

## Abteilung I

### Binnenwasserstraßen und Binnenhäfen

(für gewerbliche und Freizeitschifffahrt)

zu Thema 5:

#### Thema des dritten deutschen Berichts

#### Das Nachsorgeprinzip bei alten Dämmen

#### Berichtersteller:

Dipl.-Ing. Heinrich Armbruster, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

#### Zusammenfassung

Dämme an Wasserstraßen sind in Deutschland teilweise bis zu 100 Jahre alt, d. h. aus einer Zeit, als das Kanalnetz ausgebaut wurde. Der Bau geschah mit den damaligen Mitteln, Pläne sind nur noch zum Teil vorhanden. Die Nachsorge beschäftigt sich mit der Überprüfung der Standsicherheit der alten Dämme nach heutigen Gesichtspunkten, wobei neben den üblichen 3 Lastfällen mit den vorgeschriebenen Sicherheiten noch der zusätzliche Lastfall untersucht werden muß, daß jenes Dammelement seine Funktion verlieren könnte, das die Strömungskräfte im Damm mindert (Dichtung) oder unschädlich macht (Drän). Für diesen Fall muß der Damm gerade noch seine Stützfunktion behalten, auch wenn seine Gebrauchsfähigkeit eingeschränkt wird. Für Berechnungen müssen vorher noch geometrische, geohydraulische und geotechnische Parameter erkundet werden.

#### Inhalt

##### 0 Einleitung

##### 1 Begriffe

##### 2 Bestandsaufnahme

##### 3 Untersuchungen ohne Dammeingriff

##### 4 Untersuchungen mit Dammeingriff

##### 5 Lastfälle

##### 6 Sicherheiten

##### 7 Sanierungen

##### 8 Kontrollen

#### Literatur

##### 0 Einleitung

Der Bau von Wasserstraßen im Binnenland ist immer verbunden mit dem Bau von Dämmen, sei dies an Kanälen oder natürlichen Wasserläufen, die aus energie-wirtschaftlichen Gründen aufgestaut wurden. Dämme, von Souwers als die "schwierigsten aller Ingenieurbauwerke" angesehen, sind in Deutschland teilweise bis zu 100 Jahre alt, wobei die Pflege völlig verschieden verlief.

Eine wesentliche Aufgabe der Wasserstraßenverwaltung ist heute die Überprüfung der bestehenden Dämme. Für diese Überprüfung gelten selbstverständlich heutige

Grundsätze und das inzwischen erweiterte Sicherheitsdenken, so daß dafür der Begriff Nachsorge entstand.

##### 1 Begriffe

Ein Damm ist ein Erdbauwerk, das einen Wasserstand stützt, der ständig über dem Geländeneiveau steht und/oder beim Bruch ein anderes Vorflutsystem beansprucht, so daß der Wasserspiegel absinken würde. Damit ergeben sich durch das Anlegen von Seitengräben oder Dränsystemen möglicherweise auch dann Dammsituationen, wenn das Gelände allgemein den normalen Wasserspiegel nicht

unterschreitet.

Die Überprüfung eines Bauwerks beinhaltet eine Kontrolle der für die Berechnungen angenommenen Parameter und der Belastungen, außerdem wird die Richtigkeit der Rechenansätze und die Berechnung selbst kontrolliert. Bezüglich der Parameter des Damms und des Untergrunds wird folgendes untersucht:

1. Existiert das Material überhaupt (z. B. Tondichtung noch vorhanden, Spundwand noch nicht weggerostet)?
2. Stimmen die Geometrien noch (Stärke eines Materials, Höhenlage einer Innendichtung etc.)?
3. Sind die angenommenen Eigenschaften noch gültig (Durchlässigkeiten, Lagerungsdichten, Kohäsion etc.)?
4. Sind die angenommenen Lastfälle noch gültig (z. B. Wasserstände, Verkehrslasten, Sickerlinienverlauf, Porenwasserdrücke etc.)?

