



# MINISTERIALBLATT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

42. Jahrgang

Ausgegeben zu Düsseldorf am 3. November 1989

Nummer 65

## Inhalt

### I.

Veröffentlichungen, die in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBL. NW.) aufgenommen werden.

Glied.- Nr.	Datum	Titel	Seite
772	15. 8. 1989	RdErl. d. Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft DIN 19700 – Stauanlagen (Teile 10 bis 15) .....	1308

### II.

Veröffentlichungen, die nicht in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBL. NW.) aufgenommen werden.

Datum	Hinweise	Seite
	Inhalt des Gesetz- und Verordnungsblattes für das Land Nordrhein-Westfalen	
	Nr. 43 v. 18. 10. 1989 .....	1362
	Nr. 44 v. 19. 10. 1989 .....	1362
	Nr. 45 v. 20. 10. 1989 .....	1362

## I.

772

**DIN 19700 - Stauanlagen  
(Teile 10 bis 15)**

RdErl. d. Ministers für Umwelt,  
Raumordnung und Landwirtschaft v. 15. 8. 1989 -  
III B 4 - 4000-28581/III B 3 - 2630-4912

Die vom Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN  
Deutsches Institut für Normung e.V. als

- Anlage 1 a) DIN 19700 Teil 10 (Ausgabe Januar 1986) - Anlage 1  
- Stauanlagen  
Gemeinsame Festlegungen
- Anlage 2 b) DIN 19700 Teil 11 (Ausgabe Januar 1986) - Anlage 2  
- Stauanlagen  
Talsperren
- Anlage 3 c) DIN 19700 Teil 12 (Ausgabe Januar 1986) - Anlage 3  
- Stauanlagen  
Hochwasserrückhaltebecken
- Anlage 4 d) DIN 19700 Teil 13 (Ausgabe Januar 1986) - Anlage 4  
- Stauanlagen  
Staustufen
- Anlage 5 e) DIN 19700 Teil 14 (Ausgabe Januar 1986) - Anlage 5  
- Stauanlagen  
Pumpspeicherbecken
- Anlage 6 f) DIN 19700 Teil 15 (Ausgabe Februar 1989) - Anlage 6  
- Stauanlagen  
Sedimentationsanlagen

herausgegebenen Normen werden hiermit nach § 106  
Abs. 1 des Landeswassergesetzes NW (LWG) in Verbin-  
dung mit § 104 Abs. 1 LWG, § 116 Abs. 1 und 2 LWG sowie  
§ 31 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) als allgemein  
anerkannte Regeln der Technik eingeführt.

Dieser Runderlaß ergeht im Einvernehmen mit dem Mi-  
nister für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr entspre-  
chend § 171 LWG sowie unter Beteiligung des Ministers für  
Wirtschaft, Mittelstand und Technologie.

# Stauanlagen

## Gemeinsame Festlegungen

**DIN**  
**19 700**  
Teil 10

Dam plants; general specifications  
Ouvrages de prise d'eau; spécifications générales

Mit DIN 19 700 T11/01.86  
Ersatz für  
DIN 19 700 T1/12.65  
Mit DIN 19 700 T12/01.86  
Ersatz für  
DIN 19 700 T99/10.80  
Mit DIN 19 700 T13/01.86  
Ersatz für  
DIN 19 700 T2/06.69

### Inhalt

	Seite		Seite
<b>1 Anwendungsbereich</b>	2	<b>6.2.2.1 Natürliche Baustoffe</b>	7
<b>2 Begriff</b>	2	<b>6.2.2.2 Künstliche Baustoffe</b>	7
<b>3 Planung</b>	2	<b>6.2.2.2.1 Asphaltbeton</b>	7
<b>3.1 Allgemeines</b>	2	<b>6.2.2.2.2 Tonbeton (Erdbeton)</b>	7
<b>3.2 Grundlagenmittlung und Vorplanung</b>	2	<b>6.2.2.2.3 Beton und Stahlbeton (Zementbeton)</b>	7
<b>3.3 Entwurfs- und Genehmigungsplanung</b>	2	<b>6.2.2.2.4 Stahl und Kunststoffe</b>	7
<b>3.3.1 Allgemeines</b>	2	<b>6.2.3 Baustoffe für Übergangszonen</b>	7
<b>3.3.2 Form und Inhalt des Entwurfes</b>	2	<b>6.2.4 Baustoffe für Filter</b>	7
<b>3.3.2.1 Erläuterungsbericht</b>	2	<b>6.2.4.1 Natürliche Baustoffe</b>	7
<b>3.3.2.2 Zeichnerische Darstellungen und Pläne</b>	3	<b>6.2.4.2 Künstliche Baustoffe</b>	7
<b>3.3.2.3 Berechnungen</b>	3	<b>6.2.5 Baustoffe für Böschungsschutz</b>	8
<b>3.3.2.4 Landschaftspflegerischer Begleitplan</b>	3	<b>6.3 Baustoffe für Absperrbauwerke aus Beton und Stahlbeton</b>	8
<b>3.4 Ausführungsplanung</b>	3	<b>6.3.1 Beton und Stahlbeton</b>	8
<b>4 Hydrologische Bestimmungsgrößen</b>	4	<b>6.3.2 Massenbeton</b>	8
<b>4.1 Grundlagen</b>	4	<b>7 Absperrbauwerke</b>	8
<b>4.1.1 Allgemeines</b>	4	<b>7.1 Staudämme</b>	8
<b>4.1.2 Einzugsgebiet</b>	4	<b>7.1.1 Gestaltungsgrundsätze</b>	8
<b>4.1.3 Niederschlag, Versickerung und Verdunstung</b>	4	<b>7.1.2 Anschluß an Massivbauwerke, Durchdringungen und Leitungen</b>	9
<b>4.1.4 Abfluß</b>	4	<b>7.1.3 Dammgründung, Untergrundabdichtung</b>	9
<b>4.1.5 Grundwasser</b>	4	<b>7.1.4 Dämme mit Oberflächendichtung</b>	9
<b>4.1.6 Feststoffe und Verlandungen</b>	4	<b>7.1.5 Dämme mit Innendichtung</b>	10
<b>4.1.7 Eisverhältnisse</b>	5	<b>7.1.6 Herstellen von Staudämmen</b>	10
<b>4.1.8 Windverhältnisse</b>	5	<b>7.2 Staumauern</b>	11
<b>4.1.9 Gewässerbeschaffenheit</b>	5	<b>8 Standsicherheit</b>	11
<b>4.2 Bemessungshochwasser</b>	5	<b>8.1 Staudämme</b>	11
<b>4.2.1 Wiederholungszeitspanne</b>	5	<b>8.1.1 Allgemeines</b>	11
<b>4.2.2 Freibord</b>	5	<b>8.1.2 Statische Sicherheit</b>	11
<b>4.2.3 Stauziele</b>	5	<b>8.1.3 Hydraulische Sicherheit</b>	11
<b>5 Untergrund</b>	5	<b>8.1.4 Riß-Sicherheit</b>	12
<b>5.1 Allgemeines</b>	5	<b>8.2 Absperrbauwerke aus Beton</b>	12
<b>5.2 Erkundungen</b>	6	<b>9 Bauausführung und Bauüberwachung</b>	12
<b>5.3 Untergrundverbesserung</b>	6	<b>10 Probestau und Inbetriebnahme</b>	12
<b>6 Baustoffe</b>	6	<b>11 Bauwerksüberwachung und -unterhaltung</b>	13
<b>6.1 Allgemeines</b>	6	<b>11.1 Allgemeines</b>	13
<b>6.2 Baustoffe für Staudämme</b>	6	<b>11.2 Messungen und Kontrollen</b>	13
<b>6.2.1 Baustoffe für Stützkörper</b>	6	<b>11.3 Bauwerksunterhaltung</b>	13
<b>6.2.1.1 Festgestein</b>	6	<b>12 Betrieb</b>	13
<b>6.2.1.2 Lockergestein</b>	6	<b>13 Stauanlagenbuch</b>	14
<b>6.2.2 Baustoffe für Dichtungen</b>	6		

„DIN 19700 Teil 10 ist mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. abgedruckt worden. Dieser Abdruck läßt das Urheberrecht an DIN 19700 Teil 10 unberührt fortbestehen. Diese Norm ist beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 1000 Berlin 30, erschienen und erhältlich.“

## DIN 19 700 Teil 10

**1 Anwendungsbereich**

Diese Norm wird für alle Stauanlagen angewendet. Hierzu gehören Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken, Staustufen, Pumpspeicherbecken, Sedimentationsbecken, Stauteiche und Geschiebesperren.

Für Stauteiche und Geschiebesperren gibt es keine Norm. Diese sind je nach Lage des Falles der für sie zutreffenden Art von Stauanlagen zuzuordnen.

Unterirdische Speicher sind nicht Gegenstand dieser Norm.

Diese Norm enthält die für alle Stauanlagen gemeinsam geltenden Festlegungen, während Besonderheiten für die verschiedenen Arten der Stauanlagen in den entsprechenden Normen für

- Talsperren (siehe DIN 19 700 Teil 11),
- Hochwasserrückhaltebecken (siehe DIN 19 700 Teil 12),
- Staustufen (siehe DIN 19 700 Teil 13),
- Pumpspeicherbecken (siehe DIN 19 700 Teil 14) und
- Sedimentationsbecken (in Vorbereitung),

behandelt werden. Für jede Stauanlage gilt demnach diese Norm und der für die spezielle Art zugeordnete Teil von DIN 19 700. Bei Fragen der konstruktiven Gestaltung kann es in manchen Fällen notwendig sein, DIN 19 700 Teil 11 auch für die anderen Arten der Stauanlagen heranzuziehen und sinngemäß anzuwenden.

**2 Begriff**

Stauanlagen sind Absperrbauwerke mit ihren zugehörigen Staubecken (siehe DIN 4048 Teil 1, (z. Z. Entwurf)).

**3 Planung****3.1 Allgemeines**

Die Planung von Stauanlagen soll den Zielen der Raumordnung und Landesplanung nicht entgegenstehen. Stauanlagen dürfen nur aufgrund einer Planung errichtet, betrieben, umgestaltet, erweitert und beseitigt werden. Hierzu ist die Genehmigung der nach den gesetzlichen Vorschriften zuständigen Behörden erforderlich.

Im Rahmen der Planung muß frühzeitig die Notwendigkeit der Maßnahmen aufgezeigt werden; mit den zuständigen Behörden ist zu gegebener Zeit Verbindung aufzunehmen.

Die Planung von Stauanlagen erfordert umfassende Sachkenntnis und Erfahrung; sie ist daher nur Ingenieuren zu übertragen, die nachweislich gleichartige Projekte selbstständig erarbeitet oder maßgeblich daran mitgewirkt haben. Für die Lösung von Spezialaufgaben sind erforderlichenfalls Sonderfachleute hinzuzuziehen.

**3.2 Grundlagenermittlung und Vorplanung**

Als Grundlage für die Planung sind insbesondere die hydrologischen, topographischen, geologischen und ökologischen Daten zusammenzustellen und erforderlichenfalls zu ergänzen. Die Ermittlungen sind grundsätzlich auf die Randbedingungen des Vorhabens, die durch Raumordnung und Landesplanung, wasserwirtschaftliche Rahmenplanung oder sonstige Fachplanungen vorgegeben sind, abzustimmen.

Wesentlicher Inhalt der Vorplanung sind des weiteren Überlegungen für die bauliche und konstruktive Gestaltung und gegebenenfalls technisch sinnvolle, gleichwertige Varianten – z. B. Vergleich mehrerer Standorte, Typen und Größen von Stauanlagen, insbesondere im Hinblick auf Zweckmäßigkeit, Mehrzweckfunktionen, gegenseitige Beeinflussung und Überleitungen aus anderen Einzugsgebieten.

Im Rahmen der Vorplanung – insbesondere bei der Variantenuntersuchung – sind die Auswirkungen des Vorhabens auf den Naturhaushalt und das Landschaftsbild aufzuzeigen und die Grundzüge der vorgesehenen Ausgleichsmaßnahmen darzustellen. Hierbei sind die Möglichkeiten der Entwicklung von Biotopen (z. B. im Stauwurzelbereich, Vorsperren mit konstantem Wasserstand) zu untersuchen.

Soweit erforderlich, sind entsprechende Gutachten einzuholen.

**3.3 Entwurfs- und Genehmigungsplanung****3.3.1 Allgemeines**

Der Entwurf für das beabsichtigte Vorhaben ist unter Berücksichtigung vor allem der wasserwirtschaftlichen, der geologischen, hydrogeologischen, boden- und felsmechanischen, morphologischen, ökologischen, bautechnischen, funktionalen und gestalterischen Anforderungen, Randbedingungen oder Auswirkungen (z. B. Binnenentwässerung bei Staustufen) sowie bestehender Rechte aufzustellen. Er dient gleichermaßen zur Erstellung der Unterlagen für die erforderlichen öffentlich-rechtlichen Verfahren. Die zur Durchführung dieser Verfahren zu erstellenden Planbeilagen richten sich nach den einschlägigen behördlichen Vorschriften.

Die konstruktive Durcharbeitung erfolgt unter Beachtung der verschiedenen Planungskriterien (z. B. Lastfälle, Bauzustände, Hochwasserableitung) in der Weise, daß danach sämtliche Hauptabmessungen festgelegt werden können. Außerdem sind Massen- und Kostenberechnungen durchzuführen sowie das Bauwerksverzeichnis aufzustellen.

**3.3.2 Form und Inhalt des Entwurfes**

Bestandteil des Entwurfes sind im wesentlichen der Erläuterungsbericht, die zeichnerischen Darstellungen und Pläne sowie die Berechnungen. Erforderlichenfalls sind Gutachten von Sonderfachleuten und Modellversuchsberichte beizufügen.

**3.3.2.1 Erläuterungsbericht**

Der Erläuterungsbericht dient der Begründung und der zusammenfassenden Darstellung des zur Ausführung bestimmten Entwurfes. Er enthält weiterhin Angaben, die aus den übrigen Entwurfsteilen nicht ohne weiteres ersichtlich sind.

Die Veranlassung der Planung, die Voruntersuchungen, die Trägerschaft des Vorhabens und die angestrebten Ziele sind darzustellen und zu erläutern. Gegebenenfalls ist auf die Möglichkeit eines stufenweisen Ausbaues oder einer späteren Erweiterung der Anlagen hinzuweisen.

Lage, Größe und Struktur des von der Planung berührten Gebietes sind zu beschreiben. Auf Vorgaben und Einflüsse aus bestehenden Planungen, z. B. Ergebnisse aus Raumordnungs- und Landesplanung, Bauleitplanung, wasserwirtschaftlicher Rahmen- und sonstiger Fachpla-

nung sowie auf die Auswirkungen bestehender Rechtsverhältnisse ist einzugehen.

Ferner sind Grundzüge und Auswirkungen des Vorhabens darzulegen. Maßnahmen zur Berücksichtigung der Belange der Gewässer Reinhaltung, Ökologie, Landschaftspflege, Fischerei, Erholung und Freizeitgestaltung sind zu beschreiben; vorgesehene Beweissicherungsverfahren sind zu erläutern.

Die Ausführung einschließlich Angabe der Bemessungsgrundlagen der für das Vorhaben notwendigen einzelnen baulichen Anlagen sowie Auswahl und Gewinnungsmöglichkeiten von Baustoffen sind zu beschreiben.

Absperrbauwerke mit den zugehörigen Entlastungs- und Entnahmeanlagen, Dichtungs- und Entwässerungsmaßnahmen auch innerhalb der Bauwerke, Anschluß an Untergrund und Bauwerke, Meß- und Überwachungseinrichtungen usw. sind zu erläutern. Dies gilt gleichermaßen auch für stahlwasserbauliche Einrichtungen und deren Antriebe.

Nachfolgende beispielhaft aufgeführte technische Einrichtungen sind, soweit sie in baulichem oder funktionellem Zusammenhang mit der Stauanlage stehen, zu beschreiben:

Überleitungen aus benachbarten Einzugsgebieten, Vorsperren, Bahn-Straßen-Wegeverlegungen; Anlagen für Wasserkraftnutzung, Wasserabgabe, Schifffahrt, Fischerei, Freizeit und Erholung; Vorkehrungen gegen Verlandung des Stauraumes, zur Wasserreinhaltung; Staumarken, Pegelmeßstellen, betriebliche Versorgungs- und Verkehrseinrichtungen.

Es sind ferner Aussagen zu machen über Grunderwerb, Umsiedlungen, Verkehrsumleitungen, Transportmöglichkeiten, Speicherbeckenräumung, Versorgung der Baustelle mit Wasser und Energie, Hochwasserschutz und Vorkehrungen für die Hochwasserabfuhr während der Bauzeit, Maßnahmen zum Schutz des Oberflächen- und Grundwassers während der Bauausführung sowie über den Probestau.

### 3.3.2.2 Zeichnerische Darstellungen und Pläne

Dem Entwurf sind in der Regel nachfolgende zeichnerische Darstellungen und Pläne beizufügen:

- Übersichtskarte des Flußgebietes
- Übersichtslageplan des zu nutzenden Gewässers mindestens bis zur Einmündung in den nächst größeren Vorfluter, soweit mit einer Beeinflussung durch die Stauanlage zu rechnen ist.
- Lageplan der Stauanlage einschließlich aller Nebenanlagen sowie der Materialgewinnungs- und Deponieflächen
- Grunderwerbsplan mit Eigentümerverzeichnis
- Lagepläne der Absperrbauwerke und der sonstigen Anlagen
- Übersichtslängsschnitt des zu nutzenden Gewässers im Umfang und nach Maßgabe des Übersichtsplanes
- Querschnitte des Gewässers
- Längs- und Querschnitte der Stauanlage
- Längs- und Querschnitte der Absperrbauwerke
- Bauwerkszeichnungen
- Pläne der Meß- und Kontrolleinrichtungen
- Landschaftspflegerischer Begleitplan

Darüber hinaus sind nachfolgende Unterlagen beizufügen: Geologische Karten und Schnitte, Darstellung der Grundwasserverhältnisse, gegebenenfalls Pläne für Binnenentwässerungsmaßnahmen, Lagepläne von Schutzgebieten sowie Bauzeitenplan und Darstellung von Bauzuständen.

### 3.3.2.3 Berechnungen

Hydrologische Auswertungen und Berechnungen, Standsicherheitsnachweise, Vorbemessungen von wichtigen Stahl- und Stahlbetonbauteilen, hydraulische Untersuchungen einschließlich der Ergebnisse notwendiger Modellversuche, gegebenenfalls Massen- und Kostenberechnungen sind in prüfbarer Form darzustellen.

Sofern zum Zeitpunkt der Planung noch keine hinreichend gesicherten bodenphysikalischen Kennwerte für Erdstoffe vorliegen, sind Standsicherheitsnachweise mit vorläufigen Kennwerten durchzuführen. Die Ergebnisse sind dann im Rahmen der Ausführungsplanung und rechtzeitig vor Baubeginn anhand gesicherter Kennwerte zu überprüfen.

### 3.3.2.4 Landschaftspflegerischer Begleitplan

In dem Maße, wie die Stauanlage Natur und Landschaft verändert oder der Zugang zur Landschaft behindert wird, sind nach vorheriger Bestandsaufnahme Maßnahmen zur Verhütung, Behebung oder zum Ausgleich bzw. als Ersatz im Rahmen technischer Möglichkeiten zu treffen.

Die zu ergreifenden Maßnahmen sind im landschaftspflegerischen Begleitplan darzustellen; eine enge und kontinuierliche Abstimmung mit der technischen Planung hat zu erfolgen.

Die im Rahmen der Grundlagenermittlung zusammengestellten ökologischen Daten sind zu werten und, soweit erforderlich, durch weitere örtliche Bestandsaufnahmen zu ergänzen. Die Planung enthält insbesondere Angaben zu

- Flächen, auf denen Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahmen durchzuführen sind
- Maßnahmen zur Neuschaffung oder Wiederherstellung von Biotopen
- Maßnahmen auf angrenzenden Flächen, die einer Nutzungsänderung unterliegen
- vorbereitende Maßnahmen für Freizeit und Erholung
- vegetationsbauliche Maßnahmen
- Pflegemaßnahmen

## 3.4 Ausführungsplanung

Für die Bauausführung werden in der Regel über die dem Entwurf zugrunde liegenden Planunterlagen hinaus weitere Ausführungsunterlagen notwendig.

Dazu gehören u. a.

- Ausführungszeichnungen mit allen für die Ausführung notwendigen Einzelangaben, wie Bodenaushubpläne mit Wasserhaltung, Schal- und Bewehrungspläne, Betonierabschnittspläne, Werkstatt- und Montagepläne für Stahlwasserbauten (siehe DIN 19 704 und DIN 19 705) sowie Pläne für Meß- und Kontroll-Einrichtungen und für vorgesehene Probelastungen.
- Standsicherheits- und Festigkeitsnachweise für sämtliche tragende Bauteile unter statischer und gegebener

## DIN 19 700 Teil 10

nenfalls dynamischer Belastung in den maßgebenden Gebrauchszuständen (Bau- und Betriebszustände).

- Bepflanzungspläne mit allen für deren Ausführung notwendigen Einzelangaben.

Mit der zuständigen Behörde sind rechtzeitig Art und Umfang vorzulegender Ausführungsunterlagen abzustimmen.

## 4 Hydrologische Bestimmungsgrößen

### 4.1 Grundlagen

#### 4.1.1 Allgemeines

Die hydrologischen Grundlagen sind wesentlich für Planung und Betrieb von Stauanlagen. Eingehende Erhebungen und Untersuchungen sind insbesondere über Niederschlag, Verdunstungs- und Versickerungsverluste, Abfluß und Feststoffführung, Eisgang und die Grundwasserhältnisse erforderlich. Die Wasserbeschaffenheit und deren mögliche staubedingte Veränderungen sind zu beachten.

#### 4.1.2 Einzugsgebiet

Folgende Größen aus dem Einzugsgebiet beeinflussen das Abflußverhalten

- Größe, Form, Höhenlage und Geländeneigung
- bebaute Flächen und Wegenetz
- Gewässersystem und künstliche Entwässerungssysteme
- natürlicher und künstlicher Rückhalt in Seen, Mooren, Überflutungsflächen und Speicherbecken
- natürliche und vom Menschen veränderte Oberflächenbeschaffenheit
- Vegetation und Bodennutzung
- geologischer Aufbau des Untergrundes, Schichtenfolge und -lagerung.

Zu erwartende Veränderungen sind in die Betrachtung einzubeziehen.

#### 4.1.3 Niederschlag, Versickerung und Verdunstung

Für Untersuchungen über den Abfluß, insbesondere bei kleinen Einzugsgebieten, in denen keine Abflußmessungen über längere Zeiträume durchgeführt wurden, ist die zeitliche und räumliche Niederschlagsverteilung, insbesondere von Stark- und Dauerregen, von Bedeutung. Bei unterschiedlicher Überregnung werden bei größeren Einzugsgebieten Unterteilungen in Teileinzugsgebiete erforderlich. Zur Ermittlung der Gebietsniederschläge kann ein ausreichend dichtes Netz von Regenschreibern erforderlich sein.

Bei der Ermittlung der Abflüsse aus Niederschlägen sind Verluste (Wasseraufnahme der obersten Bodenschicht, Verdunstung von der freien Wasseroberfläche, Evapotranspiration und Interzeption) infolge Versickerung und Verdunstung angemessen zu berücksichtigen. Weiterhin sind Jahreszeit und vorangegangene Niederschläge zu beachten.

#### 4.1.4 Abfluß

In die Untersuchungen für den Abfluß sind die Daten der im Einzugsgebiet oder in benachbarten Gebieten vorhandenen maßgebenden Pegelstationen einzubeziehen.

Wenn von den Hochwasserereignissen, die für die Bemessung maßgebend sind, keine Ganglinien vorliegen, müs-

sen diese aus den vorhandenen Beobachtungsergebnissen synthetisch entwickelt werden. Dabei kommen zunehmend mathematische Abflußmodelle zur Anwendung.

Alle für den Entwurf relevanten wasserwirtschaftlichen Daten des oberhalb liegenden Einzugsgebietes und unterhalb liegender Gewässerstrecken, insbesondere der hier oder in benachbarten Gebieten vorhandenen Pegelstationen, sind zu berücksichtigen.

Alle Ermittlungen über Hochwasser, Mittelwasser und Niedrigwasser sollen sich auf einen möglichst langen Beobachtungszeitraum, der außergewöhnlich wasserreiche und wasserarme Jahre einschließt, erstrecken. Liegen solche Beobachtungen nicht vor und sind auch Niederschlagsdaten in ausreichender Anzahl nicht vorhanden, so sind frühzeitig Abflußpegel und Niederschlagsmeßstellen einzurichten. Die Lage der Meßstellen ist möglichst so auszuwählen, daß diese auch nach Fertigstellung der Stauanlage weiterbetrieben werden können.

In alle Untersuchungen sollten – vor allem bei Beobachtungslücken – langjährige Beobachtungsreihen benachbarter Einzugsgebiete einbezogen werden. Die Besonderheiten eines Einzugsgebietes lassen allerdings Übertragungen vielfach nur bedingt zu.

Größe und zeitlicher Verlauf der beobachteten Hochwasserabflüsse sind zur Ermittlung des größten Scheitelabflusses und der maßgebenden Abflußsummen aufzubereiten. Für die Einschätzung der größtmöglichen Abflüsse geben Hochwassermarken historischer Ereignisse wertvolle Anhaltspunkte. Vergleichsweise kann ein vermutlich größter Abfluß (PMF = probable maximum flood) ermittelt werden.<sup>1)</sup>

Bei den Untersuchungen ist zu beachten, daß oberhalb liegende Stauanlagen und deren Betriebsweise eine Minderung oder Erhöhung der Abflüsse verursachen können. Aus wasserwirtschaftlichen, ökologischen oder anderen Gründen ist in der Regel eine Mindestwasserabgabe erforderlich.

Die Frage, ob Veränderungen des Abflußregimes, die durch menschliche Eingriffe verursacht worden sind, berücksichtigt werden müssen, ist zu prüfen.

#### 4.1.5 Grundwasser

Um Einflüsse des Grundwassers auf die Stauanlage und deren Auswirkungen auf das Grundwasser (Grundwasserstände, Grundwasserströmung, Grundwasserbeschaffenheit, Quellen, mögliches Sickerwasser) feststellen zu können, sind – auch zur Beweissicherung – frühzeitig Messungen und Untersuchungen durchzuführen und gegebenenfalls Grundwasser-Meßstellen einzurichten.

#### 4.1.6 Feststoffe und Verlandungen

Durch Stauanlagen wird die Feststoffführung eines Gewässers verändert. Die zu erwartenden Auswirkungen, vor allem Verlandungen im Stauraum und in den Rückstaubereichen der Zuflüsse sowie Sohleneintiefungen im Unterlauf, sind zu untersuchen.

Die Notwendigkeit von Gegenmaßnahmen, wie Geschiebefallen, Vorbecken und Sohlenstützbauwerke, ist zu prüfen.

<sup>1)</sup> Arbeitsanleitung zur Ermittlung des vermutlich größten Niederschlags PMP, DVWK-Schriftenreihe, Heft 62

#### 4.1.7 Eisverhältnisse

Die Eisführung der Gewässer und die Eisbildung im Staubereich sind bei der Bemessung und beim Betrieb der Stauanlage, insbesondere bei den stahlwasserbaulichen Einrichtungen, zu beachten.

Zusätzliche Beanspruchungen können beim Aufschwimmen und Verdriften einer Eisdecke und bei Eisversetzungen auftreten; dies ist auch bei Dammböschungen zu beachten.

#### 4.1.8 Windverhältnisse

Der Wasserspiegel im Staubereich wird durch Wind beeinflusst. Die Auswirkungen von Windstau, Wellenhöhe und Wellenauflauf und die dynamischen Kräfte aus Wellenschlag auf die Stauanlagen, insbesondere auf die Absperrbauwerke und Böschungen, sind zu berücksichtigen. Berechnungsverfahren liefern Anhaltswerte für deren Größe.

Maßgebende Windrichtungen, Dauer und Stärke des Windes sowie seine Richtung zur Lage des Tales sind besonders zu beachten.

#### 4.1.9 Gewässerbeschaffenheit

Es ist erforderlich, die Beschaffenheit des Wassers in chemischer, physikalischer, biologischer und hygienischer Hinsicht festzustellen. Art und Umfang der Prüfungen richten sich nach der Zweckbestimmung der Anlage. Zu jeder Probenahme sind Angaben über den jeweiligen Abfluß im Gewässer erforderlich.

Bei der Prüfung der Wasserbeschaffenheit sind die natürlichen Qualitätsschwankungen durch jahreszeitliche Einflüsse, wie Temperatur- und Abflußschwankungen, Vegetation, Niederschlag und Düngung sowie andere zivilisatorische Einflüsse, wie Einleitungen, Veränderungen der Bebauung, zu berücksichtigen.

Erhebungen über die Wasserbeschaffenheit sollen einen längeren Beobachtungszeitraum, der möglichst auch außergewöhnlich wasserreiche und wasserarme Jahre einschließt, erfassen.

Sauerstoffzehrung durch organische Vorbelastung des Gewässers und eine mögliche Eutrophierung durch Nährstoffbelastung sind zu untersuchen.

### 4.2 Bemessungshochwasser

#### 4.2.1 Wiederholungszeitspanne

Hochwasserabflüsse bilden eine wesentliche Bemessungsgrundlage für die Entlastungsanlagen und den Hochwasserrückhalteraum sowie für kritische Bauzustände.

Zur Auswahl der zuflußseitigen Bemessungshochwasser sind für verschiedene Wiederholungszeitspannen  $T_n$  Scheitelabflüsse und Abflußfüllen zu untersuchen.

Die Wiederholungszeitspannen  $T_n$  für die unterschiedlichen Arten der Stauanlagen werden in den entsprechenden Teilen von DIN 19 700 behandelt. Die Bemessungshochwasser sind nach anerkannten Verfahren zu ermitteln; aus Vergleichsgründen auch immer nach den DVWK-Regeln, Heft 101, 1979, „Empfehlungen zur Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeit“.

Ferner ist davon auszugehen, daß der Bemessungshochwasserzufluß jeweils bei einem bis zum Stauziel (siehe DIN 4048 Teil 1, z. Z. Entwurf) gefüllten Stauraum auftritt. Bei der Ermittlung des Bemessungshochwasseraus-

flusses (siehe DIN 4048 Teil 1, z. Z. Entwurf) kann die Wirkung einer Retention berücksichtigt werden.

Das Abflußvermögen von Entnahmeanlagen darf nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn diese im Hochwasserfall mit ausreichender Sicherheit betriebsfähig sind.

#### 4.2.2 Freibord

Der Freibord ist der lotrechte Abstand zwischen der Krone des Absperrbauwerkes und dem höchsten Stauziel bzw. der Staukurve beim Bemessungshochwasserausfluß. Windstau, Wellenauflauf und gegebenenfalls Eisstau sind Teile des Freibordes (siehe DIN 4048 Teil 1, z. Z. Entwurf).

Zusätzlich muß der Freibord einen angemessenen Sicherheitszuschlag enthalten, dessen Größe vor allem von den örtlichen Gegebenheiten, der Größe des Stauraumes, der Aussagekraft der zugrunde liegenden hydrologischen Daten und von der Art und konstruktiven Ausbildung der Absperrbauwerke abhängig ist. In diese Überlegungen sollte – soweit es geboten und möglich ist – auch ein vermutlich größter Hochwasserabfluß (PMF) einbezogen werden.

Eine enge Zusammenarbeit zwischen dem verantwortlichen Konstrukteur der Stauanlage und dem Hydrologen ist dabei notwendig.

#### 4.2.3 Stauziele

Die für die jeweiligen Stauanlagen maßgebenden Stauziele sind mit Höhen über NN auszuweisen. Neben dem Stauziel sind das höchste Stauziel und erforderlichenfalls auch das Absenkziel und das tiefste Absenkziel festzulegen.

## 5 Untergrund

### 5.1 Allgemeines

Absperrbauwerke und Untergrund sollen hinsichtlich Kraftübertragung und Dichtheit eine Einheit bilden und die aus dem Aufstau resultierenden Kräfte mit der erforderlichen Sicherheit aufnehmen können. Konstruktion und Gründung der Absperrbauwerke sind auf den Untergrund abzustimmen. Dichtheit und Erosionsbeständigkeit des Untergrundes im Bereich von Absperrbauwerken müssen in ausreichendem Maße gegeben oder herstellbar sein.

Das Staubecken, insbesondere seine Hänge und die beeinflusste Umgebung der Stauanlagen, müssen hinsichtlich Dichtheit und Standsicherheit für den Staubetrieb geeignet sein.

Bei Fels ist zu berücksichtigen, daß die Durchlässigkeit im allgemeinen überwiegend von den Trennflächen (Schichtung, Schieferung, Klüftung und Störungen) und nur selten vom Gestein bestimmt wird. Mit dem Aufstau wird auch der Gebirgswasserspiegel angehoben. Die Auswirkungen schneller Wasserspiegeländerungen sind zu beachten.

In erdbebengefährdeten Gebieten (siehe DIN 4149 Teil 1 und Beiblatt 1 zu DIN 4149 Teil 1) sind besondere Untersuchungen hinsichtlich der Standsicherheit der Bauwerke erforderlich. Aktive Störungen, junge Bewegungen sowie das Verhalten unter seismischer Erregung (bleibende Verformung, Festigkeitsabfall, Verflüssigungsgefahr) sind dabei zu beachten und zu verfolgen. Auch die durch

## DIN 19 700 Teil 10

größere Stauanlagen möglicherweise verursachte Seismizität ist zu beachten.

## 5.2 Erkundungen

Im gesamten Einflußbereich der Stauanlage sind die Untergrundverhältnisse durch Untersuchungen zu klären, deren Umfang sich nach Art und Bedeutung der Stauanlage richtet. Geeignete Verfahren sind vor allem: Schürfungen, Bohrungen, Schächte und Stollen.

Diese Erkundungen können durch geophysikalische Verfahren ergänzt werden.

Die Untersuchungen sollen vor allem Aufschluß geben über Aufbau, Beschaffenheit, boden- bzw. felsmechanische und chemische Eigenschaften des Baugrundes. Ihre Ergebnisse müssen eine sichere Beurteilung der Tragfähigkeit, Dichtheit und Erosionsanfälligkeit des Untergrundes ermöglichen. Ferner sollen sie Aufschluß geben über Baugrundverformungen, Grundbruch- und Kolkgefahren, den Einfluß des Baugrundes auf die zu wählenden Baustoffe und die Notwendigkeit einer Baugrundverbesserung.

Dazu müssen die Erkundungen bis in eine Tiefe reichen, in der die Einflüsse der Bauwerke und des Aufstaus hinreichend abgeklungen sind.

Die Untersuchungen sollen auch Aufschluß geben über Grundwasserstockwerke im Bereich der Stauanlage, ferner über mögliche Austritte von gestautem Wasser aus dem Becken ins Umland und in benachbarte Vorfluter sowie über Notwendigkeit, Umfang und Erfolgsaussichten von Dichtungsmaßnahmen.

Stauanlagen sind auf die Gefährdung durch Rutschungen, im Hochgebirge auch durch Muren, Lawinen, Bergstürze und Gletscher zu prüfen, und zwar sowohl im Bau als auch im Betriebszustand. Bei schwierigen Untergrundverhältnissen, wie z. B. in Bergbau-, Karst- und Mooregebieten, sind besondere Erkundungen notwendig.

Ingenieurgeologische, boden- und felsmechanische Feststellungen sind während der Bauausführung zu überprüfen; Auswirkungen erkannter Abweichungen von den Entwurfsgrundlagen, vor allem hinsichtlich Standsicherheit und Dichtheit, sind zu berücksichtigen.

Die Untersuchungsergebnisse sind übersichtlich und umfassend darzustellen und als Bestandsunterlagen aufzubewahren.

## 5.3 Untergrundverbesserung

In besonderen Fällen kann es notwendig werden, Maßnahmen zur Verbesserung des Untergrundes durchzuführen, z. B. Verdichtungen, Bodenaustausch, Einpresungen, Entwässerungen. Zur Verminderung des Sohlenwasserdruckes sind Maßnahmen wie Dichtungsteppiche, Dichtungsschleier, Herdmauern, in Verbindung mit filterfesten Dränen, geeignet.

Labile Hänge sind zu entlasten oder zu stützen, sofern sie durch Rutschungen den Bestand oder den Betrieb der Stauanlage gefährden oder die Abflußverhältnisse nachteilig beeinflussen können.

## 6 Baustoffe

### 6.1 Allgemeines

Die in Betracht kommenden Baustoffe sind frühzeitig auf Vorkommen, Verfügbarkeit und Eignung zu erkunden und zu prüfen.

Für die zu verwendenden Baustoffe gelten die einschlägigen DIN-Normen und bauaufsichtlichen Zulassungen, soweit nachstehend keine weiteren Anforderungen festgelegt sind.

