durch praktisch relevante Lastbilder erweitert (Tab. 3, Bild 5 und 6).

Tab. 3: Lastfälle bei Deichbauten

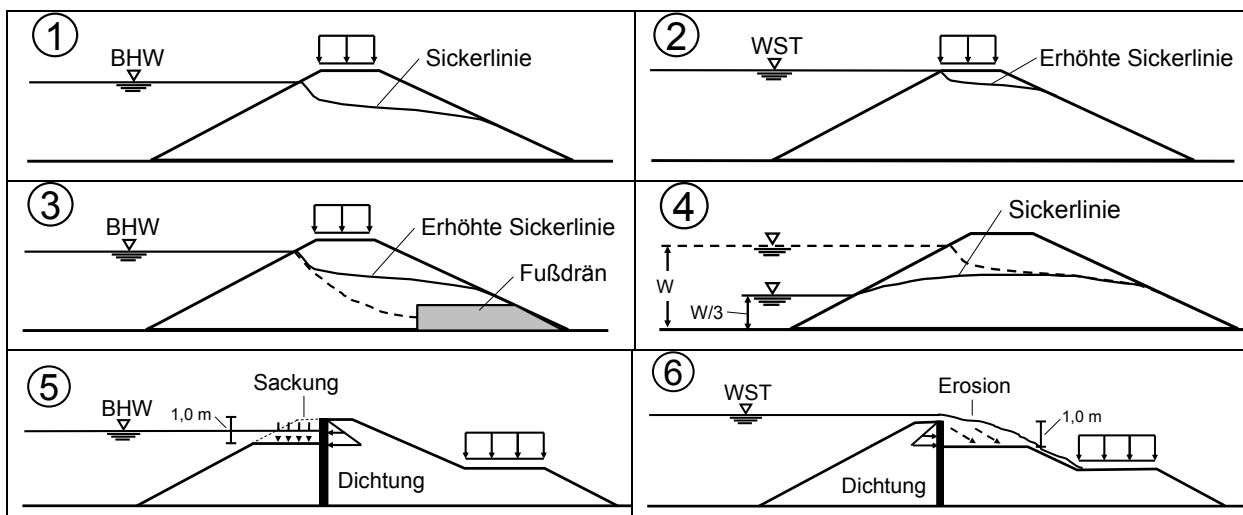


Bild 5 aus Tab. 3 beruht auf der Annahme, dass aufgrund von Wühltieraktivitäten vorhandene Porenräume bzw. im Falle von Windwurf eines Baumes sich der wasserseitige Stützkörper um 1,0 m setzt bzw. nachgibt. Das Dichtungselement muss somit statisch wirksam sein (Weiß (2003)). Dieser Lastfall ist an einen Lastfall aus dem Dammbau (BAW (1998)) angelehnt, bei dem eine resultierende Neigung von $\varphi/2$ angenommen wird. Bild 6 in Tab. 3 beruht auf der Forderung, dass das einzubauende Dichtungselement, nachdem eine Erosion von 1,0 m des luftseitigen Stützkörpers durch Überströmung stattgefunden hat, die statische Last für den Erhalt der Standsicherheit des restlichen Deiches abtragen muss.

4 Sanierungsmaßnahmen

Im Folgenden werden die Sanierungsmaßnahmen nach ihrem Wirkungsumfeld unterschieden. In der Praxis muss bei Sanierungsmaßnahmen alle Möglichkeiten der Ertüchtigung in Betracht gezogen werden und ein umfassendes Konzept erarbeitet werden.

4.1 Maßnahmen im Lageplan

Die in Vergangenheit durchgeführten Eindeichungen hatten zum Einen den Schutz von bereits vorhandenen Siedlungen und Nutzflächen zum Ziel und zum Anderen die Gewinnung von Agrarflächen durch Umwandlung des ehemaligen Überschwemmungsgebietes. Heutzutage wird Hochwasserschutz durch die Schaffung von Rückhalteflächen betrieben. Die Möglichkeit, die Ausbreitung von Hochwasserwellen in der Fläche zu simulieren, hilft dabei, die bestehenden Deichstrecken, insbesondere die Deichlage und ihren Einfluss auf Wasserstand und Fließgeschwindigkeit, zu untersuchen und zu bewerten.

