

Hochwasser- rückhaltebecken

planen
und bauen

Hochwasserrückhaltebecken planen und bauen

Autoren:

Stephan Häusler

Jörn Heilig

Heinz Hochstrasser

Roland Hollenstein

Reto Hollenweger

Björn Mühlan

Michael Schluh

Weitere Autoren:

Beat Mühlebach

André Seippel

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Warum diese Arbeitshilfe?	7
2	Voraussetzungen	8
2.1	Anforderungen gemäss StAV	8
3	Planung	9
3.1.	Standort	9
3.2	Hydrologie	9
3.3	Hydraulik und Bemessung	9
3.4	Baugrund	10
3.4.1	Anforderungen an den Baugrund	10
3.4.2	Anschluss des Dammkörpers an Talflanken	11
3.5	Hochwasserentlastungsanlagen	12
3.6	Grundablass und Drosselöffnung	13
3.6.1	Anschluss von Dichtwänden an Durchlassbauwerken	13
3.6.2	Filter beim Durchlass	13
3.7	Tosbecken	15
3.8	Rechenanlagen	15
3.9	Zugänglichkeit	15
3.10	Instrumentierung	16
3.11	Anforderungen Dammkörper	16
3.11.1	Standicherheit	16
3.11.2	Einbauten im Damm	16
3.11.3	Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch und Auftrieb	16
3.11.4	Erdebensicherheit	16
3.12	Lastannahmen für den Dammkörper	16
3.13	Schüttmaterial	17
3.13.1	Einbaukriterien Schüttmaterial	17
3.14	Um- und Unterströmung	18
3.14.1	Durchlassbauwerk	18
3.14.2	Dammkörper	18
3.15	Setzungen	20
3.16	Massnahmen zur Baugrundverbesserung: Einflüsse, Vor- und Nachteile	22
3.16.1	Baugrundverbesserung oberflächlich	23
3.16.2	Materialaustausch des Baugrunds	23
3.16.3	Stabilisierung des Baugrunds mit Kalk und/oder Zement	23
3.16.4	Einwalzen einer Blocklage in den Baugrund	24
3.16.5	Materialaufbereitung (Zumischung von Material in den Baugrund)	24
3.16.6	Tiefen-Baugrundverbesserung	24
3.16.7	Rüttelverdichtung	25

3.16.8	Vorbelastung	25
3.16.9	Injektionen	25
3.16.10	Vergleichbarkeit der Massnahmen	25
3.17	Massnahmen zur Verbesserung von Schüttmaterial, Vor- und Nachteile	26
3.17.1	Mischen von Schüttmaterial	26
3.17.2	Stabilisieren von Schüttmaterial	26
3.17.3	Trocknung	27
3.18	Ökologische Aspekte	28
3.18.1	Vernetzung und Aufwertung	28
3.18.2	Dambegrünung als Erosionsschutz	29
4	Submission	30
4.1	Allgemeine Grundsätze	30
4.2	Submission für Planer	30
4.2.1	Bedingungen	30
4.2.2	Referenz- und Eignungskriterien	30
4.2.3	Unterlagen zum Angebot für Planer	32
4.3	Submission für Unternehmer	32
4.3.1	Die Bedingungen für Unternehmer	32
4.3.2	Beurteilungs- und Eignungskriterien	32
4.3.3	Unterlagen zum Angebot für Unternehmer	32
4.4.	Das Unternehmergespräch	23
4.5	Besondere Bestimmungen bezüglich Bauwerken	23
5	Realisierung	34
5.1	Allgemeine Grundsätze für die Realisierung von Dammbauwerken	34
5.1.1	Anlieferung von Schüttmaterial	34
5.1.2	Hochwassersicherheit während der Bauzeit	34
5.2	Bauleitungsaspekte	35
5.3	Aspekte für die geotechnische Beurteilung des Baugrunds	36
6	Einbaukontrollen und Materialprüfungen	37
6.1	Prüfung im Labor	37
6.2	Prüfungen vor Ort	37
6.3	Prüfungen von stabilisiertem Material	38
6.4	Prüf- und Kontrollplan	38
6.5	Abweichungen vom definierten Schüttmaterial	38
6.6	Langzeitüberwachung nach Fertigstellung des Bauwerks	39

7	Unterhalts- und Pflegearbeiten am Damm	40
7.1	Betrieblicher Unterhalt	40
7.2	Pflege der Grünflächen am Damm	40
8	Haftung und Kostenverantwortung	41
8.1	Haftung	41
8.2	Kostenverantwortung bei der Planung	42

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeitshilfe behandelt Fragen, die beim Bau eines Hochwasserrückhaltebeckens auftreten, von der Planung bis zur vollendeten Umsetzung. Es beinhaltet auch Fragen, die sich stellen können, wenn sich die Bedingungen verändern.

1.1 Warum diese Arbeitshilfe?

Der Bau eines Hochwasserrückhaltebeckens (HWRB) ist komplex; alle Beteiligten – vom Bauherrn über den Planer bis zum Unternehmer – müssen über umfangreiches Fachwissen verfügen.

Sowohl die Planung als auch der Betrieb eines HWRB sind durch Vorgaben des Stauanlagengesetzes (StAG) und der Stauanlagenverordnung (StAV) des Bundes geregelt. Die StAV definiert aber nur die übergeordneten, sicherheitsrelevanten Kriterien und nicht die objektspezifischen. Das heisst: Ändern sich die gestellten Bedingungen (anderes Schüttmaterial, Baugrund anders als angenommen etc.) während der Planung oder des Baus, können diese Änderungen Auswirkungen auf die Sicherheit und den Betrieb des HWRB haben. Zudem stellt sich auch die Frage, wie flexibel ein Projekt angepasst werden kann, ohne dass es zu grossen Verzögerungen kommt – etwa weil die Aufsichtsbehörde nachträglich noch Genehmigungen erteilen muss.

Für den Bauherrn steht die Sicherheit im Vordergrund, wenn es darum geht, allfällige Varianten zu bewilligen.

Die vorliegende Arbeitshilfe soll eine Hilfestellung bei Fragen sein, die sich während der Planungs- oder der Bauphase ergeben. Sie beschränkt sich primär auf ungesteuerte HWRB mit folgenden wesentlichen Bestandteilen: homogener Dammkörper, Durchlassbauwerk, Hochwasserentlastung, Rechenanlage, Messinstallationen und Anlagen für den Unterhalt.

Die Mitglieder der Arbeitsgruppe stammen aus verschiedenen Fachbereichen, sie haben vielseitige Erfahrungen bei der Erstellung von HWRB gesammelt.

2 Voraussetzungen

Die gesetzlichen Grundlagen für den Bau eines HWRB sind im Stauanlagengesetz (StAG) und der Stauanlagenverordnung (StAV) festgehalten.

Mit dem Stauanlagengesetz (StAG) vom 1. Oktober 2010 und der Stauanlagenverordnung (StAV) vom 17. Oktober 2012 (Stand 1. Januar 2013) werden die Voraussetzungen für eine ordnungsgemässe Inbetriebnahme geregelt.