### 6.2 Baustoffe für Staudämme

Baustoffe sind entsprechend ihrer Aufgabe im Dammkörper auszuwählen; sie sollen vor allem hinsichtlich Kornzusammensetzungen, Durchlässigkeit, Scherfestigkeit, Verformungsverhalten und Verwitterungsbeständigkeit aufeinander abgestimmt sein.

Unabhängig von den einschlägigen DIN-Normen und den nachfolgend aufgeführten Prüfungen darf ein Baustoff keine Bestandteile enthalten, die sich auf Dauer nachteilig auf den Damm auswirken können. Die Prüfungen richten sich nach der Art des Materials, seiner Verwendung und Zweckbestimmung im Damm.

#### 6.2.1 Baustoffe für Stützkörper

Es kann jedes Fest- und Lockergestein Verwendung finden, wenn es keine organischen, löslichen, veränderlichen oder quellfähigen Komponenten in maßgeblichen Anteilen enthält. Diese Baustoffe sollen so gewonnen, eingebaut und verdichtet werden können, daß eine auf Dauer stabile und gleichmäßige Schüttung entsteht. Es muß auch sichergestellt sein, daß es zu keiner schädlichen Ausspülung und Kornumlagerung kommt, was insbesondere für wasserseitige Stützkörper bei schnellen Wasserspiegeländerungen zu beachten ist.

##### 6.2.1.1 Festgestein

Geologische Bezeichnung, mineralogische Zusammensetzung, Frost- und Verwitterungsbeständigkeit, Lösbarkeit, Druck- und Schlagfestigkeit sowie die Rohdichte des Gesteins sind anzugeben.

Die Verdichtbarkeit des gebrochenen Gesteins, seine Kornzusammensetzung, Durchlässigkeit, Erosionsfestigkeit, Scherfestigkeit und Verformungseigenschaften, lassen sich oft nur in einem Großversuch ermitteln, bei dem das Gestein in einem Probesteinbruch gelöst und bei einer Probeschüttung eingebaut und verdichtet wird. Diese Arbeiten sollen unter Bedingungen, wie später beim Bau vorgesehen, ausgeführt werden.

##### 6.2.1.2 Lockergestein

Festzustellen sind Kornzusammensetzung, mineralogische Zusammensetzung, Glühverlust, natürlicher Wassergehalt, Proctordichte und optimaler Einbauwassergehalt, Durchlässigkeit, Erosionsfestigkeit und Verwitterungsbeständigkeit, Scherfestigkeit und Verformungseigenschaften im verdichteten Zustand. Lockergestein sollte einen stetigen Kornaufbau (ohne Fehlkorn) haben.

Durch Probeschüttungen lassen sich die optimalen Einbau- und Verdichtungsverfahren bestimmen.

### 6.2.2 Baustoffe für Dichtungen

Für Dammdichtungen können alle Baustoffe verwendet werden, sofern sie im eingebauten Zustand den Anforderungen entsprechend dicht und erosionsfest sind und bleiben sowie Dammverformungen schadlos aufnehmen können. Ferner ist zu klären, ob sie die Wassergüte nachteilig beeinflussen oder ob schädliche Einflüsse aus dem umgebenden Wasser auf die Dichtung zu befürchten sind.

### 6.2.2.1 Natürliche Baustoffe

Zu bestimmen sind Kornzusammensetzung, mineralogische Zusammensetzung, Glühverlust, Verwitterungsbeständigkeit, Rohdichte, Plastizitätsgrenzen, natürlicher Wassergehalt, Proctordichte und optimaler Einbauwassergehalt, Durchlässigkeit, Erosionsfestigkeit, Dispersivität, Scherfestigkeit, Verformungseigenschaften und Porenwasserdruck in Abhängigkeit vom Einbauwassergehalt, von der Trockendichte und von den im Bau- und Gebrauchszustand auftretenden Spannungen.

Natürliche Baustoffe sollen höchstens einen Massenanteil von 3% organischer Stoffe haben. Das Größtkorn ist so zu begrenzen, daß beim Einbau keine Entmischung auftritt. Ein Korndurchmesser von 80 mm sollte möglichst nicht überschritten werden. Diese Begrenzung ist bei schmalen Dichtungskörpern von besonderer Bedeutung. Der Einbauwassergehalt soll nahe, eher etwas über dem optimalen Einbauwassergehalt liegen; er ist nicht nur nach der erzielbaren Dichte, sondern auch nach der zugehörigen Dichtheit festzulegen.

Sofern mit dem vorhandenen Material die geforderten Eigenschaften nicht erreicht werden, kann es durch Zugabe von Feinkorn, Tonmehl oder Bentonit und gegebenenfalls auch von Kalk und Zement verbessert werden. In Ergänzung zu Laborversuchen empfiehlt sich eine Probeschüttung mit Verdichtungsversuchen.

### 6.2.2.2 Künstliche Baustoffe

#### 6.2.2.2.1 Asphaltbeton

Dieser ist aus Füller, Sand, Splitt und Schotter, mit Bitumen als Bindemittel, zusammengesetzt. Art und Anteil des Bitumens, Kornzusammensetzung und Art der Zuschlagstoffe richten sich nach Einbautechnik, Beanspruchung der Dichtung während der Bauzeit und im Betrieb, Verformung des Dammes und des Dammuntergrundes und nach klimatischen Verhältnissen. Für die Anforderungen an den Bitumen und die Prüfung von Bitumen und der Zuschlagstoffe sowie der fertigen Mischung gelten die einschlägigen DIN-Normen, z. B. DIN 1995. Des weiteren wird auf die „Empfehlungen für die Ausführung von Asphaltarbeiten im Wasserbau“<sup>2)</sup> verwiesen.

#### 6.2.2.2.2 Tonbeton (Erdbeton)

Hierunter wird ein Gemisch aus Sand oder sandigem Kies, Tonmehl, Zement und Wasser, gegebenenfalls zusätzlich auch Füller und Bentonit, verstanden.

Der Aufbau der Mischung richtet sich nach der Art des Einbauverfahrens und nach der geforderten Dichtheit und Erosionsfestigkeit, wobei die während der Damm-schüttung und im nachfolgenden Betrieb zu erwartenden Verformungen zu berücksichtigen sind. Das Verformungsverhalten über die Zeit ist zu prüfen. Die optimale Zusammensetzung ist durch Laborversuche zu ermitteln.

#### 6.2.2.2.3 Beton und Stahlbeton (Zementbeton)

Sofern Beton und Stahlbeton für Dammdichtungen verwendet werden, sind die einschlägigen Normen, z. B. DIN 1045, zu beachten.

### 6.2.2.2.4 Stahl und Kunststoffe

Als Stahldichtungen kommen vor allem Spundbohlen in Betracht. Bei Verwendung von Spundbohlen sind die Dichtheit der Spundwandschlösser, die Korrosionsbeständigkeit, gegebenenfalls auch die Rammfähigkeit, zu beachten.

Für die Auswahl der Kunststoffe sind die chemischen und physikalischen Eigenschaften, besonders die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beschädigung beim Einbau und im eingebauten Zustand, die Alterungsbeständigkeit, die Verträglichkeit mit dem Wasser, dem Boden und mit den anschließenden Bauteilen, die Verschweiß- und Verklebbarkeit, das Verhalten unter der künftigen Beanspruchung auch bei wechselnder Wasserlast zu berücksichtigen. Die geforderten Eigenschaften sind gegebenenfalls im Großversuch nachzuweisen.

### 6.2.3 Baustoffe für Übergangszonen

Baustoffe für Übergangszonen sollen gemischtkörnig und in ihrem Kornaufbau, ihrer Durchlässigkeit, Erosionsfestigkeit und auch in ihrem Verformungsverhalten auf die angrenzenden Schüttmaterialien abgestimmt sein. Durchlässigkeit und Filterfestigkeit sind im Zweifelsfall in einem Langzeitversuch zu bestimmen. Das Größtkorn ist so zu begrenzen, daß beim vorgesehenen Einbau keine Entmischung auftritt. Diese Begrenzung ist bei schmalen Übergangszonen von besonderer Bedeutung. Auf der Wasserseite sollte das Übergangsmaterial genügend Feinkorn besitzen, um bei etwaigen Rissen der Dichtung eine Selbstheilung zu bewirken. Die Prüfung der Übergangsmaterialien soll in Anlehnung an die Prüfung der Baustoffe für Stützkörper erfolgen.

### 6.2.4 Baustoffe für Filter

#### 6.2.4.1 Natürliche Baustoffe

Der Kornaufbau des Filters ist nach den Filterregeln auf den Kornaufbau des zu schützenden Materials und den Kornaufbau des nachfolgenden Materials abzustimmen. Mitunter ist dies nur mit einem Stufenfilter zu erreichen. Als Filtermaterial kommen Natursande, Kiese, Splitt und Schotter in Frage. Der Massenanteil des Korns kleiner als 0,06 mm soll 5% nicht übersteigen. Durch Versuche ist nachzuweisen, daß der Filter auch nach Einbau und Verdichtung hinsichtlich Kornaufbau und Durchlässigkeit den Anforderungen entspricht. Dieser Nachweis ist besonders wichtig, wenn gebrochenes Material verwendet wird.

Die Prüfung der Filterstoffe soll in Anlehnung an die Prüfung der Baustoffe für Stützkörper erfolgen.

#### 6.2.4.2 Künstliche Baustoffe

Für Filter können aus der Gruppe der Geotextilien Kunststoffvliese verwendet werden, sofern ihre Eignung durch Langzeitversuche nachgewiesen ist und die Vliese die an ihre Durchlässigkeit, Filter- und Strukturfestigkeit gestellten Anforderungen im eingebauten Zustand erfüllen und diese Eigenschaften auf Dauer beibehalten. Die Prüfung soll unter der Belastung und Beanspruchung erfolgen, denen das Vlies im Damm unterworfen sein wird. Auf die „Empfehlungen für die Anwendung von Kunststoffen im Erd- und Wasserbau“<sup>2)</sup> wird hingewiesen.

In manchen Fällen kann auch Einkornbeton als Filterbaustoff verwendet werden, sofern die Filterwirkung nicht durch Setzungsrisse beeinträchtigt wird.

<sup>2)</sup> Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau

### 6.2.5 Baustoffe für Böschungsschutz

Natursteine für den Böschungsschutz sind auf ihre Druckfestigkeit, Schlagfestigkeit, Löslichkeit in Wasser, Roh- und Reindichte, Wasseraufnahme, Frost- und Verwitterungsbeständigkeit zu prüfen. Auf die einschlägigen DIN-Normen sei hingewiesen. Besteht der Böschungsschutz aus Beton- oder Stahlbetonelementen, so gelten für die erforderlichen Eignungs- und Güteprüfungen die einschlägigen DIN-Normen.

Für Schutzschichten aus Asphaltbeton gilt Abschnitt 6.2.2.2.1 sinngemäß.

### 6.3 Baustoffe für Absperrbauwerke aus Beton und Stahlbeton

#### 6.3.1 Beton und Stahlbeton

Für die Baustoffe Beton und Stahlbeton gelten die einschlägigen DIN-Normen, insbesondere DIN 1045.

#### 6.3.2 Massenbeton

Als Massenbeton im Sinne der Norm gilt Beton für jene Bauwerke und Bauteile, deren Abmessungen so groß sind, daß die Hydrationswärme betontechnologisch besonders berücksichtigt werden muß. Er gilt als Beton mit besonderen Eigenschaften entsprechend DIN 1045.

Abweichend von DIN 1045, DIN 1048 Teil 1, Teil 2, Teil 4 und DIN 4226 Teil 1 bis Teil 4 ist Massenbeton als Beton II herzustellen, einzubauen und zu überwachen, hierbei ist der „Sachstandsbericht Massenbeton“<sup>3)</sup> zu beachten.

## 7 Absperrbauwerke

### 7.1 Staudämme

#### 7.1.1 Gestaltungsgrundsätze

Staudämme bestehen in der Regel aus einem dichtenden Teil und den stützenden Teilen. Bei unterteiltem Aufbau des Dammes wird die Dichtung entweder auf der wasserseitigen Böschung oder im Damminnenen angeordnet. Dämme aus einheitlichem Schüttstoff, der zugleich dichtet und stützt, werden im allgemeinen nur für kleine Stauhöhen ausgeführt.

Die konstruktive Gestaltung des Dammes richtet sich nach Art und Menge der verfügbaren Baustoffe und nach der Beschaffenheit des Untergrundes, den morphologischen Gegebenheiten, nach den zu erwartenden Wasserspiegelschwankungen und den klimatischen und seismischen Verhältnissen. Aufbau, Formgebung und konstruktive Gestaltung des Dammes sind nach boden- und felsmechanischen sowie hydrodynamischen Erkenntnissen festzulegen. Bei der Formgebung des Dammes sind auch die Pflege und Unterhaltung der Böschungen und seine Einfügung in die Landschaft zu berücksichtigen.

Der dichtende Teil des Staudammes ist nach Möglichkeit an den ausreichend wasserdichten Untergrund anzuschließen. Sofern sich dies nicht erreichen läßt, müssen Unter- und Umströmungen durch geeignete Maßnahmen soweit verringert werden, daß die Sicherheit des Bauwerkes gegen hydraulischen Grundbruch und Erosions-

grundbruch sichergestellt ist. Für eine ausreichende Entspannung des Sickerwassers im, unter und hinter dem Damm ist zu sorgen.

Die Dammdichtung muß über den Wasserstand hinausreichen, der sich beim höchsten Stauziel und gleichzeitiger Einwirkung von Windstau und Wellenschlag an der Dichtung einstellt. Zur Verhinderung bzw. Verringerung des Wellenauflaufes können Wellenbrecher vorgesehen werden.

Unter den getroffenen Bemessungsannahmen, insbesondere für die Festlegung des Freibordes, ist ein Überströmen des Staudammes grundsätzlich auszuschließen.

In Sonderfällen kann Hochwasser auch über einen Abschnitt des Staudammes abgeführt werden, sofern durch konstruktive Maßnahmen eine schadlose Ableitung des Hochwassers sichergestellt ist. In solchen Fällen sind besondere Sicherheitsnachweise erforderlich.

Stützkörper müssen ausreichend standfest sein. Durch nach außen zunehmend durchlässigeres Material oder durch entsprechend angeordnete Filter und Dräns kann die Entwässerung der Stützkörper gefördert werden. Bei wechselhaftem und heterogen zusammengesetztem Material reicht ein Flächenfilter allein nicht aus. In mit solchen Materialien geschütteten Stützkörpern sind zusätzlich Dränlagen, Schräg- oder Vertikalfilter und ein leistungsfähiger Steinfuß zur schadlosen Ableitung des Sickerwassers notwendig. Auch auf der Wasserseite ist darauf zu achten, daß keine Dammbaustoffe, insbesondere bei schnellen Wasserspiegeländerungen, ausgespült werden und daß keine unzulässigen Umlagerungen stattfinden.

Entwässerungseinrichtungen im Damm sind nach den Filterregeln aufzubauen. Bei der Bemessung sind eine anisotrope Durchlässigkeit des Schüttmaterials, eine Verstopfung infolge evtl. eingespülter Schwebstoffe und gegebenenfalls die Bildung von Rissen in Entwässerungsleitungen zu berücksichtigen.

Die Sicherung der wasserseitigen Böschung richtet sich nach den verwendeten Baustoffen und der auftretenden Beanspruchung. Insbesondere ist auf die Wirkung von Frost und Austrocknung auf die Dichtung zu achten. Der Böschungsschutz muß erosionsfest in Talhänge eingebunden werden.

Die luftseitige Böschung ist gegen Erosion durch Niederschlagswasser und Wind zu sichern. Zur Erleichterung der Unterhaltungsarbeiten empfiehlt es sich, begrünte Böschungen nicht zu steil auszubilden und gegebenenfalls Bermen anzuordnen.

Auf eine angemessene und zweckmäßige Bepflanzung ist zu achten. Bepflanzungen können jedoch auch nachteilige Wirkungen, wie Hohlraumbildungen infolge abgestorbener Wurzeln o. ä., hervorrufen. Eine Beschädigung der Dichtung muß auf jeden Fall vermieden werden. Auf die Empfehlungen für Flußdeiche des DVWK [1] wird hingewiesen.

Die Dammkrone ist zweckmäßigerweise befahrbar auszubilden, wobei wasserbauliche Belange, wie Anlagen zur Beseitigung von Treibgut, der Zugang zu Entlastungseinrichtungen mit den verkehrstechnischen Notwendigkeiten in Einklang zu bringen sind, dies gilt sinngemäß auch für den Bereich des Dammfußes. Hochwasserentlastungsanlagen im Kronenbereich sind zu überbrücken oder befahrbar auszubilden.

<sup>3)</sup> Sachstandsbericht Massenbeton, aufgestellt vom Deutschen Betonverein e.V., Heft 329, Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin – München

### 7.1.2 Anschluß an Massivbauwerke, Durchdringungen und Leitungen

Besondere Aufmerksamkeit in Konstruktion und Ausführung bedarf der Anschluß von Dämmen, insbesondere der Dichtungen einschließlich Filter und Übergangszonen an Massivbauwerke, wie z. B. Entlastungsanlagen. Der Anschluß muß den Beanspruchungen infolge der Setzung der Dammschüttung oder des Massivbauwerkes und der wechselnden Wasserlast Rechnung tragen und den hierbei auftretenden Relativbewegungen schadlos folgen können.

Beispielsweise sollen die Außenwände solcher Massivbauwerke im Bereich der Dichtung, der Filter- und der Übergangszonen so geneigt sein, daß bei Dammsetzungen das Dammbaumaterial sich nicht vom Massivbauwerk löst, sondern an dieses angepreßt wird. Ferner können zusätzliche Maßnahmen, wie Betonrippen mit trapezförmigem Querschnitt, einseitig einbetonierte Spundbohlen u. ä. bei Beachtung geeigneter Einbautechnik für das daran anschließende Dammbaumaterial dazu beitragen, Erosionsvorgänge längs der Anschlußflächen zu unterbinden.

Dichtungen aus natürlichen Baustoffen, einschließlich Filter- und Übergangszonen, sind mit einer etwa 10 cm dicken Schicht aus steinfreiem, plastischem, bindigem Material von Hand an das Massivbauwerk anzuschließen. Bei Grobsteinschüttungen sind im Bauwerksbereich gut abgestufte Übergangsschichten einzubauen.

Staudämme sollen möglichst nicht von Leitungen und Bauwerken, wie z. B. Grundablässen, in Richtung des Fließgefälles durchdrungen werden. Wird von dieser Festlegung aus zwingenden Gründen abgewichen, so ist vor allem auf folgendes zu achten:

- Die Gründung der Bauwerke und deren Anschluß an die Dichtung erfordern besondere Sorgfalt, schädliche Verformungen der Bauwerke müssen verhindert werden.
- Durch konstruktive Maßnahmen sind schädliche Sickerwege längs der Durchdringungen zu verhindern.  
Sickerwege können auch durch die Einwirkung von Frost entstehen. Es ist deshalb darauf zu achten, daß der Anschluß der den Damm durchdringenden Bauwerke an eine frostempfindliche Dichtung frostsicher erfolgt.
- Leitungen sollen – soweit sie ständig unter Druck stehen – nur in Rohrstellen oder in Mantelrohren mit Leckage-Kontrollmöglichkeit verlegt werden. Diese Leitungen müssen außerdem beidseitig absperrbar sein.
- Massivbauwerke sind mit geneigten Außenwänden und gewölbeförmigem Scheitel zu gestalten. Bei ihrer Bemessung ist auch den zusätzlich wirkenden Lasten, wie z. B. erhöhtem Scheiteldruck und Spreizkräften, Rechnung zu tragen. Bei solchen Bauwerken empfiehlt es sich, Bewegungsfugen anzuordnen und diese sorgfältig abzudichten.
- Rohrgräben müssen so verfüllt werden, daß Bodenausspülungen und Setzungen, die sich nachteilig auf den Damm und seine Dichtung auswirken können, verhindert werden. Liegen solche Rohrgräben im Fels, so sind sie mit Magerbeton zu verfüllen.

Wenn Entwässerungsrohre oder -gräben für die Bauausführung erforderlich waren, müssen diese rechtzeitig entfernt oder so unwirksam gemacht werden, daß von ihnen kein schädlicher Einfluß auf den Damm ausgehen kann.

Die konstruktiven Schwierigkeiten, die sich mit solchen Durchdringungen ergeben, lassen sich vermeiden, wenn diese im Fels seitlich oder unter dem Damm als Stollen hergestellt werden. Dabei ist der Fels in der Dichtungsebene des Dammes im Umkreis solcher Stollen besonders nachhaltig zu injizieren.

### 7.1.3 Dammgründung, Untergrundabdichtung

Staudämme sind mit ihrer Dichtung nach Möglichkeit auf undurchlässigen Bodenschichten zu gründen. Gegebenenfalls sind Maßnahmen der Baugrundverbesserung (Entfernen ungeeigneter Schichten, Bodenaustausch, Verdichtung) durchzuführen.

Liegt der dichte, von Lockergestein überlagerte Horizont unter der Gründungssohle aber in noch erreichbarer Tiefe, so muß ein Anschluß der Dichtung an diesen tieferen Horizont hergestellt werden, wenn dies die Standsicherheit des Dammes erfordert. Auch zu große Wasserverluste oder unzulässige Anhebungen des Grundwasserspiegels auf der Luftseite können einen solchen Dichtungsanschluß erforderlich machen.

Ist der Anschluß an den dichten Horizont nicht herzustellen, so sind dann konstruktive Maßnahmen zur Sickerwegverlängerung zu treffen, wenn dies die Standsicherheit erfordert und der Sickerwasserabfluß entsprechend reduziert werden muß.

Der schadlosen Abführung des Sickerwassers kommt besondere Bedeutung zu. Hierzu muß erforderlichenfalls das Sickerwasser in einem Flächenfilter abgeführt werden, wobei der Filter gegen den Untergrund und auch gegen den Stützkörper filterfest aufgebaut sein muß. Die ausreichende Leistungsfähigkeit dieses Filters ist nachzuweisen. Um zu große Fließgefälle zu vermeiden, soll zwischen Untergrundabdichtung bzw. Dammdichtung und Flächenfilter ein angemessener Abstand eingehalten werden. Falls erforderlich, muß der Flächenfilter gegen die aufwärtsgerichtete Strömungskraft beschwert werden. Auch Entspannungsbrunnen können den Flächenfilter entlasten und die Strömungskraft umlenken, wenn die dauerhafte Wirksamkeit gesichert ist.

Das Fließgefälle in der Talauffüllung unter und hinter dem Damm sowie in den Talhängen muß soweit verringert werden, daß die Standsicherheit des Dammes weder durch einen hydraulischen Grundbruch noch durch Ausspülungen oder Umlagerungen im Untergrund gefährdet wird.

### 7.1.4 Dämme mit Oberflächendichtung

Die Oberflächendichtung setzt Baustoffe voraus, die der Beanspruchung durch Witterungseinflüsse (auch Eisbildung) sowie dem mechanischen und chemischen Angriff des Wassers (gegebenenfalls auch Steinschlag) gewachsen sind. Sie stellt gegenüber der Innendichtung geringere Anforderungen an das Schüttmaterial, weil es nicht mit dem gestauten Wasser in Berührung kommt und der gesamte Dammkörper als Stützkörper wirkt. Die Oberflächendichtung erfordert hingegen eine Schüttung und einen Untergrund, die sich beide nach dem Aufbringen der Dichtung nur noch wenig setzen dürfen und keine Setzungssprünge verursachen.

## DIN 19 700 Teil 10

Für die Oberflächendichtung kommen hauptsächlich Asphaltbeton oder Zementbeton, daneben auch gering durchlässige Erdstoffe und Folien mit schützender Abdeckung, in Betracht. Bei Zementbeton sind Fugen in geeigneter Einteilung und Durchbildung anzuordnen. Bei Asphaltbeton können die auftretenden Bewegungen infolge seiner plastischen Verformbarkeit meist ohne besondere konstruktive Maßnahmen aufgenommen werden. Unter günstigen Voraussetzungen können bei niedrigen Dämmen Kunststoff-Folien als Oberflächendichtung zur Anwendung kommen. Der Materialauswahl und der Ausbildung der Bauwerksanschlüsse und der Schweißnähte kommen dabei besondere Bedeutung zu.

Die Neigung der wasserseitigen Dammböschung richtet sich neben der Scherfestigkeit des Dammbaustoffes nach der Scherfestigkeit der Dichtungsschicht, ihrer Sicherheit gegen Abgleiten auf der Böschung und nach der Einbautechnik. Wenn die Dichtung einen Schutzbelag erhält, kann auch seine Gleitsicherheit auf der Dichtung die wasserseitige Böschungsneigung bestimmen. Vor dem Aufbringen der Dichtung ist die Böschung sorgfältig zu planieren und zu verdichten.

Dicke und Aufbau der Dichtung sowie Anschlußausbildungen sind aufgrund von Untersuchungen der unter Baustellenbedingungen erzielbaren Kennwerte und Eigenschaften festzulegen.

Die „Empfehlungen für die Ausführung von Asphaltarbeiten im Wasserbau“<sup>2)</sup> und die „Empfehlungen für die Anwendung von Kunststoffen im Erd- und Wasserbau“<sup>2)</sup>, sind zu beachten.

Besondere Aufmerksamkeit ist dem Anschluß der Dichtung an den Untergrund oder an dichtende Bauteile entlang des wasserseitigen Dammfußes zu widmen. Der Anschluß muß konstruktiv so ausgebildet werden, daß er der Bewegung der Dichtung infolge der Setzung des Dammes und des Untergrundes, der Verschiebung einer etwa vorhandenen Herdmauer, Eigenbewegung der Dichtung infolge Kriechens, Schwindens und infolge von Temperatureinflüssen folgen kann, ohne durch diese Bewegungen undicht zu werden. Um den Setzungseinfluß klein zu halten, empfiehlt es sich, in Anschlußbereichen setzungsfähige Böden im Untergrund auszukoffern und durch gut verdichtbares Material zu ersetzen. Ebenso ist es zweckmäßig, auch im Damm an diesen Stellen gut verdichtbares Material einzubauen. Da im allgemeinen der größte Teil der Setzung und Spreizung des Dammes während der Schüttung auftritt, sollte die Dichtung erst dann aufgebracht werden, wenn der Stützkörper seine volle Höhe erreicht hat.

Sofern der Stützkörper nicht ausreichend wasserdurchlässig oder seine Durchlässigkeit auf Dauer nicht sichergestellt und mit einer schnellen Absenkung des Stauspiegels zu rechnen ist, muß für einen gesicherten Abfluß des Sickerwassers hinter der Dichtung gesorgt werden, damit die Dichtung vom gestauten Sickerwasser nicht abgehoben wird. Zu diesem Zweck ist unmittelbar hinter der Dichtung eine leistungsfähige Entwässerungsschicht anzuordnen, aus der das Sickerwasser zur Luftseite abgeführt werden kann.

In erdbebengefährdeten Gebieten ist der Stützkörper so auszubilden, daß der schadlose Abfluß des gespeicherten

Wassers durch den Damm nach einer etwaigen Ablösung der Dichtung sichergestellt ist.

### 7.1.5 Dämme mit Innendichtung

Innendichtungen können lotrecht, geneigt, geknickt im Damminneren oder in Böschungsnähe angeordnet werden. Für Innendichtungen kommen hauptsächlich Erdstoffe, Tonbeton und Asphaltbeton in Betracht, in Sonderfällen auch Stahl, Beton und Stahlbeton. Aufbau und Bemessung der Innendichtungen richten sich nach den Beanspruchungen während der Dammschüttung und des späteren Staubetriebes, den Untergrundverhältnissen, der Art und den Eigenschaften der eingesetzten Baustoffe und der unter Baustellenbedingungen erzielbaren Dichtigkeit.

Dammdichtungen aus nicht erosionsfesten Baustoffen sind auf der Luft- und Wasserseite durch sorgfältig aufgebaute und gut abgestufte Filter oder entsprechend zusammengesetzte Übergangszonen vor Erosion zu schützen, wobei breiten Übergangszonen der Vorzug zu geben ist.

Innendichtungen und ihre Anschlüsse an den Untergrund sind so auszubilden, daß sie den zu erwartenden Bewegungen aus Damm- und Untergrundsetzungen folgen können, ohne daß die Wirkung der Dichtung beeinträchtigt wird. Plastisch verformbare Dichtungen erfüllen meist diese Bedingung auch ohne besondere konstruktive Maßnahmen.

Nahe unter der wasserseitigen Böschung liegende, aus natürlichen Baustoffen (siehe Abschnitt 6.2.2.1) oder Tonbeton (siehe Abschnitt 6.2.2.2) bestehende Dichtungen, die man auch zu den Oberflächendichtungen rechnen kann, bedürfen einer Abdeckung als Auflast und als wirksamen Schutz vor Erosion, vor mechanischem Angriff durch Wellenschlag und des Eises sowie vor Austrocknung und Frost. Die Abdeckung ist filterfest aufzubauen.

### 7.1.6 Herstellen von Staudämmen

Der Damm ist in Lagen zu schütten und zu verdichten. Die Dicke der Schüttilagen hängt vom Schüttmaterial, der Wirkungstiefe des Verdichtungsgerätes und von der Anzahl der Verdichtungsübergänge ab. Gemischtkörnige Böden neigen beim Schütten zur Entmischung. Auf die Gefahr der Entmischung ist bei Dichtungs- und Filtermaterialien besonders zu achten.

Eine gute Verzahnung und Verbindung der Schüttilagen ist sicherzustellen. Glattgewalzte Schüttilagen sind vor dem Auftrag der nächsten Lage aufzurauen, verschmutzte Flächen vorher zu säubern. Aufgeweichtes, aufgelockertes oder gefrorenes Dichtungs- und Filtermaterial ist zu entfernen. Wie hierbei im Stützkörperbereich zu verfahren ist, ist im gegebenen Fall zu entscheiden. Dem Austrocknen der Kernoberfläche ist durch Beregnung zu begegnen. Wenn die Einbaubedingungen bei schlechtem Wetter nicht eingehalten werden können, sind die Arbeiten einzustellen.

Es ist darauf zu achten, daß die Filtermaterialien durch Verdichtung nicht an Wirksamkeit verlieren. Für feinkörnige Filter sollte deshalb kein gebrochenes Material verwendet werden. Kornzusammensetzung, Wassergehalt, Trockendichte, Durchlässigkeit und gegebenenfalls auch Scherfestigkeit der verdichteten Schüttung sind zu prüfen und mit den Sollwerten zu vergleichen.

<sup>2)</sup> Siehe Seite 7

Die Probengröße richtet sich nach dem Größtkorn. Prüftechnik und Häufigkeit der Kontrolle sind vor Baubeginn festzulegen.

## 7.2 Staumauern

Staumauern kommen als Absperrbauwerke vorzugsweise bei Talsperren in Betracht. Deshalb werden sie ausschließlich in DIN 19 700 Teil 11 behandelt.

## 8 Standsicherheit

### 8.1 Staudämme

#### 8.1.1 Allgemeines

Beim Nachweis der Standsicherheit eines Dammes ist auf die statische und hydraulische Sicherheit sowie auf die Riß-Sicherheit einzugehen. In die Untersuchungen sind auch die Dammwiderlager und die Talhänge im Staubecken einzubeziehen.

Die Sicherheit eines Dammes wird vor allem bestimmt von

- seiner Standfestigkeit bei statischer, hydraulischer und gegebenenfalls bei dynamischer Beanspruchung
- der Wirksamkeit der Dichtung und ihrer Anschlüsse an Untergrund und Bauwerke
- der Gründung des Dammes, einschließlich etwaiger Untergrundverbesserungen
- der schadlosen Ableitung des Sickerwassers
- der richtigen Formgebung und Bemessung von Bauwerken, die an den Damm anschließen oder ihn in Ausnahmefällen durchdringen.

#### 8.1.2 Statische Sicherheit

Die Standsicherheit des Dammkörpers und seiner Böschungen, die Aufnahme der Spreizspannungen in der Aufstandsfläche, die Grundbruchsicherheit und die Sicherheit gegen Abschieben des Dammes oder von Dammteilen in der Aufstandsfläche oder auf einer vorgegebenen Gleitfläche im Untergrund sind nachzuweisen. Hierbei

Lastfall	Kurzzeichen	Zustand	Sicherheitsbeiwert $\eta$
Normale Lastfälle	NL	Bauzustände, auch Ausbaustadien; Konsolidierungszustände bis zum ersten Einstau; planmäßige Betriebszustände mit Wasserspiegellagen bis zum höchsten Stauziel; mögliche Auflasten, soweit von Einfluß	1,3
Besondere Lastfälle	BL	Außerplanmäßige Betriebszustände, wie z.B. schnellstmögliche Wasserspiegelsenkungen	1,2
Außergewöhnliche Lastfälle	AL	Sonderfälle, z. B. Schäden an Oberflächendichtungen	1,1

sind außer dem Dammgewicht und der statischen Wasserlast der Strömungsdruck und der Auftrieb bzw. der Porenwasserdruck infolge des Aufstaus und gegebenenfalls infolge des Gebirgswassers zu berücksichtigen. Allenfalls ist auch Porenwasserdruck als Folge nicht abgeschlossener Konsolidierung anzusetzen.

Folgende Lastfälle sind zu untersuchen und dafür mindestens die angegebene Sicherheit nachzuweisen, auch dann, wenn in mitgeltenden Normen andere Mindestwerte zugelassen sind.

Mit zunehmendem Anteil der Kohäsion an der Standsicherheit des Dammes ist beim „Normalen Lastfall“ der Sicherheitsbeiwert  $\eta$  von 1,3 bis auf 1,5 zu erhöhen. Bei den anderen Lastfällen ist entsprechend zu verfahren.

Auswirkungen möglicher Schädstellen in der Damm- und Untergrunddichtung oder in einem Dichtungsteppich sind in die Untersuchung einzubeziehen.

Als Standsicherheit gilt nach der Fellenius-Regel das Verhältnis der durch Versuche ermittelten wirksamen Scherparameter zu den für das rechnerische Gleichgewicht (Sicherheit 1) erforderlichen wirksamen Scherparametern ( $\phi'c'$ ). Die Bodenparameter sind unter den im Damm herrschenden Spannungen zu ermitteln.

In erdbebengefährdeten Gebieten sind auch seismische Kraftwirkungen zu berücksichtigen. Bei schwacher seismischer Aktivität reicht der konventionelle, auf statischen Lastannahmen aufbauende Sicherheitsnachweis aus. Dabei dürfen die geforderten Mindest-Sicherheitsbeiwerte um 0,1 ermäßigt werden.

In stark aktiven Gebieten und bei hohen Dämmen empfiehlt sich zusätzlich eine dynamische Untersuchung. Der Untergrund ist in diese Untersuchung einzubeziehen, wenn der Damm auf Lockergestein zu stehen kommt. Auf die Veröffentlichung „A Review of Earthquake Resistant Design of Dams“<sup>4)</sup> wird verwiesen.

#### 8.1.3 Hydraulische Sicherheit

Es ist der Nachweis zu erbringen, daß das Sickerwasser durch, unter und um den Damm – auch unter ungünstigen Annahmen über den Aufbau des Dammuntergrundes und den Erfolg der Dichtungsmaßnahmen – schadlos für die Stauanlage ins Unterwasser abgeführt werden kann. Maßgebende Sickerlinien und Sickerwasserabflüsse sind zu ermitteln.

Die hydraulische Sicherheit beinhaltet die Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch sowie die Erosions- und Suffosionsstabilität des Dammes, des Untergrundes und der Dammwiderlager. Der Filterwirksamkeit, insbesondere zwischen benachbarten Zonen, kommt besondere Bedeutung zu.

Bei tongebundenen Dichtungen ist die Erosionsstabilität durch Langzeitversuche nachzuweisen, wenn sie einem großen Druckgefälle ausgesetzt sind und wenn für den vorgesehenen Baustoff nicht schon entsprechende Erfahrungen vorliegen.

Die für den Sicherheitsnachweis getroffenen Annahmen und der Erfolg der Sicherheitsmaßnahmen sind durch eine geeignete Bauwerksüberwachung zu überprüfen.

<sup>4)</sup> Herausgeber: International Commission on Large Dams, Committee on Earthquakes, Bulletin 27, März 1975.

## DIN 19 700 Teil 10

**8.1.4 Riß-Sicherheit**

In die Sicherheitsbetrachtung sind auch die Möglichkeit von Rißbildungen im Damm und in der Dammgründung und ihre Auswirkungen auf den Damm einzubeziehen. Risse im Damm, im besonderen in der Dichtung und den Dichtungsanschlüssen, können durch ungleiche Setzung benachbarter Dammmzonen, des Dammuntergrundes, über den Talhängen, an Einbauten und im Anschluß an Bauwerke sowie durch Gewölbebildungen entstehen. Die ungleiche Steifigkeit und Verformung von Damm und von Bauwerken im Damm sind auch bei den Lastannahmen zu beachten.