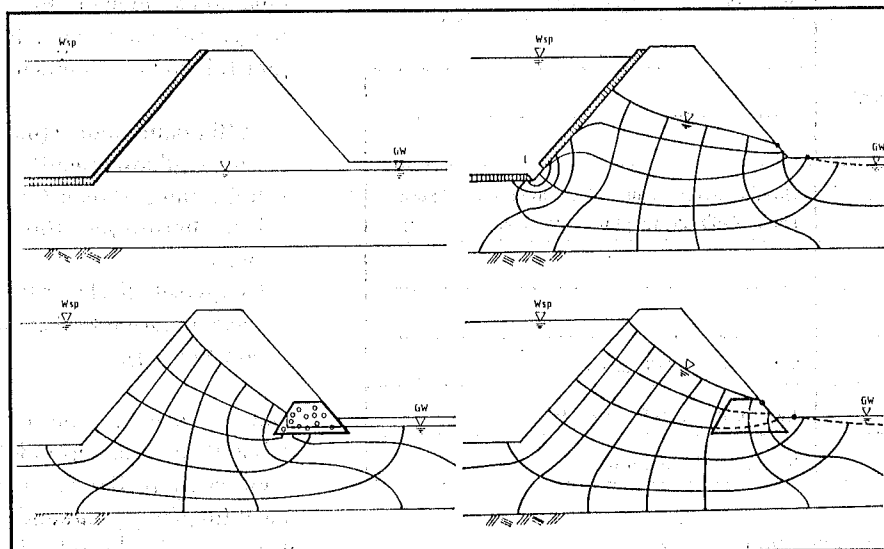
Die Nachsorge ist ein neuer Begriff. Er erweitert den Begriff der Überprüfung in der Frage 4 (Lastfälle) auf den früher nicht oder meist nicht betrachteten Fall, daß ein Sicherungselement (siehe weiter unten) seine Wirksamkeit verliert (Bild 1). Für diesen Sonderlastfall muß nun gewährleistet sein, daß der Damm nicht bricht (die Sicherheiten dürfen dabei rechnerisch im Grenzfall bei etwa 1 liegen), auch wenn dabei Veränderungen im Bauwerk auftreten sollten, die auf Dauer nicht geduldet werden können. Die sogenannte Nachsorge ist damit eigentlich Teil der Vorsorge: Man weist nach, daß der betrachtete Damm diesem Sonderfall gewachsen ist oder man verändert das Bauwerk entsprechend, statt einer

Abänderung (= Umbau) können auch Beobachtungssysteme eingesetzt werden, die früh genug die drohende Unwirksamkeit des Sicherungselements anzeigen.

Sicherungselemente sind Konstruktionen, mit denen die Beeinträchtigung der Dammstandsicherheit durch die Wirkung des strömenden Grundwassers ganz vermieden oder vermindert wird. Dazu gehören z. B. Dichtungen, Sickerwegverlängerungen, Dränagen und Filter. Die Reihenfolge der Bezeichnung erfolgt in Strömungsrichtung, ausgehend vom Kanal-/Flußwasserstand.

## 2 Bestandsaufnahme

Die Voraussetzungen für die Nachsorge als Erweiterung der Überprüfung ist die Beantwortung der 4 Fragen aus Kapitel 1. Diese Fragen benötigen zur Klärung entsprechende Unterlagen, die sich bei neuen Dämmen den entsprechenden Akten entnehmen lassen. Bei alten Dämmen ist zum Teil noch nicht einmal der Besitzer bekannt, der durchaus nicht mit dem verantwortlichen Betreiber identisch sein muß. Eine ordentliche Überprüfung umfaßt also die in Tabelle 1 genannten Recherchen und Untersuchungen, wobei alle Kreuzungsbauwerke des Damms mit erfaßt werden müssen, solange sie die Standsicherheit des Damms berühren. Dies ist auch der Fall, wenn nur der Untergrund (z. B. bei Düchern) gekreuzt wird. Die Kontaktstellen eines Kreuzungsbauwerkes mit einem Damm müssen gemeinsam mit der Standsicherheit des Damms betrachtet werden, da die Gleichmäßigkeit des Damms hier unterbrochen wird und damit automatisch eine potentielle Schwachstelle im Damm entsteht (Tabelle 2).