In Kapitel 2 der StAV, «Sicherheit der Stauanlagen», sind die Planungsanforderungen definiert, die die Voraussetzung zur Plangenehmigung (Art. 6 Abs. 5 StAG) bilden. Dort ist auch festgelegt, welche Unterlagen die Inhaberin der Plangenehmigung der Aufsichtsbehörde (je nach Art der Anlage Kanton oder Bund) vor und während der Bauausführung und nach Abschluss der Bauarbeiten vorlegen muss.

Unabhängig von der StAV muss das Bauwerk dem aktuellen Stand der Technik genügen.

Basis für die Planung und den Bau eines HWRB ist die Stauanlagenverordnung StAV vom 17. Oktober 2012 (Stand 1. Januar 2013).

2.1 Anforderungen gemäss StAV

Hochwasserrückhaltebecken (HWRB) werden je nach Lage und/oder Grösse der StAV unterstellt. Stauanlagen mit besonders hohem Gefährdungspotenzial unterstehen generell der StAV.

Bevor mit dem Bau begonnen werden kann, muss das Genehmigungsverfahren abgeschlossen sein. Die Voraussetzungen zur Genehmigung sind in der StAV beschrieben. Folgende Nachweise sind gemäss StAV vor der Projektgenehmigung zu erbringen: Flutwellenkarte, Erdbebennachweis, Freibordhöhe, hydraulische Nachweise der Hochwasserentlastung, Funktionstüchtigkeit der Betriebsauslässe, Bepflanzung, Begrünung, Bewirtschaftungskonzept.

Eine Stauanlage darf nur betrieben werden, wenn das Resultat des Erst-Einstaus (beim Neubau) oder des Wieder-Einstaus (nach einer Sanierung) auf einen sicheren Betrieb schliessen lässt. Vor der Inbetriebnahme ist ein Reglement zur Bedienung und Entlastung des HWRB zu erstellen. Auch für den Notfall muss ein Konzept zur Alarmierung von Bevölkerung und Behörden erarbeitet werden. Dazu gehören Überflutungskarten, eine Gefahrenanalyse, eine Notfallstrategie, die Notfallorganisation und ein Einsatzdossier. Die Gemeinden legen mit der Feuerwehr die Massnahmen fest.

Die allgemeine Aussage in der StAV «auf einen sicheren Betrieb» beschreibt nicht zuletzt auch die bautechnischen Anforderungen: Die Stauanlage muss dicht, stand- und verklausungssicher sein sowie unter Belastung gutmütig reagieren.

Im Anschluss an Fertigstellung und Übergabe des Bauwerks muss ein Betriebsreglement erarbeitet werden, das den sicheren Betrieb der Anlage regelt. Der Betreiber muss sicherstellen, dass er Rapporte von monatlichen Kontrollgängen und jährlichen Kontrollmessungen vorweisen kann.

Aufgrund bisheriger Erkenntnisse wurde ein umfangreicher Prüf- und Kontrollplan erarbeitet (siehe Anhang 1), der dem Planer und dem Bauunternehmer verbindlich vorschreibt, wie die vom Bauherrn geforderte Qualität zu erreichen ist.

Lage und Grösse des HWRB entscheiden, ob ein HWRB der StAV unterstellt wird.

Stauanlagen mit besonders hohem Gefährdungspotenzial unterliegen generell der StAV.

Weitere Voraussetzungen sind in den Richtlinien über die Sicherheit von Stauanlagen, Teil A–E, des Bundesamts für Energie (BFE) enthalten.

3 Planung

Ein HWRB greift in die Landschaft und in Ökosysteme ein, es muss deshalb vorausschauend geplant werden und ist auf Fälle wie Dauer-Einstau, schnelle Absenkung und den Überlastfall auszurichten.

3.1 Standort

Der Bau von Hochwasserrückhaltebecken bedeutet immer einen relevanten Eingriff in das vorhandene Landschaftsbild. Sie unterbrechen Sichtbeziehungen, verändern die Horizontlinie und wirken mit ihrer eigenen horizontalen Linie an der Böschungskrone eher fremd in der Landschaft. In der Standortevaluation müssen auch die landschaftlichen Gesichtspunkte einbezogen werden. Wie fügt sich die Dammlinie in die übergeordnete Topografie ein, wie werden die Enden in die Flanken eingebunden, von woher und aus welcher relevanten Höhenlage ist der Damm einsehbar? Wie werden die technischen Bauwerke in den Dammkörper eingefügt?

Dambauwerke unterbrechen die Wegbeziehungen für die Bewirtschaftung des Kulturlands, des Waldes oder für die Erholungsnutzung. Sie können die Bewirtschaftungseinheit beeinflussen.

Die Aufgabe wird oftmals unterschätzt und erfordert den Einbezug entsprechender Fachleute. Ob die geplante Anlage einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) unterzogen werden muss, ist frühzeitig zu klären, da dies grossen Einfluss auf den Planungsprozess hat.

3.2 Hydrologie

Die Bemessung von HWRB erfordert eine umfangreiche hydrologische Beurteilung des Einzugsgebiets. Neben den Spitzenabflüssen sind vor allem die Abflussvolumina relevant. Entsprechend gilt es, eine vertiefte Analyse der Zuflussganglinien bei unterschiedlichen Regendauern durchzuführen. Standardverfahren reichen mittlerweile nicht mehr aus.

3.3 Hydraulik und Bemessung

Für die Dimensionierung sind folgende Punkte zu beachten:

a: Retentionsvolumen

Die Bemessung des Retentionsvolumens und der Drosselwassermenge (Abfluss aus dem HWRB) muss auf die Abflusskapazität des Unterwassers sowie das geforderte Schutzziel abgestimmt sein.

b: Stauziel

Die Dammscharte der Hochwasserentlastung ist auf das massgebende HQ_{100} als Dimensionierungswassermenge festzulegen (Stauziel).

c: Hochwasserentlastung und Freibord

Für die Dimensionierung der Hochwasserentlastung und des Sicherheitsfreibords ist das Bemessungshochwasser Q_B – das statistisch gesehen einem HQ_{1000} (1000-jährlichen Ereignis) entspricht – zu bestimmen. Aufgrund des hohen Niederschlags gegenüber den 100-jährlichen Ereignissen ist der Abflussbeiwert grundsätzlich höher anzusetzen. Im «Basisdokument zum Nachweis der Hochwassersicherheit» fordert das BFE, dass bei der Ermittlung von Q_B und Q_S das ganze Niederschlagsvolumen als abflusswirksam zu betrachten ist. Der Volumenabflussbeiwert wird entsprechend mit 1 gleichgesetzt. Das Bemessungshochwasser Q_B wird nicht auf nur eine einzige Formel oder Methode reduziert. Es sollten verschiedene geeignete Methoden angewendet werden, wie etwa historische, empirische und probabilistische.