**8.2 Absperrbauwerke aus Beton**

Die für Absperrbauwerke aus Beton geltenden, je nach Art der Stauanlage sehr unterschiedlichen technischen Festlegungen werden in den entsprechenden Teilen von DIN 19 700 bzw. in DIN 19 702 behandelt.

**9 Bauausführung und Bauüberwachung**

Stauanlagen sind nach den genehmigten Entwurfsunterlagen unter Berücksichtigung der allgemein anerkannten Regeln der Technik und baurechtlicher Vorschriften sowie der sonstigen Bestimmungen (Unfallverhütungsvorschriften usw.) zu erstellen. Hierbei ist zu beachten:

- Bauarbeiten sowie sonstige Lieferungen und Leistungen sind nur an leistungsfähige und fachkundige Firmen nach den Grundsätzen der Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) und der Verdingungsordnung für Leistungen (VOL) zu vergeben.
- Mit der Bauleitung und Bauwerksüberwachung sind nur Ingenieure zu beauftragen, die die erforderliche Erfahrung, Sachkunde und Zuverlässigkeit für die ordnungsgemäße Durchführung der Maßnahme besitzen. Soweit erforderlich, sind für spezielle Bauteile Sonderfachleute zuzuziehen.
- Art und Zeitfolge der Bauausführung richten sich u. a. nach der Gliederung der Stauanlage und den Untergrund- und Abflußverhältnissen. Beim Einteilen in Bauabschnitte ist auf die Beeinflussung des Abflußvorganges zu achten.
- An schiffbaren Flüssen ist auf die Belange der Schifffahrt Rücksicht zu nehmen.
- Das Hochwasserrisiko des bauausführenden Unternehmers ist klar abzugrenzen. Es ist festzulegen, für welches Hochwasser die Baugrubenumschließung zu bemessen und wie die Baugrube gegebenenfalls zu fluten ist.
- Einrichtung und Betrieb der Baustelle haben den Besonderheiten des Bauens im fließenden Gewässer – insbesondere der Hochwassergefahr – zu entsprechen. Die Einbeziehung in den amtlichen Hochwasser-Nachrichtendienst ist zu prüfen.
- Für die laufende kurzfristige Überprüfung der einzubauenden Baustoffe empfiehlt es sich, bei größeren Baustellen eine entsprechend ausgerüstete Prüfstelle einzurichten. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Form von Prüfprotokollen festzuhalten und aufzubewahren.
- Von der Baugrube ist ein Aufschlußplan (allenfalls mit Fotodokumentation) herzustellen, der die angetroffenen Schichten, ihre Lagerung, Wasseraustritts-

stellen und bei Fels auch Trennflächen und Störungszonen enthält.

- Der Stauraum ist ingenieurgeologisch zu kartieren. (Rutschungen, bergmännische und natürliche Hohlräume, Wasserwegsamkeiten zu Nachbartälern.)
- Weichen die angetroffenen Baugrundverhältnisse von dem dem Entwurf zugrunde gelegten ab, so ist zu prüfen, ob sich daraus Rückwirkungen auf den Entwurf und die Bauausführung ergeben.
- Der Bauablauf ist mit allen wichtigen Ergebnissen in einem Bautagebuch dokumentarisch aufzuzeichnen. Unter anderem sind festzuhalten:  
Niederschläge, Abflüsse, Wasserstände, Eisverhältnisse, Temperaturen, durchgeführte Kontrollmessungen und -untersuchungen (Baustoffe, Verformungen, Porenwasser-, Fugen- und Sohlenwasserdrücke, Sickerverluste, usw.), Abnahmen.
- Die Schaffung von erforderlichen Ersatzbiotopen ist rechtzeitig vor Baubeginn abzuschließen.

Nach Abschluß der Bauarbeiten ist das Bautagebuch zusammen mit den übrigen Bauunterlagen (Aufmaße, Bestandspläne, Ergebnisse der Kontrollmessungen, Prüfzeugnisse, usw.) vom Bauherrn sorgfältig aufzubewahren. Alle Abnahmeergebnisse sind protokollarisch festzuhalten. Zu den Abnahmen gehört auch die Funktionsprüfung der Betriebs- und Meßeinrichtungen.

Soweit es sinnvoll und zweckmäßig ist, die Abnahmen durch den Bauherrn entsprechend der VOB mit den bauaufsichtlichen Abnahmen (Teilabnahmen und Schlußabnahme) zu verbinden, sind die Termine rechtzeitig mit der Aufsichtsbehörde abzustimmen.

**10 Probestau und Inbetriebnahme**

Voraussetzung für den Beginn des Probestaues ist die Fertigstellung der Absperrbauwerke sowie die Funktionsfähigkeit aller Betriebs-, Kontroll- und Meßeinrichtungen. Ferner müssen aus dem Staubecken wassergefährdende und auch weitgehend alle schwimmfähigen Stoffe entfernt werden.

Vor Beginn des Probestaues ist eine abschließende Prüfung aller Anlageteile durchzuführen.

Die Prüfung soll umfassen:

- Besichtigung aller Bauwerke und des Stauraumes, insbesondere im Hinblick auf sorgfältige Räumung,
- Prüfung der planmäßigen Beschaffenheit der für die Inbetriebnahme erforderlichen Anlageteile,
- Funktionsprüfung der Verschlüsse, Betriebs- und Meßeinrichtungen, soweit dies ohne Wassereinstau möglich ist.

Anschließend sind die zuständigen Behörden und die Beteiligten, insbesondere An- und Unterlieger, Uferbenutzer und Nutzungsberechtigte, zu verständigen. Unter Umständen sind besondere Sicherheitsmaßnahmen erforderlich.

Während des Probestaues ist vor allem die geforderte Dichtheit der Anlageteile zu kontrollieren. Der erste Aufstau ist stufenweise nach einem vorher festgelegten Plan durchzuführen. Mit den nächsten Stufen – bis zum Erreichen des Stauzieles – ist erst dann zu beginnen, wenn die Verhältnisse es gestatten. Die dabei festgestellten Ergebnisse sind in das Betriebstagebuch einzutragen.

und auszuwerten. An Planung und Bauausführung beteiligte Sonderfachleute sind gegebenenfalls beizuziehen. Eine Nutzung des aufgestauten Wassers kann zugelassen werden; sie hat sich jedoch den Erfordernissen des Probestaues und des probeweisen Betriebes unterzuordnen.

Nach Auswertung aller Kontrollen und Meßergebnisse des Probestaues ist zu entscheiden, ob die Inbetriebnahme der Stauanlage zugelassen werden kann oder ob der Probestau wiederholt werden muß.

Bei Sedimentationsbecken wird in der Regel kein Probestau durchgeführt, die übrigen Festlegungen dieses Abschnittes, insbesondere für die Inbetriebnahme, gelten sinngemäß.

## 11 Bauwerksüberwachung und -unterhaltung

### 11.1 Allgemeines

Zur Beurteilung der Stand- und Betriebssicherheit einer Stauanlage ist ein entsprechendes Meß- und Überwachungssystem notwendig. Das Überwachungssystem ist so zu konzipieren, daß aufgrund der Messungen und Beobachtungen vor allem Sickerwasserverluste bzw. -austritte, Bewegung und Verformung der Bauwerke, gegebenenfalls auch Spannungsumlagerungen sowie Sohlen- und Porenwasserdruck in jedem Bau-, Stau- und Betriebszustand zuverlässig erfaßt werden können. In die Überwachung sind auch der Stauraum sowie der Unterwasserbereich mit einzubeziehen (z. B. wegen möglicher Hangrutschungen, Verlandungen, Kolke und Unterspülungen).

Weiterhin sind die Funktions- und Leistungsfähigkeit der Verschlüsse und die strömungstechnische Wirkungsweise der Anlage auch hinsichtlich der Energieumwandlung festzustellen.

Durch diese Ermittlungen sollen Mängel frühzeitig festgestellt und deren Beseitigung veranlaßt werden, so daß Funktion und Standsicherheit der Anlage sichergestellt bleiben.

Die Messungen sind je nach den Erfordernissen bereits während der Bauausführung, bei Stauerrichtung bzw. Probestau und während des Betriebes in regelmäßigen Zeitabständen vorzunehmen. Darüber hinaus sind besondere Betriebsverhältnisse zu erfassen.

Den Ursachen und möglichen Folgen ungewöhnlicher Veränderungen der Meßergebnisse ist unverzüglich nachzugehen.

Sämtliche Meß-, Kontroll- und sonstige Überwachungsergebnisse sind schriftlich festzuhalten, umgehend auszuwerten und aufzubewahren.

Die Messungen sollen auch einen Vergleich des Verhaltens von Bauwerken und Untergrund mit den Entwurfs- und Berechnungsannahmen ermöglichen und zur Erweiterung der Kenntnisse über das Verhalten der Bauwerke, der Baustoffe und des Untergrundes beitragen.

Die Meßeinrichtungen sind rechtzeitig einzubauen und das Meßprogramm bereits bei der Entwurfsaufstellung auszuarbeiten.

### 11.2 Messungen und Kontrollen

Es kommen folgende Messungen und Kontrollen in Betracht, deren Art und Umfang sich nach den jeweiligen Verhältnissen richten:

- Lage- und höhenmäßige Vermessung maßgebender Punkte der Bauwerke, des Stauraumes sowie der vom Stau beeinflussten Talhänge.
- Sohlenwasserdruckmessungen und gegebenenfalls Porenwasserdruckmessungen bei Massivbauwerken; Porenwasserdruckmessungen im Kern und in den feinkörnigen Zonen von Dämmen, im Bedarfsfall auch in den Stützkörpern und im Untergrund.
- Wasserstandsmessungen in den Bauwerken und den angrenzenden Bereichen, gegebenenfalls auch im Untergrund.
- Bei Dämmen Beobachtung von Oberflächendichtungen und Böschungen. (Verstärkter Sickerwasseranfall ist oft auch an Veränderungen des Bewuchses zu erkennen.)
- Messungen von Quellschüttungen im Einflußbereich der Stauanlage.
- Bei Betonbauwerken Kontrolle hinsichtlich äußerlich erkennbarer Schäden (z. B. Risse, Abplatzungen mit Bewehrungsfreilegungen, Rostfahnen oder Undichtheiten).
- Bei stahl- und maschinenbaulichen Anlageteilen Kontrolle hinsichtlich Beschädigungen infolge mechanischer Beanspruchung oder Korrosion. Dem Zustand der Dichtungen von Verschlußorganen ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Weiterhin ist auf Schwingungserscheinungen, die Wirksamkeit der Belüftungen und auf Veränderungen der Strömung im Bereich von Verschlußkörpern oder Energieumwandlungsanlagen zu achten.

Weitergehende Überwachungseinrichtungen und die Häufigkeit von Messungen und Kontrollen richten sich nach den örtlichen Verhältnissen, der konstruktiven Durchbildung der Stauanlage und dem Untergrund. Während der Stauerrichtung sind engere Zeitintervalle vorzusehen.

Die Messungen und Kontrollen müssen von geeignetem Fachpersonal durchgeführt und ausgewertet werden.

### 11.3 Bauwerksunterhaltung

Stauanlagen sind in allen ihren Teilen so zu unterhalten und zu warten, daß ihre Sicherheit und Betriebsfähigkeit ständig sichergestellt bleiben. Erforderliche Instandsetzungsarbeiten sind unter Wahrung der Sicherheit und möglichst geringen Einschränkungen der Betriebsbereitschaft vorzunehmen.

Die vorgesehene Entwicklung von Vegetationsflächen und -beständen ist durch Pflegemaßnahmen sicherzustellen. Umfang und Dauer sind auf die jeweiligen Besonderheiten der einzelnen Biotope abzustimmen.

## 12 Betrieb

Die Stauanlage ist nach den genehmigten Unterlagen zu betreiben. Hierfür ist vom Betreiber der Stauanlage eine Betriebsvorschrift aufzustellen. Diese hat in Abhängigkeit von der Zweckbestimmung im wesentlichen folgendes zu enthalten:

- einen Betriebsplan für die Nutzung des Wassers,
- Bedienungs- und Wartungsanleitungen für Verschlüsse, Betriebs- und Meßeinrichtungen,
- eine Anweisung für das Verhalten im Gefahrenfall mit den zu veranlassenden Meldungen. Eine schnelle Nach-

## DIN 19 700 Teil 10

richtenübermittlung im Gefahrenfall und bei ungewöhnlich großen, plötzlichen Wasserabgaben sowie bei Hochwasser und Eisgang muß sichergestellt sein.

In einem Betriebstagebuch sind vom Beginn des Probetaues an mit Zeitangaben zu erfassen:

- Zu- und Abflüsse, Wasserstände, gegebenenfalls Höhe, Intensität und Art des Niederschlages,
- Ergebnisse aller durchgeführten Messungen und Beobachtungen,
- Ergebnisse der Erprobung beweglicher Anlageteile,
- Berichte über Schäden an Bauwerken und im Staubeereich, z. B. Hangrutschungen, Befall durch Wühltiere,
- besondere Vorkommnisse.

Für den Betrieb von Stauanlagen sind vom Betreiber der Stauanlage verantwortliche Betriebsleiter einzusetzen, die ausreichende technische Kenntnisse besitzen müssen. Die Betriebsleiter sind möglichst schon bei Beginn des Probetaues einzusetzen. Die Vertretung ist eindeutig zu regeln. In einer Dienstanweisung sind Aufgaben und Verantwortlichkeit festzulegen.

Hierzu gehören u. a.:

- Laufende Überwachung der Stauanlage,
- Bedienung, Wartung und Pflege der gesamten Anlagen,
- Führung des Betriebstagebuches,
- Veranlassung und Überwachung von Unterhaltungsarbeiten.

### 13 Stauanlagenbuch

Der Betreiber hat für jede Stauanlage ein Stauanlagenbuch anzulegen und bei Bedarf fortzuschreiben. Das Stauanlagenbuch soll vor allem Auskunft geben über die Zweckbestimmung der Anlage, die konstruktive Gestaltung der Einzelbauwerke und alle Angaben enthalten, die für die Überwachung, den Betrieb und die Unterhaltung der Stauanlage von Bedeutung sind. Ferner ist auf die bestehenden Rechtsverhältnisse einzugehen.

Weitergehende Anforderungen an das Stauanlagenbuch sind fallweise in den entsprechenden Normen für die verschiedenen Arten der Stauanlagen aufgeführt.

**Zitierte Normen und andere Unterlagen**

- DIN 1045 Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung
- DIN 1048 Teil 1 Prüfverfahren für Beton; Frischbeton, Festbeton gesondert hergestellter Probekörper
- DIN 1048 Teil 2 Prüfverfahren für Beton; Bestimmung der Druckfestigkeit von Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, Allgemeines Verfahren
- DIN 1048 Teil 4 Prüfverfahren für Beton; Bestimmung der Druckfestigkeit von Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, Anwendung von Bezugsgeraden und Auswertung mit besonderen Verfahren
- DIN 1995 Bituminöse Bindemittel für den Straßenbau; Anforderungen
- DIN 19 702 Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten; Richtlinien
- DIN 19 704 Stahlwasserbauten; Berechnungsgrundlagen
- DIN 19 705 Stahlwasserbauten; Bauliche Durchbildung
- DIN 4048 Teil 1 (z. Z. Entwurf) Wasserbau; Begriffe; Stauanlagen
- DIN 4149 Teil 1 Bauten in deutschen Erdbebengebieten; Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten
- Beiblatt 1 zu DIN 4149 Bauten in deutschen Erdbebengebieten; Zuordnung von Verwaltungsgebieten zu den Erdbebenzonen
- DIN 4226 Teil 1 Zuschlag für Beton; Zuschlag mit dichtem Gefüge; Begriffe, Bezeichnung und Anforderungen
- DIN 4226 Teil 2 Zuschlag für Beton; Zuschlag mit porigem Gefüge (Leichtzuschlag); Begriffe, Bezeichnung und Anforderungen
- DIN 4226 Teil 3 Zuschlag für Beton; Prüfung von Zuschlag mit dichtem oder porigem Gefüge
- DIN 4226 Teil 4 Zuschlag für Beton; Überwachung (Güteüberwachung)
- DIN 19 700 Teil 11 Stauanlagen; Talsperren
- DIN 19 700 Teil 12 Stauanlagen; Planung, Bau und Betrieb von Hochwasserrückhaltebecken
- DIN 19 700 Teil 13 Stauanlagen; Staustufen
- DIN 19 700 Teil 14 Stauanlagen; Pumpspeicherbecken
- Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB)
- Verdingungsordnung für Leistungen (VOL)
- Arbeitsanleitung zur Ermittlung des vermutlich größten Niederschlags PMP; DVWK-Schriftenreihe, Heft 62<sup>5)</sup>
- Empfehlungen zur Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeit; DVWK-Regeln, Heft 101, 1979<sup>5)</sup>
- Sachstandsbericht Massengestein<sup>3)</sup>
- Empfehlungen für die Ausführung von Asphaltarbeiten im Wasserbau<sup>2)</sup>
- Empfehlungen für die Anwendung von Kunststoffen im Erd- und Wasserbau<sup>2)</sup>
- A Review of Earthquake Resistant Design of Dams<sup>4)</sup>
- [1] DVWK-Regel „Flußdeiche“, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Glückstr. 2, 5300 Bonn

**Frühere Ausgaben**

- DIN 19 700 Teil 1: 02.53, 12.65;
- DIN 19 700 Teil 2: 12.54, 06.69;
- DIN 19 700 Teil 99: 10.80.

**Änderungen**

Gegenüber DIN 19 700 T 1/12.65, DIN 19 700 Teil 2/06.69 und DIN 19 700 T 99/10.80, wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Die für alle Stauanlagen geltenden Festlegungen wurden aufgenommen und der Inhalt überarbeitet.

**Internationale Patentklassifikation**

- E 02 B 7/02
- E 02 B 7/16
- E 02 B 3/10
- E 02 B 3/16

2) Siehe Seite 7

3) Siehe Seite 8

4) Siehe Seite 11

5) Herausgeber: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Glückstr. 2, 5300 Bonn



## Stauanlagen

## Talsperren

DIN

19 700

Teil 11

Dam plants; dams  
Ouvrages de prise d'eau; barragesMit DIN 19 700 T10/01.86  
Ersatz für  
DIN 19 700 T1/12.65

## Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	2	5.2.1.3 Bogenstaumauern	7
2 Begriff	2	5.2.1.4 Pfeilerstaumauern	8
3 Hydrologische Bestimmungsgrößen	2	5.2.1.5 Kombinierte Bauarten	8
3.1 Wasserwirtschaftsplan	2	5.2.1.6 Erhöhung von Staumauern	8
3.1.1 Aufgabe	2	5.2.1.7 Felsuntergrund	8
3.1.2 Hochwasserschutz	2	5.2.2 Herstellen von Staumauern	9
3.1.3 Stauziele	2	5.2.2.1 Gründungssohle	9
3.1.4 Talsperrenverbund	2	5.2.2.2 Betonieren der Staumauer	9
3.2 Bemessungshochwasserzufluß	2	5.2.2.3 Fugen, Aussparungen	9
3.3 Gewässerbeschaffenheit	2	5.2.2.4 Vorspannung	9
4 Untergrund	2	6 Standsicherheit und Gebrauchsfähigkeit von Staumauern	10
4.1 Allgemeines	2	6.1 Allgemeines zu den Nachweisen	10
4.2 Erkundungen	2	6.2 Einwirkungen auf die Staumauer	10
4.2.1 Geotechnische Erkundungen	2	6.2.1 Allgemeines	10
4.2.1.1 Im Bereich des Absperrbauwerkes	2	6.2.2 Lasten der Gruppe 1	10
4.2.1.2 Im Staubeckenbereich	3	6.2.3 Lasten der Gruppe 2	10
4.2.2 Hydrogeologische Erkundungen	3	6.2.4 Lasten der Gruppe 3	10
5 Absperrbauwerke	3	6.3 Einwirkungen auf den Felsuntergrund	10
5.1 Staudämme	3	6.3.1 Allgemeines	10
5.1.1 Dammgründung — Untergrundabdichtung	3	6.3.2 Lasten (Einwirkungen)	10
5.1.1.1 Gründung auf Fels oder dichtem Horizont	3	6.4 Lastfälle	10
5.1.1.2 Gründung auf Lockergestein bei tiefliegendem, erreichbarem Fels oder dichtem Horizont	4	6.5 Widerlagerzustände	11
5.1.1.3 Gründung auf Lockergestein bei tiefliegendem, nicht erreichbarem Fels oder dichtem Horizont	4	6.5.1 Allgemeines	11
5.1.1.4 Kontrollbauwerk	4	6.5.2 Widerlagerzustand A	11
5.1.2 Dämme mit Oberflächendichtung	4	6.5.3 Widerlagerzustand B	11
5.1.2.1 Allgemeines	4	6.5.4 Widerlagerzustand C	11
5.1.2.2 Außendichtung aus Asphaltbeton	5	6.6 Bemessungsfälle	11
5.1.2.3 Außendichtung aus Zementbeton	5	6.7 Sicherheitsbeiwerte und zulässige Spannungen bei Staumauern aus Beton	11
5.1.3 Dämme mit Innendichtung	5	6.7.1 Unbewehrter Beton und Stahlbeton	11
5.1.3.1 Dichtung aus natürlichen Baustoffen	5	6.7.2 Spannbeton	12
5.1.3.2 Dichtung aus künstlichen Baustoffen	5	6.8 Felsanker	12
5.1.3.2.1 Allgemeines	5	6.9 Nachweis der Standsicherheit des Felsuntergrundes	12
5.1.3.2.2 Asphaltbeton	5	7 Betriebseinrichtungen	12
5.1.3.2.3 Tonbeton	6	7.1 Entlastungsanlagen	12
5.1.3.2.4 Zementbeton	6	7.2 Entnahmeanlagen	13
5.1.3.2.5 Stahl	6	7.3 Meßeinrichtungen für Wasserstände, Zu- und Abflüsse	13
5.1.4 Herstellen des Dammes	6	8 Bauwerksüberwachung	13
5.1.5 Erhöhung von Staudämmen	6	8.1 Messungen und Kontrollen	13
5.2 Staumauern	6	8.2 Häufigkeit der Messungen	13
5.2.1 Konstruktive Gestaltung	7	8.3 Geodätisches Netz	14
5.2.1.1 Allgemeines	7	9 Talsperrenbuch	14
5.2.1.2 Gewichtsstaumauern	7		

„DIN 19700 Teil 11 ist mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. abgedruckt worden. Dieser Abdruck läßt das Urheberrecht an DIN 19700 Teil 11 unberührt fortbestehen. Diese Norm ist beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 1000 Berlin 30, erschienen und erhältlich.“

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt in Verbindung mit DIN 19 700 Teil 10 für Talsperren und enthält die hierfür maßgebenden besonderen Festlegungen. Bei Talsperren, die in erheblichem Maße auch dem Hochwasserrückhalt dienen, ist zu prüfen, ob für die Auswertung der hydrologischen Bestimmungsgrößen und die Bemessung des Rückhalteranges DIN 19 700 Teil 12 zu beachten ist.

## 2 Begriff

Talsperren sind Stauanlagen mit Staubecken und Absperrbauwerken (siehe DIN 4048 Teil 1, z. Z. Entwurf), deren Hauptaufgabe die längerfristige Speicherung von Wasser ist, in der Regel mit bewirtschafteter Wasserabgabe. Dabei schließt das Absperrbauwerk den ganzen Talquerschnitt ab.

## 3 Hydrologische Bestimmungsgrößen

### 3.1 Wasserwirtschaftsplan

#### 3.1.1 Aufgabe

Der nach dem Zweck der Talsperre aufzustellende Wasserwirtschaftsplan soll vor allem zeigen, wie mit der gewählten Ausbaugröße unter Berücksichtigung aller vorgegebenen Nebenbedingungen (Mindestwasserabgabe, nachgeordnete Nutzung, schadloses Abführen der größten Wasserabgabe aus der Talsperre) die wasserwirtschaftliche Aufgabe erfüllt werden kann. Insbesondere ist durch Beckenstands- und Inhaltsganglinien für eine möglichst lange Jahresreihe nachzuweisen, daß der gewählte Stauraum für die angestrebten Zweckbestimmungen, wie z. B. Niedrigwasseraufhöhung, Hochwasserschutz, Trinkwasserbereitstellung und Wasserkraftnutzung ausreicht. Verlandungen des Stauraumes sind gegebenenfalls zu berücksichtigen.

Die erhöhten Verdunstungsverluste infolge des Wasserspeichers sind, soweit wasser- oder energiewirtschaftlich von Bedeutung, zu berücksichtigen; jahreszeitliche Schwankungen sind zu beachten. Auch Versickerungen im Bereich des Stauraumes und des Absperrbauwerkes sind gegebenenfalls in Rechnung zu stellen.

#### 3.1.2 Hochwasserschutz

Für die Bewirtschaftung des Hochwasserrückhalteranges (Hochwasserschutzraumes) ist gegebenenfalls die Aufeinanderfolge von Hochwasserwellen zu berücksichtigen. Dabei ist die Aussagekraft der Hochwasserprognose zu beachten.

Die Umformung der Hochwasserwelle durch die Rückhaltung und das Zusammentreffen mit anderen Zuflüssen im Unterlauf sind bei der Bewirtschaftung der Talsperre zu berücksichtigen. Für Bemessung und Betrieb sind auch die Grenzwerte des Ausflusses von Bedeutung, bei deren Überschreitung unterhalb der Talsperre Schäden eintreten. Die Unterscheidung von Schwellenwerten bei verschiedenen Gefahrenstufen kann zweckmäßig sein.

#### 3.1.3 Stauziele

Totraum, Reserveraum, Betriebsraum und Hochwasserrückhalteraum sind mit Höhen über NN festzulegen. Hierbei kann es zweckmäßig sein, das Stauziel an die regelmäßig je nach Jahreszeit unterschiedlichen Hochwassergefahren, an landeskulturelle Bedürfnisse oder besondere Nutzungen anzupassen.

#### 3.1.4 Talsperrenverbund

Das mögliche Zusammenwirken mehrerer bestehender oder geplanter Talsperren in demselben Flußgebiet ist aufzuzeigen; gegebenenfalls sind die Wasserwirtschaftspläne aufeinander abzustimmen. Diese Abstimmung muß sich sowohl auf den Normalbetrieb als auch auf den Betrieb bei Hochwasserereignissen erstrecken.

### 3.2 Bemessungshochwasserzufluß

Die Wiederholungszeitspanne für den Bemessungshochwasserzufluß ist bei Talsperren mit  $T_n = 1000$  a anzusetzen.

### 3.3 Gewässerbeschaffenheit

Die vorhandene und künftig zu erwartende Wasserbeschaffenheit bestimmt die Nutzungsmöglichkeiten der Talsperre und gegebenenfalls Maßnahmen zur Erreichung bzw. Erhaltung der notwendigen Wassergüte (z. B. Vorbecken, Bodenfilter, Abwasserableitungen, Eliminierungsanlagen u. ä.).

## 4 Untergrund

### 4.1 Allgemeines

Die konstruktive Ausbildung der Absperrbauwerke wird maßgeblich auch von der Beschaffenheit des Untergrundes bestimmt. Deshalb sind schon für die Vorplanung gesicherte Unterlagen über Art, Aufbau, Dichtigkeit und die geotechnischen Eigenschaften des Untergrundes, über die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und chemische Erosion sowie über die hydrogeologischen Verhältnisse im Stauraum, im Bereich des Absperrbauwerkes und darüber hinaus im gesamten Einflußbereich der Stauanlage zu erarbeiten.

Bei Fels ist im allgemeinen eine anisotrope Durchlässigkeit gegeben. In Fällen, in denen der gegenseitige Abstand von Trennflächen einer Schar klein gegenüber dem untersuchten Gebirgsbereich ist, kann diese Anisotropie durch ein verallgemeinertes Gesetz nach Darcy beschrieben werden. Einzelne Trennflächen erfordern nötigenfalls gesonderte Berücksichtigung.

Bei der Projektbearbeitung sind von Anfang an Ingenieurgeologen und Bodenmechaniker, gegebenenfalls auch Felsmechaniker hinzuzuziehen.

### 4.2 Erkundungen

#### 4.2.1 Geotechnische Erkundungen

##### 4.2.1.1 Im Bereich des Absperrbauwerkes

Vor, unter und hinter dem Absperrbauwerk sowie an beiden Widerlagern sind der Aufbau des Untergrundes und die hydrogeologischen Verhältnisse so weit zu erkunden, daß die Standfestigkeit des Absperrbauwerkes und Funktionsfähigkeit der Talsperre zweifelsfrei nachgewiesen werden können. Im einzelnen sind zu prüfen bzw. zu beschreiben:

Im Lockergestein

- Schichtenfolge
- Korngröße und Korngrößenverteilung
- Durchlässigkeit
- Erosionsfestigkeit
- Dichtungsmöglichkeit sowie
- Verformungsverhalten und Tragfähigkeit

**Im Festgestein (Gebirge)****a) Gestein**

- Gesteinsart
- Mineralogische Zusammensetzung
- Gefüge: Struktur (z. B. Kornform-, -anordnung, -bindung) und Textur (z. B. lagige Textur beim Gneis)
- Verwitterungszustand, Zersetzungsgrad, Entfestigung
- Beständigkeit gegen Luft und Wasser (Verwitterungsbeständigkeit, Quellen von Ton- und Sulfatgesteinen, Löslichkeit von Salz- und Carbonatgestein (Karst))
- Festigkeit

**b) Trennflächen**

- Geologische Zuordnung (Schichtung, Schieferung, Klüftung, Störungen)
- Raumstellung (Streichen und Fallen)
- Abstand der Trennflächen (Häufigkeit)
- Erstreckung
- Durchtrennung
- Öffnungsweite
- Füllungen der einzelnen Trennflächen (z. B. Mylonit, Kluftlehm, Calcit, Quarz)
- Unebenheit und Rauheit der Trennflächen

**c) Verformungsverhalten des Gebirges****d) Wasserdurchlässigkeit (Wasserabpreßversuche)**

Auf weit durchsetzende Störungen und Großklüfte ist bei der ingenieurgeologischen Kartierung sowie bei allen Voruntersuchungen besonders zu achten.

Bei Häufung von Trennflächen geringer Erstreckung soll eine statistische Auswertung aufgrund einer entsprechenden ingenieurgeologischen Kartierung erfolgen, deren Ergebnisse eine Einteilung des Gebirges in Bereiche homogener Zerklüftung sowie die Angabe von Mittel- und Extremwerten der Parameter und deren Streuung sind.

Besondere Untersuchungen werden notwendig, wenn

- im Festgestein Gleitflächen, natürliche oder künstliche Hohlräume oder Auflockerungen (z. B. durch frühere Sprengungen) vermutet und/oder Locker- oder Festgesteine angetroffen werden, die unter dem Einfluß von Wasser sich verändern, lösen oder durchlässiger werden oder nach erfolgter Freilegung zum Zerfall neigen
- im Lockergestein bevorzugte Wasserwege festgestellt worden sind oder vermutet werden
- mit Erdbeben zu rechnen ist.

**4.2.1.2 Im Staubeckenbereich**

Im Staubecken sind die Hänge geologisch, geotechnisch und hydrogeologisch für die Beurteilung ihrer Standfestigkeit und der Dichtheit des Beckens zu untersuchen. Hierbei sind die Wirkungen des Aufstaus, schneller Spiegeländerungen und gegebenenfalls von Erdbeben zu berücksichtigen.

Der Einfluß des Aufstaus auf das Grundwasser und seinen Abfluß ist zu prüfen. Sofern ein Wasserabfluß in Nebentäler oder eine Umströmung der Talsperre möglich scheint, können besondere Untersuchungen notwendig werden.

Bei der Festlegung der Entnahmestellen von Material für das Absperrbauwerk (mit möglichst günstiger Transportweite) ist darauf zu achten, daß weder die Dichtheit des

Staubeckens noch die Standsicherheit der Bauwerke gefährdet werden. Entnahmestellen können auch im Stauraum liegen.

**4.2.2 Hydrogeologische Erkundungen**

Die Grundwasserverhältnisse sind mit Beginn der Planungsarbeiten festzustellen, ihre Änderungen über die Zeit zu verfolgen und ihre Abhängigkeit von den Niederschlägen zu ermitteln. Die Grundwasserhorizonte unter der Talsohle und in den Hängen, der Grundwasserspiegel und die Druckhöhe gespannten Grundwassers, Lage, Schüttung und Einzugsgebiet von Quellen, Charakteristik der im Grund-, Quell- und Oberflächenwasser gelösten Stoffe und der Chemismus (Betonaggressivität) sowie die Temperatur dieser Wässer sind zu bestimmen.

**5 Absperrbauwerke****5.1 Staudämme****5.1.1 Dammgründung – Untergrundabdichtung****5.1.1.1 Gründung auf Fels oder dichtem Horizont**

Der Damm ist mit seiner Dichtung und den Filter- oder Übergangszonen nach Möglichkeit auf dem anstehenden Fels oder auf dem dichten Horizont zu gründen. Wenn hierfür ein tieferer Graben ausgehoben werden muß, so ist dieser so zu bemessen und zu böschten, daß die Spannungen im Dammkern infolge Gewölbebildung nicht kleiner werden als der hydrostatische Wasserdruck.

Die freigelegte Felsoberfläche ist von losen Bestandteilen zu säubern und mit Wasser oder Druckluft zu reinigen. Bei weichem Boden und angewittertem Gestein empfiehlt es sich, die letzten 30 cm mit der Hand oder leichtem Lösegerät abzutragen. Überhängende Felspartien im Bereich des Dichtungskerns, der Filter- und Übergangszonen sind abzutragen.

Unter dem Dichtungskern und den wasserseitigen Filter- oder Übergangszonen ist die Felsoberfläche besonders schonend freizulegen; Erosionsrinnen, Klüfte und Spalten sind mit Wasser oder Druckluft zu säubern und anschließend mit Beton, Zementbrei oder einem Zement-Bentonit-Gemisch zu schließen. Unter einer Dichtung aus natürlichem Baustoff ist die so verbesserte Anschlußfläche unmittelbar vor dem Aufbringen der ersten Schüttlage, etwa 10 cm dick, mit einem weich-plastischen, steinfreien Material möglichst von Hand abzudecken.

Unter den Filter- oder Übergangszonen und unter den Stützkörpern ist die Felsoberfläche im Bedarfsfalle mit filterfestem Material abzudecken. Dieses muß so zusammengesetzt sein, daß es eine Ausspülung des Schüttmaterials in den Fels oder eine Ausspülung der Kluftfüllung in die Dammschüttung verhindern kann.

Im stark durchlässigen, verwitterten oder erosionsgefährdeten Fels empfehlen sich mehrere Meter tiefe Kontaktinjektionen unter der Dichtung und unter der wasserseitigen Filter- oder Übergangszone; gegebenenfalls kann eine Herdmauer erforderlich werden, für deren Gründung gilt Abschnitt 5.2.2.1 sinngemäß.

Quellen unter dem luftseitigen Stützkörper sind zu fassen und in einer geschlossenen, auf Beton verlegten oder im Fels einbetonierten Leitung ins Unterwasser abzuleiten. Unter der Wasserseite des Damms sind Quellen mit einem Filter abzudecken. Unter dem Dichtungskern sind Quellen zu verpressen oder mit dem Kernmaterial zu verdämmen.

#### 5.1.1.2 Gründung auf Lockergestein bei tiefliegendem, erreichbarem Fels oder dichtem Horizont

Sofern die Dichtung nicht unmittelbar auf Fels oder auf einem dichten Horizont gegründet werden kann, ist der Anschluß an diese mittels einer Dichtungswand oder eines Injektionsschirmes herzustellen.

Die Art des Anschlusses richtet sich nach der Tiefe und Beschaffenheit des dichten Horizontes bzw. nach der Tiefenlage und Ausbildung (Klüftigkeit, Kluftfüllung usw.) des Felsuntergrundes und nach seinem Anstieg unter den Talflanken; ferner nach dem Kornaufbau, der Verformbarkeit und Durchlässigkeit der abzuriegelnden Lockermassen.

Die Abdichtung der Talauffüllung muß in der Lage sein, die Setzung des Untergrundes unter der Dammlast mitzumachen, ohne zu reißen und undicht zu werden. Auch muß verhindert werden, daß die Dichtungswand durch zu große Steifigkeit bei der Setzung des Untergrundes in den Dichtungskern eindringt und diesen aufreißt. Bei einer Schräglage der Dammdichtung oder bei einer wasserseitig vorgezogenen Untergrunddichtung ist bei der Auswahl und Bemessung der Dichtungswand die Horizontalverschiebung des Untergrundes infolge der Spreizung des Dammes zu berücksichtigen.

Bei überhängenden Felswänden in einer aufgefüllten Erosionsrinne kann sich ein Injektionsschirm bei der Setzung der Talauffüllung von der Felswand ablösen. Vorkehrungen für eine Nachbehandlung solcher Bereiche sind vorzusehen.