Als Maßnahmen der Veränderungen im Lageplan seien hier die Trassenverlegung von Deichen, die Deichrückverlegung, der Neubau von Deichen und die Schaffung von Überflutungsflächen an Deichüberlaufstrecken zu erwähnen. Es sei angemerkt, dass jegliche Beeinflussung einer Hochwasserwelle Auswirkungen auf das gesamte Hochwassergebiet hat. Eine Maßnahme muss deshalb ihre übergeordnete positive Wirkung nachweisen. So kann z. B. die Verbreiterung eines Fließquerschnittes zwar den Pegel und die Geschwindigkeit an einer Stelle senken, jedoch an anderer Stelle durch eine potentielle Überlagerung der Hochwasserwellen separater Einzugsgebiete die Situation verschlechtern.

4.1.1 Trassenverlegung

Eine Trassenverlegung soll immer eine Gewinnung von Rückhalteraum und / oder ein günstigeres Abflussverhalten mit Blick auf das gesamte Abflussregime zur Folge haben. Eine nachträgliche, weiträumige Änderung des Deichverlaufes kann aufgrund neuer Erkenntnisse der in DVWK (1986) erwähnten Punkte geschehen:

1. Hydraulische Randbedingungen
2. Untergrund
3. Landschaftliche, ökologische und städtebauliche Belange
4. Nutzungsansprüche / Eigentumsverhältnisse

4.1.2 Deichrückverlegung

Existiert im Abflussquerschnitt die Möglichkeit den Deich ins Hinterland zu verlegen, kann ein Plus an Retentionsvermögen und eine Verminderung der Abflussgeschwindigkeit erreicht werden. Auf die Untergrundverhältnisse an der neuen Deichstrecke ist besonders zu achten. Die Wirksamkeit von Deichrückverlegung wird in der Fachwelt sehr unterschiedlich beurteilt. In Schwaller (2003) wird der Einfluss von Deichrückverlegung, Bewaldung und Mäandern auf das Retentionsvermögen untersucht. Ergebnisse führen dahin, dass eine Deichrückverlegung mit vollständiger Bewaldung Fließquerschnitts die größte Scheitelabminderung nach sich ziehen kann. Der relative Einfluss der Abminderung durch Maßnahmen im Vorland sinkt mit dem steigenden Verhältnis von Abflussgröße zu

Vorlandbreite. Wird die Deichrückverlegung mit flussbaulichen Maßnahmen wie Mäandern, Aufweitungen und Sohlanhebung kombiniert, lässt sich eine zusätzliche Verminderung des Scheitels im Zielgebiet erreichen.

4.1.3 Neubau von Deichen

Die Sicherheit von Deichbauwerken wird nicht nur durch Maßnahmen an den Hauptdeichen gesteigert. Zu deren Sicherung oder Unterstützung können auch Deichbauwerke im Umfeld des Hauptdeiches neu gebaut bzw. ertüchtigt werden. Als Beispiel sei hier der Bau eines Qualmdeiches (Abb. 6) erwähnt, der den bei einer Durchsickerung auftretenden hydraulischen Gradienten senkt und somit die Durchsickerung des Hauptdeiches vermindert.

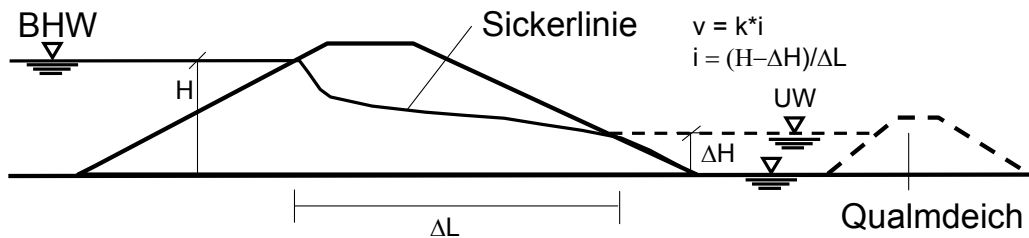


Abb. 6. Wirkung eines Qualmdeiches

Mit Sandsäcken geschüttete Qualmdeiche sind ein bewährtes Mittel bei der Deichverteidigung.