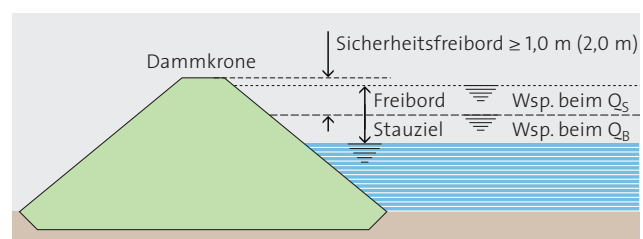


Bild 1

Q_S = Sicherheitshochwasser
 Q_B = Bemessungshochwasser

Das Freibord ist der planmässige Höhenunterschied zwischen der nicht überströmbaren Dammkrone und dem Stauziel. Es enthält einen ausreichenden Sicherheitszuschlag, der von der Bemessungssicherheit, der konstruktiven Sicherheit und dem Gefährdungspotenzial bestimmt wird. Der Sicherheitszuschlag ist für den Normallastfall und für den Überlastfall zu ermitteln, wobei im Überlastfall folgendes Szenario betrachtet wird:

Das Bemessungshochwasser Q_B trifft auf das voll eingestaute HWRB, und der Grundablass ist ausser Betrieb oder verstopft. Es ist nachzuweisen, dass eine gefahrlose Entlastung über die Hochwasserentlastung erfolgen kann.

d: Überlastfall: Gefahrenkote und Probable Maximum Flood

Das Sicherheitshochwasser Q_S entspricht in der Regel dem Probable Maximum Flood (PMF). Hier wird ein extrem seltenes Ereignis beschrieben. Die Abschätzung des Sicherheitshochwassers erfolgt auf Grundlage des Bemessungshochwassers, wobei i. d. R. $Q_S = 1,5 \cdot Q_B$. Bei kleineren Stauanlagen kann vereinfacht $Q_S = Q_B$ angenommen werden.

e: Betriebsorgane/Steuerung

In der Schweiz werden – wegen der kleinen Einzugsgebiete und der daraus resultierenden vergleichsweise geringen Beckengrösse – mehrheitlich ungesteuerte HWRB eingesetzt.

Die Betriebsorgane sollen so gestaltet sein, dass der Abfluss aus dem Durchlass auf eine definierte Ausleitmenge begrenzt bzw. gedrosselt wird. Betriebsorgane, Hochwasserentlastung und Grundablass können als Wehr, Durchlass oder in Kombination miteinander erstellt werden.

Die am häufigsten verwendeten Betriebsorgane sind:

- Der einfache Durchlass
- Das Wehr mit Überfall in eine Leitung oder in die Luft
- Der sogenannte Mönch als Kombination mit Schachtdurchlass und Wehr

3.4 Baugrund

Die Baugrundverhältnisse am Beckenstandort müssen hinreichend bekannt sein. Es reicht nicht aus, allein die lokale Geologie grob aus Karten zu erfassen.

Die Dammaufstandsfläche muss als Grundlage für das Dammdesign gut erkundet werden. Hilfreich ist, zuvor ein der Dammaufstandsfläche, der Dammhöhe und der Geologie angepasstes Raster für Sondierungen (z. B. Kernbohrungen, Baggerschlitze, eventuell Rammsondierungen etc.) zu erstellen und die Ergebnisse zu kartieren.

Bei der Untersuchung müssen die Grundwasserverhältnisse zwingend berücksichtigt werden.

3.4.1 Anforderungen an den Baugrund

Für die Projektierung müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Der Schichtaufbau des Baugrunds ist bekannt.
- Die geotechnischen Kennzahlen des Baugrunds sind ausreichend bekannt (Durchlässigkeit, Siebkurven, geotechnische Kennwerte etc.).
- Die hydrogeologischen Kennwerte sind bekannt (Grundwasserstand und -fliessrichtung).
- Das Setzungsverhalten des Untergrunds ist zu beurteilen.
- Die Grenzwerte für Massnahmenentscheide sind festzulegen.

Die Anforderungen an den Baugrund sind u. a. von der Art des Bauwerks abhängig. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass Durchlass-/Entlastungsbauwerke andere Anforder-

rungen an den Untergrund stellen als Dammschüttungen. Generell müssen folgende Anforderungen an den Baugrund gestellt werden:

- Die Bauwerke müssen jederzeit funktionstüchtig sein.
- Es dürfen keine unzulässigen Setzungsdifferenzen auftreten.
- Allfällige Unterströmungen sind zu beurteilen.
- Allfällige organische Anteile sind zu beachten.

Weitere Anforderungen an den Baugrund während der Ausführung:

- Man muss ihn bearbeiten können.
- Man muss ihn mit Baugeräten befahren können.
- Man muss den Baugrund falls erforderlich entwässern.

3.4.2 Anschluss des Dammkörpers an Talflanken

An den Talflanken ist darauf zu achten, dass keine instabilen Hangbereiche vorhanden sind. Die Hangwasserverhältnisse können extremen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sein. Wasseraustritte und Quellen sind schon in der Planungsphase zu beachten. Die Anschlüsse des Damms an den Talflanken müssen eine gute Dichtungswirkung haben. Die Verschneidungslinien mit den Talflanken sind konstruktiv so zu gestalten, dass die Überströmung keine Schäden verursacht.

Aus landschaftsgestalterischer und hydraulischer Sicht ist es sinnvoll, den Übergang vom Damm zur Talflanke nicht als theoretische Gehrungslinie auszuführen. Wird der Anschluss ausgerundet, laufen die Höhenlinien von Damm und Talflanke harmonisch ineinander über.

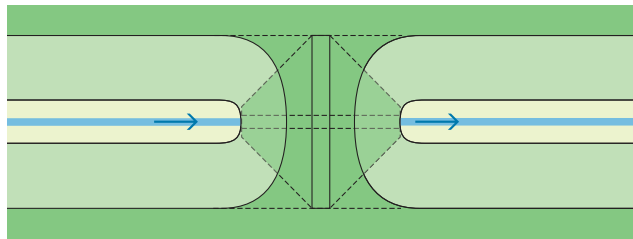


Bild 2, Ausrunden der Dammböschungen an die Talflanken

- Keine Bruchkanten
- Höhenlinien der Dammböschung fließen in die Höhenlinien der Talflanken über.
- Optimal wäre Anpassung der Dammkrone an die Talflanken.

Sicherheitsfreibord und Hochwasserentlastung sind auf Bemessungs- (Q_B) und Sicherheitshochwasser (Q_S) zu dimensionieren.

Bei einem Sicherheitshochwasser sind geringe Schäden an der Stauanlage zulässig.

Die Anlagen in der Schweiz sind mehrheitlich ungesteuert.

Der Baugrund muss ausreichend bekannt sein.