Es ist zu prüfen, ob hinter der Dichtungswand oder dem Injektionsschirm Kluftfüllungen aus dem Felsuntergrund in die überlagernden Lockermassen oder auf der Wasserseite Feinbestandteile aus den Deckschichten in die Felsklüfte gespült werden können. Dies kann durch Verlängerung des Fließweges im Fels mittels Injektionen, aber auch durch Entspannung des Kluftwassers im Fels auf der Luftseite mittels Filterbrunnen unterbunden werden.

Unter der gesamten Aufstandsfläche des Dichtungskernes ist das Lockergestein, sofern es durchlässig ist, einige Meter tief zu injizieren, wobei es sich empfiehlt, die Injektion von einer Auffüllung aus vorzunehmen, die nach der Injektion wieder abgetragen wird. Sofern nicht aufgeschüttet wird, muß der Boden bis zum einwandfrei injizierten Boden abgetragen werden. Die freigelegte Aufstandsfläche ist von losen Bestandteilen zu säubern und für den wasserdichten Anschluß des Dichtungskernes mit steinfreiem plastischem Ton, mit einer plastischen Zement-Tonpaste oder mit bituminösem Material zu versiegeln.

Die Dicke der Versiegelung richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Unmittelbar nach dem Versiegeln ist die erste Schüttlage für den Dichtungskern aufzubringen. Unter den Filter-, Übergangs- und Stützonen ist die Talauffüllung filterfest abzudecken.

Unter der gesamten Aufstandsfläche sind Böden, die den Damm durch zu große Setzungen oder zu geringe Scherfestigkeit gefährden könnten, auszuräumen oder zu verbessern.

#### 5.1.1.3 Gründung auf Lockergestein bei tiefliegendem, nicht erreichbarem Fels oder dichtem Horizont

Wenn die Talauffüllung nicht bis auf den Fels oder den dichten Horizont, d. h. vollkommen abgeriegelt werden kann, ist auch eine Teilsicherung möglich, sofern die

Schichtenfolge der Talauffüllung dies zuläßt und die Teilsicherung nicht zu große Wasserverluste zur Folge hat. Das Fließgefälle in der Talauffüllung unter und hinter dem Damm muß durch die Teilsicherung soweit reduziert werden, daß die Standfestigkeit des Dammes weder durch einen hydraulischen Grundbruch noch durch Ausspülung (Suffusion oder Erosion) des Untergrundes gefährdet ist. Die Strömungskraft des Sickerwassers läßt sich nach Größe und Richtung abschätzen, sofern die Schichtenfolge und Durchlässigkeit der Talauffüllung und die sonstigen Randbedingungen bekannt sind.

Fließgefälle und Sickerwasserabfluß werden durch die Verlängerung des Fließweges reduziert. Dies läßt sich durch eine entsprechend tiefe reichende senkrechte Abriegelung der Talauffüllung unter dem Dichtungskern oder durch einen entsprechend weit vorgezogenen Dichtungsteppich erreichen, wobei der Dichtungsteppich erosionsicher auf der Talauffüllung verlegt werden und an den Dichtungskern anschließen muß. Auch eine Kombination von senkrechter Abriegelung und Dichtungsteppich ist möglich.

#### 5.1.1.4 Kontrollbauwerk

Unter höheren Dämmen und auf schwer zu behandelndem Untergrund empfiehlt sich ein Kontrollbauwerk unter dem Kern oder im Anschluß an die Dichtung, um die Wirksamkeit der Abdichtungsmaßnahmen prüfen und im Bedarfsfall den Untergrund nachbehandeln zu können.

Falls ein Kontrollbauwerk als notwendig erachtet wird, ist es bei einer Gründung auf Fels satt in diesen einzubinden (Betonieren gegen den Fels) oder als Stollen auszuführen. Durch Injektionen ist der Fels im Umkreis des Kontrollbauwerkes zu vergüten und gegebenenfalls ein Dichtungsschleier herzustellen. Vom Stollen aus erfolgt außerdem die Anschlußinjektion zur Dichtung.

Bei fehlendem Anschluß an den Fels oder dichten Horizont kann das Kontrollbauwerk auch im Dichtungskern oder in der Talauffüllung liegen. Im zweiten Fall muß es mit einem Injektionsfächer satt in diese eingebunden werden. Je nach den zu erwartenden Setzungen ist es in Teilstücken herzustellen. Die Bewegungsfugen sind wasserdicht auszubilden. Sie müssen Setzungsunterschiede schadlos aufnehmen können. Verpreßbare Fugenausbildungen sind vorzuziehen. Das Kontrollbauwerk muß an die Dichtungswand oder den Injektionsschirm anschließen. Der Lichtraum des Kontrollganges muß so bemessen sein, daß die Injektionen zur Nachbehandlung des Untergrundes und der Fugen ohne Schwierigkeiten ausgeführt werden können.

#### 5.1.2 Dämme mit Oberflächendichtung

##### 5.1.2.1 Allgemeines

Bei einer Gründung des Dammes auf Fels ist die Dichtung an eine Herdmauer ohne oder mit Kontrollgang anzuschließen. Die Anschlußkonstruktion muß so gestaltet sein, daß sie auch bei möglichen Bewegungen nicht undicht wird. Die Herdmauer muß fest in den Fels einbinden und soll möglichst wenig aus diesem herausragen.

Bei tiefliegendem Fels oder tiefliegendem dichten Horizont ist die Dichtung in geeigneter Form an einen bewehrten Betonholm der Dichtungswand anzuschließen.

Es empfiehlt sich, gegebenenfalls die Herdmauer oder Dichtungswand vom wasserseitigen Dammfuß abzu-

rücken, damit sie von der Spreizung des Dammes nicht erfaßt wird.

#### 5.1.2.2 Außendichtung aus Asphaltbeton

Die bituminöse Dichtung wird je nach Höhe des Dammes in einer oder mehreren Lagen auf einer bituminösen Ausgleichsschicht oder bituminösen Einstreulage aufgebracht. Zur Kontrolle der Dichtung kann zwischen der oberen und unteren Dichtungslage eine bituminöse Dränschicht zum Einbau kommen, in der das Sickerwasser in die Kontrolleinrichtung abfließen kann. Als Unterlage für die bituminöse Dichtung empfiehlt sich Brechschotter. Weitere Einzelheiten sind den „Empfehlungen für die Ausführung von Asphaltbauarbeiten im Wasserbau“<sup>1)</sup> zu entnehmen.

#### 5.1.2.3 Außendichtung aus Zementbeton

Außendichtungen aus Zementbeton dürfen nur auf einem gut verdichteten, wenig setzungsfähigen Stützkörper und auf wenig setzungsfähigem Untergrund zur Ausführung kommen. Der Betonbelag ist zu unterteilen. Die Abmessungen richten sich vor allem nach der zu erwartenden Dammsetzung. Mit der Fugeneinteilung und -ausbildung muß die Wirksamkeit der Dichtung auch unter der wechselnden Beanspruchung durch Wasserdruck und Temperatur (Frostbeständigkeit) gesichert sein. Dabei sind die einschlägigen DIN-Normen zu beachten. Die Dichtung ist auf geeigneter Unterlage aufzubringen.

### 5.1.3 Dämme mit Innendichtung

#### 5.1.3.1 Dichtung aus natürlichen Baustoffen

Die Breite der Dichtung richtet sich vor allem nach der Beschaffenheit, gegebenenfalls auch nach der Menge der zur Verfügung stehenden Schüttstoffe; ferner sind erdstatische Überlegungen, die Durchlässigkeit und Erosionsfestigkeit und Dispersivität des Dichtungsmaterials, die Dammhöhe, der Wasserdruck, die Verformungseigenschaften der Schüttmaterialien sowie die Talform und die aus dem Untergrund kommenden Setzungen maßgebend. Die Breite des Dichtungskernes soll  $1/4$  seiner Höhe nicht unterschreiten; Abweichungen hiervon sind zu begründen.

Schmale Dichtungskerne sind empfindlicher gegen Setzung. Sie können sich in den Stützkörpern aufhängen, wenn diese weniger setzungsfähig sind. Dadurch kann die Spannung im Dichtungskern unter den Wasserdruck absinken und demzufolge der Dichtungskern gespalten werden.

Der Dichtungskern und die anschließenden Übergangszonen sollten um so breiter gewählt werden, je mehr sich die Verformungseigenschaften des Dichtungskernmaterials von denen des Stützkörpermaterials unterscheiden. Leichte Schräglage und konvexe Krümmung des Dichtungskernes zur Wasserseite (im Grundriß) können vorteilhaft sein. Die Verformung des Dammes und die Beanspruchung des Dichtungskernes lassen sich mit einer FE-Berechnung abschätzen.

Die Dicke der an die Dammdichtung anschließenden Filterschichten sollte 60 cm nicht unterschreiten. Im übrigen richtet sie sich nach dem Größtkorn und der Homogenität des Filtermaterials, der Einbautechnik, aber auch nach den zu erwartenden Verformungen und der

Möglichkeit von Rißbildungen. Das Größtkorn sollte nicht über 60 mm hinausgehen. Für die Übergangszonen ist eine Breite von mindestens 4 m zu wählen, die im Kronenbereich reduziert werden kann.

Böschungsnähe Dichtungen sind setzungsempfindlich. Sie verlangen einen gut verdichtbaren, nur wenig setzungsfähigen Stützkörper. Das Dichtungsmaterial soll plastisch (Plastizitätszahl des Kornanteiles kleiner 0,06 mm bei  $I_p$  größer 0,2), seine ausreichende Verformbarkeit durch Versuche nachgewiesen sein.

#### 5.1.3.2 Dichtung aus künstlichen Baustoffen

##### 5.1.3.2.1 Allgemeines

Innendichtungen können auch aus Asphaltbeton, Tonbeton, Zementbeton oder Stahl hergestellt werden.

Die Dichtung ist bei einer Gründung auf Fels auf einem Betonsockel zu gründen. Der Gründungssockel kann im Bedarfsfall einen Kontrollgang enthalten. Für seinen Anschluß an den Fels gelten die im Abschnitt 5.1.1.4 gegebenen Empfehlungen, wobei auf die Verpressung des Gebirges im Umkreis des Gründungssockels besonders Gewicht zu legen ist.

Klüftiger Fels ist außerdem zu beiden Seiten des Gründungssockels nach vorheriger Reinigung mit plastischem, erosionsfestem Lehm, Zementmörtel oder mit einem bituminösen Teppich abzudecken. Auf diese Weise wird ein dem Erdkern entsprechender breiter und dichter Anschluß an den Untergrund geschaffen. Der Betonsockel soll möglichst wenig aus dem Fels herausragen und über dem Fels gewölbt sein.

Der Anschluß an die Dichtung sollte im Trockenen hergestellt werden. Der Anschluß kann auf der Luftseite wannenförmig für die Sickerwassererfassung ausgebildet und die Wanne durch Querriegel in Abschnitte unterteilt werden. Das Sickerwasser ist in den Kontrollgang, bei fehlendem Kontrollgang in geschlossenen Leitungen zur Luftseite abzuführen. Die Leitungen sind, wenn möglich, auf Fels auf einem Betonbett, andernfalls in der Schüttung auf einem Asphaltbetonbett zu verlegen; einen zusätzlichen Schutz bieten Mantelrohre.

Falls der Sockel später vom Unterwasser eingestaut wird, sollte eine wasserdichte Wanne über dem künftigen Unterwasserspiegel zur Sammlung und Kontrolle des Sickerwassers angeordnet werden.

Bei einer Gründung auf Lockergestein bedarf der Anschluß der Dammdichtung an die Dichtung in der Talauffüllung besonderer Maßnahmen. Hierbei sind die Setzung der Talauffüllung und die Setzungsunterschiede an den Talflanken zu berücksichtigen.

Die konstruktive Ausbildung des Anschlusses richtet sich nach der Art der Dammdichtung, dem Dichtungselement in der Talauffüllung (Injektionsschirm, Bohrpfehl-, Schlitz-, Schmal- oder Spundwand) und nach den örtlichen Gegebenheiten.

##### 5.1.3.2.2 Asphaltbeton

Die Steifigkeit des Asphaltbetons ist auf die Verformung der Dammschüttung abzustimmen, wobei die Dammsetzung während des Baues, die Sättigungssetzung auf der Wasserseite bei der Speicherausfüllung und die Verformung des luftseitigen Stützkörpers unter der Wasserlast zu berücksichtigen sind. Diese lassen sich durch Verformungsversuche und FE-Rechnungen abschätzen. Auf nachgiebigem Untergrund ist auch dessen Setzung einzubeziehen.

<sup>1)</sup> Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau; 4. Ausgabe, 1983

Bei Steinschüttdämmen kann eine Schräglage des Dichtungskernes zur Luftseite – vor allem im oberen Drittel – vorteilhaft sein, um einer Ablösung vom wasserseitigen Stützkörper beim Einstau vorzubeugen. Des weiteren empfiehlt es sich, dem Asphaltbetonkern im Grundriß zur Wasserseite hin eine konvexe Krümmung zu geben. Die Breite des Dichtungskernes richtet sich nach der Einbautechnik und dem Wasserdruck.

Der Asphaltbeton ist an den Gründungssockel mit einer dünnen Mastixschicht wasserdicht und gleitfähig anzuschließen. Mit einem Sandfilter und Kunststoff-Vlies ist zu verhindern, daß der Mastix ausgepreßt wird.

#### 5.1.3.2.3 Tonbeton

Zusammensetzung und Steifigkeit des Tonbetons richten sich nach Beschaffenheit, Kornzusammensetzung und Steifigkeit der angrenzenden Dammmassen und nach der sich daraus ableitenden Beanspruchung im Damm. Die Breite des Dichtungskernes ist abhängig von der Einbautechnik und dem Wasserdruck. Die ausreichende Dichtigkeit und Erosionsfestigkeit ist durch Langzeitversuche nachzuweisen. Ein Kunststoff-Vlies auf der Luftseite kann einen zusätzlichen Erosionsschutz bieten. Es ist darauf zu achten, daß der Tonbeton beim Einbau sich nicht entmischt.

Tonbeton kann lagenweise oder im Schlitzverfahren eingebaut werden. Vor allem im letzten Fall erfordern der Anschluß der Dichtungswand an die Gründung und an Bauwerke sowie die wasserdichte und erosionsfeste Verbindung der Wandelemente besondere konstruktive Maßnahmen.

#### 5.1.3.2.4 Zementbeton

Dichtungskerne aus Zementbeton sollten nur in gut verdichtbaren Schüttungen und auf Fels oder wenig nachgiebigem Untergrund und entsprechend bewehrt zur Ausführung kommen.

Der Betonkern ist durch wasserdichte Bewegungsfugen zu unterteilen. Seine Wände sollen keine Absätze haben. Die Dammschüttung muß zu beiden Seiten des Betonkerns gleichmäßig hochgeführt werden. Auf der Wasserseite des Betonkernes ist eine Stopfschicht aus sedimentierbarem Material notwendig, deren Wirkung durch ein auf dem Beton aufgeklebtes Vlies verstärkt werden kann. Hinter der Dichtung ist eine Dränschicht anzuordnen, in der das Sickerwasser in die Sammelwanne oder in den Kontrollgang abfließen kann.

#### 5.1.3.2.5 Stahl

Für eine Dammdichtung aus Stahl werden vorzugsweise Spundbohlen verwendet.

Die Spundwand erfordert im allgemeinen einen Gründungssockel aus Beton. Sie wird in die im Gründungssockel ausgesparte Nut gestellt, die Nut dann mit Beton oder mit einer erosionsfesten, plastischen Masse vergossen. Anschließend wird die Spundwand von beiden Seiten gleichzeitig eingeschüttet. Die Dammschüttung soll auf keiner Wandseite um mehr als eine Schüttlage vorseilen. Wenn die Schlösser nicht gedichtet werden, empfiehlt sich auf der Wasserseite der Wand eine Stopfschicht. Hinter der Wand ist eine Dränschicht zweckmäßig, in der das Sickerwasser kontrolliert abfließen kann.

#### 5.1.4 Herstellen des Dammes

Bei Steinschüttungen kann der Kornaufbau mit dem Gewinnungsverfahren (Reißen oder Sprengen, der Sprengtechnik, Art und Menge des Sprengstoffes) beeinflußt werden. Steinschüttungen lassen sich um so besser verdichten, je mehr sich ihre Kornzusammensetzung der Füllerkurve nähert. Des weiteren kann der Verdichtungseffekt durch Wasserzugabe verbessert werden. Auf der Wasserseite wird dadurch auch ein Teil der Sättigungsetzung vorweggenommen.

Die Kernschüttung soll der übrigen Schüttung nicht vorseilen. Muß ein Teil der Kernschüttung nachgezogen werden, so ist auf eine gute Verzahnung und einen dichten Anschluß an den bereits eingebauten Kern besonders zu achten. Die Anschlußböschung des bestehenden Dichtungskernes ist hierbei lagenweise mit Hand oder mit einem leichten Gerät abzutragen, weil erfahrungsgemäß die Schüttung in Böschungsnähe zu wenig verdichtet ist. Entsprechend ist auch zu verfahren, wenn andere Bauteile nachgezogen werden sollen. Es sollte jedoch angestrebt werden, die Dammschüttung gleichmäßig hochzuziehen. Ein geneigtes Schüttplanum erleichtert den Abfluß des Niederschlagswassers.

Der Anschluß der Dichtung an Betonbauwerke ist mit besonderer Sorgfalt und mit hierfür geeignetem Gerät durchzuführen. Die Schütthöhe ist im Anschlußbereich zu reduzieren.

#### 5.1.5 Erhöhung von Staudämmen

Staudämme lassen sich durch entsprechende Maßnahmen nachträglich erhöhen. Hierbei ergeben sich zusätzliche Setzungen und Verschiebungen im bestehenden Dammkörper und im Untergrund, die zu berücksichtigen sind. Die Erhöhung beeinflußt auch die Standsicherheit des bestehenden Dammes. Besondere Aufmerksamkeit ist dem Anschluß der für die Aufstockung verwendeten Dichtung an die Dichtung des bestehenden Dammes zu widmen. Dieser Hinweis gilt sowohl für die konstruktive Gestaltung als auch für die Herstellung des Anschlusses und seiner Kontrolle im Betrieb. Von Bedeutung ist, ob der Staudamm bei geleertem oder teilweise gefülltem Becken erhöht werden kann.

Die Frage der Dichtigkeit und Erosionsfestigkeit des Untergrundes unter dem erhöhten Wasserdruck ist zu prüfen. Ist bereits bei der Planung eine spätere Erhöhung des Stauzieles vorgesehen, so ist diese bereits im ersten Bauabschnitt statisch und konstruktiv zu berücksichtigen. Die Dichtungselemente, Dichtungsanschlüsse, Betonbauwerke, Entlastungs- und Betriebseinrichtungen sowie die Dammgründung sind bereits beim Teilausbau für die endgültige Belastung zu bemessen.

#### 5.2 Staumauern

Nach Formgebung und statischer Wirkung unterscheidet man:

- Gewichtsstaumauern,
- Bogenstaumauern,
- Pfeilerstaumauern,
- kombinierte Bauarten.

Maßgebend für die Bauart sind u. a. die Beschaffenheit des Felsuntergrundes, die Talform, das Verhältnis Stau-mauerhöhe zu Talweite, die klimatischen Bedingungen sowie wirtschaftliche Erwägungen.

## 5.2.1 Konstruktive Gestaltung

### 5.2.1.1 Allgemeines

Der Grundriß aller Staumauerarten, die die Bogenwirkung ausnutzen, ist gekrümmt nach den Erfordernissen von Talform, Felsuntergrund, Tragwirkung und Wirtschaftlichkeit, der der übrigen Bauarten kann gerade, geknickt oder gekrümmt sein.

Staumauer und Untergrund bilden ein zusammenwirkendes Tragsystem, dessen gesamtes Formänderungsverhalten berücksichtigt werden muß.

Kräfte, die von der Staumauer in den Untergrund abgeleitet werden, müssen durch die Sohl- bzw. Aufstandsfläche übertragen und vom Felsuntergrund aufgenommen werden. Andererseits erleidet die Staumauer durch die Verformungen des Untergrundes zusätzliche Beanspruchungen; dies gilt vor allem bei Bogenstaumauern. Außenflächen von Staumauern müssen gegen Witterungseinflüsse und Einwirkungen des Stauwassers beständig sein. Bei unverkleideten Staumauern ist auf entsprechende Betoneigenschaften (Wasserdurchlässigkeit und Frostbeständigkeit) zu achten. Wird eine Verkleidung vorgesehen, so ist ein dauerhaftes Zusammenwirken mit der Staumauer sicherzustellen.

Die Verwendung von Betonen verschiedener Eigenschaften (z. B. Vorsatz- und Kernbeton) hat Auswirkungen hinsichtlich Temperatur, Schwinden, Kriechen usw. zur Folge, die eingehend untersucht werden müssen.

Etwaige Maßnahmen zur Kühlung des Betons verlangen eine rechtzeitige, alle Erfordernisse berücksichtigende Planung.

Porenwasserdrücke in Staumauern können durch geeignete Maßnahmen herabgesetzt werden. Werden hierzu nahe der Wasserseite horizontale oder lotrechte Dränrohre vorgesehen, soll die Nennweite mindestens DN 200 betragen. Nennweite, Abstand und Entfernung von der Wasserseite sind so abzustimmen, daß bei ausreichender Wirkung keine nachteilige Erhöhung des Sickergefälles auftritt. Die Wirksamkeit der Stränge soll nachprüfbar sein; die Sickerwasserabflüsse sollen gemessen werden können.

Bei Staumauern ausreichender Dicke sind lotrechte, bestiegbare Prüfschächte erwünscht. Die Prüfschächte müssen in ihrer Querschnittsform derart ausgebildet sein, daß Kerbwirkungen auf ein Minimum beschränkt bleiben. In Längsrichtung der Staumauer ist im unteren Teil ein nahe der Stauwand verlaufender Prüfgang erforderlich, sofern der damit verbundene Zweck nicht auf andere Weise erfüllt wird. Dieser Längsgang ist im Grundriß so anzulegen, daß er die Prüfschächte und die verschiedenen Entwässerungsleitungen erfassen kann. Seine Lage und sein Querschnitt müssen die Durchführung etwa notwendig werdender nachträglicher Dichtungs- (Bohr- und Einpreß-)arbeiten erlauben. Bei höheren Staumauern sind außer dem unteren Längsgang noch weitere (gewöhnlich waagrecht verlaufende) Beobachtungsgänge vorzusehen.

Sofern es die Untergrundverhältnisse erfordern, sind entsprechende Prüfschächte und -stollen auch im Widerlager vorzusehen.

Prüfschächte und -gänge können zur Aufnahme von Meßgeräten und Durchführung von Messungen dienen und sind gegebenenfalls auch nach den Erfordernissen eines Meßprogrammes anzulegen und einzurichten (z. B. Pen-

delschächte, die bis in den nicht mehr von nennenswerten Verformungen beeinflussten Baugrund reichen).

### 5.2.1.2 Gewichtsstaumauern

Gewichtsstaumauern aus Beton sollen mit Rücksicht auf das Schwinden des Betons, die Änderungen der Luft- und Wassertemperatur und die Baugrundverformungen über den ganzen Querschnitt reichende bleibende Bewegungsfugen erhalten, die die Mauer in einzelne Blöcke unterteilen. Der Fugenabstand ist abhängig von Staumauerhöhe, Betoneigenschaften, Untergrundverformung und Ausbildung der Gründungssohle.

Um Risse in der fertigen Staumauer zu verhindern, soll in der Regel an jeder größeren Stufe der Gründungssohle eine Bewegungsfuge ausgebildet werden. An den Talhängen sind wegen der Abstufung der Gründungsfläche die Fugen enger anzuordnen. Als Richtmaße können 15 bis 20 m im Talgrund, 10 bis 15 m an den Hängen genannt werden. Läßt sich die Gründungstiefe im voraus nur ungenau festlegen, sollte die endgültige Blockeinteilung erst nach Abräumen der Gründungssohle vorgenommen werden. (Über die Anordnung von Arbeitsfugen beim Herstellen der Staumauer siehe Abschnitt 5.2.2.3.)

Fugendichtungen – möglichst doppelt und nachdichtbar – sind wasserseitig anzuordnen und zur Aufnahme von Bauwerksbewegungen nachgiebig auszubilden. Der Dauerhaftigkeit und dem Anschluß der Fugendichtungen an Gründungssohle und Untergrundsichtung ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Werden bei geraden Gewichtsstaumauern mit Bewegungsfugen die Blöcke verzahnt, dann muß die Fugenbreite so gewählt werden, daß bei dem wahrscheinlichen Verhalten des Tragsystems Staumauer/Untergrund keine nachteilige gegenseitige Abstützung benachbarter Blöcke eintreten kann (z. B. durch nachgiebige Fugeneinlagen). Wenn bei gekrümmten Gewichtsstaumauern eine unterstützende Bogenwirkung herbeigeführt werden soll, sind radiale Blockfugen anzuordnen, die nachträglich verpreßt werden. Die unterstützende Bogenwirkung darf nur als zusätzliche Sicherheit gewertet werden.

Gewichtsstaumauern dürfen bei geeigneten Verhältnissen Hohlräume erhalten, z. B. durch Aussparungen an den Bewegungsfugen oder durch einen Längsgang über dem Fels. Sie bieten Vorteile für die Ermäßigung des Sohlenwasserdruckes und Abführung der Abbindewärme.

### 5.2.1.3 Bogenstaumauern

Bogenstaumauern leiten die angreifenden Kräfte (z. B. Wasserdruck) vorwiegend über Schalentragwirkung (Schale mit einfacher oder doppelter Krümmung) in den Felsuntergrund ab. Sie sind nur dann ausführbar, wenn der Fels die zu übertragenden Kräfte sicher übernehmen kann und wenn die Talform, nötigenfalls unter Anordnung seitlicher Widerlager, genügend große Öffnungswinkel ermöglicht.

Bogenstaumauern werden im allgemeinen aus Beton hergestellt. Sie sind so zu formen, daß die Kräfte in einer nach Hangform und Felseigenschaften günstigen Richtung in den Felsuntergrund geleitet werden. Falls die Form der Talflanken dies nicht gestattet, sind die Widerlager entsprechend zu gestalten. Zur Erhöhung der Standicherheit können in besonderen Fällen Sicherungen (Felsanker) vorgesehen werden.

## DIN 19 700 Teil 11

Auf stetigen Verlauf der Tangente an die Staumaueraußenflächen in allen Richtungen ist besonders zu achten. Das gilt auch für Verbreiterungen in der Nähe der Aufstandsfläche.

Bogenstaumauern werden bei der Herstellung durch lotrechte, radial angeordnete Blockfugen unterteilt, die zur Erzielung einer einheitlichen Staumauerwirkung verpreßt werden. Ihr Abstand richtet sich im wesentlichen nach der Steilheit der Hänge, der Staumauerdicke und den Temperaturverhältnissen. Als Richtmaße können für relativ dünnwandige Staumauern 12 m bis 14 m, für dicke Staumauern mit künstlicher Kühlung 15 m bis 20 m gelten. Die Standsicherheit von Mauerblöcken mit Überhang muß auch in den Bauzuständen gegeben sein.

Da die Setzungen des Felsuntergrundes mit zunehmender Last wachsen, ist es bei hohen Mauern von Vorteil, den Untergrund so hoch wie möglich durch einzelne, voneinander unabhängig aufbetonierte Blöcke vorweg zu belasten, bevor die Blockfugen geschlossen werden.

Die Blockfugen werden in der Regel mehrmals verpreßt. Dazu werden sie in Höhenabschnitte unterteilt und mit Verpreßeinrichtungen versehen. Unbeschadet guter Verpreßbedingungen ist auf eine ausreichende Übertragungsmöglichkeit von Querkraften zu achten.

Rohrdurchführungen durch den Staumauerkörper sollen bei dünnwandigen Staumauern vermieden werden.

#### 5.2.1.4 Pfeilerstaumauern

Pfeilerstaumauern bestehen aus einer Reihe zumeist gleichartiger und in der Regel gleich weit voneinander entfernter Pfeiler, gegen die sich eine aus verdickten Köpfen, aus Platten oder Gewölben gebildete Stauwand stützt. Danach werden unterschieden: Pfeilerkopf-, Pfeilerplatten- und Pfeilergewölbestaumauern mit einfacher und doppelter Krümmung.

Unter besonderen Verhältnissen können solche Staumauern eine durchgehende oder auf einzelne Felder beschränkte Grundplatte haben. Die Bauweise mit großen Pfeilerabständen und dicken Wänden bietet günstigere Voraussetzungen für Dichtheit, Wetterbeständigkeit und fehlerfreie Herstellung. Sie ist daher bei großen äußeren Temperaturunterschieden in der Regel der leichten Bauweise mit dünnwandigen Baugliedern vorzuziehen, sofern nicht besondere Maßnahmen gegen Temperaturschwankungen vorgesehen werden. Die Pfeiler sollen so durchgebildet sein, daß Beschädigungen in einem Staumauerfeld die Standsicherheit benachbarter Staumauerfelder nicht beeinträchtigen.

Unbewehrte Pfeilerköpfe mit gekrümmter oder vieleckiger Wasserseite müssen die angreifenden Lasten (Wasserdruck, Porenwasserdruck, Temperaturwirkungen, Erdbebenwirkungen) unter Vermeidung bzw. Beschränkung von Zugspannungen auf die Pfeiler übertragen (siehe Abschnitt 6.7.2). Der im Grundriß gemessene Öffnungswinkel der Pfeilerköpfe soll so klein sein, daß unzulässige Zugspannungen im Pfeilerkopf vermieden werden. Der Übergang zwischen Pfeilerkopf und Steg ist gut zu runden. Die Dehnungsfugenflächen benachbarter Pfeilerköpfe sollen nicht zu klein gewählt werden.

Das statische Zusammenwirken von Pfeiler und Stauwandplatte bzw. Gewölbe ist zu berücksichtigen. Gewölbe und Platten erfordern einen Anschluß an die darunterliegende Herdmauer.

Wegen möglicher kurzer Sickerwege zwischen der Wasser- und der Luftseite der Stauwand ist bei Pfeilerstaumauern darauf zu achten, daß die Durchlässigkeit im Untergrund unter der Stauwand besonders klein sein muß. Deshalb sind in der Regel Dichtungseinpressungen im Untergrund notwendig.

Die Gleitsicherheit der Pfeiler und etwaiger Grundplatten ist durch sorgfältige Ausbildung der Gründungssohle sicherzustellen. Dazu gehört u. a. eine ausreichende Einbindung des luftseitigen Fußes in den unverwitterten Fels. Für den Fall, daß ein Teil der Horizontalkräfte über Stirndruck gegen den Felsuntergrund auf der Luftseite der Mauer abgetragen werden soll, muß sichergestellt sein, daß die Tragfähigkeit dieses Felsens nicht durch Erosion oder andere Einflüsse verlorengeht.

Die Standsicherheit der Pfeiler in Querrichtung ist gesondert nachzuweisen. Dabei ist insbesondere an steilen Hängen die Verformbarkeit des Untergrundes zu beachten.

Bei größeren äußeren Temperaturunterschieden ist ein luftseitiger Wärmeschutz (z. B. Wärmeschutzwand) zweckmäßig. Bei großen Pfeilerscheiben kann es erforderlich sein, zur Verminderung von Temperaturspannungen im Bauzustand zusätzlich lotrechte Arbeitsfugen vorzusehen. Die Kraftübertragung in den Fugen ist nachzuweisen.

Auf die Aufnahme etwaiger Zugspannungen (z. B. aus Eigenspannungen) in den Stauwandfüßen sowie in den Außenrändern der Pfeiler, sei es wasserseitig aus den Hauptspannungen infolge Wasserdruck oder luftseitig durch Schwinden bei nacheinanderfolgender Betonierung von Pfeiler und Stauwand, ist besonders zu achten. Durchbrechungen der Pfeiler sind nur in ausreichendem Abstand von der Wasser- und Luftseite zulässig. Sie sind zur Vermeidung von Kerbspannungen zweckentsprechend zu formen.

#### 5.2.1.5 Kombinierte Bauarten

Werden in einem Absperrbauwerk der Länge oder der Höhe nach verschiedene Bauarten kombiniert, dann muß das einwandfreie Zusammenwirken aller Teile sichergestellt sein und nachgewiesen werden.

#### 5.2.1.6 Erhöhung von Staumauern

Ist eine spätere Erhöhung des Stauzieles vorgesehen, so ist aus konstruktiven und wirtschaftlichen Gründen schon bei der Planung des ersten Bauabschnittes die spätere Erhöhung zu berücksichtigen (z. B. im Hinblick auf Standsicherheit, Verkehrsanlagen und Grunderwerb).

Soll eine bestehende Staumauer nachträglich erhöht werden, ist über die Art der Erhöhung und der konstruktiven Gestaltung von Fall zu Fall zu entscheiden. Dabei kann es unter Umständen vorteilhaft sein, Vorspannverfahren anzuwenden.

#### 5.2.1.7 Felsuntergrund

Um die Tragfähigkeit und die Wasserdichtheit des Felsuntergrundes im Bereich der Aufstandsfläche der Mauer zu erhalten, sind ausbruchbedingte Auflockerungen zu vermeiden bzw. durch geeignete Maßnahmen auf ein Mindestmaß zu beschränken (siehe Abschnitt 5.2.2.1). Stollen im Bereich der Aufstandsfläche sind hinsichtlich ihrer Linienführung, Querschnittsbildung und Auskleidung so anzulegen, daß sie die Standsicherheit der Staumauer nicht beeinträchtigen. Erkundungsbohrungen

sind vor Beginn der Baumaßnahmen zu verfüllen oder bei anderweitiger Verwendung (z. B. als Kontroll- oder Entlastungseinrichtungen) entsprechend auszubauen.

Die Tragfähigkeit des Felsuntergrundes kann durch Ankerung verbessert werden. Als Vorspannanker sind nur bauaufsichtlich zugelassene Felsanker zu verwenden. Auch nicht vorgespannte Felsanker können als Daueranker Verwendung finden. Es ist auf einen ausreichenden Korrosionsschutz zu achten.

Durch Verpreß- und Dränmaßnahmen läßt sich die infolge der Sickerströmungswiderstände entstehende Beanspruchung des Felsuntergrundes günstig beeinflussen.

Lage und Maße eines Dichtungsschleiers sind so festzulegen, daß auch bei Berücksichtigung des Lastfalles „Durchströmung“ des Felsuntergrundes eine Rißbildung im Schleier, in der Aufstandsfläche oder im unteren Stau-mauerbereich weitgehend vermieden wird. Außerdem ist anzustreben, den Dichtungsschleier vor oder nahe dem wasserseitigen Fuß der Stau-mauer anzuordnen. Bezüglich der Herstellung des Dichtungsschleiers und der Verpressung des Kontaktbereiches zur Stau-mauer wird auf DIN 4093 (z. Z. Entwurf) verwiesen.

Auf der Luftseite eines Dichtungsschleiers sollen Dränbohrungen angeordnet werden. Bei Abdichtungs- und Dränmaßnahmen ist die Möglichkeit einer Erosion von Kluftfüllungen zu beachten. Die Wirksamkeit des Dräns und des Dichtungsschleiers muß durch Kontrollbohrungen mit Pegelausbau überwacht werden.

## 5.2.2 Herstellen von Stau-mauern

### 5.2.2.1 Gründungssohle

Beim Ausbruch der Baugrube sind mit Annäherung an die auf Grund der Voruntersuchungen gewählte Gründungssohle die Sprengladungen möglichst klein zu halten, um eine zusätzliche Rißbildung und eine Herabsetzung der Verbandsfestigkeit des Felsens zu vermeiden. Der untere Teil des Aushubes, dessen Tiefe in Abhängigkeit von der Felsbeschaffenheit örtlich festzulegen ist und 0,5 m nicht unterschreiten soll, ist möglichst ohne Sprengen und, falls dies wirtschaftlich nicht vertretbar ist, mit nur treibenden Sprengstoffen zu bewirken. Die freigelegte Aufstandsfläche der Stau-mauer soll photographiert und kartiert werden. Die Felsoberfläche, besonders ihre Spalten, Klüfte, usw., sind mit Druckwasser (etwa 5 bar) oder mit einem Druckluftwassergemisch auszuspritzen, so daß die Trennflächen und Störungen erkennbar werden und ein Urteil über noch vorzunehmende Felsausbrüche möglich wird. Vor Beginn des Einbringens von Beton oder Mörtel ist die Gründungssohle durch Abklopfen, Auskratzen der Spalten, Abfegen mit Stahlbesen und Abspritzen mit Druckwasser nochmals von losen und lehmigen Bestandteilen zu reinigen.

Größere Spalten in der Sohle sind zu vermörteln. Bei bestimmten Gebirgsarten kann ein Schutz gegen Verwitterungseinflüsse erforderlich werden, der beispielsweise durch eine Spritzbetonversiegelung erzielt werden kann. Besondere Sorgfalt ist auf einen guten Anschluß des Sohlenbetons an den so vorbereiteten Fels der Gründungssohle zu legen.

In der Baugrube angetroffene Wasseraustritte müssen gefaßt und beobachtbar zur Luftseite abgeleitet oder unter Umständen später verpreßt werden.