4.1.4 Schaffung von Flutungsgebieten durch Überlaufstrecken

Nicht zuletzt wegen der Eindeichung langer Flussstrecken stehen für die Retention von Hochwasserwellen wichtige Überflutungsflächen nicht mehr zur Verfügung. Unter anderem verfolgt das vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen beschlossene Aktionsprogramm 2020 (StMLU (2002)) deshalb die Rückgewinnung von Rückhalteraum. An der Donau in Bayern werden zur Zeit u. a. vom Wasserwirtschaftsamt Deggendorf mehrere gesteuerte Polder geplant (Blaschke (2003)).

Überlaufstrecken können einerseits ausgewiesene Überschwemmungsflächen bzw. Polder („zum Schutz gegen Überflutung eingedeichte Niederung“) fluten oder sie können als Notventil dienen und Gebiete geringerer Schutzbedürftigkeit zum Schutz anderer z. B. besiedelter Bereiche „opfern“.

Die politische Durchsetzbarkeit von Deichüberlaufstrecken als Notventile scheidet oft schon an den rechtlichen Grundlagen des Hochwasserschutzes. Zwar spricht der Gesetzgeber von einer sozialen Bindung des Eigentums, doch stößt in der Praxis der Bau von Überlaufstrecken mit abgesenkter Krone auf heftigen Widerstand der Betroffenen, was eine Umsetzung schon während der Planungsphase in Frage stellt.

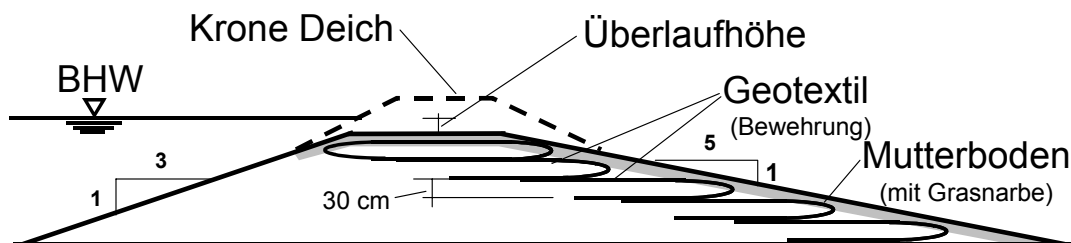


Abb. 7: Gestaltung eines überströmbaren Dammes nach Brauns et al. (2002)

Überlaufstrecken müssen aufgrund der hohen hydraulischen Belastung konstruktiv besonders geschützt werden. Krone und die luftseitige Böschung können oberflächlich konstruktiv z. B. mit Wasserbausteinen oder hydraulischen gebundenen Tragschichten gesichert werden (Abb. 7).

4.2 Ausbau des Fließquerschnittes

Maßnahmen im Fließquerschnitt können durch eine bauliche Veränderung direkt am Deich oder durch Maßnahmen im Hauptgerinne oder Vorland mit einhergehenden indirekten Einflüssen auf das Deichbauwerk wie z. B. Änderung des Wasserstandes durchgeführt werden. Der Fließquerschnitt kann durch

- Ausbaggerungen im Hauptgerinne bzw. Eintiefung des Vorlandes
- Erhöhung der Deiche
- Rückverlegung der Deiche
- Veränderung des Fließwiderstands

ertüchtigt werden.

4.3 Maßnahmen am Absperrbauwerk (Deichkörper / Untergrund)

Das Absperrbauwerk selbst muss für die Bemessungsbelastungen unter Einbezug eines Restrisikos und der jeweiligen Annahmen sicher sein. Dazu ist die Standsicherheit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit nachzuweisen (Tab. 4).