3.5 Hochwasserentlastungsanlagen

Man unterscheidet zwischen Hochwasserentlastungseinrichtungen und überströmbaren Dämmen. Überströmbare Dämme haben keine eingelassene Dammscharte, die Hochwasserentlastung kann über ein Deckwerk erfolgen. Ausschlaggebend für die Auswahl der Deckwerksart ist die hydraulische Belastung. Es gilt, verschiedene wichtige Kriterien zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit und der Stabilität zu beachten: Der vertikale Aufbau des Deckwerks muss so gestaltet werden, dass keine Erosion zwischen Dammkörper und darüberliegendem Unterbau auftritt. Das Einhalten der gängigen Filterregeln oder eine Pflasterung verhindert eine Erosion. Eigentliche Hochwasserentlastungen werden beim Sicherheitshochwasser üblicherweise stark beansprucht und erfordern meist eine Pflasterung. Bei überströmbaren Dämmen mit langen Überfalllängen können entsprechend dimensionierte Deckwerke zur Anwendung kommen.

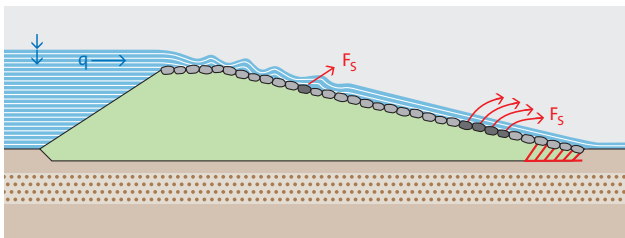


Bild 3, Hochwasserentlastung und Deckwerk/Belastung

	Gleiten	Erosion	Bruch
Selbsttragend	Nicht selbsttragend		
Sicherheitsindex $\beta = \frac{\mu_R - \mu_F}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_F^2}}$			

Die einzelnen Blocksteine sollten in Magerbeton oder Beton CEM >250 kg/m³ verlegt werden, um eine dauerhafte Fixierung zu erreichen. Der Einsatz von Sickerbeton ist nicht zu empfehlen. Sickerbeton ist nicht stabil, die Ausschwemmungen können den pH-Wert in die Höhe treiben und deutlich im basischen Bereich liegen. Die Weiterleitung von Wasser mit einem pH-Wert >8,5 in den Unterlauf ist nicht zulässig.

Eine hohe Gleitsicherheit des Deckwerks wird durch eine gute Verzahnung der Baustoffe in den Gleitfugen erreicht. Wichtig sind die Annahme hoher Reibungskräfte und die Abstützung der Pflasterung beim Dammfuss. Filtervlies als Unterlage für den Unterbau einzusetzen, empfiehlt sich nicht.

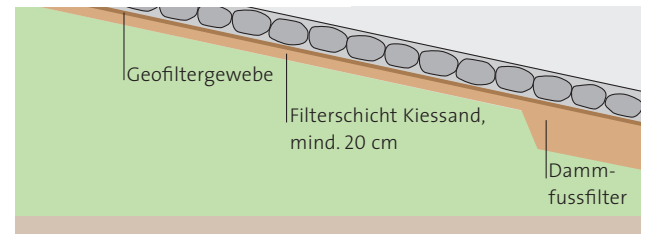


Bild 4, Detail Deckwerkaufbau/-anschluss

Der Anschluss des Deckwerks an starre Betonelemente, wie sie an der Überlaufkrone oder als Querriegel und Fussicherung verwendet werden, muss mit ausgewählten Formsteinen erfolgen. Als Querriegel können Betonbalken oder aus Einzelementen aufgebaute Stützreihen verwendet werden. Durchgehende Querriegel können auch über rahmenartige Verbindungen auf die in jedem Fall erforderliche Fussicherung abgestützt werden. Der Hochwasserabfluss sollte durch die Rauheit des Deckwerks so weit abgebremst werden, dass nur ein strömender Abfluss entsteht, damit auf eine zusätzliche aufwendige Energieumwandlung am Fuss des Deckwerks verzichtet werden kann.

Das Deckwerk kann auch mit B- oder C-Boden (ca. 20 cm stark) überschüttet werden. Damit die Pflanzenwurzeln eine gute Verzahnung erreichen, sollten die Fugen rückspringend angeordnet werden, damit in der oberen Fughälfte B- oder C-Boden liegen bleibt.

3.6 Grundablass und Drosselöffnung

Der Grundablass beinhaltet das Durchlassbauwerk mit Drosselorgan. Dem Zulaufbereich wird eine Rechenanlage vorgeschaltet. Er mündet in ein Tosbecken im Auslaufbereich.

Bei Einstau wird der Abfluss durch eine angeordnete Drosselöffnung (fest oder beweglich) begrenzt.

Die Querschnittsgrösse des Durchlasses ergibt sich aus den folgenden Anforderungen:

- Statische Erfordernisse (Auflast Damm etc.)
- Hydraulische Kapazität (Freispiegelabfluss, Lufteintrag). Eine ausreichende Belüftung verhindert das Zuschlagen des Durchlasses bei zu hohem Druck.
- Breite von Niederwassergerinne für Fischauf- und Fischabstiege. Normalerweise ist die Fischdurchgängigkeit in beide Richtungen zu gewährleisten.
- Zugänglichkeit für Unterhaltsarbeiten im Durchlass
- Längsdurchgängigkeit für Kleintiere mit möglichst beidseitigen Banketten, die bei Trockenwetterabfluss nicht benetzt sind

Im Durchlassbauwerk kann mit formwilden Blocksteinen ein Gerinne für die Niedrig- und Mittelwasserführung gestaltet werden. An beiden Seiten im Durchlass müssen mind. 0,5 m breite Bankettstreifen vorhanden sein. Die beiden Bankettstreifen stellen die terrestrische Längsvernetzung für Kleintiere sicher und ermöglichen den Zugang für Kontroll- und Unterhaltsarbeiten. Die Oberfläche der Bankettstreifen ist mit ausreichendem Quergefälle gegen das Gerinne auszubilden.

Im Bereich der höchsten Auflast kann die Rahmenkonstruktion des Durchlasses mittels Vouten verstärkt werden.

3.6.1 Anschluss von Dichtwänden an Durchlassbauwerken

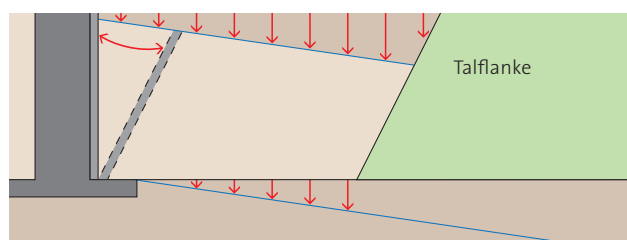


Bild 5, Detail Anschluss

Werden Schmaldicht- oder Spundwände für die Dichtigkeit des Damms eingesetzt, sind beim Anschluss an das Durchlassbauwerk besondere Sorgfalt und Vorsicht geboten. Der Damm wird sich in der Dammachse in Form einer Mulde setzen. Die Dicht- oder Spundwände machen diese Bewegung eventuell mit. Sie könnten aufgrund dieser Bewegung am Durchlassbauwerk abreißen und Sickerwege freigeben, besonders wenn dieses anders fundiert ist.