**Bild 1:** Schematische Veränderungen des Potentialfeldes bei Ausfall von Sicherungselementen

oben: Dichtung wirksam bzw. defekt  
unten: Dichtung wirksam bzw. dichtgesetzt

Die Bestandsaufnahme kann bei alten Dämmen einen erheblichen Aufwand bedeuten. Selbst wenn Informationen aus Planwerken vorliegen, sollten Stichprobenmessungen diese Informationen bestätigen, so daß ohne Untersuchungen (Kapitel 3.4) i. a. keine Nachsorge bei alten Dämmen möglich ist.

## 3 Untersuchungen ohne Dammeingriff

Untersuchungen basieren auf der Bestimmung von Parametern (geometrisch, geotechnisch, physikochemisch etc.), wobei i. a. ein Meßinstrument benutzt wird. Dieses Meßinstrument muß entweder vor Ort gebracht werden

	Problem	zu erhalten von/durch
1	Besitzverhältnisse, Zuständigkeiten, Verantwortlichkeiten	verschiedene Amtsstellen
2	Bestandsaufnahmen	Pläne oder geodät. Messungen
	a) Lage: Dammfuß, Berme, Krone, Einleitungen, Kreuzungen, Verlegungen, Leitungen	
	b) Geometrie: Breiten, Höhen, Neigungen, Kanalprofil, Geländeverlauf, Grabensystem	Pläne oder geodät. Messungen
	c) Dammelemente: Dichtungen, Dränagen, Entwässerungen, Deckwerke, Stützkörper, Konstruktive Einbauten	Pläne oder Untersuchungen (wie 3 oder Geophysik)
	d) Zugänglichkeit: Befahrbarkeit des Damms/ des Dammfußes, Anlegemöglichkeiten Wasserseits	Pläne oder Besichtigung
	e) Bewuchs und äußerer Zustand	Pläne oder Besichtigung
	f) Historie	Tagebücher, Berichte, Artikel
3	Untergrunderkundung	geolog. Karten, direkte Aufschlüsse, Schürfe, Bohrungen, Sondierungen
4	Oberflächengewässer	hydrolog. Karten, Pläne
5	Grundwasser (Hinterland)	wie 4, ev. Messungen
6	Grundwasser im Damm bzw. Dammuntergrund	Messungen, ev. Beobachtungen
7	Schichtwasser	Beobachtungen, ev. Messungen

Tab. 1: Recherchen und Untersuchungen an alten Dämmen

Schwachstellen an Dämmen	
Kreuzungsbauwerke	Unterführungen (Düker, Rohrleitungen) Überführungen (Straßen, Bahnen)
Dammeinbauten	Entnahmebauwerke, Einleitungsbauwerke, Durchlaßbauwerke
Dammaufbauten	auf Krone/Böschung/Dammfuß
Bauwerkstübergänge zu Dämmen	
Inhomogenitäten des Untergrunds (historisch)	
Inhomogenitäten bei der Herstellung	
Beschädigung des Dammes an der Luftseite	Böschungsversteilung/Vortreiben von Düchern Dammfußbeschädigung/Kronenbeschädigung
Beschädigung des Dränsystems	
Beschädigung des Dichtungssystems	
Tierbefall	von Wasserseite/Luftseite
Bewuchsprobleme	Lebendbewuchs/Totbewuchs
Horizontalstöße von der Wasserseite	Schiffsanfahrt/Eisstöß

Tab. 2: Potentielle Schwachstellen an Dämmen

(direkte Messung) oder bestimmte Eigenschaften aus der Entfernung bestimmen können (indirekte Messung). Bei der direkten Messung im Damm muß daher der Meßge-

Dabei handelt es sich um geophysikalische Messungen, die zur Auswertung i. a. ergänzende direkte Bodenmessungen benötigen.

ber als Teil des Instruments in den Damm eingebracht werden, was bei fertigen Dämmen einen Eingriff erfordert. Bei Messungen ohne Kontakt zum Damm befindet sich weder eine Sonde noch ein Empfangsgerät am Damm. Es gibt folgende Techniken:

- Luftbildaufnahmen (nutzen sichtbares Licht)
- Infrarotaufnahmen (nutzen thermische Emission)
- Geophysikalische Messungen (nutzen Reflexion von Wellen).