Tab.4: Deichsanierung nach den anerkannten Regeln der Technik

	Nachweise / Kriterien	Mittel / Werkzeuge
Standsicherheit / Gebrauchstauglichkeit / Dauerhaftigkeit	- Böschungsbruch	1. Abflachung der Böschungen 2. Stützkonstruktionen 3. Einschränkung der Durchsickerung 4. Materialverbesserung
	- Gleiten (bei Dichtungen)	1. Verbreiterung des Deichauflagers 2. Einschränkung der Durchsickerung 3. Materialverbesserung
	- Spreizen (am Deichfuß)	1. Einschränkung der Durchsickerung 2. Abflachung der Böschungen 3. Materialverbesserung
	- Grundbruch (am Deichfuß)	1. Einschränkung der Durchsickerung 2. Materialverbesserung (Boden und Untergrund)
	- Hydraulischer Grundbruch	1. Auflast am luftseitigen Deichfuß 2. Einschränkung der Durchsickerung (Untergrund)
	- Suffusion / Erosion	1. Einschränkung der Durchsickerung 2. Filterstabiler Aufbau 3. Materialverbesserung
	- Setzungen / Senkungen	1. Einschränkung der Durchsickerung 2. Setzungsarme Materialien 3. Materialverbesserung
	- Wühltiere	1. Ausbildung des Vorlandes (Breite, Bewuchs) 2. Sperrschichten 3. Direkte Maßnahmen gegen Wühltiere
	- Bewuchs	1. Geschlossene Grasnarbe 2. Einschränkung der Durchwurzelung 3. Kontrollierte Bepflanzung mit Gehölzen
	- Zugangswege	1. Anbindung ans Straßennetz 2. Mindestbreite 3. Stabiler Aufbau
	- Deichverteidigung	1. Deichlager 2. Wendemöglichkeiten 3. Wege (siehe oben)
	- Unterhalt / Überwachung	1. Arbeitswege (siehe oben) 2. Böschungsneigungen 3. Kontrollierter Bewuchs

Der Deich wird in der Regel durch die Gestaltung des Querschnittes mit besonderer Beachtung ausreichender Abmessungen für Krone, Böschungen etc. wirksam ertüchtigt.


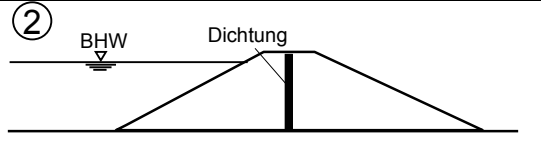
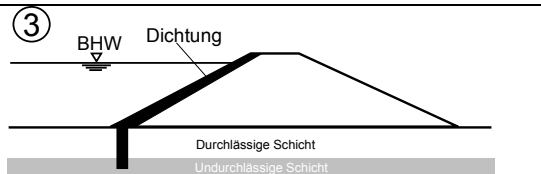
Darüber hinaus können durch eine Einschränkung der Durchsickerung durch Dichtungen bzw. Kontrolle des Sickerwassers durch Drainageelemente die schädlichen Einflüsse reduziert werden. Belange des Unterhalts und der Überwachung sowie der Deichverteidigung müssen bei der Wahl des Sanierungskonzeptes berücksichtigt werden. Neben den konstruktiven Möglichkeiten die Geometrie des Deichquerschnittes den Anforderungen anzupassen, ist es auch möglich das vorhandene Bodenmaterial durch gezieltes Vorgehen zu verbessern. Präventiv sollten die Einflüsse von Wühltieren und des Bewuchses gering gehalten werden und bei der Sanierungslösung z. B. durch Überdimensionierung des Querschnitts bei Beibehaltung des Bewuchses ebenfalls berücksichtigt werden.