3.6.2 Filter beim Durchlass

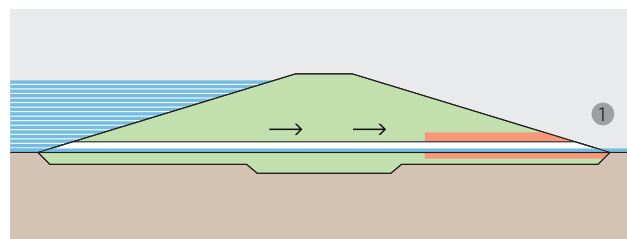


Bild 6, Filterpackung Luftseite

Durchsickerungen entlang von Durchdringungen können allen Massnahmen zum Trotz nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Auf der Luftseite ist daher bei allen Durchdringungen ein grosszügiger Bereich (oben, unten und seitlich) mit Filterkies vorzusehen. Neben der Filterstabilität muss vor allem auch eine genügende Durchlässigkeit gewährleistet werden.

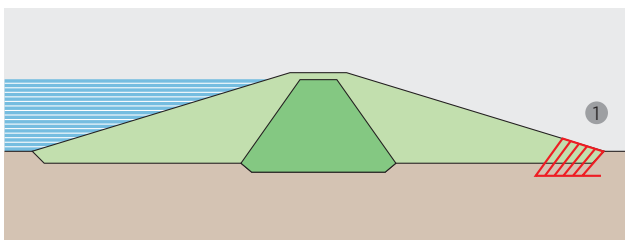


Bild 7, Fussfilter

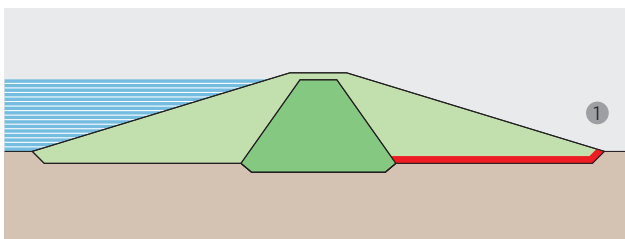


Bild 8, Filterteppich

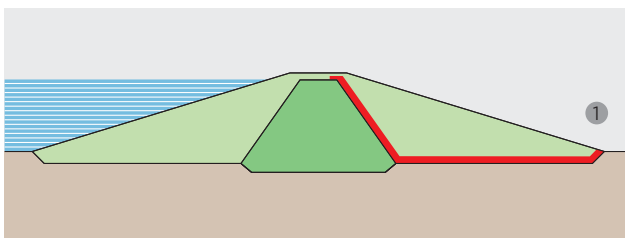


Bild 9, zusätzlicher Filterkamin

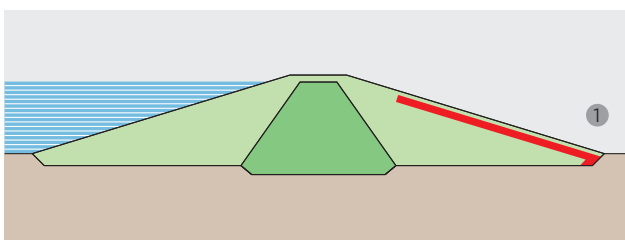


Bild 10, Filter im Bereich der luftseitigen Böschung

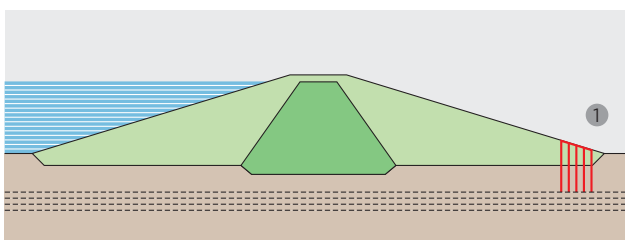
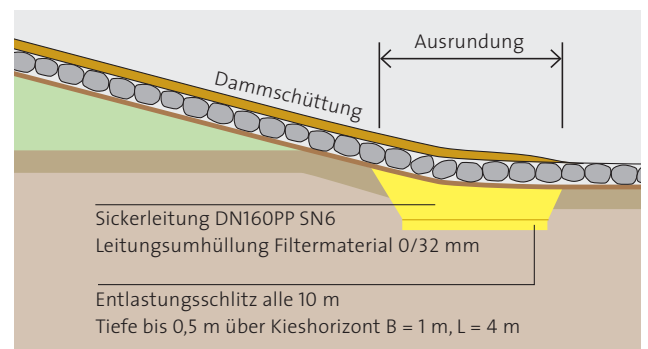


Bild 11, Filtergraben



Detail zu 1

Die verschiedenen möglichen Filterformen sind skizziert: Fussfilter, Filterteppich, Schrägfilter (Filterkamin), Filter luftseitige Böschung, Filtergraben.

Die Filter an der Oberfläche sollen die Bewirtschaftung nicht behindern.

Es ist darauf zu achten, dass die Kiesmischung einerseits filterstabil und andererseits genügend durchlässig ist.

3.7. Tosbecken

Die kontrollierte Energieumwandlung des Hochwasserabflusses erfolgt in einem Tosbecken.

Grösse und Form des Beckens richten sich nach der hydraulischen Belastung. Grundlage für die Tosbeckenbemessung ist der Wechselsprung. Der Wechselsprung mit freier Deckwalze tritt nur für $Fr > 1,71$ auf. Ein günstiger Bereich liegt zwischen Froude-Zahlen von 4,5 bis 9.

Um ein Herauswandern des Wechselsprungs aus dem Tosbecken zu verhindern, kann die Tosbeckensohle eingetieft werden. Die Länge des Wechselsprungs ist nicht eindeutig definiert, daher kann auch die Tosbeckenlänge nur annähernd abgeschätzt werden. Neuere Tosbecken werden mit Störkörpern, Sohlstufen und Gegenschwellen versehen. Die Sohle ist rau auszugestalten.

3.8. Rechenanlagen

Hochwasserentlastungsanlagen und Drosselöffnungen dürfen nicht verklausen. Daher sind vorgelagerte Grob-rechen anzuordnen. Das Hochwasser muss das Holz unterströmen und die Überfallkante ohne Holz erreichen können. Bei Drosselöffnungen sind vorgelagerte Tauch-rechen zu empfehlen. Tauchrechen werden unterströmt. Die Stababstände vor dem Durchlass sind geringer als die beim vorgelagerten Rechen. Es wird zwischen Grob- und Feinrechen unterschieden.