### 5.2.2.2 Betonieren der Stau-mauer

Für das Herstellen, Vorbereiten und Nachbehandeln des Betons sowie für die Eignungs- und Güteprüfungen gelten die einschlägigen DIN-Normen und DIN 19 700 Teil 10, Ausgabe 01.86, Abschnitt 6.3.

Sofern eine Auskühlung der Stau-mauer auf natürliche Weise, unter Umständen durch Einschalten von Kühlspalten, nicht abgewartet werden kann, ist eine künstliche Kühlung z. B. mittels Rohrleitungen vorzunehmen. Ein frühzeitiger, teilweiser Einstau der Stau-mauer kann als Bauhilfsmaßnahme vorteilhaft sein. Vor Baubeginn ist ein Betonierplan aufzustellen, in dem die Blockeinteilung und die Zeitfolge des Betoniervorganges so festgelegt werden, daß ein ungestörtes Arbeiten sichergestellt ist, ohne daß noch nicht genügend erhärtete Blöcke betreten, ausgeschalt und überbetoniert werden.

### 5.2.2.3 Fugen, Aussparungen

Die Anzahl der horizontalen Arbeitsfugen ist soweit wie möglich einzuschränken. Die Höhe eines Betonierblockes ist abhängig von den Bauwerksformen und -flächen und der Rücksicht auf genügendes Auskühlen. Höhen zwischen 1,5 m und 3,0 m sind im allgemeinen angemessen. Für schlanke Bauwerke und Anwendung der Innenkühlung gelten die höheren Werte.

Die Arbeitsfugen der einzelnen Blöcke sind gegeneinander zu versetzen.

Waagerechte Arbeitsfugen sind nach dem Abbinden, aber noch vor dem Erhärten des Betons mit einem Druckwasserstrahl oder mit Rechen, Stahlbesen und Druckluft von Schlempe und allen losen Teilen zu säubern, so daß in der Oberfläche das blanke und in allen Teilen feste Gefüge des Betons zutage tritt.

Blockfugen von Bogenstau-mauern sind zu verpressen, wenn der überwiegende Teil der Abbinde-wärme abgeflossen ist. Als Kriterium hierfür kann die Angleichung der inneren Stau-mauertemperatur an die mittlere Jahrestemperatur gelten. Das Auspressen der Blockfugen soll in der Regel in Anpassung an den Schwindverlauf und die Bauwerksabmessungen – gegebenenfalls bei Teilstau – wiederholt und abschnittsweise in einer Art vorgenommen werden, daß die dadurch entstehenden Zwangsspannungen klein und die Eigenspannungszustände örtlich begrenzt bleiben. Bei den vertikalen Arbeitsfugen und insbesondere den Längsfugen breiter Stau-mauern ist sinngemäß zu verfahren.

Das nachträgliche Schließen von Aussparungen in der Stau-mauer, die während des Baues offen bleiben müssen, erfordert besondere Vorkehrungen und Maßnahmen. Die Begrenzungsflächen und Aussparungen sind so anzulegen, daß keine durchgehenden Fugen und Luftsäcke beim Schließen der Aussparungen entstehen. Sofern geschlossene Aussparungen später unter Wasserdruck kommen, sind sie keilförmig auszubilden. Die Fugen der Aussparungen sind auszupressen, um Kraftschluß und Dichtheit zu erreichen.

### 5.2.2.4 Vorspannung

Für die Anwendung der Vorspannung beim Herstellen von Stau-mauern und Stau-mauerteilen gelten DIN 4227 Teil 1 und die Richtlinien für das Einpressen von Zementmörtel in Spannkanele. Bei Vorspannung von Stau-mauern gegen den Untergrund ist Abschnitt 5.2.1.7 zu beachten.

## DIN 19 700 Teil 11

## 6 Standsicherheit und Gebrauchsfähigkeit von Staumauern

### 6.1 Allgemeines zu den Nachweisen

Der Standsicherheitsnachweis muß die Wechselwirkung zwischen Staumauer und Felsuntergrund berücksichtigen. Für das Bauwerk sind in der Regel zusätzliche Nachweise der Gebrauchsfähigkeit (z. B. Nachweis der Beschränkung der Rißbreite im Stahlbetonbau) zu führen. Diese Nachweise müssen sich auch auf die Einzelbauteile erstrecken. Gruppen von Bauteilen können nur dann als eine statische Einheit aufgefaßt werden, wenn sie zweifelsfrei zusammenwirken.

Die maßgebenden Lastfälle und die zulässigen Beanspruchungen (bzw. aufnehmbaren Beanspruchungen und die dazugehörigen Sicherheitsbeiwerte) sind in den Abschnitten 6.2 und 6.7 zusammengestellt.

Die Beanspruchungen des Felsuntergrundes sind auf Grund der Anisotropie von dessen mechanischen und hydraulischen Kennwerten abhängig. Beispielsweise werden die infolge Sickerwasserströmungen verursachten Beanspruchungen des Gebirges durch die Richtungen und das Verhältnis der Hauptdurchlässigkeiten maßgeblich beeinflusst. Die felsmechanischen Kennwerte sind infolge der Schwierigkeiten bei ihrer Bestimmung sowie auf Grund von Inhomogenitäten in der Regel mit großen Streubreiten behaftet.

Im Standsicherheitsnachweis muß diesen Gegebenheiten (z. B. durch den Ansatz unterschiedlicher Annahmen zu den felsmechanischen Kennwerten) Rechnung getragen werden.

Bei Bauwerken mit auf wenige Jahre beschränkter Nutzungsdauer bzw. Bauzuständen können im Einvernehmen mit den hierfür zuständigen Behörden besondere Vereinbarungen (z. B. bezüglich Porenwasserdruck, Zugfestigkeit und Auftreten von seltenen Ereignissen) getroffen werden.

Sämtliche Nachweise müssen schriftlich in übersichtlicher, prüfbarer Form niedergelegt werden.

### 6.2 Einwirkungen auf die Staumauer

#### 6.2.1 Allgemeines

Die in der Berechnung von Staumauern anzusetzenden Einwirkungen sind im folgenden aufgeführt. Sie sind in Gruppen zusammengestellt, aus denen sich die Lastfälle nach Abschnitt 6.4 zusammensetzen. Lasten der Gruppe 1 (siehe Abschnitt 6.2.2) sind ständig wirkende oder häufig auftretende Lasten. Die Lasten der Gruppe 2 (siehe Abschnitt 6.2.3) sind Lasten, die in größeren Zeitabständen auftreten können oder nur kurzzeitig wirken und neben den Lasten der Gruppe 1 entsprechend Abschnitt 6.4 zusätzlich zu berücksichtigen sind. Lasten der Gruppe 3 (siehe Abschnitt 6.2.4) sind selten auftretende Lasten.

Die Größen der anzusetzenden Lasten sind den einschlägigen DIN-Normen (z. B. DIN 1055 Teil 1 bis Teil 5, DIN 19 702) zu entnehmen. In Sonderfällen kann die Berücksichtigung weiterer Lasten erforderlich sein.

#### 6.2.2 Lasten der Gruppe 1

Eigenlast,  
Verkehrs- und Auflasten,  
Wasserdruck sowie Sohlen- und Porenwasserdruck,

Erddruck und Verlandungsdruck,  
Temperaturänderungen,  
Kriechen und Schwinden des Betons,  
Lasten aus Betriebseinrichtungen.

#### 6.2.3 Lasten der Gruppe 2

Winddruck,  
Eisdruck,  
Schiffmanöverlasten,  
Bau- und Reparaturlasten,  
Betriebserdbeben.

#### 6.2.4 Lasten der Gruppe 3

Wasserdruck (Stauspiegel in Höhe der Staumauerkrone),  
Versagen der Dränung in der Sohle und im Beton,  
Seltene Temperaturereignis (durchschnittliche Wiederholungszeitspanne 200 Jahre),  
Versagen eventueller betrieblicher Vorkehrungen zur Verminderung des Eisdruckes,  
Sicherheitserdbeben.

### 6.3 Einwirkungen auf den Felsuntergrund

#### 6.3.1 Allgemeines

Bei der Beanspruchung des Felsuntergrundes sind neben den Kräften, die die Staumauer abgibt, die vor dem bautechnischen Eingriff vorhandenen Primärspannungen sowie die Kraftwirkungen aus der natürlichen und durch den Aufstau hervorgerufenen Durchströmung zu berücksichtigen. Die aus den Einwirkungen auf den Felsuntergrund resultierenden Spannungen hängen sehr stark von den jeweiligen felsmechanischen Kennwerten ab. Die Beanspruchung des Felsuntergrundes ist daher jeweils auf eine bestimmte Kennwertkombination zu beziehen (siehe Abschnitt 6.5).

#### 6.3.2 Lasten (Einwirkungen)

Lasten aus der Staumauer,  
Eigengewicht des Felsen,  
Sickerströmung und hydrostatische Belastung,  
Primärspannungen,  
Erdbeben,  
Temperaturänderungen.

### 6.4 Lastfälle

Im Lastfall 1 sind alle Lasten der Gruppe 1 (siehe Abschnitt 6.2.2) zu berücksichtigen.

Im Lastfall 2 sind alle Lasten der Gruppe 1 zusammen mit

a) den Lasten der Gruppe 2 (siehe Abschnitt 6.2.3) ohne Betriebserdbeben,

b) Betriebserdbeben (ohne die übrigen Lasten der Gruppe 2)

zu berücksichtigen.

Im Lastfall 3 sind die Lasten des Lastfalles 2 (ohne Betriebserdbeben) zusammen mit einer Einwirkung aus der Gruppe 3 (siehe Abschnitt 6.2.4) zu berücksichtigen.

Innerhalb der einzelnen Lastfälle sind die ungünstigsten Werte maßgebend.

## 6.5 Widerlagerzustände

### 6.5.1 Allgemeines

Die Kennwerte zur Beschreibung der Verformbarkeit, Festigkeit und der Wasserdurchlässigkeit des Felsuntergrundes, einschließlich der Geometrie des Trennflächengefüges und der Primärspannungen, lassen sich nur innerhalb vergleichsweise großer Streubereiche angeben. Im Rahmen des Standsicherheitsnachweises sind diese Streubereiche durch Festlegung verschiedener Widerlagerzustände mit bestimmten Kennwertkombinationen zu berücksichtigen. Dabei kann es notwendig sein, im Sinne einer Sensitivitätsstudie einen Widerlagerzustand durch unterschiedliche Kombinationen von Kennwerten zu beschreiben.

Ferner sind für die verschiedenen Widerlagerzustände die vorgesehenen konstruktiven Maßnahmen, wie Abdichtung, Dränung und Ankerung sowie der Grad ihrer Wirksamkeit, die Grundwasserverhältnisse vor dem Einstau, die Stauhöhe, eine eventuelle schnelle Änderung des Stauspiegels und seismische Einwirkungen anzugeben. Sofern Vorberechnungen zeigen, daß einzelne Größen die Standsicherheit nicht oder nur unbedeutend beeinflussen, können sie bei der Variation der Widerlagerzustände unberücksichtigt bleiben.

In Sonderfällen, die durch die Art der Staumauer (Staumauertyp, Staumauerhöhe) und die vorliegenden Untergrundverhältnisse (z. B. weitgehend ungeklüfteter Fels mit hoher Festigkeit und geringer Verformbarkeit) bestimmt werden, sind vereinfachte Vorgehensweisen zulässig.

### 6.5.2 Widerlagerzustand A

Der Widerlagerzustand A ist als wahrscheinlicher Widerlagerzustand anzusehen. Er wird durch Kennwerte bestimmt, die sich aus Messungen, Versuchsergebnissen und Einschätzungen als mittlere oder auch häufigste Werte ergeben haben. Konstruktive Maßnahmen (z. B. Dränung, Dichtungsschleier) sind als voll bzw. teilweise wirksam anzusehen. Der ungestörte Grundwasserspiegel ist entsprechend den Meßergebnissen anzusetzen, die Stauhöhe entspricht dem Stauziel. Eine schnelle Absenkung des Stauspiegels oder eine Erdbebeneinwirkung ist nicht anzunehmen.

### 6.5.3 Widerlagerzustand B

Gegenüber dem Widerlagerzustand A sind einzelne, den Felsuntergrund und den Primärspannungszustand beschreibende Kennwerte mit im Hinblick auf die Standsicherheit ungünstigen Grenzwerten, innerhalb des Streubereiches anzunehmen.

Gleichzeitig ist das höchste Stauziel und eine reduzierte Wirksamkeit der Dränmaßnahmen anzusetzen.

Ferner sind auch ungünstige Grenzwerte der Grundwasserstände zu berücksichtigen. Im übrigen entsprechen die Annahmen denen des Widerlagerzustandes A.

### 6.5.4 Widerlagerzustand C

Gegenüber dem Widerlagerzustand B sind ungünstigere Annahmen zu treffen. Diese können alternativ sein:

- Dichtungsschleier, Dränmaßnahmen und Ankerungen sind unwirksam. Der Stauspiegel ist in Höhe der Staumauerkrone anzusetzen.
- Annahme von Kennwerten zur Beschreibung des Felsuntergrundes, die sich aus den Grenzwerten der den

Untersuchungen zugrunde gelegten Streubereiche ergeben und die für die Standsicherheit extrem ungünstig sind. Die weiteren Annahmen sind entsprechend denen des Widerlagerzustandes A zu treffen.

- Annahme von Erdbebenbelastungen oder einer schnellen Absenkung des Stauzieles. Im übrigen werden die Annahmen des Widerlagerzustandes A zugrunde gelegt.

## 6.6 Bemessungsfälle

Für die Zuordnung der Sicherheitsbeiwerte bzw. der zulässigen Spannungen beim Nachweis der Standsicherheit bzw. der Gebrauchsfähigkeit werden drei Bemessungsfälle unterschieden.

Jeder Bemessungsfall ergibt sich aus der Verknüpfung eines Lastfalles mit einem Widerlagerzustand (siehe Tabelle).

Die Lastfälle sind in Abschnitt 6.4, die Widerlagerzustände in Abschnitt 6.5 zusammengestellt.

Lastfall nach Abschnitt 6.4	Widerlagerzustand (nach Abschnitt 6.5)		
	A	B	C
	Bemessungsfall		
1	I	II	III
2	II	III	—
3	III	—	—

## 6.7 Sicherheitsbeiwerte und zulässige Spannungen bei Staumauern aus Beton

### 6.7.1 Unbewehrter Beton und Stahlbeton

Im Bemessungsfall I gelten die Bemessungsregeln nach DIN 1045.

In den Bemessungsfällen II und III erübrigt sich der Nachweis der Beschränkung der Rißbreite unter Gebrauchslast.

Im Bemessungsfall II dürfen die Sicherheitsbeiwerte  $\gamma$  nach DIN 1045 mit dem Faktor  $1,4/1,75 = 0,8$  vermindert bzw. die zulässigen Spannungen (für Teilflächenbelastung, für Schub, für Dauerschwingbeanspruchung und für Verbund) mit dem Faktor  $1,75/1,40 = 1,25$  erhöht werden.

Im Bemessungsfall III betragen die entsprechenden Faktoren  $1,0/1,75 = 0,57$  bzw. 1,75.

Bei Bauteilen aus unbewehrtem Beton dürfen die Spannungen auch auf der Grundlage der Elastizitätstheorie ermittelt werden. Die zulässige Druckspannung ist mit  $\beta_R/\gamma$  anzunehmen.  $\gamma$  ist dabei der Sicherheitsbeiwert für unbewehrten Beton. Zugspannungen aus ständigen oder häufig wiederkehrenden Lasten (Bemessungsfall I), jedoch ohne Berücksichtigung von Porenwasserdruck, Zwangbeanspruchungen und Eigenspannungen sind nicht zugelassen. Die bei Berücksichtigung aller Lasten einschließlich Porenwasserdruck und Zwangbeanspruchungen und unter der Annahme einer linearen Spannungsverteilung ermittelte größte Zugspannung darf nicht größer sein als 25% der für den gleichen Querschnitt und für den gleichen Bemessungsfall ermittelten größten Druckspannung. Bei hohen Wasserdrücken ist der sich bei klaffender Zugzone ergebende Rißwasserdruck zu berücksichtigen. Zur Sicherstellung der Gebrauchsfähigkeit

## DIN 19 700 Teil 11

wird empfohlen, die maximalen Zugspannungen im Zustand I (ohne Berücksichtigung des Rißwasserdruckes, jedoch mit Porenwasserdruck) stets auf folgende Werte zu beschränken:

Bemessungsfall I zul.  $\sigma_z = \beta_{b,z}/1,75$

Bemessungsfall II zul.  $\sigma_z = \beta_{b,z}$

Es ist anzustreben, den räumlichen Bereich der Zugspannungen möglichst klein zu halten.

Abweichend davon sind in den Schnittflächen, in denen ausschließlich Spannungen aus Porenwasserdruck und Eigenspannungszuständen auftreten (z. B. lotrechte Schnitte parallel zur Talrichtung in der Nähe der Dehnungsfugen von Gewichtsstauauern) Zugspannungen bis zu folgenden Werten zugelassen:

Bemessungsfall I zul.  $\sigma_z = \beta_{b,z}/3$

Bemessungsfall II zul.  $\sigma_z = \beta_{b,z}/2$

Bemessungsfall III zul.  $\sigma_z = \beta_{b,z}$

Für die Zugfestigkeit  $\beta_{b,z}$  kann in Vorberechnungen und bei Bauteilen, die nicht wesentlich zur Standsicherheit der Stauwand beitragen, der Wert  $\beta_{b,z} = 0,23/\beta_{WN}^2$  angesetzt werden ( $\beta_{b,z}$  und  $\beta_{WN}$  in  $\text{MN/m}^2$ ). In den übrigen Fällen ist die Zugfestigkeit im Rahmen der Eignungsprüfung festzustellen.

Festigkeitsänderungen durch mehrachsige Beanspruchung können in der Regel vernachlässigt werden.

Falls keine genauen Untersuchungen über die aufnehmbaren Schubbeanspruchungen in ebenen, glatten und unbewehrten Arbeitsfugen vorgenommen werden, dürfen dort nur Druckkräfte angenommen werden, deren Richtung höchstens um etwa 25 Grad von der Senkrechten auf die Fugenfläche abweicht. In verzahnten Fugen gilt diese Regelung für die einzelnen Teilflächen der Fugen.

### 6.7.2 Spannbeton

Bauteile aus Spannbeton sind nach DIN 4227 Teil 1 zu bemessen. Für den Bemessungsfall I gilt DIN 4227 Teil 1 unverändert. Für die Bemessungsfälle II und III ist Abschnitt 6.7.1 sinngemäß anzuwenden.

### 6.8 Felsanker

Falls die Verankerungskörper im Baugrund (z. B. Fels) liegen, müssen etwa 10% der Anker als Meßanker ausgeführt und laufend überprüft werden.

### 6.9 Nachweis der Standsicherheit des Felsuntergrundes

Die Sicherheitsanforderungen sind an den gewählten Widerlagerzustand und die gewählte Lastkombination anzupassen.

Bei kontinuumsmechanischen Berechnungen ist die Bestimmung einer quantitativen Sicherheit in Form eines Sicherheitsbeiwertes im allgemeinen nicht möglich. Hier bedarf der Nachweis der Standsicherheit einer sorgfältigen Interpretation des Berechnungsergebnisses (Beschränkung der Größe der Fließbereiche, Sensitivität gegenüber Streuungen der felsmechanischen Kennwerte).

Für Grenzgleichgewichtsbetrachtungen an durch Störungen begrenzten Gebirgsteilen, die neben kontinuumsmechanischen Berechnungen u. a. für ergänzende Untersuchungen erforderlich sind, werden folgende Sicherheitswerte  $\gamma$  gefordert:

Bemessungsfall I  $\gamma = 2,0$

Bemessungsfall II  $\gamma = 1,5$

Bemessungsfall III  $\gamma = 1,2$

## 7 Betriebseinrichtungen

### 7.1 Entlastungsanlagen

Staubecken mit natürlichen Zuflüssen müssen Entlastungsanlagen zur sicheren Abführung von Hochwasser erhalten. Als natürliche Zuflüsse gelten auch die Abflüsse oberhalb gelegener Stauanlagen.

Als Entlastungsanlagen kommen in Frage:

- Überfälle ohne Verschlüsse oder mit Verschlüssen,
- Heber,
- verschleißbare Öffnungen unterhalb des Stauzieles in verschiedener Höhe (Zwischenauslässe),
- überströmbare Dammbereiche in besonderen Fällen.

Entlastungsanlagen können in Verbindung mit dem Absperrbauwerk, als selbständige Bauwerke oder in Verbindung mit Entnahmeanlagen erstellt werden.

Die Entlastungsanlagen müssen so ausgelegt sein, daß sie den Bemessungshochwasserabfluß (siehe Abschnitt 3.2) unter Einhaltung des höchsten Stauzieles abführen können.

Bei Anordnung von beweglichen Verschlüssen sollen im Falle a) im allgemeinen mindestens zwei Öffnungen mit unabhängig voneinander bedienbaren Verschlüssen vorgesehen werden. Sind dabei die beweglichen Verschlüsse nicht ständig eingestaut, so muß der Gesamtabflußquerschnitt nicht größer sein, als für die Abführung des Bemessungshochwasserabflusses unter Einhaltung des höchsten Stauzieles erforderlich.

Bei Entlastungsanlagen des Falles a) mit beweglichen Verschlüssen, die beim Versagen des Antriebs allein durch den Wasserdruck geöffnet werden können und dadurch größere Flutwellen im Unterwasser erzeugen, sind besondere Vorkehrungen zu treffen, um dies zu verhindern. Das einwandfreie planmäßige Öffnen muß trotz dieser Vorkehrungen stets gewährleistet sein.

Entlastungsanlagen des Falles c) (Zwischenauslässe) sind mit mindestens zwei hintereinanderliegenden Verschlüssen auszustatten.

Bei der Bemessung der Entlastungsanlagen dürfen Entnahmeanlagen nicht berücksichtigt werden, wenn die Möglichkeit gegeben ist, daß durch länger dauernde Betriebsunterbrechungen im Hochwasserfall kein Durchfluß erfolgen kann.

Die Entlastungsanlagen sind so auszubilden, daß keine gefährlichen Schwingungen, Unterdrücke und Erosionen auftreten. Es empfiehlt sich, das Abflußvermögen und die Wirkungsweise der Entlastungsanlagen, einschließlich Verschlüsse und Energieumwandlung, an Modellversuchen nachzuprüfen.

Die Entlastungsanlagen müssen stets betriebsbereit sein. Werden sie mit Verschlüssen ausgerüstet, so sind diese so auszubilden, daß sie bei allen Betriebsfällen einwandfrei bewegt werden können. Die Bedienungseinrichtungen müssen für Befugte jederzeit zugänglich sein. Verschlußorgane, die motorisch oder hydraulisch angetrieben werden, müssen auch von Hand betrieben werden können. Der Handantrieb muß hinreichend leistungsfähig und vor Eingriffen Unbefugter geschützt sein. In besonderen Fällen kann eine unabhängige Energiequelle erforderlich

werden. Außer der einwandfreien maschinellen Ausrüstung ist die ständige Einsatzbereitschaft des Bedienungspersonals sicherzustellen.

Bei Vorsperren können wegen der besonderen Verhältnisse erleichternde Abweichungen von den vorgenannten Festlegungen zugelassen werden, wenn das Hauptsperrenbauwerk dadurch nicht gefährdet wird.

## 7.2 Entnahmeanlagen

Staubecken müssen für die Bewirtschaftung des gespeicherten Wassers und zur Entleerung des Beckens Entnahmeanlagen erhalten. Diese können außerhalb oder innerhalb des Absperrbauwerkes angeordnet werden und müssen kontrollierbar sein.

Entnahmeanlagen sind Betriebsauslässe und Grundablässe. Die Grundablässe können sowohl für die Entleerung des Staubeckens als auch für den Betrieb der Talsperre verwendet werden. Bezüglich der Entnahmeanlagen für Wasserkraftwerke wird auf DIN 19 752 verwiesen.

Die Bemessung der Entnahmeanlagen richtet sich vornehmlich nach den Anforderungen des Staubeckenbetriebes; dabei ist auf die gegebenenfalls geforderte und maximal zulässige schnelle Absenkung des Stauspiegels und auf die Abführung eines ausreichenden Abflusses bei abgesenktem Stau Rücksicht zu nehmen. Außerdem ist das Abflußvermögen des Gewässers unterhalb der Talsperre zu beachten.

Die Einläufe der Entnahmeanlagen müssen so gestaltet und angeordnet werden, daß sie möglichst geschützt sind, z. B. gegen Verlegung. Beim Einbau von Rechen sind diese gegebenenfalls bis zum vollen Wasserdruck zu bemessen.

Die Entnahmeanlagen sind strömungsgünstig auszubilden. Instabile Strömungszustände sind zu vermeiden. Eine hinreichende Sicherheit gegen Kavitationsschäden soll sichergestellt sein. Zum Nachweis der Wirkungsweise der Entnahmeanlagen einschließlich Energieumwandlung können Modellversuche nützlich sein; dies gilt insbesondere für die bei solchen Anlagen benötigten Verschlüsse, wenn diese hochbelastet sind.

Jeder Auslaß (Grundablaß und Betriebsauslaß) einer Talsperre ist mit mindestens zwei Verschlüssen auszustatten, die unabhängig voneinander bedienbar sein müssen. Bei Vorbecken kann hiervon gegebenenfalls abgewichen werden. Regelbare Verschlüsse sind zu empfehlen. Bei maschinellem Antrieb der Verschlüsse ist außerdem ein vor Unbefugten geschützter Handantrieb erforderlich. Auf schwingungs- und kavitationsfreies Arbeiten der Verschlüsse ist besonders zu achten. Ist nur ein Auslaß vorgesehen, so sollte ein Bypass angeordnet werden, um die Mindestwasserabgabe zu ermöglichen.

Bestehen Entnahmeanlagen aus längeren Rohrleitungen, deren Bruch erhebliche Schäden herbeiführen könnte, sind automatische Rohrbruchsicherungen einzubauen, die auch von Hand bedienbar sein müssen. Diese sind möglichst nahe des Einlaufs und gegebenenfalls in Verbindung mit einem der Verschlüsse anzuordnen. Das Auslösen der Rohrbruchsicherung muß jederzeit sichergestellt sein.

Die Entnahmeanlagen sind stets betriebsbereit zu halten.

## 7.3 Meßeinrichtungen für Wasserstände, Zu- und Abflüsse

Talsperren sind mit den zum Betrieb notwendigen Meßeinrichtungen für Wasserstände sowie für Zu- und Abflüsse auszustatten.

Zum Messen der Wasserstände ist in jedem Speicherbecken ein Lattenpegel anzubringen. Soweit der Betrieb es erfordert, wird empfohlen, zum Registrieren zusätzlich Schreibpegel einzurichten. Eine Fernübertragung der Meßwerte zur Betriebswarte kann zweckmäßig sein.

In jedem größeren Zulauf zum Speicherbecken ist an geeigneter Stelle oberhalb der Staugrenze eine Meßstelle für Zuflußmessungen einzurichten und ein Schreibpegel aufzustellen. Zur Bewirtschaftung des Speicherraumes wird die Fernübertragung der Meßwerte empfohlen.

Zum Feststellen des Abflusses aus dem Speicherbecken ist kurz unterhalb des Sperrbauwerkes ein Schreibpegel möglichst dort einzurichten, wo der gesamte Abfluß wieder vereinigt ist. Ist dies bei mehreren Ausleitungen (z. B. langen Rohrleitungen, Stollen oder Gräben) nicht möglich, so sind in diesen gesonderte Abflußmeßeinrichtungen vorzusehen. Eine Fernübertragung der Meßwerte kann zweckmäßig sein.

## 8 Bauwerksüberwachung

### 8.1 Messungen und Kontrollen

Folgende Messungen bzw. Kontrollen sind durchzuführen:

- Setzungs- und Verschiebungsmessungen in den Absperrbauwerken, in den Widerlagern, an den Kontroll- und Betriebsbauwerken, einschließlich der Fugen, falls erforderlich auch im Untergrund und im Stauraum.
- Druckmessungen im Absperrbauwerk zur Erfassung von Spannungsumlagerungen, gegebenenfalls Erddruckmessungen an Bauwerken, die an einen Damm anschließen oder einen Damm durchdringen.
- Sickerwassermessungen

Sickerwasser durch das Absperrbauwerk, den Untergrund und die Widerlager soll getrennt gemessen und die Meßsysteme in Felder unterteilt werden.

Begleitende Messungen der Lufttemperatur, der Niederschläge, der Temperatur und chemischen Zusammensetzung des gespeicherten Wassers und der Sicker- und Quellwässer, Prüfung der vom Sickerwasser möglicherweise mitgeführten Feststoffe sowie gegebenenfalls Feststellung und Beobachtung von Rissen im Dammkörper und Registrierung von Erdbebenvorgängen.

Bei Staumauern sind zusätzlich Temperaturmessungen in der Mauer erforderlich.

### 8.2 Häufigkeit der Messungen

Während des Probetaues sind kürzere Zeitintervalle vorzusehen. Der Sickerwasserabfluß sollte während des Probetaues grundsätzlich täglich gemessen werden. Grundwasserstands- und Quellschüttmessungen und die in Abschnitt 8.1 aufgeführten, begleitenden Messungen, soweit vor Baubeginn möglich, erleichtern das Erkennen von Veränderungen als Folge der Stauerrichtung.

### 8.3 Geodätisches Netz

Im Bereich der Talsperre ist bereits vor Baubeginn ein geodätisches Netz für Lage- und Höhenmessungen anzulegen.

Die Überwachung der einzelnen Meßstellen hat von Festpunkten des Netzes aus zu geschehen, damit absolute Bewegungen festgestellt werden. Meßmethoden, Meßgeräte und die Ausbildung der Netzkpunkte müssen eine entsprechend hohe Präzision aufweisen.

## 9 Talsperrenbuch

Das Talsperrenbuch ist in dreifacher Ausfertigung zu erstellen. Vor Inbetriebnahme der Talsperre ist zu überprüfen, ob alle Unterlagen für das Talsperrenbuch vorhanden sind.

Das Talsperrenbuch ist in dauerhafter Ausführung mit Inhaltsverzeichnis anzulegen. Um den Umfang der Unterlagen in vertretbarem Rahmen zu halten, können von den zeichnerischen und schriftlichen Unterlagen photomechanische Verkleinerungen und Kurzfassungen mit den wichtigsten Daten und Ergebnissen angefertigt werden. Eine Ausfertigung des Talsperrenbuches wird jeweils bei der Aufsichtsbehörde, beim Talsperrenbetreiber sowie beim Talsperrenwärter aufbewahrt.

Nach wesentlichen Änderungen der baulichen Anlagen mit den Betriebs- und Meßeinrichtungen sowie bei Änderungen der Rechtsverhältnisse und der Betriebsvorschrift sind die drei Ausfertigungen des Talsperrenbuches umgehend zu berichtigen bzw. zu ergänzen.

Das Talsperrenbuch ist in folgende Abschnitte zu gliedern:

#### a) Allgemeines

Angaben über den Talsperrenunternehmer und seine Beschlüsse über die Talsperre.

#### b) Genehmigungsunterlagen

Planfeststellungs- und sonstige Zulassungsbescheide, einschließlich Prüfberichte, Änderungs- und Nachtragsgenehmigungen, Wasserbuchauszüge, Schutzzonefestsetzungen und sonstige für die Zulassung maßgebende Schriftstücke.

#### c) Beschreibung der Gesamtanlage

Darstellung der Gesamtmaßnahme mit Angaben über den Zweck, die Grundzüge des Betriebes und die Auswirkungen in baulicher und wasserwirtschaftlicher Hinsicht.

Zusammenfassung aller erforderlichen Daten über die Größe des Einzugsgebietes einschließlich Beileitungen, mittlerer jährlicher Zufluß, Hochwasserzufluß, Hochwasserrückhalteraum, Betriebsraum, Reserveraum, Totraum, Stau- und Absenkziele, Mindestabgabe an das Unterwasser, Abflüsse der Entlastungs- und Entnahmeanlagen, max. Entleerungsdauer u. ä.

Zusammenfassender Bericht über die Grundannahmen und Empfehlungen der Gutachten und Stellungnahmen der geologischen Erkundungen.

#### d) Beschreibung der Einzelbauwerke

Beschreibung der Bauwerke mit Angaben über Sicherheitsvorkehrungen, Betriebs- und Meßeinrichtungen sowie Dichtungsmaßnahmen, die Ergebnisse der Voruntersuchungen, Berechnungen und Gutachten, insbesondere:

- Protokolle über ingenieurgeologische Aufnahmen der Baugruben, Gründungssohlen, Dammaufstandsflächen, usw., vor und während der Bauausführung,
- statische und hydraulische Berechnungen sowie Modellversuche,
- bodenmechanische Untersuchungen und Berechnungen vor und während der Bauausführung,
- Prüfberichte der für die Bauüberwachung zugezogenen Prüfsachverständigen und Sachverständigen,
- Bericht über den Bauablauf (Auszüge aus dem Bautagebuch) mit Feststellungen und den Begründungen der wichtigsten Ereignisse, die durch Planänderungen, Bauunterbrechungen und Bauverzögerungen ausgelöst wurden,
- VOB-Abnahmen und Verjährungsfristen für Gewährleistungen, evtl. Schlußabnahmen vor Ablauf dieser Fristen,
- Niederschriften über die Schlußabnahmen der baulichen Anlagen und über den Probestau seitens der Aufsichtsbehörden.

#### e) Betrieb und Unterhaltung

Betriebsvorschrift und Dienstanweisung für den Talsperrenwärter, einschließlich Meßplan, Bedienungsanleitungen und Wartungsvorschriften der für die Sicherheit des Betriebes notwendigen Betriebs- und Meßeinrichtungen.

Verzeichnis der vom Talsperrenunternehmer zu unterhaltenden Bauwerke und Nebenanlagen, wie Böschungen, Wasserläufe, Wege und Straßen mit Brücken und Durchlässen, Einfriedungen, usw.

#### f) Zeichnerische Darstellungen

- Übersichtskarte des Flußgebietes,
- Lagepläne für die Gesamtanlage, Liegenschaftsplan mit Eigentumsgrenzen,
- Bestandspläne (Grundriß-, Ansichts- und Querschnittszeichnungen) der baulichen und sonstigen Anlagen mit genauer Darstellung der für das Verhalten der Konstruktion wichtigen Details über Gründung, Bewegungsfugen, Dichtungs- und Dränungsmaßnahmen an den Bauwerken, im Untergrund und im Speicherbecken, Bestandspläne von maschinellen und elektrischen Einrichtungen, einschließlich Schalt- und Steuerplan,
- Landschaftspflegerischer Begleitplan.

Alle Pläne müssen der tatsächlichen Ausführung entsprechen.

**Zitierte Normen und andere Unterlagen**

DIN 1045	Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung
DIN 1055 Teil 1	Lastannahmen für Bauten; Lagerstoffe, Baustoffe und Bauteile, Eigenlasten und Reibungswinkel
DIN 1055 Teil 2	Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngößen, Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel
DIN 1055 Teil 3	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten
DIN 1055 Teil 4	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Windlasten nicht schwingungsauffälliger Bauwerke
DIN 1055 Teil 5	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Schneelast und Eislust
DIN 1055 Teil 45	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Aerodynamische Formbeiwerte für Baukörper
DIN 4048 Teil 1	(z. Z. Entwurf) Wasserbau; Begriffe; Stauanlagen
DIN 4093	(z. Z. Entwurf) Baugrund; Einpressen (Injektion) in Untergrund und Bauwerke; Planung, Ausführung und Prüfung
DIN 4227 Teil 1	Spannbeton; Bauteile aus Normalbeton, mit beschränkter oder voller Vorspannung
DIN 19 700 Teil 10	Stauanlagen; Gemeinsame Festlegungen
DIN 19 700 Teil 12	Stauanlagen; Hochwasserrückhaltebecken
DIN 19 702	Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten; Richtlinien
DIN 19 752	Wasserkraftnutzung; Triebwasserleitungen, Richtlinien
Empfehlungen für die Ausführung von Asphaltbauarbeiten im Wasserbau <sup>1)</sup>	

**Weitere Unterlagen**

Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB)

Verdingungsordnung für Leistungen (VOL)

**Frühere Ausgaben**

DIN 19 700 Teil 1: 02.53, 12.65

**Änderungen**

Gegenüber DIN 19 700 T1/12.65, wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Inhalt vollständig überarbeitet. Die vorliegende Norm gilt im Zusammenhang mit DIN 19 700 Teil 10.