Bei Messungen von der Oberfläche aus befindet sich sowohl Sende- als auch Empfangsgerät an der Dammoberfläche oder im oberen Dezimeterbereich.

#### 4 Untersuchungen mit Dammeingriff

Bei Untersuchungen mit Dammeingriff ist immer die Gefahr vorhanden, daß durch den Eingriff zumindest vorübergehend eine Veränderung der vorhandenen Situation eintritt, die zu Problemen führen kann. Vor der Entscheidung zur Untersuchung müssen die möglichen Folgen abgeschätzt und ggf. Vorsorge getroffen werden. Es gibt eine Reihe von Techniken /1/, hier werden nur die wichtigsten erwähnt:

- Untersuchungen des hydraulischen Potentialfelds
- Thermometrische Untersuchungen
- direkte Probenentnahmen
- Sondierungen.

Ein Beispiel für thermische Messungen /2/ zeigt Bild 2.

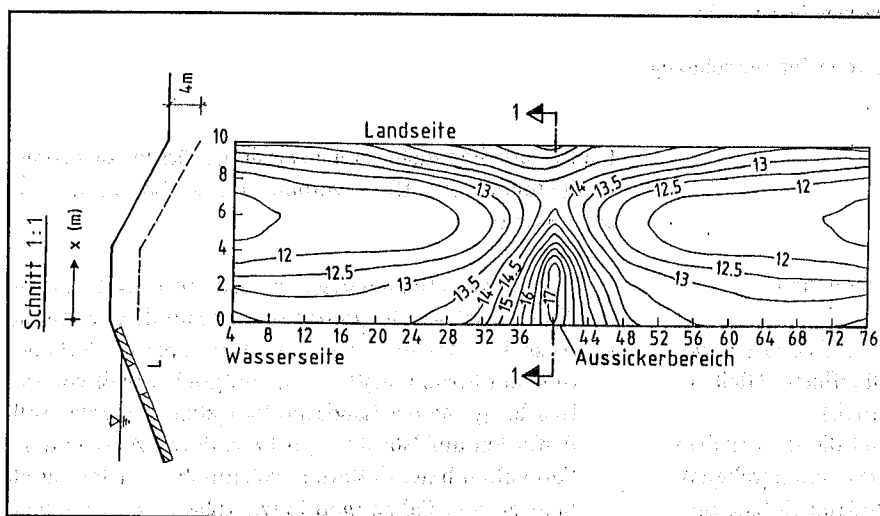


Bild 2: Temperaturverteilung in einem Dammbauwerk mit Leckage, 4 m unter Gelände

#### 5 Lastfälle

Der strittigste Punkt bei alten Dämmen ist die Festlegung von zutreffenden Belastungen, die dem heutigen Standard entsprechen. Für Deutschland gelten die Lastfälle (LF) der DIN 1054, das Nachsorgeprinzip geht allerdings darüber hinaus.

- Der Lastfall 1 (LF 1) berücksichtigt die ständige Last (normaler Kanalwasserspiegel bzw. Hochwasser mit einer bestimmten Jährlichkeit, z. B. 40jährlich, regelmäßig auftretende Verkehrslasten einschließlich Wind)
- Der Lastfall 2 (LF 2) berücksichtigt Lasten, die mit den Lasten von LF 1 gleichzeitig auftreten können, aber nicht regelmäßig sind. Dies betrifft i. a. größere Verkehrslasten und Belastungen während einer Umbauphase (z. B. Sanierung, Änderung des Profils beim Ausbau).
- Der Lastfall 3 (LF 3) berücksichtigt Lasten, die mit den Lasten von LF 1 gleichzeitig auftreten können, aber

außerplanmäßig sind. Dies betrifft den Ausfall von Betriebs- und Sicherungsvorrichtung oder Belastungen infolge von Unfällen. Dazu gehören auch Belastungen durch Windwurf von Bäumen.