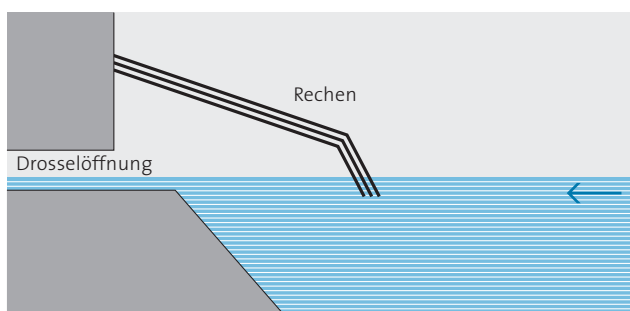


Bild 12, Tauchrechen vor Drosselöffnung

Der Rechen vor der Drosselöffnung taucht in einen kleinen Vorweiher. Wird der Rechen vollständig belegt, kann das Wasser unterhalb des Tauchrechen unbehindert weiterfliessen. Anmerkung: Der Rechen sollte von mindestens vier Seiten durchströmt werden können.

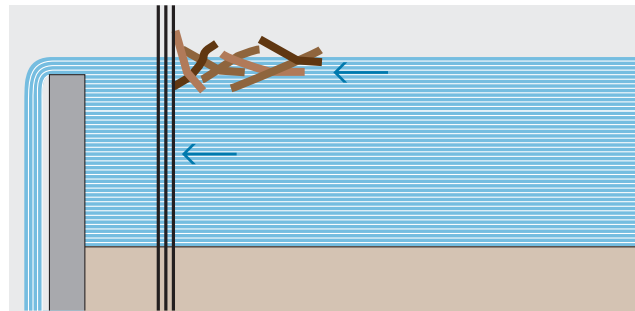


Bild 13, vorgelagerte Rechen vor Hochwasserentlastung

Die Anströmung zur Überfallkante der Hochwasserentlastung beginnt, nachdem der Wasserspiegel die Überfallhöhe erreicht hat. Das mitgeführte Holz wird vom vorgelagerten Rechen zurückgehalten und kann nicht zur Überfallkante der Hochwasserentlastung gelangen. Das Wasser wird unter dem Holzteppich weitergeleitet und gelangt ohne Holz zur Überfallkante.

3.9. Zugänglichkeit

Die Anlage muss nach dem Hochwasserereignis über Zufahrten erreichbar sein. Nach Möglichkeit sollte die Zugänglichkeit auch während eines Hochwasserereignisses möglich sein. Im HWRB liegende Flurstrassen müssen aus natürlich gebrochenem Material (wassergebundene Wege-decke) bestehen.

3.10 Instrumentierung

Das Einlaufbauwerk ist mit einer Wasserstandsmessung (z. B. Drucksonde) zu versehen. Der dafür notwendige Steuerkasten und das Solarpanel zur Stromversorgung werden auf der Dammkrone angebracht. Als Verbindung zur Drucksonde wird im Dammkörper ein Kabelschutzrohr verlegt.

Eine Alarmierungsliste und Online-Überwachung sind mittlerweile Standard. Das Beispiel einer Alarmierungsliste finden Sie in Anhang 3.

3.11 Anforderungen Dammkörper

Der Dammkörper soll nachfolgende Anforderungen erfüllen. Während des Einbaus sind die Anforderungen aus dem Kontroll- und Prüfplan zu beachten (siehe Anhang 1).

3.11.1 Standsicherheit

Der Dammkörper muss ausreichend gegen Böschungs- und Grundbruch sowie Abgleiten gesichert sein.

3.11.2 Einbauten im Damm

Querungen von Leitungen durch den Damm stellen potenzielle Schwachstellen und Sickerwege dar und sind deshalb grundsätzlich zu vermeiden. Sind Leitungsquerungen erforderlich, sind sie nach Möglichkeit in das Durchlassbauwerk zu integrieren.

Alle Dammquerungen sind luftseitig allseitig (links, rechts, oben und unten) mit genügend durchlässigem Filtermaterial einzupacken. Mögliche Sickerströmungen entlang der Querungen können damit sicher entlastet und abgeleitet werden.

Die Einbindung von Bauwerken in den Damm ist nach Möglichkeit zu vermeiden. Bei kleineren Bauwerken wie einem Schacht oder Piezometer sind die erforderlichen Sicherheiten zu beachten.

Die differenziellen Setzungen zwischen dem starren Bauteil und dem Damm dürfen nicht zu Sickerwegen führen.

3.11.3 Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch und Auftrieb

Der Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch ist Bestandteil des Gebrauchstauglichkeitsnachweises.

3.11.4 Erdebensicherheit

Für den Damm muss entsprechend den Anforderungen der StAV die Stabilität zur Erdebensicherheit nachgewiesen werden.

3.12 Lastannahmen für den Dammkörper

Für den Damm sind grundsätzlich die beiden Lastfälle Dauerstau und schnelle Absenkung (Bild 14 und Bild 15) zu beachten. Beide stehen für extreme Belastungsszenarien.

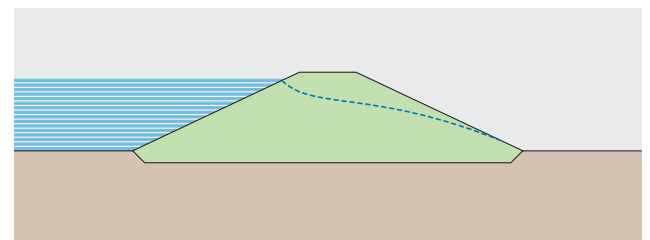


Bild 14, Dauerstau (z. B. durch Verstopfung des Grundablasses)

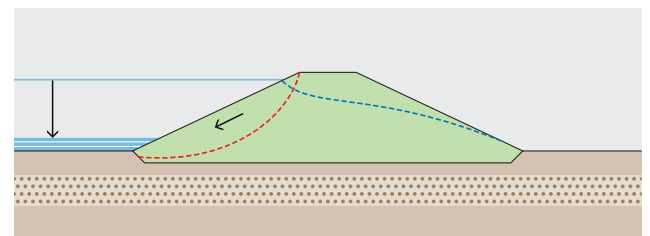


Bild 15, schnelle Absenkung: Entleerung innert Stunden

Der Damm wird konstruktiv so gebaut, dass in beiden Fällen das Versagen (Durchströmung, Abgleiten) rechnerisch ausgeschlossen werden kann. Ebenso muss die Erdebensicherheit des untersuchten Damms gemäss Richtlinien der Erdebensicherheit von Stauanlagen nachgewiesen werden.