**Internationale Patentklassifikation**

E 02 B 7/04

---

<sup>1)</sup> Siehe Seite 5



# Stauanlagen

## Hochwasserrückhaltebecken

**DIN**  
**19 700**  
Teil 12

Dam plants; flood control reservoirs  
Ouvrages de prise d'eau; réservoir pour la maîtrise des crues

Mit DIN 19 700 T 10/01.86  
Ersatz für  
DIN 19 700 T 99/10.80

### Inhalt

	Seite		Seite
<b>1 Anwendungsbereich</b>	2	<b>9 Hydraulische Bemessung der Betriebseinrichtungen</b>	6
<b>2 Hochwasserrückhaltung und Gewässerausbau</b>	2	9.1 Grundablaß und Betriebsauslaß	6
<b>3 Beckenraum und Stauziele</b>	2	9.2 Hochwasserentlastungsanlage	6
3.1 Beckenraum	2	9.3 Energieumwandlungsanlagen	6
3.2 Hochwasserrückhalteraum	2	9.4 Kombinierte Bauwerke	6
3.3 Dauerstauraum	2	9.5 Modellversuche	6
3.4 Stauziele	3	<b>10 Konstruktive Ausbildung</b>	6
<b>4 Einteilung der Hochwasserrückhaltebecken</b>	3	10.1 Dämme	6
4.1 Nach der Beckengröße	3	10.2 Mauern	6
4.2 Nach der Lage zum Gewässer	3	10.3 Geländevertiefungen und Versickerungen	6
4.3 Nach Betriebsformen	3	10.4 Beckenbereich	7
<b>5 Auswertung der hydrologischen Bestimmungsgrößen</b>	3	10.4.1 Totraum	7
5.1 Allgemeines	3	10.4.2 Dauerstauraum	7
5.2 Niederschlag	3	10.4.3 Vordämme und Zwischendämme	7
5.2.1 Räumliche und zeitliche Verteilung	3	10.4.4 Nebenanlagen	7
5.2.2 Stärke und Dauer des Niederschlages	3	10.4.5 Gewässerausbau	7
5.2.3 Niederschlagshäufigkeit	3	10.4.6 Entwässerung	7
5.2.4 Effektiver Niederschlag	4	10.5 Betriebsauslaß	7
5.3 Abfluß	4	10.5.1 Einlaufbauwerk	7
5.3.1 Scheitelabfluß	4	10.5.2 Rohrleitung	7
5.3.2 Abflußfülle	4	10.5.3 Absperrarmaturen	7
5.3.3 Ermittlung des Bemessungshochwassers	4	10.5.4 Auslaufbauwerk	7
5.4 Abflußganglinie und Scheitelabfluß	4	10.6 Hochwasserentlastungsanlage	7
5.4.1 Ermittlung aus Niederschlägen	4	10.6.1 Feste Überfälle	7
5.4.2 Ermittlung aus Abflüssen	5	10.6.2 Entlastungsgerinne	8
<b>6 Wahl der Wiederholungszeitspannen</b>	5	10.6.3 Heber	8
6.1 Wiederholungszeitspanne für die Bemessung des Hochwasserrückhalterumes	5	10.7 Kombinierte Bauwerke	8
6.2 Wiederholungszeitspanne für die Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage	5	10.8 Mönchartige Bauwerke	8
<b>7 Bemessung des Hochwasserrückhalterumes</b>	5	<b>11 Meßeinrichtungen</b>	8
7.1 Beckenraum	5	11.1 Messen von Abfluß und Wasserstand	8
7.2 Gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum	5	11.2 Messen des Niederschlages	8
7.2.1 Ungesteuerte Anlagen	5	<b>12 Inbetriebnahme, Betrieb, Instandhaltung</b>	8
7.2.2 Gesteuerte Anlagen	5	12.1 Inbetriebnahme	8
7.3 Außergewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum	5	12.2 Betrieb	8
7.4 Freiraum	5	12.3 Beckenbuch	8
7.5 Beckenraum für andere Zwecke	5	12.4 Instandhaltung	8
<b>8 Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage</b>	5	12.4.1 Überwachung	9
		12.4.2 Unterhaltung	9
		12.4.2.1 Wartung	9
		12.4.2.2 Instandsetzung	9
		<b>13 Systeme von Hochwasserrückhaltebecken</b>	9
		13.1 Grundlagen	9
		13.2 Wirkungsweise	9
		13.3 Steuerung	9

„DIN 19700 Teil 12 ist mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. abgedruckt worden. Dieser Abdruck läßt das Urheberrecht an DIN 19700 Teil 12 unberührt fortbestehen. Diese Norm ist beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 1000 Berlin 30, erschienen und erhältlich.“

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt gemeinsam mit DIN 19 700 Teil 10 für Hochwasserrückhaltebecken, die mit dem Hochwasserabfluß in Gewässern, Trockentälern und Mulden zusammenhängen. Bei Hochwasserrückhaltebecken, die noch für andere Aufgaben planmäßig länger eingestaut werden, ist zu prüfen, ob DIN 19 700 Teil 11 anzuwenden ist.

Natürliche Retentionsräume, wie Seen, Teiche und Überschwemmungsgebiete, sowie Retentionsräume, die infolge von Verkehrsdämmen oder sonstigen Aufschüttungen entstanden sind, sind keine Hochwasserrückhaltebecken. Sie können jedoch durch bauliche Eingriffe zu Hochwasserrückhaltebecken werden.

## 2 Hochwasserrückhaltung und Gewässerausbau

Die Notwendigkeit zum Bau von Hochwasserrückhaltebecken ergibt sich aus der Kenntnis der Auswirkungen abgelaufener Hochwasser oder der Erfordernis, den Einfluß baulicher Maßnahmen auszugleichen, die den Wegfall natürlicher Rückhalteräume bewirken oder den Hochwasserabfluß vergrößern. Zu diesen Maßnahmen zählen besonders Eindeichungen, Siedlungen, Verkehrsanlagen, Nutzung und Zustand des Geländes.

Mit dem Bau von Hochwasserrückhaltebecken kann im Interesse der Wasserwirtschaft und der Landschaftspflege häufig auf einen umfassenden Ausbau der Gewässerstrecke unterhalb des Beckens verzichtet werden.

Die Auswirkung des Hochwasserrückhaltebeckens auf die unterhalb anschließenden Gewässerstrecken ist nachzuweisen.

Das Abflußvermögen und die Ausbaufähigkeit der Anschlußstrecke unterhalb des Hochwasserrückhaltebeckens sind zu ermitteln. Hierbei ist besonders auf Engstellen wie Bebauung, Kreuzungsbauwerke und anderes zu achten.

Oberhalb des Hochwasserrückhaltebeckens ist zu untersuchen, wie weit bei gefülltem Becken der Rückstau reicht und welche Objekte beeinflusst werden.

Innerhalb des Beckenbereiches werden in der Regel zusätzliche Maßnahmen, wie Anlegen von Dauerstauraum, Auffüllen oder Abgraben des Geländes, Gewässerausbau und Entwässerungen erforderlich. Es kann zweckmäßig sein, die landwirtschaftliche Nutzung zu ändern.

## 3 Beckenraum und Stauziele

Bild 1 zeigt eine Übersicht über den Beckenraum und die Stauziele. Wegen der Begriffe wird auf DIN 4048 Teil 1 \*) verwiesen.

### 3.1 Beckenraum

Der Beckenraum ergibt sich aus den Gegebenheiten des Geländes unter Berücksichtigung der erreichbaren Stauhöhe und des notwendigen Rückhaltevolumens. Der Beckenraum ist im Flachland weitgehend von der einstaubaren Fläche, im Bergland dagegen meist von der möglichen Stauhöhe abhängig.

Der Erwerb der Flächen im Bereich häufiger Überstauungen ist zweckmäßig.

Die erreichbare Stauhöhe ist abhängig von der Geländeform im Beckenraum, vom Längsgefälle des Tales, vom zulässigen Rückstau und von der Nutzung der Talflächen.

### 3.2 Hochwasserrückhalteraum

Der Hochwasserrückhalteraum ist der Teil des Beckenraumes, der ausschließlich für die vorübergehende Aufnahme von Hochwasser zur Verfügung steht. Er ist in der Regel unterteilt in einen gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum, der bis zur Überfallkrone der Hochwasserentlastungsanlage reicht, und in den darüberliegenden außergewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum, der durch den maximalen Beckenwasserstand beim Durchfluß des der Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage zugrundegelegten Hochwassers begrenzt ist.

Der Hochwasserabfluß, insbesondere der Scheitelabfluß, wird durch den gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum, sowie nach Anspringen der Hochwasserentlastungsanlage zusätzlich durch die Retentionswirkung des außergewöhnlichen Hochwasserrückhalterumes gemindert.

Der Inhalt des außergewöhnlichen Hochwasserrückhalterumes und des darüberliegenden Freiraumes sind zu ermitteln.

### 3.3 Dauerstauraum

Im Dauerstauraum wird Wasser zu anderen Zwecken als zum Hochwasserschutz ständig oder zeitweilig zurückgehalten; der zugehörige Wasserstand wird als Dauerstauziel bezeichnet.

Der Dauerstauraum soll so ausgelegt werden, daß nachteilige Auswirkungen auf den Hochwasserrückhalteraum gering bleiben; ein Hochwasser von geringer Wiederholungszeitspanne sollte im Dauerstauraum möglichst nicht ausufern.

Es können, entsprechend dem jahreszeitlich unterschiedlich auftretenden Hochwasser, auch verschiedene Dauerstauziele festgelegt werden.

\*) Z. Z. Entwurf

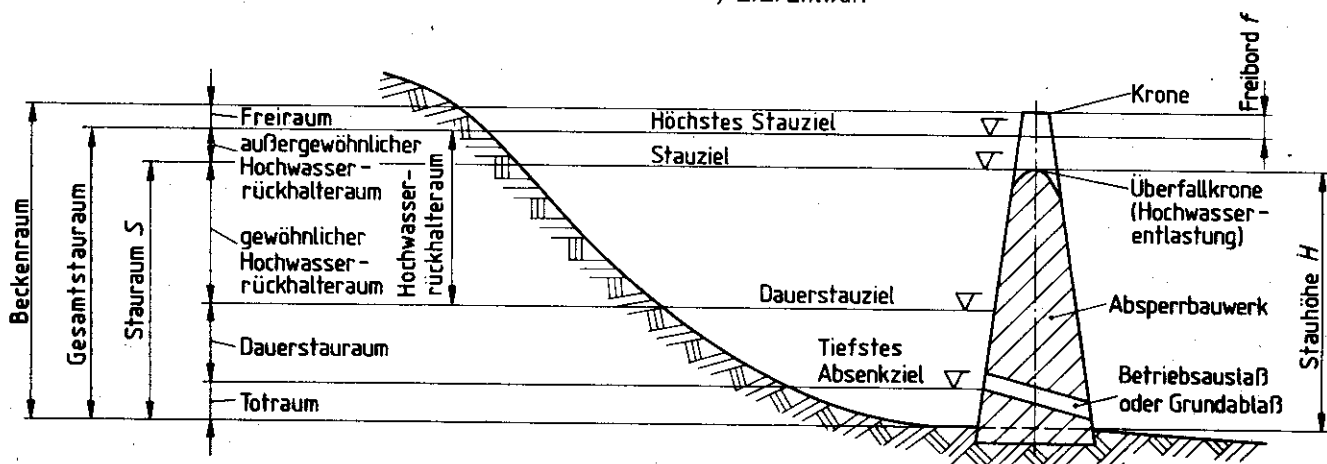


Bild 1. Beckenraum und Stauziele

### 3.4 Stauziele

Das Stauziel wird über das zurückzuhaltende Volumen (Rückhaltevolumen) des maßgeblichen Bemessungshochwassers ermittelt.

Das Höchste Stauziel wird über den Bemessungsabfluß für die Hochwasserentlastungsanlage bestimmt.

Das Dauerstauziel richtet sich nach betrieblichen, wirtschaftlichen und landschaftspflegerischen Gesichtspunkten. Dabei sind die Belange von Freizeitgestaltung und Erholung zu beachten.

## 4 Einteilung der Hochwasserrückhaltebecken

Hochwasserrückhaltebecken werden nach Beckengröße, nach Lage zum Gewässer und nach Betriebsformen eingeteilt.

### 4.1 Nach der Beckengröße

Hochwasserrückhaltebecken werden in Abhängigkeit von der Stauhöhe und dem Stauraum in kleine Becken, mittlere Becken und große Becken eingeteilt (siehe Bild 2).

Bei Becken mit einem Stauraum unter  $100\,000\text{ m}^3$  und einer Stauhöhe über  $5,0\text{ m}$  sowie bei Becken mit einer Stauhöhe unter  $5,0\text{ m}$  und einem Stauraum über  $1\,000\,000\text{ m}^3$  kann die Anlage der nächstgeringeren Beckengröße zugeordnet werden.

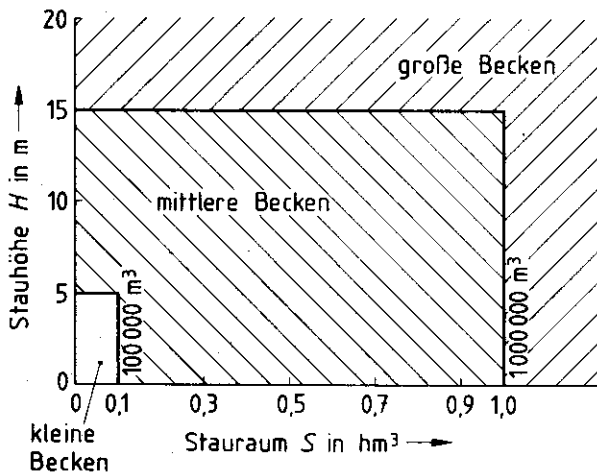


Bild 2. Einteilung von Hochwasserrückhaltebecken nach der Beckengröße

### 4.2 Nach der Lage zum Gewässer

Man unterscheidet unmittelbar durchflossene Hochwasserrückhaltebecken und seitlich neben den Gewässern angeordnete Hochwasserrückhaltebecken (Hochwasserrückhaltepolder), die über Zuleitungskanäle, Streichwehre usw. gefüllt werden. Außerdem gibt es Hochwasserrückhaltebecken mit Poldereinteilung.

### 4.3 Nach Betriebsformen

Man unterscheidet ungesteuert und gesteuert betriebene Hochwasserrückhaltebecken; die Hochwasserentlastungsanlage kann überlastbar oder nicht überlastbar ausgebildet sein.

Bei überlastbaren Anlagen erfolgt der Abfluß als vollkommener Überfall; dabei nimmt bei Überschreiten des Bemessungshochwassers der Abfluß bei gering zunehmender Überfallhöhe noch wesentlich zu. Bei beweglichen Verschlüssen in der Hochwasserentlastungsanlage ist die Überlastbarkeit wegen der geringeren Überfallbreite meist eingeschränkt.

Bei nicht überlastbaren Anlagen (beispielsweise Schachtüberfall, mönchartiges Bauwerk) nimmt hingegen der Abfluß auch bei noch zunehmender Druckhöhe nur unwesentlich zu.

## 5 Auswertung der hydrologischen Bestimmungsgrößen

### 5.1 Allgemeines

Abflußdaten können als hydrologische Bestimmungsgrößen direkt zur Bemessung von Hochwasserrückhaltebecken herangezogen werden. Niederschlagsdaten können über Niederschlag-Abfluß-Modelle verwertet werden oder als Grundlage anderer Verfahren dienen<sup>1)</sup>.

### 5.2 Niederschlag

#### 5.2.1 Räumliche und zeitliche Verteilung

Die Niederschlagsmessungen sind nach den Besonderheiten des Einzugsgebietes auszuwerten.

Bei kleinen Einzugsgebieten kann der Punktniederschlag als Gebietsniederschlag aufgefaßt werden. Eine Abminderung von Punktniederschlägen auf Gebietsniederschläge kann bei größeren Einzugsgebieten erforderlich werden.

Bei kleineren Einzugsgebieten verursachen örtlich begrenzte Starkregen mit ihren großen Niederschlagsstärken die größten Scheitelabflüsse. Bei größeren Einzugsgebieten sind lange Niederschlagsdauer (Dauerregen) und großflächige Überregnungen maßgebend.

Anhand der räumlichen und zeitlichen Verteilung von Niederschlagsereignissen und der mittleren Niederschlagsstärke ist festzustellen, wie das Einzugsgebiet überregnet wird.

Werden Daten aus vergleichbaren Einzugsgebieten verwendet, ist zu prüfen, ob eine Übertragung der Isohyeten von Starkregen möglich ist und ob dadurch maßgebliche Bemessungsfälle erhalten werden können.

Bei der Anwendung und Eichung von Niederschlag-Abfluß-Modellen sind außerdem Niederschläge auszuwerten, für die zugehörige Hochwasserabflüsse angegeben werden können.

#### 5.2.2 Stärke und Dauer des Niederschlages

Wegen des Einflusses von Niederschlagsstärke und Niederschlagsdauer auf das Hochwasserereignis sind Niederschlagsmessungen für mehrere Zeitintervalle auszuwerten, die auch die Konzentrationszeit des kritischen Hochwassers einschließen.

Fehlen Regenschreiberaufzeichnungen, kann von langjährig beobachteten täglichen Niederschlagshöhen ausgegangen und mittels statistischer Verfahren auf kürzere Ereignisse geschlossen werden. Beim Fehlen repräsentativer Beobachtungen können theoretisch-empirische Ansätze einen Anhaltswert über die Größenordnung der Niederschlagsstärken in Abhängigkeit von der Regendauer geben.

#### 5.2.3 Niederschlagshäufigkeit

Die Niederschlagshäufigkeit sollte aus mindestens 30jährigen Zeitreihen ermittelt werden. Bei kürzeren Zeitreihen kann das Datenkollektiv anhand partieller Serien vergrößert werden, in denen alle Niederschlagsereignisse größer als ein vorgegebener Schwellenwert zusammengefaßt werden.

<sup>1)</sup> Niederschlag-Starkregenauswertung nach Wiederkehrzeit und Dauer, Heft 124 der DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft.

### 5.2.4 Effektiver Niederschlag

Der effektive Niederschlag ist der Teil der Niederschlags-höhe, der als Direktabfluß wirksam wird und unmittelbar zum Abfluß gelangt. Er ist für verschiedene Hochwasser zu ermitteln, sein zeitlicher Verlauf, seine Abhängigkeit von der Jahreszeit, der Bodenfeuchte und der Niederschlagsstärke sind festzustellen. Schneeschmelze oder Niederschlag bei gefrorenem Boden vergrößern in der Regel den Abfluß.

### 5.3 Abfluß

Größe und zeitlicher Verlauf der beobachteten Hochwasserabflüsse sind zur Ermittlung des größten Scheitelabflusses und der maßgebenden Abflußsummen aufzubereiten. Für die Auswertung sind Hochwasserereignisse im Hinblick auf die gesamte Abflußganglinie und das jahreszeitliche Auftreten von besonderem Interesse. Grundsätzlich sollte der Ablauf von Hochwasserereignissen im gesamten Einflußbereich des Hochwasserrückhaltebeckens untersucht werden. Auch wenn kein hinreichend dichtes Pegelnetz besteht, können Niederschlag-Abfluß-Modelle<sup>2)</sup> ein geeignetes Hilfsmittel darstellen, besonders, wenn Nutzungsänderungen oder wasserbauliche Maßnahmen in größerem Umfang geplant sind.

#### 5.3.1 Scheitelabfluß

Der Scheitelabfluß ist für die Hochwasserregelung und für die Bemessung der Hochwasserentlastungsanlagen von wesentlicher Bedeutung.

Wenn der Nachweis der Verformung der Hochwasserganglinie für die anschließende Gewässerstrecke zu erbringen ist, empfiehlt es sich, Niederschlag-Abfluß-Modelle und Verfahren zur Berechnung des Ablaufes von Hochwasserwellen zu verwenden.

#### 5.3.2 Abflußfülle

Für Hochwasserwellen verschiedener Wiederholungszeitspannen sind die Abflußsummen zu ermitteln.

Die Abflußfülle oberhalb eines festzulegenden Schwellenwertes dient dann zur Ermittlung des Rückhalteraaumes.

Der Schwellenwert kann variabel sein; er entspricht der geplanten Abgabe und richtet sich nach der Gewässerstrecke, für die ein schadloser Abfluß angestrebt wird.

<sup>2)</sup> Anwendung von Niederschlag-Abfluß-Modellen in kleinen Einzugsgebieten, Heft 112/113 der DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft.

<sup>3)</sup> Empfehlungen zur Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeit, Heft 101 der DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft.

### 5.3.3 Ermittlung des Bemessungshochwassers

Zur Extrapolation auf Scheitelabflüsse und Abflußsummen, deren Wiederholungszeitspannen größer als die Länge des Beobachtungszeitraumes sind, wird die Verwendung verschiedener Verteilungsfunktionen, wie nach Pearson III<sup>3)</sup>, Gumbel und andere empfohlen. Wegen der möglichen Fehler sollte in der Regel eine Extrapolation auf das Dreifache der Beobachtungsjahre beschränkt bleiben.

Bemessungsabflüsse seltenerer Wiederholungszeitspannen können auch aus dem Mehrfachen des  $HQ_{100}$  ermittelt werden, sofern regionale Untersuchungen vorliegen. Bemessungsganglinien können auch über Niederschlag-Abfluß-Modelle ermittelt werden oder durch Vergleich mit Ergebnissen aus vergleichbaren Einzugsgebieten.

Es ist zweckmäßig, die Ergebnisse der verschiedenen Verfahren miteinander zu vergleichen.

### 5.4 Abflußganglinie und Scheitelabfluß

#### 5.4.1 Ermittlung aus Niederschlägen

Als maßgeblich kann der effektive Niederschlag angenommen werden, dessen Dauer größer oder gleich der Konzentrationszeit ist. Für die Niederschläge ist zunächst die Niederschlagssumme für Wiederholungszeitspannen nach Tabelle 1 und Tabelle 2 zu ermitteln.

Daraus ist der effektive Niederschlag zu bestimmen, der mit einer geeigneten Übertragungsfunktion (Einheitsganglinie, Speicherkaskade usw.) in den Abfluß übertragen werden kann.

Tabelle 1. Anhaltswerte für die Bemessung des Hochwasserrückhalteraaumes

Klasse	Unterlieger	Wiederholungszeitspanne $T_n$ in a
I	hochwertig bebaute Gebiete	100
II	übrige bebaute Gebiete, überörtliche Verkehrsanlagen	50 bis 100
III	Einzelbauten, nicht dauernd bewohnte Siedlungen	25 bis 50
IV	landwirtschaftliche Intensivkulturen	10 bis 25
V	Ackerflächen	5 bis 10

Tabelle 2. Lastfälle für die Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage

Lastfall		Wiederholungszeitspanne $T_n$ in a		maximale Inanspruchnahme des im Freibord enthaltenen Sicherheitszuschlages in %	
Nr	Bezeichnung	kleine Becken	mittlere und große Becken	kleine Becken	mittlere und große Becken
1	Normallastfall	100	200	0	0
2	außergewöhnlicher Lastfall	1000	1000	75	90
3	Sonderlastfall bei beweglichen Verschlüssen	300	200	75	90

#### 5.4.2 Ermittlung aus Abflüssen

Die Abflüsse müssen im Hinblick auf Scheitelabfluß und Abflußsumme statistisch ausgewertet und auf die gewählte Wiederholungszeitspanne extrapoliert werden.

Liegen gleichzeitige Niederschlagsaufzeichnungen vor, empfiehlt es sich, das Bemessungsergebnis auch mit einem Niederschlag-Abfluß-Modell zu ermitteln.

### 6 Wahl der Wiederholungszeitspannen

Das Bemessungshochwasser wird nach Abflußsummen und Scheitelabflüssen ausgewählter Wiederholungszeitspannen festgelegt.

Beim Festlegen des Hochwasserrückhalterumes ist von der Abflußsumme, bei der Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage in der Regel vom Scheitelabfluß auszugehen. Die folgenden Ausführungen gelten für einzelne, durchflossene Hochwasserrückhaltebecken; für seitlich neben dem Gewässer angeordnete Becken und Systeme von Hochwasserrückhaltebecken können hiervon abweichende Betrachtungen erforderlich werden.

Die Anforderungen an den Hochwasserschutz der Unterlieger, die gewässerkundlichen, landschaftspflegerischen und wirtschaftlichen Auswirkungen unterhalb des Hochwasserrückhaltebeckens bestimmen die zu wählende Wiederholungszeitspanne. Dabei sind Rückhaltevolumen, Größe des Beckens, Stauhöhe, Größe des Einzugsgebietes und mögliche Überlastbarkeit der Hochwasserentlastungsanlage (siehe Abschnitt 4.3) zu berücksichtigen.

#### 6.1 Wiederholungszeitspanne für die Bemessung des Hochwasserrückhalterumes

Die Wiederholungszeitspanne  $T_n$  für die Bemessung des Hochwasserrückhalterumes ist in Abhängigkeit von den Belangen der Unterlieger zu wählen; Anhaltswerte sind in Tabelle 1 angegeben.

Aus wirtschaftlichen Erwägungen oder in anderen begründeten Fällen können auch kleinere oder größere Wiederholungszeitspannen zugrunde gelegt werden. Die Einstauhäufigkeit einzelner Speicherlamellen mit unterschiedlicher Nutzungsart kann von Bedeutung sein.

Das zugrunde gelegte Rückhaltevolumen wird überschritten, wenn ein selteneres Hochwasser als das Bemessungshochwasser auftritt.

#### 6.2 Wiederholungszeitspanne für die Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage

Für die Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage ist eine größere Wiederholungszeitspanne zugrunde zu legen als für die Bemessung des Hochwasserrückhalterumes. Anhaltswerte für die Wiederholungszeitspannen  $T_n$  der Zuflußganglinie sind in Abschnitt 8 (siehe Tabelle 2) angegeben.

### 7 Bemessung des Hochwasserrückhalterumes

#### 7.1 Beckenraum

Der Beckenraum wird in der Regel aus der Stauinhaltslinie in Abhängigkeit von der Stauhöhe ermittelt. Die Stauinhaltslinie, die bis zum tiefsten Punkt der Dammkronen reichen muß, ergibt sich durch Integration aus der Flächeninhaltslinie, die die Beziehung zwischen Beckenwasserstand und der zugehörigen Fläche graphisch darstellt.

#### 7.2 Gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum

Die Größe des erforderlichen gewöhnlichen Hochwasserrückhalterumes für das nach Abschnitt 6.1 gewählte

Bemessungshochwasser richtet sich nach Art und Menge der Abgabe, die ungesteuert oder gesteuert während des Hochwassereinstaus erfolgen kann.

#### 7.2.1 Ungesteuerte Anlagen

Bei ungesteuerten Anlagen hat der Auslaß einen konstanten Abflußquerschnitt. Die Abflußänderung ergibt sich aus der Anhebung des Wasserstandes infolge der Retention. Der Betrieb nach dem Prinzip der Retention ist nicht optimal, da der Rückhalt häufig bei einem Zufluß beginnt, der unter dem Ausbauabfluß des Unterlaufes liegt. Hierdurch wird der Hochwasserrückhalteraum unnötig beansprucht. Für Hochwasserrückhaltebecken, die weder ständig noch zeitweise bedient werden können, ist diese Art der Ausführung jedoch zweckmäßig.

#### 7.2.2 Gesteuerte Anlagen

Bei gesteuerten Anlagen wird der Abflußquerschnitt des Betriebsauslasses dem im Betriebsplan festgelegten Regelabfluß angepaßt.

Der gewöhnliche Hochwasserrückhalteraum ist aus der Zuflußsummenlinie und der zugrunde gelegten Beckenabflußsummenlinie zu ermitteln. Je nachdem, ob dieser größer oder kleiner als das Rückhaltevolumen oder diesem gleich ist, sollten unterschiedliche Steuerungen in die Untersuchungen einbezogen werden.

### 7.3 Außergewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum

Nach dem Anspringen der Hochwasserentlastungsanlage wird der außergewöhnliche Hochwasserrückhalteraum in Anspruch genommen. Er ist nach den Regeln der Retention zu berechnen. Das zusätzliche Rückhaltevolumen ist in die Betrachtung der zu erreichenden Abflußminderung einzu beziehen.

Der außergewöhnliche Hochwasserrückhalteraum ist bei fester Überfallkrone nicht beherrschbar, bei beweglichen Verschlüssen dagegen zu beeinflussen.

### 7.4 Freiraum

Der durch den Sicherheitszuschlag im Freibord sich ergebende Anteil des Freiraumes darf nur in den in Abschnitt 8 erfaßten Sonderfällen in die Bemessung einbezogen werden. Das zusätzliche Rückhaltevolumen und die Zunahme des Abflusses über die Hochwasserentlastungsanlage sind zu ermitteln.

Bei mittleren und großen Becken ist der Freibord zu bemessen. Bei kleinen Becken soll der Freibord mindestens 1,0 m betragen; kleinere Freibordmaße sind zu begründen.

### 7.5 Beckenraum für andere Zwecke

Wird Beckenraum für andere Zwecke als zum Hochwasserschutz geplant, ist dieser in der Regel zusätzlich zum Hochwasserrückhalteraum bereitzustellen. Falls hierfür zeitweise auch Hochwasserrückhalteraum benutzt wird, darf die Wirksamkeit des Hochwasserrückhaltebeckens nicht wesentlich beeinträchtigt werden.

### 8 Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage

Für die Sicherheit der Gesamtanlage ist die Bemessung und Gestaltung der Hochwasserentlastungsanlage entscheidend. Dabei ist im allgemeinen der durch den Betriebsauslaß mögliche Abfluß nicht zu berücksichtigen. In allen Fällen ist von einem bis zum Stauziel gefüllten Becken auszugehen; die Retention ist im allgemeinen zu berücksichtigen.

Der Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage sind im Normallastfall Bemessungszuflüsse mit Wiederholungs-

## DIN 19 700 Teil 12

zeitspannen  $T_n$  von 100a oder 200a zugrunde zu legen (Lastfall 1 der Tabelle 2).

Für die Sicherheit des Absperrbauwerkes und der Hochwasserentlastungsanlage ist außerdem für den außergewöhnlichen Lastfall nachzuweisen, daß ein Hochwasser mit einer Wiederholungszeitspanne von  $T_n = 1000$  a (Lastfall 2 der Tabelle 2) schadlos abgeführt werden kann.

Dabei können abmindernde Bedingungen eingeführt werden, wie Ausnutzung von seitlichen Entlastungsmöglichkeiten, teilweise Inanspruchnahme des im Freibord enthaltenen Sicherheitszuschlages und anderes. Anhaltswerte für die maximale Inanspruchnahme des im Freibord enthaltenen Sicherheitszuschlages gibt Tabelle 2.

Bei kleinen Becken ist bei Anlagen mit beweglichen Verschlüssen zur Hochwasserentlastung von einem Versagen des leistungsfähigsten Verschlusses auszugehen. Für mittlere und große Becken gilt dies nur bei Anlagen mit ständig eingestauten Verschlüssen. Da ein Versagen nicht gleichzeitig mit dem Auftreten eines äußerst seltenen Abflußereignisses (Lastfall 2) zu erwarten ist, ist der Sonderlastfall bei beweglichen Verschlüssen (Lastfall 3 der Tabelle 2) zu untersuchen. Dabei wird eine geringere Wiederholungszeitspanne bei gleicher Inanspruchnahme des im Freibord enthaltenen Sicherheitszuschlages zugrundegelegt.

Das Abflußvermögen von Betriebsauslaß und Hochwasserentlastungsanlage ist in Abhängigkeit von der Stauhöhe bis zum Kronenbereich zu ermitteln und darzustellen. Dies dient auch zur Beurteilung der mit dem Freibord gegebenen Sicherheit.

## 9 Hydraulische Bemessung der Betriebseinrichtungen

Bei Hochwasserrückhaltebecken sind die Betriebseinrichtungen, dieses sind Auslaß und Hochwasserentlastungsanlage, sowie die Anlagen zur Energieumwandlung hydraulisch zu bemessen.

### 9.1 Grundablaß und Betriebsauslaß

Der Betriebsauslaß ist unter Berücksichtigung des Ausbaubeflusses des Unterlaufes zu bemessen. Bei ungesteuerten Anlagen ist die zugehörige maximale Druckhöhe durch das Stauziel festgelegt, bei gesteuerten Anlagen durch die Art des Auslasses und die Betriebsweise.

Für den Betriebsauslaß ist der maximale Durchfluß als Freispiegelleitung nachzuweisen.

Der während der Bauzeit anzunehmende Hochwasserabfluß kann für die Bemessung maßgebend sein.

Der vom Grundablaß abzuführende Abfluß bei der Entleerung des Dauerstauraumes richtet sich nach dem Abflußvermögen des Unterlaufes und nach der angestrebten Entleerungszeit.

### 9.2 Hochwasserentlastungsanlage

Die Hochwasserentlastungsanlage ist mit den Werten nach Abschnitt 8 zu berechnen. Mögliche Beeinflussungen des Abflusses durch ungünstige Anströmung, Einbauten, Pfeiler, Rechen und anderes, sowie eine teilweise Verlegung von Durchflußquerschnitten, sind zu berücksichtigen.

Sohlenstufen, wie Schußrinnen und Absturztreppe, dienen der Überwindung des Höhenunterschiedes zwischen Hochwasserentlastungsanlage und Gewässer.

Das Entstehen eines Wasser-Luft-Gemisches ist zu beachten.

### 9.3 Energieumwandlungsanlagen

Tosbecken dienen am Auslauf der Betriebseinrichtungen zur Umwandlung der kinetischen Energie.

Das Tosbecken muß den maximal aus dem Hochwasserrückhaltebecken möglichen Abfluß ohne Gefahr für das Absperrbauwerk abführen können.

## 9.4 Kombinierte Bauwerke

Bei kombinierten Bauwerken werden Auslässe und Hochwasserentlastungsanlage getrennt berechnet. Wegen der gegenseitigen Beeinflussung bei gleichzeitigem Betrieb ist eine Abflußminderung zu berücksichtigen.

Eine besondere Kombination stellen mönchartige Bauwerke dar. Bei der Bemessung der Auslaufseite soll möglichst ein druckloser Abfluß oder ein Abfluß mit geringer Druckhöhe auftreten. Wird ein größerer Aufstau im Schachtbauwerk zugelassen, darf die Druckhöhe im Schacht nur so hoch ansteigen, daß ein Rückstau in das Becken nicht eintritt. Beim Übergang vom drucklosen Abfluß zum Abfluß unter Druck sind Zuschläge wegen Turbulenz und Luftaufnahme zu machen. Eine ausreichende Belüftung und Entlüftung ist nachzuweisen.

## 9.5 Modellversuche

Strömungsvorgänge in Energieumwandlungsanlagen und kombinierten Bauwerken können in der Regel nur unzureichend rechnerisch erfaßt werden. Sie sollten durch Modellversuche nachgewiesen werden.

## 10 Konstruktive Ausbildung

Für die konstruktive Ausbildung von Hochwasserrückhaltebecken sind die Festlegungen über Untergrund und Absperrbauwerk in DIN 19 700 Teil 11 sinngemäß anzuwenden, soweit die folgenden Abschnitte 10.1 bis 10.8 keine anderen Regelungen enthalten.

### 10.1 Dämme

Für mittlere Becken, in denen Hochwasser nur kurzfristig zurückgehalten wird, und für kleine Becken sind häufig homogene Dämme zweckmäßig. Dabei ist die zeitliche Änderung der Sickerlinie durch den Damm mit der Wasserstandsganglinie im Beckenraum zu vergleichen.

Eine nur teilweise Durchsickerung der dichtenden Zone darf nur angenommen werden, wenn sichergestellt ist, daß ein länger anhaltender Stau nicht möglich werden kann.

### 10.2 Mauern

Bei geeignetem Untergrund können Mauern bei kleinen Hochwasserrückhaltebecken wirtschaftlich sein, wie sie im Wildbachverbau, in Sonderkulturen (z.B. Wein, Hopfen) oder im Siedlungswasserbau vorkommen. In diesen Fällen dienen die Becken meist gleichzeitig zur Rückhaltung von Feststoffen.

Der Abfluß kann durch Maueröffnungen in verschiedener Höhe und mit verschiedenem Querschnitt entsprechend dem angestrebten Rückhaltevolumen abgeführt werden. Außerdem kann ein Teil der Mauerkrone als Hochwasserentlastungsanlage ausgebildet werden.

### 10.3 Geländeeintiefungen und Versickerungen

Unter Umständen können Hochwasserrückhaltebecken auch durch Vertiefen von Gelände oder durch Ausnutzen vorhandener Eintiefungen geschaffen werden.

Soll Wasser unmittelbar durch die Beckensohle versickern, ist auf vorhandene Grundwasserverhältnisse und auf die Erhaltung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes besonders zu achten. Dazu sind unter Umständen Einrichtungen für eine flächige Räumung mit Großgeräten zu schaffen. Die Sickerleistung kann durch Sickerschächte, Sickerschlitze oder Sickerleitungen erhöht werden, für die ein filterstabiler Aufbau vorzusehen ist.

## 10.4 Beckenbereich

### 10.4.1 Totraum

Bei Anlage eines Totraumes ist wegen der erforderlichen Räumung ein Weg in diesen Raum vorzusehen. Der Totraum ist so auszubilden, daß eine Entwässerung für die Räumung gesichert ist. Wird mit schwimmendem Gerät geräumt, genügt eine Zufahrt. Ablagerungsflächen für das Spülgut sind auszuweisen.