5 Stand der Bautechnik

5.1 Abdichtung

Die Abdichtung eines Deiches kann an der Oberfläche oder dem Inneren des Deichkörpers und im Untergrund erfolgen. Die üblichen Dichtungsverfahren, vgl. DVWK (1990), sind in folgender Tabelle aufgelistet:

Tab. 6: Abdichtungsmöglichkeiten bei Deichen

Ort	Verfahren / Dichtungselement	Schemaskizze
Oberfläche	1. Natürliche Tondichtung 2. Kunststoffdichtungsbahn 3. Tondichtungsbahn	① 
Innen	1. Schmalwand 2. Schlitzwand 3. MIP- / DMM-Verfahren 4. Spundwand 5. FMI-Verfahren	② 
Untergrund	1. Spundwand 2. Schmalwand 3. Spundwand 4. FMI-Verfahren	③ 

Eine oberflächliche Abdichtung (Tab. 6, Bild 1) eines Deiches hat den Vorteil, dass das Wasser in geringem Maße in den Deichkörper einsickert und somit Schaden im Voraus vermieden werden. Deichsanierung mit Hilfe von Innendichtungen (Tab. 6, Bild 2) haben den Vorteil, dass man in einem Arbeitsgang die Abdichtung des Deichkörpers und des Untergrundes z. B. durch eine Spundwand erreichen kann. Auf den Anschluss der Untergrundabdichtung an eine dichte Schicht (Tab. 6, Bild 3) und gleichzeitig die Beachtung der vorherrschenden Grundwasserverhältnisse sei hingewiesen.

5.2 Materialverbesserungen

Erfüllt das vorhandene Deichmaterial nicht die Anforderungen, können die Bodeneigenschaften nachträglich verbessert werden. Die bei historisch gewachsenen Deichen häufig anzutreffende geringe Lagerungsdichte kann durch nachträgliche Verdichtungsarbeiten erhöht werden.

- Abtragung des Deichmaterials und Neuaufbau mit Verdichtung
- Nachträgliche Verdichtung
- Bodenverbesserung durch Bindemittelzugabe
- Bodenaustausch
- Qualitätserhöhende Einbauten (Geogitter, Vliese etc.)

5.3 Filter / Dränelemente

Filtereinbauten verhindern das Auftreten von Ausspülungen und von Umlagerungen durch Erosion und Suffusion. Dränelemente sollen anfallendes Sickerwasser in einem kontrollierten Bereich halten. Folgende bauliche Maßnahmen haben sich in der Praxis bewährt:

- Einbau eines Fußdräns
- Einbau eines Auflastdräns
- Filtermatten
- Geogitter
- Vliese

Besondere Beachtung sollte den Geokunststoffen gewidmet werden, die in der Vergangenheit ihre vielseitigen Funktionen unter Beweis gestellt haben. Die kostengünstige Herstellung und die einfache Einbau sprechen für diese Sanierungsmethode (Abb. 8).

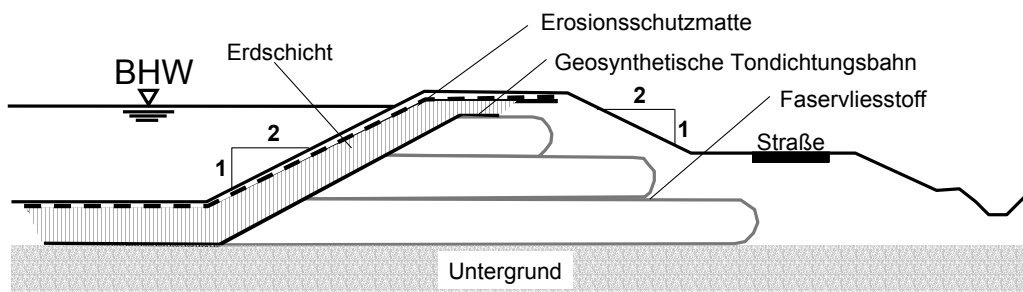


Abb. 8: Mit Hilfe von Geokunststoffen sanierter Deich nach Heerten (1999)

6 Resümee

Die Deichsanierung ist ein komplexes Arbeitsfeld, das nicht nur aufgrund der historischen Entwicklung der Deichbauwerke selbst, der enormen Längserstreckung und dem dahinter liegenden Schadenspotenzial besondere Aufmerksamkeit verdient. Forschungs- und Entwicklungsarbeit soll dazu beitragen, die begrenzt zur Verfügung stehenden Gelder effizient zur Erhöhung der Hochwassersicherheit einzusetzen. Sanierungsbedürftige Deiche müssen unter vertretbarem wirtschaftlichen Aufwand nach den anerkannten Regeln der Technik und mit Berücksichtigung des Standes der Bautechnik ertüchtigt werden. Die in der Praxis mangelnde Erfahrung und Sicherheit im Umgang mit dieser Materie kann zu Lösungen führen, die weder technisch noch wirtschaftlich zu vertreten sind.