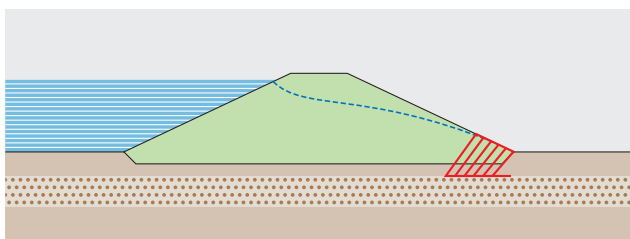


Bild 16, Dauerstau, Filter: filterstabil und genügend durchlässig

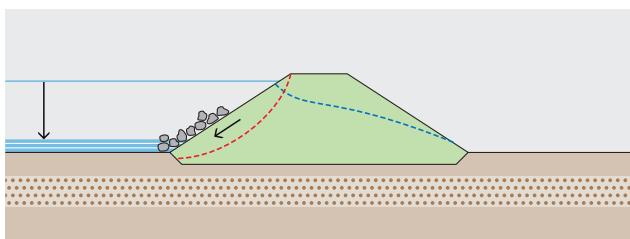


Bild 17, schnelle Absenkung: flache Böschung, Auflast

Wird der Damm über einen längeren Zeitraum eingestaut (Dauer-Einstau), empfiehlt es sich, auch bei ausreichend verdichtetem Dammkörper auf der Luftseite einen Filter für eine allfällige Dammdurch- und -unterströmung zu installieren. Dies reduziert die Gefahr von luftseitigen Instabilitäten.

Für die schnelle Absenkung des Wasserspiegels sind flache Böschungen vorzusehen, allenfalls kombiniert mit einer Auflast oder einem Auflastfilter.

3.13 Schüttmaterial

Die Beschaffenheit des Schüttmaterials ist von besonderer Bedeutung. Idealerweise sollte keine Aufbereitung oder Verbesserung notwendig sein (um die Kriterien des Prüf- und Kontrollplans zu erfüllen).

Schüttmaterial aus Moränenmaterial hat sich bewährt. Doch das Material ist nicht an allen Orten in ausreichend grossen Mengen fristgerecht verfügbar. In der Praxis wird deshalb oft das vorhandene Aushubmaterial so aufbereitet, dass es den Anforderungen genügen soll. Die wichtigsten Parameter sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt (siehe auch Anhang 1, «Prüf- und Kontrollplan»).

3.13.1 Einbaukriterien Schüttmaterial

Die Einbaukriterien sind stark vom Dammaufbau abhängig (homogener Damm/Damm mit Dicht- und Stützkörper). Die Einbaukriterien werden vom Bauherrn (und vom Stand der Technik) vorgegeben und gezielt anhand des Prüfplans kontrolliert (siehe Tabelle). Wie die Praxis zeigt, wird oft Material verwendet, das diese Einbaukriterien bzw. die Projektvorgaben nicht vollständig erfüllt.

Gegenstand der

Prüfung/Kontrolle	Art der Prüfung/Kontrolle	Anforderung
Schüttmaterial	Klassifikation	GC/GM, lehmiger Kies mit Sand
	Siebkurve	Anteil $d < 0,063 \text{ mm}$: max. 40 %, Grösstkorn $< 100 \text{ mm}$, Stetigkeit der Korngrössenverteilung
	Verdichtungsversuch [8]	Verdichtbarkeit gemäss Anforderungen BH
	Durchlässigkeit im Proctor-Topf	Durchlässigkeit $k < 10^{-7} \text{ m/s}$
	Durchlässigkeit im Feld	Durchlässigkeit $k < 10^{-7} \text{ m/s}$
	Anteil organisch	$< 3 \%$
	Typische Bodenkennwerte	$(c' > 38^\circ, y' = 21 \text{ kN/m}^3 \pm 1)$

3.14 Um- und Unterströmung

Bei einem Hochwasserereignis steht das Dammbauwerk unter dem Einfluss des Wasser-Einstaus sowie der Strömungskräfte aus Um-, Unter- und Durchströmung. Werden diese Kräfte zu gross, ist die Stabilität des Bauwerks gefährdet. Ein Um- bzw. Unterströmen des Abschlussbauwerks muss demnach möglichst verhindert bzw. auf ein Minimum reduziert werden. Dies gilt sowohl für das Damm- als auch für das Entlastungsbauwerk (Durchlassbauwerk). Um- und Unterströmung dürfen auch längerfristig nicht zu Erosionserscheinungen oder Instabilitäten führen. Ob eine Massnahme erforderlich wird und wie diese konstruktiv ausgebildet werden muss, hängt stark von den Untergrundverhältnissen ab. Massgebend sind:

- Durchlässigkeit des Untergrunds
- Hydrogeologische Verhältnisse
- Erwartete Setzungen
- Prognostizierte Relativverschiebungen zwischen Untergrund und Bauwerk
- Einstauhöhe (Potenzialdifferenz)
- Einstauzeit

Die Strömungsverhältnisse beeinflussen das Stabilitätsverhalten, insbesondere das Verhalten im Fall eines Erdbebens.

Eine Um- und Unterströmung des Bauwerks (Damm und Durchlassbauwerk) kann mit verschiedenen Massnahmen verhindert werden, wobei diese von der Art des Bauwerks und des Untergrunds abhängig sind. Üblicherweise werden folgende Massnahmen bei den einzelnen Bestandteilen des HWRB ausgeführt:

3.14.1 Durchlassbauwerk

- Umströmung mittels der konstruktiven Gestaltung Flügel, Anzug der Aussenwand entweder nach oben oder nach unten, je nachdem, ob sich der Untergrund oder das Bauwerk mehr setzen wird, sowie Verfüllung des Arbeitsraums mit dichtem Material
- Unterströmung mittels Schürze aus dichtem Material oder Injektionen/Spundprofilen/Schmaldichtwand etc.

3.14.2 Dammkörper

Generell soll der Damm seitlich nicht umströmt werden können. Die Dichtigkeit gegen die Talflanken muss gewährleistet sein.

Ein vorhandener Grundwasserträger kann wegen gewässerschutzrechtlicher Vorgaben oft nicht abgetrennt werden. Aufgrund der örtlichen Gegebenheit und des Untergrunds muss somit entschieden werden, ob der Erddamm unterströmt wird oder ob der Untergrund abgedichtet werden kann.

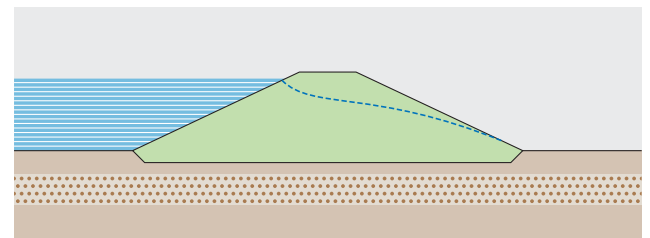


Bild 18, Dammkörper unterströmt

Bei einem unterströmten Damm wird die wasserführende Schicht nicht abgedichtet. Der Grundwasserträger wird nicht oder kaum gestört. Der Porenwasserdruck in der wasserführenden Schicht muss so weit abgebaut werden, dass luftseitig keine hydraulische Grundbruchgefahr besteht. Der volle Einstau kann bei Verstopfungen der Drosselöffnung über längere Zeit wirken. Die Sickerströmungen innerhalb des Dammkörpers sind unabhängig vom Untergrund zu beurteilen.