Bei der Nachsorge werden zunächst alle ortsspezifischen Möglichkeiten einer Belastung den vorstehenden 3 Lastfällen zugeordnet (diese besitzen bekanntermaßen entsprechend zugeordnete Sicherheitsforderungen, siehe Kapitel 5.2) und die notwendigen Berechnungen durchgeführt (siehe Kapitel 6). Danach wird der Fall untersucht (Nachsorge-Lastfall), daß das 1. Sicherungselement gegen strömendes Grundwasser ausfällt (z. B. bei einer Dichtung) bzw. nicht wirkt (z. B. bei einem Fußdrän), andere eventuell vorhandene Sicherungselemente aber wirksam sind. Dieser Fall ist immer ein außergewöhnlicher Fall, d. h. LF 3, und darf daher nicht ständig wirken, außer

wenn alle entsprechenden Sicherheiten den Forderungen des LF 1 genügen. Genügt der Nachsorge-Lastfall den Sicherheitsanforderungen des LF 3 und existieren keine zusätzlichen Sicherheitselemente, so sind keine weiteren Maßnahmen zu treffen (falls LF 1 und LF 2 ebenfalls ausreichende Sicherheiten ergaben). Werden die Sicherheiten nicht erreicht, müssen bauliche Maßnahmen getroffen werden, z. B. der Bau eines zweiten Sicherungselements. Die dann durchzuführende Nachrechnung setzt voraus, daß zwar das 1. Sicherungselement nicht wirkt, wohl aber das zweite.

Je nach Wahl des 2. Sicherungselements könnte man auch ein Versagen dieser Sicherung nach einiger Zeit befürchten (z. B. bei Injektionen). Ein neuer Lastfall (LF 4), der in der DIN nicht vorgesehen ist, untersucht daher das gleichzeitige Versagen der ersten beiden Sicherungselemente. Sind unter diesen Voraussetzungen die geforderten, allerdings verringerten Sicherheiten der Tabelle 3 nicht zu erreichen, so muß entweder:

- ein Beobachtungssystem installiert werden, welches das Versagen des 1. Sicherungselements anzeigt, so daß eine Sanierung rechtzeitig möglich ist,
- nachgewiesen werden, daß beim Versagen beider Sicherungselemente der Damm sich zwar verformt, aber nicht bricht (z. B. Abflachen der Böschungen ohne Überflutung, setzt Überprofil oder Geländesprung an Spundwand voraus),
- ein drittes Sicherungselement vorhanden sein, das voraussetzungsgemäß nicht gleichzeitig versagt (z. B. Dränfuß).

Nachweise		Lastfälle			
		LF1	LF2	LF3	LF4
1	Gleitsicherheit	1,5	1,35	1,2	1,1
2	Grundbruch	2,0	1,5	1,3	1,2
3	hydraul. Grundbruch 1)	2,0	1,5	1,3	1,2
4	hydraul. Aufbruch	1,1	1,1	1,05	1,05
5	örtl. Standsicherheit Böschung	1,3	1,2	1,1	1,05
6	globale Standsicherheit Böschung	1,3	1,2	1,1	1,1
7	Suffosion 2)	1,5 2,0	1,5 1,6	1,5 1,4	1,5 1,3
8	Erosion 2)	2,0 1,5	2,0 1,3	2,0 1,2	1,0 1,1
9	Piping 3)		-	-	-

1) Sicherheit verfahrensabhängig, angegeben nach TERZAGHI

2) 1. Zahl geometr. Kriterium, 2. Zahl Hydr. Kriterium

3) nur hydraul. Kriterium vorhanden, bei Dämmen nicht anwendbar

Tab. 3: Vorgeschlagene Sicherheitsbeiwerte für Berechnungen

## 6 Sicherheiten

### 6.1 Berechnungen

Die Berechnungen an Dämmen beziehen sich

- auf den Damm als Einheit auf einem Untergrund, der ebenfalls verformbar sein kann (Überfluten, Gleiten, Setzungen, Spreizbruch, Grundbruch).
- auf die luftseitigen Böschungen und die dammnahen Bereiche (z. B. Böschung/Sohle des Seitengrabs). Nachgewiesen wird die örtliche und die globale Standsicherheit.
- auf die wasserseitige Böschung. Nachgewiesen wird auch der Fall schneller Wasserspiegelabsenkung.
- auf Materialtransport im Damm und im Untergrund. Nachgewiesen werden alle Formen der Suffosion und Erosion.