Verlandungsräume können im Bereich der Stauwurzel in Form von Vorsperren, Sandfängen, Stützwällen und ähnlichem oder im Dauerstauraum angeordnet werden.

### 10.4.2 Dauerstauraum

Im Hinblick auf die Gewässergüte sind erforderlichenfalls biologisch abbaubare Stoffe, wie Humus und Bewuchs, zu entfernen.

Sofern der Dauerstauraum nicht durch das vorhandene Bodenrelief gegeben ist, ist er durch Abgrabungen im Beckenbereich zu gewinnen, die nicht unbedingt an das Absperrbauwerk anzuschließen brauchen. Die erforderliche Wassertiefe hängt vor allem von der Wasserbeschaffenheit und der Nutzung ab. Soll ein Zuwachsen verhindert werden, so ist in der Regel eine Mindesttiefe von 2 m vorzusehen.

Der Boden des Dauerstauraumes ist so dicht auszubilden, daß der Stau auch bei Niedrigwasserabfluß möglichst gehalten wird. Hierfür genügen in der Regel einfache Verfahren wie Verdichten oder Einbau von bindigen Böden.

### 10.4.3 Vordämme und Zwischendämme

Durch einen Vordamm wird ein gleichbleibender Wasserstand im Bereich der Stauwurzel erreicht.

Zwischendämme schaffen einzelne Polder, die den Betrieb bei unterschiedlichen Hochwasserabflüssen erleichtern.

Sofern kein besonderer Überlauf vorgesehen ist, muß die Dammkrone überströmbar sein. Die Böschung ist mindestens mit einer Neigung von 1 : 6 auszubilden und entsprechend zu schützen; bei steileren Neigungen ist sie zu befestigen. Ein Auslaß ist in der Regel vorzusehen.

Bei den Standsicherheitsnachweisen ist zu beachten, daß beide Dammseiten unterschiedlich hoch eingestaut sein können.

### 10.4.4 Nebenanlagen

Die im Beckenbereich untergehenden Wege sind so zu ersetzen, daß sie auch zur Unterhaltung der Anlage herangezogen werden können. Die Wege und Zufahrten sind nach den einschlägigen Richtlinien<sup>4)</sup> auszubilden.

### 10.4.5 Gewässerausbau

Im Hochwasserrückhaltebecken ist das Gewässer an den Standort des Auslasses anzupassen. Die häufig eingestauten Gewässerstrecken können meist nicht naturnah ausgebaut werden, wie dies im Bereich seltener Überflutungen möglich ist.

Um natürlich gestaltete Uferzonen zwischen häufig und weniger häufig überfluteten Flächen zu schaffen, empfiehlt sich die Anlage einer Stufe im Beckenraum, die mit einem Sohlenbauwerk hergestellt wird.

### 10.4.6 Entwässerung

Die Geländeoberfläche des Rückhaltereaumes ist gegebenenfalls so zu gestalten, daß der Abfluß bei Entleerung des Beckens nicht behindert wird.

Ergänzend können Gräben und Dränungen zur Vorflutbeschaffung und besseren Bewirtschaftung erforderlich werden.

## 10.5 Betriebsauslaß

Der Betriebsauslaß steht in der Regel nicht ständig unter Druck. Die Rohrleitung kann als einfache Leitung verlegt werden. In Sonderfällen, z. B. bei schwierigen Untergrundverhältnissen und Bergsenkungsgebieten, kann eine Verlegung in Mantelrohren mit Leckagekontrollmöglichkeit erforderlich werden.

Der Betriebsauslaß wird meist als Grundablaß ausgeführt.

### 10.5.1 Einlaufbauwerk

Ein Versetzen des Betriebsauslasses kann durch einen Grobrechen erschwert werden, der möglichst räumlich auszubilden ist und für die Reinigung zugänglich sein sollte. Bei der statischen Berechnung ist als Lastfall ein versetzter Rechen zu berücksichtigen.

Einem Versetzen des Rechens kann durch eine geeignete bauliche Gestaltung, z. B. eine Tauchwand, entgegengewirkt werden. Die Möglichkeit zum Einbau eines Revisionsverschlusses, der erforderlichenfalls überströmbar auszubilden ist, ist vorzusehen.

### 10.5.2 Rohrleitung

Die Rohrleitung zwischen Zulaufseite und Auslaufseite eines Auslasses ist bei kleinen Becken bekriechbar mit mindestens 0,8 m Durchmesser oder 0,8 m Höhe und 0,6 m Breite auszuführen. Bei mittleren und großen Becken müssen Durchmesser oder Höhe mindestens 1,2 m betragen, dies wird auch für kleine Becken empfohlen. Der Durchmesser von Drosselstrecken richtet sich dagegen nach hydraulischen Gesichtspunkten. Es kann angebracht sein, den Abfluß auf zwei Rohrleitungen zu verteilen.

### 10.5.3 Absperrarmaturen

Art und Anordnung der Absperrarmatur richten sich nach der Funktion des Beckens. Die Anordnung eines zweiten Verschlusses kann angebracht sein. Die Verschlüsse können auf der Wasserseite oder Luftseite ausgeführt werden. Eine selbsttätige Steuerung sollte nur dann vorgesehen werden, wenn eine regelmäßige Wartung sichergestellt werden kann. Alle Absperrarmaturen müssen auch von Hand bedienbar sein.

Die Anlagen sind gegen unbefugtes Benutzen zu sichern; das Unterbringen der Bedienungsteile in verschließbaren Bauwerken wird empfohlen.

Bei kleinen Hochwasserrückhaltebecken mit Absperrarmatur im Auslaß genügt in der Regel die Anordnung eines Verschlusses. Unter Umständen kann eine Umgehungsleitung (Bypass) oder ein Revisionsverschluß vorgesehen werden.

### 10.5.4 Auslaufbauwerk

Das Auslaufbauwerk ist so zu gestalten, daß schädliche Angriffe des Wassers auf das Absperrbauwerk nicht zu befürchten sind und auf Sohle und Böschungen des Gewässers weitgehend vermieden werden. Häufig ist ein gemeinsames Bauwerk für Auslaß und Hochwasserentlastungsanlage zweckmäßig, das als Sturzbett mit oder ohne Strahlzerteiler oder als Tosbecken auszubilden ist. Unter Umständen ist ein Dammbalkenverschluß vorzusehen.

## 10.6 Hochwasserentlastungsanlage

### 10.6.1 Feste Überfälle

Bei Dämmen werden feste Überfälle als Trogüberfall am Hang, als Trichterüberfall oder Schachtüberfall im Becken ausgeführt; bei Mauern kann direkt über das Absperrbauwerk entlastet werden. Gefälle und Querschnitt sind nach hydrodynamischen Gesichtspunkten zu bemessen.

<sup>4)</sup> Richtlinien für den ländlichen Wegebau, RLW-7 Heft 103 der DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft.

Die Überfallkrone kann in Anlehnung an DIN 19 661 Teil 2 ausgebildet werden; günstig sind dachförmige Querschnitte mit abgerundeter Krone oder vollständig abgerundete Kronen sowie die Ausbildung der Überfallwand als Schußboden. Überfälle sind erforderlichenfalls zur Vermeidung des Unterdruckes mit Strahlaufreißern auszustatten. Trogüberfälle und deren Ableitungsgerinne können aus Gründen der Landschaftsgestaltung überdeckt, erdüber-schüttet und bepflanzt werden. Bei tiefen Trögen ist eine Möglichkeit zum Einsteigen vorzusehen.

Das Entlastungsgerinne sollte als Schußrinne oder Absturztreppe ausgeführt werden; ein einfaches Pflastern der Dammböschung genügt meist nicht.

Besteht topographisch und morphologisch die Möglichkeit, eine zusätzliche Entlastung an der Flanke des Dammes, z. B. als Dammscharte, anzuordnen, so ist der Verlauf des Abflusses zu prüfen. Entsprechende Sicherungen gegen Erosionen im Dammbereich sind erforderlichenfalls vorzusehen.

#### 10.6.2 Entlastungsgerinne

Das Entlastungsgerinne ist als Schußrinne, Sohlgleite oder Absturztreppe auszubilden. Bei überdeckten Gerinnen ist eine ausreichende Belüftung sicherzustellen.

Bei Hochwasserentlastungsanlagen, die äußerst selten anspringen, ist zu prüfen, ob bei der Einleitung in das Gewässer auf ein Tosbecken verzichtet werden kann, wenn dadurch keine Gefahr für das Absperrbauwerk entsteht. Unter Umständen wird ein Anschluß des Entlastungsgerinnes an das Gewässer überhaupt nicht erforderlich.

#### 10.6.3 Heber

Die Anordnung von Hebern kann bei besonders beengten Verhältnissen notwendig werden. Soll verhindert werden, daß sie mit maximalem Durchfluß anspringen, sind sie stufenweise, auch mit unterschiedlichem Querschnitt, anzuordnen. Wegen der häufig auftretenden Kavitation sind Heber meist gepanzert auszuführen.

#### 10.7 Kombinierte Bauwerke

Die Hochwasserentlastungsanlage kombinierter Bauwerke wird bei kleinen Becken häufig auch als fester Überfall über den Damm ausgeführt; ihr Auslaß wird als Grundablaß durch den Damm geführt.

Es besteht auch die Möglichkeit, im Damm ein Massivbauwerk zu errichten, das eine Öffnung als Auslaß und eine feste Überfallkrone als Hochwasserentlastungsanlage aufweist.

Bei mittleren und großen Becken werden für die Hochwasserentlastungsanlage häufig bewegliche Verschlüsse angeordnet. Dabei sind die entsprechenden Ausführungen von DIN 19 700 Teil 13 sinngemäß anzuwenden.

#### 10.8 Mönchartige Bauwerke

Die Querschnitte des Schachtes und der Auslaufseite sind gegenüber denen der Zulaufseite möglichst groß gestalten.

Der Betriebsauslaß ist entsprechend Abschnitt 10.5 auszubilden, die Hochwasserentlastungsanlage als fester Überfall, nach Bedarf mit einem räumlichen überström-baren Rechen.

Ist in dem mönchartigen Bauwerk eine Stauwand enthalten, ist ein Absperrorgan zur Entleerung des gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraaumes und des Dauerstauraumes einzubauen. Die Stauwand im Schacht kann mit mehreren, unterschiedlich großen und in der Höhe gestaffelten Öffnungen oberhalb des Dauerstauraumes zur Vorentlastung versehen werden. Das Dauerstauziel kann durch austauschbare Staulemente geregelt werden; hierdurch kann der Rückhalteraum besser ausgenutzt werden.

### 11 Meßeinrichtungen

Bei kleinen Hochwasserrückhaltebecken können Meßeinrichtungen für Abfluß und Niederschlag entfallen. Sie sind jedoch zumindest mit einem Lattenpegel zu versehen.

#### 11.1 Messen von Abfluß und Wasserstand

Im Interesse eines optimierten Betriebes und der Beweissicherung sollen Wasserstände, Zuflüsse und Abflüsse durch Schreibpegel erfaßt werden. Bei entsprechender Bedeutung sind Datenerfassungsgeräte oder Anrufbeantworter vorzusehen; unter Umständen können auch Alarminrichtungen notwendig werden.

Die Stellung der Verschlußorgane ist meßtechnisch zu überwachen.

#### 11.2 Messen des Niederschlages

Von den errichteten Niederschlagsmeßstellen sind diejenigen weiter zu betreiben, die für das Gebiet repräsentative Ergebnisse erbracht haben. Zur Hochwasservorhersage kann es zweckmäßig sein, eine Meßstelle auf dem Betriebsgelände zu errichten oder Meßwerte durch Fernübertragung zu erhalten.

### 12 Inbetriebnahme, Betrieb, Instandhaltung

#### 12.1 Inbetriebnahme

Der Betrieb von Hochwasserrückhaltebecken setzt voraus, daß alle Anlagen und Einrichtungen funktionsfähig sind und eine Betriebsvorschrift vorliegt.

Vor der Freigabe zum Betrieb sollte ein Probestau stufenweise bis zur Höhe von mindestens Dreiviertel des zum gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum gehörenden Stauzieles durchgeführt werden; unter Umständen ist hierfür ein geeigneter Hochwasserabfluß abzuwarten.

#### 12.2 Betrieb

Hochwasserrückhaltebecken sind nach einer Betriebsvorschrift zu betreiben, in der die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten für den Betrieb und die Instandhaltung der Anlage zu regeln sind. Zur Betriebsvorschrift gehören ein Betriebsplan, ein Hochwassermelde- und Alarmplan mit Anschriften- und Fernsprechverzeichnis sowie eine Dienst-anweisung für den Stauwärter. Die Betriebsvorschrift ist von Zeit zu Zeit im Hinblick auf die Betriebserfahrungen zu überprüfen und diesen anzupassen.

Für den Betrieb von Hochwasserrückhaltebecken sind ein Betriebsleiter und in der Regel ein Stauwärter einzusetzen.

Der Betriebsplan hat eindeutige Steuerungsvorschriften für den Betrieb des Beckens beim Einstau zu enthalten.

Nach einem Hochwassermelde- und Alarmplan sind alle Informationen über den Eintritt des Einstaus, seinen weiteren Verlauf sowie über außergewöhnliche Betriebsfälle und Gefahren weiterzugeben.

Es ist ein Betriebstagebuch<sup>5)</sup> zu führen.

#### 12.3 Beckenbuch

Für Betrieb und Instandhaltung von Hochwasserrückhaltebecken hat der Träger der Anlage ein Stauanlagenbuch (Beckenbuch)<sup>6)</sup> anzulegen.

#### 12.4 Instandhaltung

Der Träger der Anlage hat durch Überwachung und Unterhaltung die jederzeitige Funktionsfähigkeit und Betriebsbereitschaft des Hochwasserrückhaltebeckens sicherzustellen. Die notwendigen Arbeiten hierzu sind in Checklisten zusammenzustellen.

<sup>5)</sup> DVWK-Merkblatt 202 „Hochwasserrückhaltebecken, Bemessung und Betrieb“

#### 12.4.1 Überwachung

Die Anlage ist regelmäßig zu überwachen auf Verformungen, Sickerwasser, Zustand der maschinellen Teile und Schalteinrichtungen sowie Funktionsfähigkeit der Meßeinrichtungen. Der Zustand der Ufer, des Beckenbereiches und des Dauerstaues sowie auftretende bauliche Schäden, Befall durch Wühltiere und Wasseraustritte sind in die Überwachung einzubeziehen.

#### 12.4.2 Unterhaltung

##### 12.4.2.1 Wartung

Die Wartung hat sich auf die gesamte Anlage zu erstrecken, vor allem auf Absperrbauwerk, Hochwasserentlastungsanlage, Betriebsauslaß und sonstige Betriebseinrichtungen, Pegelanlagen, Meß- und Beobachtungseinrichtungen und Beckenraum.

Die Bepflanzung ist regelmäßig zu pflegen. Kleine Mängel sind im Zuge der Wartungsarbeiten zu beseitigen.

##### 12.4.2.2 Instandsetzung

Instandsetzungsarbeiten zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit für Anlagenteile und Einrichtungen des Hochwasserrückhaltebeckens sind so vorzubereiten und durchzuführen, daß die Sicherheit und Betriebsbereitschaft für Hochwasserrückhalt und Abgaberegulierung bei Hochwasserereignissen sichergestellt bleiben.

### 13 Systeme von Hochwasserrückhaltebecken

Systeme von Hochwasserrückhaltebecken bestehen aus mehreren Hochwasserrückhaltebecken in einem Flußgebiet, die in hydrologischer Beziehung als Einheit wirken mit dem Ziel, einen sich gegenseitig ergänzenden flächenhaften Hochwasserschutz zu erreichen.

#### 13.1 Grundlagen

Die hydrologischen und hydraulischen Beziehungen, insbesondere eine Abflüßvorhersage, bilden die Grundlage für eine zentrale Steuerung der Einzelanlagen.

Die Wechselwirkung zwischen Größe und Betrieb der einzelnen Hochwasserrückhaltebecken und dem überörtlichen Hochwasserschutz erfordert eine eingehende hydrologische Untersuchung des gesamten Flußgebietes, die meist nur mit detaillierten Niederschlag-Abfluß-Modellen vorgenommen werden kann.

Werden Hochwasserrückhaltebecken eines Systems auf Hochwasser verschiedener Wiederholungszeitspannen ausgelegt, ist die Wirkung des Systems für die einzelnen Bemessungshochwasser zu untersuchen.

Die unterschiedlichen Auswirkungen auf die Veränderung der Abflüsse, die durch die zeitliche Aufeinanderfolge beim Bau der einzelnen Hochwasserrückhaltebecken entstehen, sind zu untersuchen. Bei der Festlegung der Rangfolge bei dem Bau der Becken sind auch wirtschaftliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen.

#### 13.2 Wirkungsweise

Hochwasserrückhaltebecken eines Systems können parallel oder hintereinander angeordnet oder kombiniert werden. Durch die Anordnung eines größeren Hochwasserrückhaltebeckens im Mittel- oder Unterlauf und mehreren kleineren Becken im Gebiet des Oberlaufes eines Gewässers kann eine günstige Verbundwirkung erreicht werden. Bei paralleler Anordnung kann häufig der flächenhafte Hochwasserschutz gegenüber hintereinander angeordneten Hochwasserrückhaltebecken verbessert werden.

Bei hintereinander angeordneten Becken ist die Möglichkeit, daß durch Vorentlastung des unteren Beckens die Hochwasserwelle künstlich beschleunigt wird, in der Regel durch den Betriebsplan auszuschließen. Bei hintereinander geschalteten Becken können für die Bemessung der Hochwasserentlastungsanlagen besondere Nachweise erforderlich werden.

Für die planmäßige Verbundwirkung von großen und kleinen Becken ist eine um die Fließzeit der Hochwasserwellen verschobene Fülldauer und Entleerungsdauer Voraussetzung.

#### 13.3 Steuerung

Die Wirkung von Systemen von Hochwasserrückhaltebecken läßt sich nur durch eine abgestimmte, zentrale Steuerung sicher erreichen.

Dem Steuerungsschema soll, soweit möglich, eine Hochwasservorhersage zugrunde gelegt werden, deren Zeitspanne etwa der längsten Fließzeit im Flußgebiet entspricht. Durch die Hochwasservorhersage muß der zu erwartende Hochwasserablauf an den einzelnen Kontrollquerschnitten in den Becken und den Gewässerstrecken abgeschätzt werden können. Um die Verbundwirkung zu erzielen, müssen die aktuellen Daten des Hochwasserablaufes und des Betriebes in die Steuerung einfließen. Zur Sicherstellung der Verbundwirkung sind die Betriebspläne aufeinander abzustimmen und ein zentrales Steuerungsschema aufzustellen.

Der Betrieb kann bei paralleler Anordnung gegenüber der Anordnung hintereinander den örtlichen Hochwasserverhältnissen nur durch einen vermehrten Aufwand für die Steuerung besser angepaßt werden.

**Zitierte Normen und andere Unterlagen**

- DIN 4048 Teil 1 (z. Z. Entwurf) Wasserbau, Begriffe; Stauanlagen  
DIN 19 661 Teil 2 Richtlinien für Wasserbauwerke; Sohlenbauwerke; Abstürze, Schußrinnen, Sohlgleiten, Absturztrep-  
pen, Stützschnellen, Sohlsehnellen, Grundschnellen  
DIN 19 700 Teil 10 Stauanlagen; Gemeinsane Festlegungen  
DIN 19 700 Teil 11 Stauanlagen; Talsperren  
DIN 19 700 Teil 13 Stauanlagen; Staustufen  
DIN 19 700 Teil 14 (z. Z. Entwurf) Stauanlagen; Pumpspeicherbecken  
DVWK-Merkblatt 202 Hochwasserrückhaltebecken; Bemessung und Betrieb <sup>6)</sup>  
Empfehlungen zur Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeit, Heft 101 der DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft. <sup>6)</sup>  
Anwendung von Niederschlag-Abfluß-Modellen in kleinen Einzugsgebieten, Heft 112/113 der DVWK-Regeln zur Wasserwirt-  
schaft. <sup>6)</sup>  
Richtlinien für den ländlichen Wegebau, RLW-7 Heft 103 der DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft <sup>6)</sup>  
Niederschlag – Starkregenauswertung nach Wiederkehrzeit und Dauer, Heft 124 der DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft. <sup>6)</sup>

**Änderungen**

Gegenüber DIN 19 700 T 99/10.80, wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vornormcharakter aufgehoben;
- b) die Norm wurde in die Reihe „Stauanlagen“ eingegliedert;
- c) die für alle Stauanlagen geltenden Festlegungen wurden von DIN 19 700 Teil 99 in DIN 19 700 Teil 10 übernommen;
- d) Festlegungen, die auch für Talsperren gelten, wurden durch den Verweis auf DIN 19 700 Teil 11 ersetzt;
- e) die Norm wurde darüber hinaus sachlich und redaktionell überarbeitet.

**Frühere Ausgaben**

DIN 19 700 Teil 99: 10.80

**Internationale Patentklassifikation**

E 02 B 7/00

E 02 B 8/00

E 02 B 9/00

<sup>6)</sup> Herausgeber: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK), Gluckstraße 2, 5300 Bonn.

# Stauanlagen

## Stautufen

**DIN**  
**19 700**  
Teil 13

Dam plants; weir  
Barrages; biefs

Mit DIN 19 700 T 10/01.86  
Ersatz für  
DIN 19 700 T 2/06.69

### Inhalt

	Seite		Seite
<b>1 Anwendungsbereich</b>	1	<b>4.1.6 Modellversuche</b>	2
<b>2 Begriffe</b>	1	<b>4.1.7 Sonstiges</b>	3
2.1 Stautufe	1	<b>4.2 Feste Wehre</b>	3
2.2 Wehr	1	<b>4.3 Bewegliche Wehre</b>	3
<b>3 Bemessungshochwasserzufluß</b>	2	4.3.1 Allgemeines	3
3.1 Wiederholungszeitspanne	2	4.3.2 Wehrverschlüsse	3
3.2 Abflußveränderungen und Rückhaltevermögen	2	4.3.3 Antriebe	3
<b>4 Gestaltung der Wehre</b>	2	4.3.4 Wehrsteuerung	3
4.1 Grundsätzliches	2	4.3.5 (n-1)-Bedingung	4
4.1.1 Einteilung der Wehre	2	<b>4.4 Kombinierte Wehre</b>	4
4.1.2 Bauteile der Wehre	2	<b>5 Stauhaltungsdämme</b>	4
4.1.3 Konstruktive Durchbildung	2	<b>6 Sonstige Anlagen</b>	4
4.1.4 Berechnung der Standsicherheit	2	<b>7 Meß- und Überwachungseinrichtungen</b>	5
4.1.5 Abdichtungen und Anschlüsse	2		

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt in Verbindung mit DIN 19 700 Teil 10 für Stautufen und enthält die hierfür besonderen Festlegungen. Bei Fragen der konstruktiven Gestaltung kann es in manchen Fällen notwendig sein, zusätzlich auch DIN 19 700 Teil 11 mit heranzuziehen und sinngemäß anzuwenden.

In dieser Norm werden Wehre und Stauhaltungsdämme behandelt, die zusammen mit anderen Absperrbauwerken und der Stauhaltung eine Stautufe bilden. Zu den anderen Absperrbauwerken gehören vor allem Wasserkraftwerke, Schiffsschleusen und Deiche. Für diese Absperrbauwerke liegen zum Teil eigene Regelwerke [1] vor.

Die folgenden Festlegungen gelten für alle Stautufen, unabhängig von Stauhöhe und Größe des Stauraumes.

Nicht als Wehre gelten Sohlen- und Grundschwellen, durch die keine Anhebung des Wasserspiegels und kein Fließwechsel beim Überströmen auftritt. Ebenso zählen Anlagen der Wildbachverbauung sowie Entlastungsanlagen anderer Stauanlagen nicht als Wehre im Sinne dieser Norm.

## 2 Begriffe

Begriffe für Stauanlagen sind in DIN 4048 Teil 1 (z. Z. Entwurf) festgelegt.

### 2.1 Stautufe

Eine Stautufe ist eine Stauanlage, die im wesentlichen nur den Fluß und nicht die ganze Talbreite absperrt. Sie besteht aus Absperrbauwerken (Wehr mit Stauhaltungsdämmen bzw. Deichen und gegebenenfalls Kraftwerk und Schiffsschleuse) und der Stauhaltung. Eine Stautufe dient meist nur in geringerem Umfang der Speicherung von Wasser.

Stautufen dienen je nach Einzelfall der Hebung, Erhaltung oder Regelung der Fluß- und Grundwasserstände, der Änderung des Gefälles und der Regelung des Abflusses zum Zwecke der Wasserkraftnutzung, der Schiffbarmachung, dem Reinigen des Flußwassers, dem Bereitstellen und der Entnahme von Wasser für Bewässerung und der Trink- und Betriebswasserversorgung. Außerdem dienen Stautufen dem Schutz der Flußsohle gegen Erosion und gelegentlich auch der Landschaftsgestaltung.

### 2.2 Wehr

Ein Wehr ist ein Absperrbauwerk, das der Hebung des Wasserstandes und meist auch der Regelung des Abflusses dient und das zusammen mit anderen Bauwerken (z. B. Stauhaltungsdämmen, Deichen, Wasserkraftwerken, Schiffsschleusen) und der Stauhaltung eine Stautufe bildet.

Wehre können zeitweise oder ständig überströmt, durchströmt oder gleichzeitig über- und durchströmt werden.

„DIN 19700 Teil 13 ist mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. abgedruckt worden. Dieser Abdruck läßt das Urheberrecht an DIN 19700 Teil 13 unberührt fortbestehen. Diese Norm ist beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 1000 Berlin 30, erschienen und erhältlich.“

## DIN 19 700 Teil 13

**3 Bemessungshochwasserzufluß****3.1 Wiederholungszeitspanne**

Die Wiederholungszeitspanne ( $T_n$ ) für den Bemessungshochwasserzufluß ist für Staustufen mit  $T_n = 100$  a anzusetzen.

In besonderen Fällen kann es angezeigt sein, dem Bemessungshochwasserzufluß eine längere oder kürzere Wiederholungszeitspanne zugrunde zu legen. Bei längerer Wiederholungszeitspanne darf der im Freibordmaß enthaltene Sicherheitszuschlag auf einen noch vertretbaren Mindestwert herabgesetzt werden. Hierbei ist zu beachten, daß auch bei gewählten Bemessungshochwasserzuflüssen mit einer längeren Wiederholungszeitspanne als  $T_n = 100$  a keine größeren Schäden entstehen sollen, als sie ohne Vorhandensein der Staustufe auftreten würden. Die Sicherheit der Absperrbauwerke muß auch in diesem Fall sichergestellt sein.

**3.2 Abflußveränderungen und Rückhaltevermögen**

Fließt nicht das gesamte Bemessungshochwasser durch die Staustufe, sondern ein Teil außerhalb der Stauhaltung ab, so kann dies bei der Bemessung der Absperrbauwerke berücksichtigt werden. Dies gilt auch für das gesicherte Hochwasserrückhaltevermögen von oberhalb der Staustufe im Einzugsgebiet gelegenen Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken. Der gewählte Hochwasserabfluß ist zu begründen. Künstliche Veränderungen der Hochwasserwelle infolge anderer Staustufen am gleichen Fluß oder durch Wegfall von natürlichen Retentionsräumen und ähnliches, sind zu beachten.

**4 Gestaltung der Wehre****4.1 Grundsätzliches**

Die Gestaltung der Wehre richtet sich vor allem nach deren Aufgaben. Dabei sind auch die Möglichkeiten der Baudurchführung zu berücksichtigen.

Wehre werden statisch und dynamisch beansprucht; dem ist bei der Gestaltung und Dimensionierung Rechnung zu tragen.

An schiffbaren Flüssen ist das Wehr so anzuordnen und zu gestalten, daß bei Wasserständen bis zum Höchsten Schiffahrtswasserstand (HSW) vom Wehrbetrieb keine unzulässigen, die Schiffahrt behindernden oder gefährdenden Strömungen ausgehen.

**4.1.1 Einteilung der Wehre**

Unterschieden werden: Feste Wehre, Bewegliche Wehre und Kombinierte Wehre.

**4.1.2 Bauteile der Wehre**

Wehre bestehen in der Regel aus festen Staukörpern, Wehrverschlüssen, Tosbecken, Wehrpfeilern, Wangenmauern, Uferanschlüssen, ober- und unterwasserseitigen Flußbettsicherungen und baulichen Maßnahmen gegen Um- und Unterläufigkeit.

**4.1.3 Konstruktive Durchbildung**

Die Massivbauteile eines Wehres sind konstruktiv so zu gestalten, daß keine unzulässigen Verformungen, Rißbildungen und Setzungsdifferenzen an Fugen auftreten. Dies gilt in besonderem Maße bei beweglichen Wehren, bei denen die statischen Systeme des Stahlwasserbaues und des Massivbaues sorgfältig aufeinander abzustimmen sind.

Als weitere Gesichtspunkte kommen in Betracht:

Bauwerksfugen, zweckmäßiges Einteilen der Betonierabschnitte, Schwindlamellen, Vorspannung. Ferner sind Betone mit geringer Wärmeentwicklung und kleinem Schwindmaß von Vorteil.

Bei der Formgebung der Wehrelemente ist darauf zu achten, daß der Durchfluß durch das Wehr möglichst strömungsgünstig erfolgt, wobei der Einfluß beweglicher Wehrteile zu berücksichtigen ist.

Durch Feststofftransport oder Kavitation besonders beanspruchte Wehrteile sollen durch geeignete Maßnahmen strömungstechnischer, betontechnologischer oder konstruktiver Art (z. B. Panzerung) geschützt werden.

Das Tosbecken ist so auszubilden, daß die überschüssige Energie des abfließenden Wassers auf ein unschädliches Maß umgewandelt wird und Veränderungen am Flußbett, die den Bestand des Bauwerkes oder der Ufer gefährden, verhütet werden. Schädliche Rückwirkungen auf bewegliche Wehrteile müssen vermieden werden.

**4.1.4 Berechnung der Standsicherheit**

Für die Berechnung der Standsicherheit von Massivbauwerken gilt DIN 19 702, für Stahlwasserbauten DIN 19 704. Bei der Berechnung von Absperrbauwerken aus Beton kann es in manchen Fällen notwendig sein, über DIN 19 702 hinaus die entsprechenden Festlegungen von DIN 19 700 Teil 11 heranzuziehen und sinngemäß anzuwenden.

**4.1.5 Abdichtungen und Anschlüsse**

Die Wehranlage ist nach Möglichkeit an eine, das Durchsickern unterbindende oder hemmende Schicht des Untergrundes mittels geeigneter Maßnahmen, wie z. B. Herdmauern, Schürzen oder Dichtungswänden anzuschließen.

Ist der Anschluß an eine dichte oder das Durchsickern hemmende Schicht des Untergrundes aus technischen Gründen nicht möglich oder wirtschaftlich nicht vertretbar, so sind besondere Maßnahmen erforderlich, um die Standsicherheit des Wehres sicherzustellen. Sinngemäß ist bei Uferanschlüssen und Dämmen im Hinblick auf mögliche Um- und Unterläufigkeiten zu verfahren.

Besondere Bedeutung kommt der konstruktiven Gestaltung des Anschlusses von Massivbauwerken an Dämme bzw. Dichtungen zu. Durch besondere konstruktive Maßnahmen ist die Ausbildung schädlicher Wasserwege zu verhindern. Auf die diesbezüglichen Festlegungen in DIN 19 700 Teil 10 wird besonders hingewiesen.

**4.1.6 Modellversuche**

Für die Gestaltung von Wehren und zum Nachweis bzw. zur Verbesserung ihrer strömungstechnischen Wirkungsweise kann ein Modellversuch im geeigneten Maßstab bzw. ein Gutachten einer wasserbaulichen Versuchsanstalt zweckmäßig sein. Insbesondere für die Beurteilung der Energieumwandlung (Hydraulische Wirksamkeit, Sicherheit gegen Abwandern der Deckwalze, Kolkentwicklung) und für die detaillierte Gestaltung eines Tosbeckens ist ein Modellversuch meistens unumgänglich.

Hierbei sind neben den zum Stauziel gehörenden Betriebszuständen auch Zwischenzustände zu überprüfen, die

sich z. B. aus dem Bauablauf der Staustufe bzw. einer Teilstauerrichtung ergeben können.

Modellversuche ermöglichen auch die Festlegung von Bauwerksabmessungen, die genaue Bestimmung der dynamischen Kräfte und der Abflußleistungen sowie eine Beurteilung des Geschiebe- und Treibzeugdurchganges.

Auch die Verschlüsse beweglicher Wehre und ihr Zusammenwirken mit den festen Wehrteilen sollen bei nicht ausreichender Erfahrung im wasserbaulichen Modell untersucht werden.

#### 4.1.7 Sonstiges

Für Wartungs- und Überwachungsaufgaben sowie im Hinblick auf die Belange der Gewässeraufsicht muß die Staustufe, insbesondere das Wehr, stets gut zugänglich sein.

Größere Wartungsmaßnahmen sollten in die der Wahrscheinlichkeit nach hochwasserfreie Zeit des Jahres verlegt werden.

Möglichkeiten zur Verbesserung der Gewässerbeschaffenheit durch Erhöhung des Sauerstoffeintrages (Belüftung) mittels konstruktiver Maßnahmen, z. B. an den Wehrverschlüssen oder am festen Staukörper, sind in Erwägung zu ziehen.

Die Staustufe ist harmonisch in die Umgebung einzugliedern. Der Umfang der Maßnahmen soll dem Rahmen und der Größe der geplanten Anlage entsprechen. Belange der Freizeit und Naherholung sind zu berücksichtigen. Auf mögliche, aus dem Wehrbetrieb entstehende Gefahrensituationen, z. B. durch Schwallen, ist durch Hinweisschilder oder sonstige geeignete Maßnahmen aufmerksam zu machen.

### 4.2 Feste Wehre

Feste Wehre sind Absperrbauwerke mit festem Staukörper ohne bewegliche Teile (Wehrverschlüsse) zur Regelung des Oberwasserspiegels. Sie dürfen nur dort errichtet werden, wo unbeeinflussbare Hebungen des Oberwasserspiegels in Kauf genommen werden können.

Wehrkrone, Wehrrücken und Tosbecken sind in einer hydraulisch günstigen Form auszubilden, die aufgrund von Erfahrungen und Berechnungen festgelegt wird und durch Modellversuche überprüft und im Detail gestaltet werden kann. Dies gilt gleichermaßen für Wangen, Uferanschlüsse und eventuell vorhandene Pfeiler.

Eine Sonderstellung in der Gruppe der festen Wehre nehmen Heberwehre ein. Sie haben zwar im allgemeinen keine beweglichen Verschußteile, ermöglichen aber trotzdem eine begrenzte Regelung des Oberwasserspiegels. Zuverlässiges, wenn notwendig gestaffeltes Anspringen muß gesichert sein. Belüftungen an den Einlaufrippen und bedienbare Scheitelbelüftungen sind vorzusehen.

Das Ableiten von Eis und Geschwemmsel ist bei Heberwehren besonders zu beachten.

### 4.3 Bewegliche Wehre

#### 4.3.1 Allgemeines

Bewegliche Wehre sind Absperrbauwerke mit beweglichen Teilen (Wehrverschlüsse) zur Regelung des Wasserspiegels und des Durchflusses. Anzahl und Durchflußquerschnitt der Wehröffnungen, Art der Wehrverschlüsse und deren Teilhöhen bei zweiteiligen Wehrverschlüssen, Höhenlage der Wehrschwelle mit oder ohne Höcker sind nach den örtlichen und hydraulischen Gegebenheiten

sowie den statischen Systemen der Wehrverschlüsse und tiefbaulichen Anlageteile, der Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit sowie den besonderen Betriebsbedingungen (Fein- und Schnellregelung, Geschiebe- und Geschwemmselabfuhr, Eisverhältnisse) festzulegen.

#### 4.3.2 Wehrverschlüsse

Als Wehrverschlüsse dürfen nur Konstruktionen verwendet werden, die die betrieblichen Anforderungen erfüllen, betriebssicher und entsprechend den Ausführungen in Abschnitt 4.3.3 bedienbar sind. Trotzdem ist der Ausfall eines Wehrfeldes entsprechend Abschnitt 4.3.5 zu berücksichtigen.

Sprechen keine besonderen Gründe dagegen, so ist jenen Wehrverschlüssen der Vorzug zu geben, die sich mit geringer Antriebskraft oder durch den Wasserdruck öffnen lassen.

Durch geeignete Formgebung der Wehrverschlüsse ist zu verhindern, daß an Wehrverschlüssen und am Bauwerk gefährliche Schwingungen, Unterdrücke und Kavitation auftreten. Auch hierbei kann ein wasserbaulicher Modellversuch wertvolle Hilfe leisten.