7 Literatur

BAW (1998)

Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD). Merkblatt, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe 1998

Blaschke, Benno (2003)

Polder an der Donau. Tagungsband, S. 124 – 134, Nürnberger Wasserwirtschaftstag 05. Juni 2003, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 2003

Brauns, J.; Kast, K.; Schuler, U.; Schneider, H. (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

Brauns, J.; Bieberstein, A.; Queißer, J.; Bernart, H. H. (2002)

Überströmbare Dämme – landschaftsverträgliche Ausführungsvarianten für den dezentralen Hochwasserschutz in Baden-Württemberg, Zwischenbericht, Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS), Forschungszentrum Karlsruhe 2002

DIN 1054 (1976)

Baugrund; zulässige Belastung des Baugrundes. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), Beuth Verlag, Berlin, November 1976

DIN V 1054-100 (1996)

Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau. Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten. Vornorm. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), Beuth Verlag, Berlin, April 1996

DIN 4084 (1981)

Baugrund; Gelände- und Böschungsbruchberechnungen. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), Beuth Verlag, Berlin, Juli 1981

DIN E 19700-11 (2001)

Stauanlagen. Teil 11: Talsperren. Entwurf. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), Beuth Verlag, August 2001

DIN 19712 (1997)

Flussdeiche. Normenausschuss Wasserwesen (NAW), Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), November 1997

DVWK (1981)

Empfehlungen für bisansicheren Ausbau von Gewässern, Deichen und Dämmen. Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 107, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1981

DVWK (1986)

Flussdeiche. Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 210, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1986

DVWK (1989)

Besiedlung und Schädigung von Flussdeichen durch Säugetiere. DVWK-Nachrichten, Nr. 102, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1989

DVWK (1990)

Dichtungselemente im Wasserbau. Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 215, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1990

DVWK (1993)

Landschaftsökologische Gesichtspunkte bei Flussdeichen. Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 226, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1993

DVWK (1997) I

Uferstreifen an Fließgewässern – Funktion, Gestaltung und Pflege. Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 244, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1997

DVWK (1997) II

Bisam, Biber Nutria. Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 247, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1997

Haselsteiner, Ronald; Conrad, Marco ; Strobl, Theodor (2002)

Kriterien zur Ertüchtigung von Hochwasserschutzdeichen. Geotechnik 25, Heft Nr. 4, S. 249 – 253, 2002

Heerten, Georg (1999)

Erhöhung der Deichsicherheit mit Geokunststoffen. 6. Informations- und Vortragstagung über „Kunststoffe in der Geotechnik“, Tagungsband S. 119 – 127, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., München 1999

LfW (1984)

Hinweise zur standortgemäßen Bepflanzung von Flussdeichen, Stauhaltungsdämmen und Vorländern. Merkblatt Nr. 5.1/1, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW), 1984

StMLU (2002)

Hochwasserschutz in Bayern – Aktionsprogramm 2020. Daten + Fakten + Ziele. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU), 2002

Schwaller, Gabrielle (2003)

Retention durch Gewässerentwicklung. Tagungsband, S. 135 – 144, Nürnberger Wasserwirtschaftstag 05. Juni 2003, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 2003

Weiß, Herbert (2003)

Neue Verfahren der Deichsanierung. Tagungsband, S. 155 – 164, Nürnberger Wasserwirtschaftstag 05. Juni 2003, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 2003

8 Verfasser

Ronald Haselsteiner

Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Technische Universität München

Arcisstraße 21

80290 München

Email: r.haselsteiner@bv.tum.de