### 6.2 Sicherheitsbeiwert

Die nachfolgend genannten Werte der Tabelle 3 sind - soweit Vorschriften fehlen - ein Vorschlag des Autors. Sie gehen davon aus, daß die Gesamtsicherheit nach dem deterministischen Sicherheitskonzept jeweils mit einem einzigen Faktor zu belegen wäre. Legt man das noch nicht gültige probabilistische Sicherheitskonzept zugrunde, das auf Teilsicherheitsbeiwerten basiert, so muß man die einzelnen Werte später entsprechend wichten.

## 7 Sanierungen

Falls bei den Berechnungen zur Nachsorge die geforder-

ten Sicherheiten nicht erreichbar sind, müssen Nachsorge-maßnahmen getroffen werden. Diese bestehen i. a. entweder in:

- Dichtungsmaßnahmen gegen Grundwasserströmung, die möglichst nahe an der Wasserseite liegen sollen,
- Absenkmaßnahmen des Grundwassers zur Veränderung der Strömungskraft, die möglichst weit von der Böschung und der Landseite ferngehalten werden soll,
- Auflasten auf Böschungen bzw. deren Abflachung,
- Fernhalten bzw. Entfernen schädlicher Lasten durch Sperren von Fahrwegen bzw. Abholzen von hohem Bewuchs (was schwierig umzusetzen ist).

Welche der vier Maßnahmen anzuwenden sind, muß im Einzelfall entschieden werden. Liegt die Sanierung fest, werden für die Lastfälle 1 bis 4 die neuen Sicherheiten nach vorstehendem Schema errechnet.

Werden Sanierungen deshalb durchgeführt, weil die Leckage eines Dichtungselements durch Messungen nachgewiesen wurde, so stellt das neu zu erstellende, gewählte Sicherungselement selbstverständlich das 1. Sicherungselement im vorstehenden Nachsorgeprinzip dar, die fehlerhafte Dichtung gilt als nicht vorhanden.

Für den Nachweis im LF 3 muß also wieder betrachtet werden, daß das neue Element nicht wirkt. Damit ergibt sich für alte Dämme, deren Leckagen nachgewiesen sind, möglicherweise die Forderung nach zwei neuen Sicherungselementen (wenn das Leck nicht gedichtet wird), was zunächst auf Unverständnis stoßen wird.

## 8 Kontrollen

Jeder Damm stellt ein beträchtliches Gefahrenpotential dar und muß daher regelmäßig beobachtet werden /3/. Daneben ist es sinnvoll, seine potentiellen Schwachstellen durch Recherchen und Untersuchungen zu erfassen und dort geeignete Meßsysteme zu installieren /1, 4/. Die Art der Messungen und die Häufigkeit der Beobachtungen richten sich nach verschiedenen Gesichtspunkten (Dammalter, -höhe, -beschaffenheit, -zustand, Untergrund, Bewuchs, Bebauung etc.), die in /1/ ausführlich dargelegt wurden.

## Literatur

- /1/ Überwachung und Kontrolle von langgestreckten Seitendämmen. Bericht der Arbeitsgruppe 10 des ständigen Technischen Ausschusses I, Beilage zum PIANC-Bulletin Nr. 69/1990, Deutsche Ausgabe: BAW, 1992
- /2/ Armbruster, H.; Dornstädter, J.; Kappelmeyer, O.; Tröger, I.: Thermometrie zur Erfassung von Schwachstellen an Dämmen, Wasserwirtschaft H. 4/1993
- /3/ VV-WSV 2301: Damminspektion, Verwaltungsvorschrift der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung der Bundesrepublik Deutschland, 1981
- /4/ Armbruster, H.: Messungen, Inspektion und Kontrolle an Dämmen, Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau, H. 57, 1985