Durch Revisionsverschlüsse (Notverschlüsse) ist sicherzustellen, daß die Wehrverschlüsse feldweise geprüft, instandgesetzt und gegebenenfalls erneuert werden können.

#### 4.3.3 Antriebe

Antriebe und Wehrverschlüsse sind so aufeinander abzustimmen und zu bemessen, daß die Wehrverschlüsse auch bei Ausfall der Hauptenergiequelle bedienbar bleiben und somit der Durchflußquerschnitt sowohl freigegeben als auch verschlossen werden kann. In der Regel ist deshalb eine zweite unabhängige Energiequelle vorzuhalten, auf die bei kleineren Wehrverschlüssen fallweise verzichtet werden kann.

Mechanische und ölhydraulische Antriebe von Wehrverschlüssen müssen zusätzlich einen Handantrieb erhalten. Bei größeren Wehrverschlüssen kann dieser Handantrieb auch ersatzweise mittels eines unabhängigen Hilfsmotors bedient werden.

Für die Berechnung und die bauliche Durchbildung der Wehrverschlüsse und deren Antriebe gelten DIN 19 704 und DIN 19 705.

#### 4.3.4 Wehrsteuerung

Die Wehrsteuerung ist auf die Bauart der Wehrverschlüsse und ihre Antriebe abzustimmen. Bei ferngesteuerten Anlagen ist zusätzlich eine „Vorortsteuerung“ einzurichten. Grundsätzlich unterscheidet man wasserstands- und abflußabhängige Regelungen oder deren Kombinationen.

Alle Wehrverschlüsse müssen auch durch handbetriebene Steuerorgane jederzeit betätigbar sein. Dies gilt insbesondere für selbsttätig hydraulisch bewegte und gesteuerte Verschlüsse, wie Sektorwehre, Dachwehre oder ähnliches. Bei allen Wehrsteuerungen ist sicherzustellen, daß der Sollwert bei einem eingeleiteten Regelvorgang nicht wesentlich überschritten werden kann.

Bei Wehren mit mehreren Öffnungen sind die Wehrverschlüsse derart zu steuern, daß die Beaufschlagung aller Durchflußöffnungen, insbesondere auch zur Vermeidung von Tosckenüberlastungen, möglichst gleichmäßig und so erfolgt, daß günstige An- und Abströmbedingungen erreicht werden.

## DIN 19 700 Teil 13

Die Bewegungsgeschwindigkeiten der Wehrverschlüsse sind so zu begrenzen, daß keine schädlichen und gefährlichen Schwall- und Sunkerscheinungen auftreten. Dies gilt insbesondere für Stauhaltungen an schiffbaren Flüssen. Im Zusammenwirken mit Wasserkraftanlagen ist die Wehrsteuerung außerdem so einzurichten, daß bei Lastabschaltungen der Turbinendurchfluß so schnell durch das Wehr übernommen werden kann, daß auch hierbei schädliche und gefährliche Schwall- und Sunkerscheinungen vermieden werden. Durch Zusatzeinrichtungen (Nebenauslässe, Wasserwiderstände oder ähnliches) kann diese Anforderung an die Wehrsteuerung entsprechend herabgesetzt werden.

**4.3.5 (n-1)-Bedingung**

Die (n-1)-Bedingung besagt, daß Wehre mit beweglichen Wehrverschlüssen im allgemeinen so bemessen werden müssen, daß der Bemessungshochwasserabfluß durch das Wehr auch bei Ausfall eines Wehrfeldes ohne Überschreitung des für diesen Fall festgelegten Stauzieles schadlos für die Stauanlage abgeführt werden kann. Besitzen die einzelnen Wehrfelder unterschiedliche Abflußleistungen, so ist das Wehrfeld mit der größten Abflußleistung als geschlossen anzunehmen.

Bei der Bemessung des Tosbeckens ist die (n-1)-Bedingung insoweit zu berücksichtigen, als nachzuweisen ist, daß auch in diesen Betriebsfällen die Energieumwandlung noch im Tosbecken stattfindet.

Erfolgt die Hochwasserabführung auch über seitliche Umläufe, die nicht über bewegliche Wehre beschickt werden (Streichwehre, überströmbare Dämme), so ist die (n-1)-Bedingung nur mehr auf den im Fluß verbleibenden Abfluß anzuwenden.

Werden Schiffsahrtsschleusen zur Hochwasserabführung mit herangezogen, so erstreckt sich die (n-1)-Bedingung auf alle Durchflußöffnungen des Wehres und der Schleusen. Dies ist nur zulässig, wenn die Schleusentore mit ihren Antrieben und Verriegelungen für diesen Betriebsfall eingerichtet und bemessen sind.

Bei Staustufen mit Wasserkraftanlagen darf der Turbinendurchfluß für die (n-1)-Bedingung nicht berücksichtigt werden.

Ausnahmsweise kann bei kleinen, einfeldrigen Wehren auf die (n-1)-Bedingung verzichtet werden, wenn die bei blockiertem Verschuß entstehenden Hebungen des Oberwasserspiegels und deren Auswirkungen hingenommen werden können.

Bezüglich der (n-1)-Bedingung bei Staubalkenwehren wird auf Abschnitt 4.4 verwiesen.

**4.4 Kombinierte Wehre**

Kombinierte Wehre sind Verbindungen von ausschließlich übereinander angeordneten festen und beweglichen Wehrteilen.

Zu den Kombinierten Wehren sind folgende Bauarten zu rechnen:

- Verschlüsse auf festen Staukörpern
- Staubalkenwehre
- Verschlüsse unter festen Tauchwänden

Das einwandfreie Zusammenwirken in statischer und strömungstechnischer Hinsicht muß sichergestellt sein. Anwendung und Gliederung der kombinierten Bauweisen werden vor allem beeinflusst durch Stauhöhe, Hochwasserdurchfluß, Abflußquerschnitt, zulässige Oberwasser-

spiegelschwankungen, Geschiebesituation, Gründungsverhältnisse, wirtschaftliche Gesichtspunkte.

Wehre mit Verschlüssen auf festen Staukörpern sind den Kombinierten Wehren zuzuordnen, weil die festen Staukörper stets einen Einfluß auf die Lage des Oberwasserspiegels ausüben. Sind nur keinen Aufstau erzeugende Wehrhöcker vorhanden, so ist das Wehr der Gruppe der Beweglichen Wehre zuzuordnen.

Staubalkenwehre sind im allgemeinen so zu bemessen, daß das Bemessungshochwasser auch bei Ausfall des leistungsfähigsten Verschlusses unter Einhaltung des für diesen Fall festgelegten Stauzieles schadlos für die Stauanlage abgeführt werden kann. Hierbei muß jedoch sichergestellt sein, daß auch im Wartungs- bzw. Reparaturfall durch die Revisionsverschlüsse nur eine Verschußöffnung und nicht ein ganzes Wehrfeld geschlossen wird. Anderenfalls gilt Abschnitt 4.3.5 unverändert. Der Raum unter dem Staubalken sollte auch bei gesetztem Revisions- und geschlossenem Betriebsverschuß zugänglich sein.

**5 Stauhaltungsdämme**

Die eine Stauhaltung begrenzenden Dämme werden als Stauhaltungsdämme bezeichnet. Dabei handelt es sich um Absperrbauwerke in Form von Staudämmen, die demzufolge nach DIN 19 700 Teil 10, gegebenenfalls auch nach DIN 19 700 Teil 11 zu gestalten und zu bemessen sind.

Die Breite der Dammkrone soll den jeweiligen Erfordernissen entsprechen und in der Regel mindestens 3,5 m betragen.

Als zusätzliche Entlastung dürfen Stauhaltungsdämme nur an planmäßig vorgesehenen Überlaufstrecken überströmt werden. In diesen Bereichen sind sie konstruktiv so auszubilden, daß sie den bei der Überströmung auftretenden Beanspruchungen standhalten. Für eine befriedigende Energieumwandlung ist zu sorgen. Die Abströmstrecken hinter den landseitigen Böschungen sollen nicht unmittelbar am Dammfuß verlaufen. Sie sind gegen Erosion zu sichern.

Rohrleitungen dürfen unter bzw. in einem Stauhaltungsdamm nur dann eingebaut werden, wenn dies unvermeidbar notwendig ist und wenn ihr Bestand sowie ihre Funktionsfähigkeit auf Dauer sichergestellt sind und sie jederzeit kontrolliert werden können.

Als Untergrundabdichtung und Innendichtung von Stauhaltungsdämmen können auch, vor allem bei Kiesböden, mittels Rüttelgeräten hergestellte Schmalwände aus Dichtungstoffen auf Ton-Zement-Basis verwendet werden.

Zur Überwachung der Stauhaltungsdämme ist die Dammkrone und gegebenenfalls der Dammfuß so zu gestalten, daß eine Fahrmöglichkeit entlang des Dammes besteht. Bei langen Stauhaltungsdämmen ist eine ausreichende Anzahl von Auffahrtsrampen zur Dammkrone vorzusehen.

**6 Sonstige Anlagen**

Sonstige Anlagen sind vor allem Einrichtungen zur Binnenentwässerung, zur Wasserentnahme, zur Eisfreiheit und zur Belüftung sowie Pump- und Schöpfwerke, gegebenenfalls auch Fischwege.

Eine erst auf lange Sicht zu erwartende Entwicklung der Schiffsahrt soll im Entwurf der Staustufe nur insoweit

berücksichtigt werden, als das nachträgliche Erweitern oder Neuerstellen der Schleuse ohne unverhältnismäßig große Erschwernisse und ohne wesentliche Betriebsstörungen der übrigen Anlagen möglich bleibt.

## 7 Meß- und Überwachungseinrichtungen

Staufstufen sind mit den erforderlichen Wasserstandsmeßeinrichtungen im Ober- und Unterwasser auszustatten (Lattenpegel, gegebenenfalls Schreibpegel). Falls am Wehr Abflußmessungen vorgesehen sind, empfiehlt sich eine Eichung am wasserbaulichen Modell. Dies gilt besonders für bewegliche und kombinierte Wehre.

Ebenso ist die Möglichkeit von Datenverarbeitungseinrichtungen für die Ermittlung von Abflüssen zu überprüfen.

Je nach den besonderen Verhältnissen können außer den Pegeln noch zusätzliche Meß- und Überwachungseinrichtungen, insbesondere zur Beurteilung der Bauwerksicherheit, erforderlich sein. Soweit durch Bau und Betrieb der Staustufe die Gewässerbeschaffenheit beeinflusst wird, können auch hierfür entsprechende Meßeinrichtungen erforderlich werden.

Die Beobachtung wichtiger Anlageteile, auch einzelner Wehröffnungen, mit Hilfe von schwenkbaren Fernseheinrichtungen, ist bei größeren Anlagen zu empfehlen.

## Zitierte Normen und andere Unterlagen

DIN 4048 Teil 1 (z. Z. Entwurf) Wasserbau; Begriffe; Stauanlagen

DIN 19 700 Teil 10 Stauanlagen; Gemeinsame Festlegungen

DIN 19 700 Teil 11 Stauanlagen; Talsperren

DIN 19 702 Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten; Richtlinien

DIN 19 704 Stahlwasserbauten; Berechnungsgrundlagen

DIN 19 705 Stahlwasserbauten; Bauliche Durchbildung

[1] DVWK-Regel „Flußdeiche“, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Glückstraße 2, 5300 Bonn

## Frühere Ausgaben

DIN 19 700 Teil 2: 12.54, 06.69

## Änderungen

Gegenüber DIN 19 700 T 2/06.69 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Inhalt vollständig überarbeitet. Die vorliegende Norm gilt im Zusammenhang mit DIN 19 700 Teil 10.

## Internationale Patentklassifikation

E 02 B 7/00



# Stauanlagen

## Pumpspeicherbecken

**DIN**  
**19 700**  
Teil 14

Dam plants; Pump storage reservoirs  
Barrages; bassins d'accumulation par pompage

### Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich .....	1	5 Standsicherheit .....	2
2 Begriffe .....	1	6 Planungsgrundsätze .....	2
3 Hydrologische Bestimmungsgrößen .....	1	7 Betrieb .....	2
4 Absperrbauwerke und Sohllendichtung .....	1	Zitierte Normen .....	2

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Pumpspeicherbecken in Verbindung mit DIN 19 700 Teil 10. In besonderen Fällen sind außerdem die Festlegungen von DIN 19 700 Teil 11 und DIN 19 700 Teil 13 zu beachten.

## 2 Begriffe

Pumpspeicherbecken sind Stauanlagen, in denen Wasser meist kurzfristig gespeichert und wieder entnommen wird. Sie dienen der Energiewirtschaft, können darüber hinaus auch Mehrzweckcharakter haben. Pumpspeicherbecken werden im wesentlichen künstlich gefüllt und entleert.

Die Pumpspeicherbecken werden wie folgt eingeteilt:

- Pumpspeicherbecken ohne natürliche Verbindung zu fließenden Gewässern
- Pumpspeicherbecken in fließenden Gewässern, Aufstau durch Staudämme oder Staumauern (siehe DIN 19 700 Teil 11)
- Pumpspeicherbecken in fließenden Gewässern, Aufstau durch Staustufen (siehe DIN 19 700 Teil 13)
- Pumpspeicherbecken als natürliche Seen oder künstliche Grundwasserseen.

Vom Betrieb her sind zu unterscheiden:

- Oberbecken, die im wesentlichen durch Pumpbetrieb gefüllt und im Turbinenbetrieb entleert werden.
- Unterbecken, die im wesentlichen durch Turbinenbetrieb gefüllt und im Pumpbetrieb entleert werden.
- Zwischenbecken, die sowohl Oberbecken- als auch Unterbeckenfunktionen erfüllen können.

## 3 Hydrologische Bestimmungsgrößen

Bei großflächigen Abdichtungen ist die Beeinträchtigung der Umgebung infolge Änderung der Versickerung besonders zu prüfen.

Bei Becken ohne natürlichen Zufluß sind Stauziel\*) und höchstes Stauziel\*) identisch. Der im Freibord\*) enthaltene Sicherheitszuschlag beträgt für Becken ohne natürlichen Zufluß 0,5 m.

## 4 Absperrbauwerke und Sohllendichtung

Die Sohllendichtung ist ein für Pumpspeicherbecken typisches Konstruktionselement. Bezüglich Aufbau und Herstellung gelten die gleichen Grundsätze wie für die Oberflächendichtung von Staudämmen.

Mit Rücksicht auf die möglicherweise starke Eisbildung ist auf die Abrundung des Überganges zwischen Böschungs- und Sohllendichtung besonders zu achten.

Bei der Planung der Abrundung ist auch die Art des Fertigens zu berücksichtigen.

Dränungen unter Dichtungen haben mehrere Funktionen:

- Fassung des eventuell unterhalb der Dichtung austretenden Grundwassers
- Kontrolle der Oberflächendichtung und schadhafte Abführung eventuell durchsickernden Beckenwassers
- Ausgleich von Luftdruckunterschieden, besonders unter großflächigen Dichtungen.
- Verminderung des Auftriebs unter der Dichtung.

Bei der Planung von Dränungen unter der Sohllendichtung sind besonders zu beachten:

- Sinnvolle sektorale Aufteilung der zu entwässernden Flächen
- Getrennte Erfassung der Dichtungsanschlüsse an Massivbauwerke
- Belastungen durch den Baubetrieb
- Getrennte Erfassung von einzelnen Grundwasseraustritten und ausreichende Dimensionierung der zugehörigen Ableitungen
- Begrenzte Dränlängen, auch um eventuelle Ablagerungen entfernen zu können
- Möglichkeit der Einzelabflußmessung an den Drän- und Grundwasserableitungen
- Flächenfilter mit Entlüftungsmöglichkeiten, vor allem unter relativ dünnen Flächendichtungen.

Die aus betrieblichen Gründen ohnehin unerwünschte Versickerung ist bei Oberbecken bezüglich der Erosionsstabilität des Untergrundes besonders zu beachten.

\*) Siehe DIN 4048 Teil 1 (z. Z. Entwurf)

„DIN 19 700 Teil 14 ist mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. abgedruckt worden. Dieser Abdruck läßt das Urheberrecht an DIN 19 700 Teil 14 unberührt fortbestehen. Diese Norm ist beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 1000 Berlin 30, erschienen und erhältlich.“

## 5 Standsicherheit

### 5.1 Allgemeines

Die Festlegungen über die Standsicherheit von Staudämmen und Staumauern in den Normen DIN 19 700 Teil 11 und DIN 19 702 sind zu beachten.

### 5.2 Sohlendichtung

Unterhalb der Flächendichtungen auftretendes Wasser kann großen Einfluß auf deren Bestand haben. Bei den diesbezüglichen konstruktiven Betrachtungen und Sicherheitsüberlegungen sind vor allem zu berücksichtigen:

- Aufbau der Sohlendichtung
- Setzungsverhalten
- mineralische Zusammensetzung des Untergrundes
- Aufbau und Dichtungsart der Dämme
- Art der Vorflut
- mögliche Herkunft und Zusammensetzung des Wassers
- Auftriebssicherheit bei schneller Entleerung des Beckens.

Die Grenzwerte zulässiger Dränabflüsse sind nach Möglichkeit festzulegen.

### 5.3 Besonderheiten der Pumpspeicherbecken

Falls Pumpspeicherbecken der Mehrzwecknutzung dienen, ist auf Grenzbedingungen der einzelnen Betriebsfälle besonders zu achten.

## 6 Planungsgrundsätze

### 6.1 Entnahmeanlagen

Bei den Entnahmeanlagen und im Bereich ihrer Zu- und Abströmung ist zu berücksichtigen, daß die Durchströmung in beiden Richtungen stattfindet.

Die Festlegungen nach DIN 19 752 (z. Z. Entwurf) über die Verschlüsse sind zu beachten.

### 6.2 Pumpen gegen geschlossene Verschlüsse

Bei Entnahmebauwerken für das Triebwasser sind Vorkehrungen für den Fall zu treffen, daß trotz Vorhandenseins entsprechender Verriegelungen gegen geschlossene Verschlüsse gepumpt wird.

### 6.3 Einhalten des Stauzieles

Besondere Sicherheitseinrichtungen sind erforderlich, um die Überschreitung des Stauzieles durch den Kraftwerksbetrieb sicher zu verhindern. Deswegen sind zwei voneinander unabhängige und auch hinsichtlich der Energieversorgung autarke Sicherheitseinrichtungen vorzusehen, die bei allen Betriebs- und Umweltbedingungen funktionsfähig bleiben. Bei Ansprechen der Sicherheitseinrichtungen wird zunächst eine Vorwarnung bezüglich des zu erwartenden und zulässigen Betriebszustandes gegeben; in der zweiten Stufe wird das Kraftwerk selbsttätig abgeschaltet.

### 6.4 Sonstige Einrichtungen

Die Einrichtung und das Betreiben eines Niederschlagsmeßgerätes im Beckenbereich ist zweckmäßig. Die Auswertung der Meßwerte dient auch der Beurteilung der Abflüsse aus Dränungen und Grundwasserableitungen.

Pumpspeicherbecken mit vollständiger Oberflächendichtung bedürfen im Hinblick auf die steilen Böschungen und raschen Wasserspiegelschwankungen einer Umzäunung. Ausstiegsmöglichkeiten aus dem Becken sind vorzusehen.

## 7 Betrieb

Aus Pumpspeicherbecken an fließenden Gewässern darf der Hochwasserscheitelabfluß durch den Kraftwerksbetrieb nicht vergrößert werden, entsprechende Betriebsanweisungen für den Kraftwerksbetrieb sind aufzustellen.

## Zitierte Normen

- |                    |  |
|--------------------|--|
| DIN 4048 Teil 1    | (z. Z. Entwurf) Wasserbau; Begriffe; Stauanlagen                   |
| DIN 19 700 Teil 10 | Stauanlagen; Gemeinsame Festlegungen                               |
| DIN 19 700 Teil 11 | Stauanlagen; Talsperren  |
| DIN 19 700 Teil 13 | Stauanlagen; Staustufen  |
| DIN 19 702         | Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten; Richtlinien       |
| DIN 19 752         | (z. Z. Entwurf) Wasserkraftanlagen; Regeln für Planung und Betrieb |

## Internationale Patentklassifikation

E 02 B 9/00

E 02 B 7/00

# Stauanlagen

## Sedimentationsbecken

**DIN**  
**19 700**  
Teil 15

Dam plants; settling ponds  
Ouvrage de prise d'eau; bassins de décantation

### Inhalt

	Seite		Seite
<b>1 Anwendungsbereich</b>	1	<b>6 Baustoffe und Sediment</b>	2
<b>2 Begriffe</b>	1	<b>7 Absperrbauwerk und Sedimentkörper</b>	2
2.1 Sedimentationsbecken	1	<b>8 Standsicherheit</b>	2
2.2 Spülfeld	1	<b>9 Bauausführung und Bauüberwachung</b>	2
2.3 Spültrübe	1	<b>10 Probestau und Inbetriebnahme</b>	2
2.4 Spülstrand	1	<b>11 Bauwerksüberwachung und -unterhaltung</b>	2
<b>3 Planung</b>	1	<b>12 Betrieb</b>	2
<b>4 Hydrologische Bestimmungsgrößen</b>	1	<b>13 Stauanlagenbuch</b>	3
<b>5 Untergrund</b>	1		

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Sedimentationsbecken in Verbindung mit DIN 19 700 Teil 10, soweit für solche Anlagen zutreffend, und enthält die für Sedimentationsbecken besonderen Festlegungen. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob Spülfelder oder Becken, die dem vorübergehenden Rückhalt von Feststoffen dienen, als Sedimentationsbecken im Sinne dieser Norm gelten.

## 2 Begriffe

### 2.1 Sedimentationsbecken

Sedimentationsbecken sind Stauanlagen, deren Staubecken ausschließlich dem Rückhalt absetzbarer Schwebstoffe dienen (aus: DIN 4048 Teil 1/01.87).

Anmerkung: Hierunter fallen nicht die Abwasserteiche zur Behandlung kommunalen Abwassers.

### 2.2 Spülfeld

Spülfelder sind Absetzbecken für hydraulisch geförderten Aushub oder Geländeauftrag durch Ausspülung von Boden.

### 2.3 Spültrübe

Spültrübe ist Wasser, das mit absetzbaren Schwebstoffen vermischt in das Sedimentationsbecken gelangt.

### 2.4 Spülstrand

Spülstrand ist der aus relativ grobkörnigem Material bestehende über den Sedimentationsbeckenspiegel ragende Teil des Sedimentkörpers.

## 3 Planung

Sedimentationsbecken werden in der Regel für eine begrenzte Nutzungsdauer geplant. Die Genehmigungsplanung muß den vorgesehenen Endzustand der Anlage einschließen. Der zumeist gewählte stufenweise Ausbau, der dem zeitlichen Bedarf an Sedimentationsraum angepaßt wird, ist in der Planung detailliert darzustellen und nachzuweisen. Bei stufenweisem Ausbau ist die enge Verknüpfung

von Bau- und Betriebsweise besonders zu beachten. Dies betrifft vor allem das Absetzverhalten des Sedimentes und die Eigenschaften des Sedimentkörpers, unter Umständen auch das chemische Verhalten des Sedimentes.

Das physikalische und chemische (gegebenenfalls toxische) Verhalten des Sedimentes ist zu ermitteln. Wenn dies nicht möglich ist, dürfen Erfahrungen von anderen Anlagen mit vergleichbaren Verhältnissen herangezogen werden.

Bei Änderung der Betriebsbedingungen ist eine Überprüfung der Planung erforderlich.

Das Verhalten der Anlage nach Beendigung des Betriebes ist zu beschreiben (z. B. hydrologische Verhältnisse nach der Außerbetriebnahme, Standsicherheit, Verkehrssicherung) und im Hinblick auf mögliche Folgenutzungen zu definieren (z. B. Rekultivierung).

## 4 Hydrologische Bestimmungsgrößen

Bei Sedimentationsbecken ohne natürliche Zuflüsse (Becken mit Umleitung dieser Zuflüsse und des Hangwassers) richtet sich die Bemessung des Wasserabzuges nach der Niederschlagsspende aus Starkregen auf die Beckenfläche und nach dem Betriebswasserzufluß.

Die Umleitung der natürlichen Zuflüsse ist für ein Hochwasser mit einer Wiederholungszeitspanne von  $T_n = 1000$  a zu bemessen. Für den Fall des Versagens der Umleitung ist die Sicherheit der Anlage nachzuweisen. Die Wiederholungszeitspanne gilt auch für die Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage von Sedimentationsbecken mit natürlichen Zuflüssen.

Der Betriebswasserabzug und das Rückhaltevermögen des Beckens dürfen beim Nachweis der Hochwasserableitung nicht berücksichtigt werden. Die das Rückhaltevermögen betreffende Einschränkung gilt nicht, wenn Talsperrenverhältnisse vorliegen.

## 5 Untergrund

Mögliche physikalische und chemische Beeinflussungen aus der Spültrübe auf Untergrund und Grundwasser sind zu untersuchen und zu beurteilen. Für die Funktion eines Sedi-

„DIN 19700 Teil 15 ist mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. abgedruckt worden. Dieser Abdruck läßt das Urheberrecht an DIN 19700 Teil 15 unberührt fortbestehen. Diese Norm ist beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 1000 Berlin 30, erschienen und erhältlich.“

## DIN 19 700 Teil 15

mentationsbeckens sind Wasserverluste aus dem Becken nicht nachteilig. Dichtheit und Erosionsfestigkeit des Untergrundes sind zu untersuchen bzw. sicherzustellen, wenn

- eine Verunreinigung des Grundwassers nicht auszuschließen ist,
- unkontrollierte Wasserabflüsse Schäden verursachen (z.B. in Bergbaugebieten),
- Standsicherheitsprobleme infolge Sickerwasserströmung entstehen,
- das Wasser möglichst vollständig dem betrieblichen Wasserkreislauf wieder zugeführt werden soll.

Bei einer Nutzung von Abgrabungen als Sedimentationsbecken sind besonders zu beachten:

- Standsicherheit vorhandener Böschungen,
- Beseitigung betrieblich bedingter Wasserwegigkeiten (z.B. Stollen),
- Erfordernisse der Absperrung zu noch betriebenen oder künftigen Abgrabungsbereichen.

Auffüllungen (z.B. Halden) sind als Baugrund für Sedimentationsbecken in der Regel nicht geeignet. Werden solche Bereiche in Betracht gezogen, sind diese und der darunter anstehende Untergrund mit besonderer Sorgfalt zu untersuchen.

Die besondere Bedeutung von Erdbebeneinwirkungen auf Sedimentationsbecken (Verflüssigung der Sedimente) ist zu berücksichtigen.

## 6 Baustoffe und Sediment

Die verwendeten Baustoffe müssen gegen die Spültrübe resistent sein. Bei Eignung kann das Sediment als Baustoff verwendet werden. Wird der Sedimentkörper als Teil des Absperrbauwerkes verwendet, ist für die Eignung die bei der Ablagerung erreichte Dichte entscheidend. Dafür sind maßgebend:

- Art und Zusammensetzung der Spültrübe
- Absetzverhalten
- Kennwerte des Sedimentes (Kornzusammensetzung, Scherfestigkeit, Durchlässigkeit, Verformungsverhalten).

Bei mangelnden Kenntnissen über die Spültrübe und damit erschwelter Einschätzung der Eigenschaften des Sedimentes sind die für den Entwurf getroffenen Annahmen beim Betrieb der Anlage zu überprüfen. Erforderlichenfalls ist durch Änderungen der Betriebsweise der Anlage auf die Eigenschaften des Sedimentes Einfluß zu nehmen.

## 7 Absperrbauwerk und Sedimentkörper

Bei Sedimentationsbecken lassen sich Absperrbauwerk und Staubecken in der Regel nicht eindeutig gegeneinander abgrenzen. Die für die Ablagerung der Trübefeststoffe entwickelten Bau- und Betriebsweisen zielen auf eine Nutzung der größeren Sedimente als Bestandteil des Absperrbauwerkes unter Verwendung von möglichst wenig Fremdmaterial ab. Das Absperrbauwerk besteht gegebenenfalls ausschließlich aus Sediment.

Die Wahl einer Bauweise mit Sediment als Bestandteil des Absperrbauwerkes setzt Kenntnisse über das Verhalten der abzulagernden oder vergleichbarer Spültrüben voraus. Die erforderliche Betriebsweise (z.B. Einspültechnik, Wasserabzug) ist festzulegen.

Sind Bauwerke und Leitungen im Absperrbauwerk und im Sediment unumgänglich, gilt neben den für Staudämme festgelegten Planungs- und Baugrundsätzen, daß bei der statischen Bemessung auch der zunächst flüssige Zustand des Sedimentes berücksichtigt werden muß. Bei der Ermittlung der Scheitellasten ist die mit der Konsolidierung der Sedimente oder der Setzung des Schüttmaterials des Absperr-

bauwerkes verknüpfte Lastkonzentration zu beachten. Dabei sind alle stationären Betriebseinrichtungen für den Endzustand zu bemessen.

Abzugsleitungen sind mit Rücksicht auf Inkrustationen oder Ablagerungen so zu planen und auszuführen, daß sie kontrolliert und gereinigt werden können.

## 8 Standsicherheit

Der Nachweis der statischen Sicherheit zur Luftseite hin ist nach DIN 19 700 Teil 10 (Normaler Lastfall NL) zu führen. Dies gilt auch für Zwischenbauzustände. Für die Standsicherheit bei Zwischenbauzuständen mit möglichen Gleitflächen zum Becken hin genügt ein rechnerischer Sicherheitsbeiwert von  $\gamma_{\min} = 1,2$  (Besonderer Lastfall BL).

Beim Nachweis der Standsicherheit sind der Porenwasserdruck als Folge nicht abgeschlossener Konsolidierung im Sediment, die Lage der Sickerlinie und die Möglichkeit einer Verflüssigung bei dynamischer Beanspruchung besonders zu berücksichtigen.

Wird beim Nachweis der Standsicherheit mit einer Durchsickerung des Absperrbauwerkes nicht gerechnet, ist dies zu begründen.

## 9 Bauausführung und Bauüberwachung

Bei stufenweisem Ausbau unter Einbeziehung des Sedimentes in das Absperrbauwerk sind die Zusammensetzung der Spültrübe, die Einhaltung der vorgesehenen Betriebsweise sowie die Entwicklung des Spülstrandes regelmäßig zu kontrollieren. Der Zustand des Spülstrandes ist vor der Verwendung als Dammauflager auf seine Eignung zu überprüfen. Es ist darauf zu achten, daß der gegenseitige Anschluß (Verzahnung) der aufeinanderfolgenden Ausbaustufen sichergestellt ist.

Die Bauausführung ist vollständig zu dokumentieren.

## 10 Probestau und Inbetriebnahme

Bei Sedimentationsbecken entfällt in der Regel ein Probestau, außer in den Fällen, bei denen Talsperrenverhältnisse vorliegen (vorausgehender Aufstau durch natürlichen Zufluß).

Bei Sedimentationsbecken, deren erster Wasserabzug so hoch liegt, daß eine Beckenfüllung mit Spültrübe erfolgt, muß bis zum Erreichen der ersten Entnahmekote eine provisorische Wasserableitungsanlage zur schnellen Beckenentleerung vorgehalten werden.

## 11 Bauwerksüberwachung und -unterhaltung

Die Beobachtung der sich einstellenden Sickerwasserverhältnisse im Absperrbauwerk ist bei Sedimentationsbecken besonders wichtig, da diese Bauwerke in der Regel nicht aus klar definierten dichtenden und stützenden Zonen bestehen. Unzulässige Durchsickerungen erfordern zusätzliche Maßnahmen.

Zur Kontrolle einer möglichen Ausbreitung von Fremdstoffen in den Untergrund sind Grundwasserbeobachtungsstellen einzurichten und zu betreiben.

Geruchs- und Staubemissionen ist gegebenenfalls durch geeignete Maßnahmen zu begegnen.

Wegen der schwer erkennbaren besonderen Gefährdung bei unbefugtem Betreten sind Sicherungsmaßnahmen (z.B. Zäune, Anpflanzungen) und Hinweisschilder vorzusehen.

## 12 Betrieb

Änderungen in der Zusammensetzung der Spültrübe und in der Betriebsweise sowie die zusätzliche Ablagerung sonstiger Stoffe sind vorab hinsichtlich Zulässigkeit und Folgen zu prüfen. Solche Vorgänge sind in das Betriebstagebuch einzutragen.

### **13 Stauanlagenbuch**

Bei stufenweisem Ausbau sind die Bestandspläne regelmäßig fortzuschreiben und vor Beginn der nächsten Baustufe auf den aktuellen Stand zu bringen.

#### **Zitierte Normen**

DIN 4048 Teil 1 Wasserbau; Begriffe; Stauanlagen

DIN 19 700 Teil 10 Stauanlagen; Gemeinsame Festlegungen

#### **Internationale Patentklassifikation**

B 01 D 21/02

G 01 N 33/24

G 01 N 33/42

## II.

## Hinweise

## Inhalt des Gesetz- und Verordnungsblattes für das Land Nordrhein-Westfalen

## Nr. 43 v. 18. 10. 1989

(Einzelpreis dieser Nummer 5,55 DM zuzügl. Portokosten)

Glied-Nr.	Datum		Seite
230	5. 10. 1989	Bekanntmachung der Neufassung des Landesplanungsgesetzes (LPIG) . . . . .	476
230	5. 10. 1989	Bekanntmachung der Neufassung des Gesetzes zur Landesentwicklung (Landesentwicklungsprogramm – LEPro) . . . . .	485

– MBl. NW. 1989 S. 1362.

## Nr. 44 v. 19. 10. 1989

(Einzelpreis dieser Nummer 3,70 DM zuzügl. Portokosten)

Glied-Nr.	Datum		Seite
77	18. 8. 1989	Verordnung über Art und Häufigkeit der Selbstüberwachung von Abwasserbehandlungsanlagen und Abwassereinleitungen (Selbstüberwachungsverordnung – SüwV) . . . . .	494

– MBl. NW. 1989 S. 1362.

## Nr. 45 v. 20. 10. 1989

(Einzelpreis dieser Nummer 1,85 DM zuzügl. Portokosten)

Glied-Nr.	Datum		Seite
780	26. 9. 1989	Verordnung über die Zuständigkeit nach dem Gesetz zur Förderung der bäuerlichen Landwirtschaft . . . . .	508
7834 45	26. 9. 1989	Verordnung über Zuständigkeiten auf dem Gebiet des Tierschutzrechts . . . . .	508
792	26. 9. 1989	Verordnung über Zuständigkeiten nach der Bundeswildschutzverordnung . . . . .	508
822		Berichtigung des Dritten Nachtrags zur Satzung des IKK-Landesverbandes Nordrhein und Rheinland-Pfalz vom 19. April 1989 (GV. NW. S. 468) . . . . .	509

– MBl. NW. 1989 S. 1362.

Einzelpreis dieser Nummer 15,40 DM

zuzügl. Porto- und Versandkosten

Bestellungen, Anfragen usw. sind an den A. Bagel Verlag zu richten. Anschrift und Telefonnummer wie folgt für

Abonnementsbestellungen: Grafenberger Allee 100, Tel. (0211) 6888/238 (8.00–12.30 Uhr), 4000 Düsseldorf 1

Bezugspreis halbjährlich 81,40 DM (Kalenderhalbjahr). Jahresbezug 162,80 DM (Kalenderjahr), zahlbar im voraus. Abbestellungen für Kalenderhalbjahresbezug müssen bis zum 30. 4. bzw. 31. 10. für Kalenderjahresbezug bis zum 31. 10. eines jeden Jahres beim A. Bagel Verlag vorliegen.

Reklamationen über nicht erfolgte Lieferungen aus dem Abonnement werden nur innerhalb einer Frist von drei Monaten nach Erscheinen anerkannt.

In den Bezugs- und Einzelpreisen ist keine Umsatzsteuer i. S. d. § 14 UStG enthalten.

Einzelbestellungen: Grafenberger Allee 100, Tel. (0211) 6888/241, 4000 Düsseldorf 1

Von Vorabsendungen des Rechnungsbetrages – in welcher Form auch immer – bitten wir abzusehen. Die Lieferungen erfolgen nur aufgrund schriftlicher Bestellung gegen Rechnung. Es wird dringend empfohlen, Nachbestellungen des Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen möglichst innerhalb eines Vierteljahres nach Erscheinen der jeweiligen Nummer beim A. Bagel Verlag vorzunehmen, um späteren Lieferschwierigkeiten vorzubeugen. Wenn nicht innerhalb von vier Wochen eine Lieferung erfolgt, gilt die Nummer als vergriffen. Eine besondere Benachrichtigung ergeht nicht.

Herausgeber: Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Haroldstraße 5, 4000 Düsseldorf 1

Herstellung und Vertrieb im Namen und für Rechnung des Herausgebers: A. Bagel Verlag, Grafenberger Allee 100, 4000 Düsseldorf 1

Druck: TSB Tiefdruck Schwann-Bagel, Düsseldorf und Mönchengladbach

ISSN 0177-3569