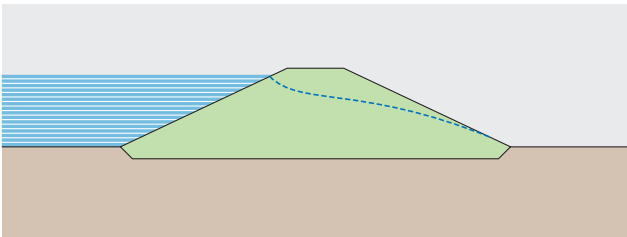


Bild 19, Dammkörper nicht unterströmt (dichter Untergrund)

Bei dichtem Untergrund muss sichergestellt werden, dass keine durchlässigen Schichten vorhanden sind. Durch alte Bachläufe könnten kiesige Linsen vorhanden sein. Umfassende geologische Abklärungen sind deshalb erforderlich.

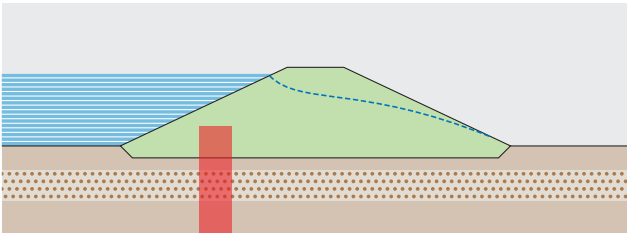


Bild 20, Untergrund mit Schmalwand

Eine Dichtung des Untergrunds ohne Aushub ist mit Schmaldichtwänden, Spundwänden oder Injektionen möglich.

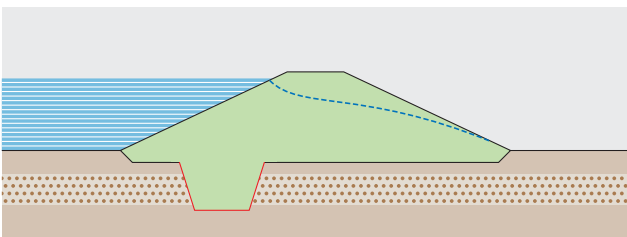


Bild 21, Untergrund mit Dammmaterial gedichtet

Mit einem Voraushub und dem Verfüllen mit dichtem Schüttmaterial kann der Untergrund ebenfalls abgedichtet werden. Für eine Dichtung des Untergrunds irgendwelcher Art muss die Zustimmung einer Fachstelle vorliegen, die für das Grundwasser zuständig ist.

Dichter Beckenbereich

Sofern die oberste Schicht im Staubeckereich des Rückhaltebeckens aus dichtem Material besteht, wird der Damm bei vollem Einstau weniger stark unterströmt. Es ist aber damit zu rechnen, dass die dichte Schicht im Lauf der Jahre beschädigt werden kann. Gibt es ein Leck, dringt mehr Wasser in die wasserführende Schicht ein, und der Porenwasserdruck wird höher. Mit entsprechend dimensionierten Filtern kann der Wasserdruck abgebaut werden. Eine Druckbank, allenfalls kombiniert mit einem Unterhaltungsweg, kann die Situation zusätzlich entschärfen.

Drainagefilter am Dammfuss

Der Vollständigkeit halber sind hier auch Filterarten für zonierte HWRB aufgeführt.

Gegen Durchsickern im Damm und im Untergrund werden Drainagefilter eingesetzt. Es ist darauf zu achten, dass die Kiesmischung einerseits filterstabil und andererseits genügend durchlässig ist. Die ausreichende Durchlässigkeit ist sehr wichtig, weil der Wasserdruck zuverlässig abgebaut werden muss. Möglich ist die Verwendung von Geotextilien als Filtermatten, sie umschließen einen sehr durchlässigen Einheitskies. Folgende Filtertypen kommen infrage:

- Fussfilter
- Filterteppich
- Schrägfilter
- Filtergraben, evtl. mit Geotextil

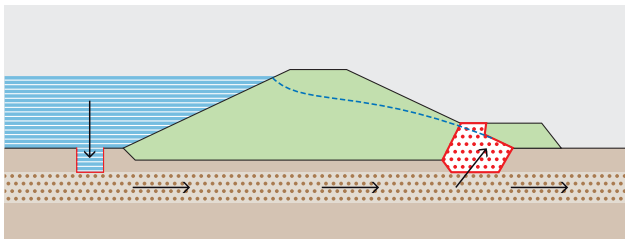


Bild 22, Staubeck: Leck in dichter Schicht

Bei allen Typen ist darauf zu achten, dass eine einfache Bewirtschaftung des Damms möglich ist.

3.15 Setzungen

Bei den Setzungen ist das Augenmerk grundsätzlich auf folgende potenzielle Schwachpunkte zu legen:

- «Weicher» Dammkörper
- Starrer Betondurchlass
- Differenzielle Setzungen zwischen Betondurchlass und Dammkörper
- Hochwasserentlastung (HWE) und Dammkörper

Bei den Setzungen sind einerseits die absoluten Setzungen des neu erstellten Damms als auch die differenziellen Setzungen des zumeist weichen Damms relativ zum starren Durchlassbauwerk massgebend. Letztere sind noch ausgeprägter, wenn die beiden Bauwerke in setzungsempfindlichem Untergrund unterschiedlich fundiert werden (z. B. Pfahlfundation des Durchlassbauwerks).

Die rechnerischen Setzungen sind aufgrund geologisch-geotechnischer Abklärungen zu bestimmen. Man unterscheidet zwischen Baugrundsetzungen (unter dem Bauwerk) und Setzungen in der Dammschüttung. Zusätz-

lich ist die Gefahr von differenziellen Setzungen infolge heterogenen Untergrunds (z. B. Torflinsen) zu beurteilen. Der Projektgenieur hat auf dieser Grundlage die zulässigen Setzungen zu definieren und, falls erforderlich, Massnahmen zur Reduktion der Setzungen zu planen.

Setzungen sensiblerer Bauteile wie überströmbarer Dammbereiche und Übergängen an starren Bauwerksteilen sind speziell zu beurteilen. Während nicht überströmbar Dämme mit einer leichten Überhöhung erstellt werden können, sind überströmbar Dämme möglichst genau zu erstellen (zu tiefe Kote bedeutet zu frühe Überströmung, zu hohe Kote allenfalls eine zu hohe Belastung anderer Bauwerksteile). Dementsprechend sind bei langen überströmbar Dämmen – vor allem bei setzungsempfindlicherem Untergrund – konstruktive Massnahmen wie das Anbringen einer veränderlichen Überfallkante zu prüfen.

Sind grössere Setzungen des Untergrunds zu erwarten, können diese teilweise mit einer Vorbelastung des Untergrunds vorweggenommen werden. Bei feinkörnigem Untergrund kann die erforderliche Vorbelastungszeit mittels Vertikaldrainagen verringert werden. Es muss aber darauf geachtet werden, dass mit dieser Massnahme keine Sickerwege erzeugt werden (stärkere Unterströmung).

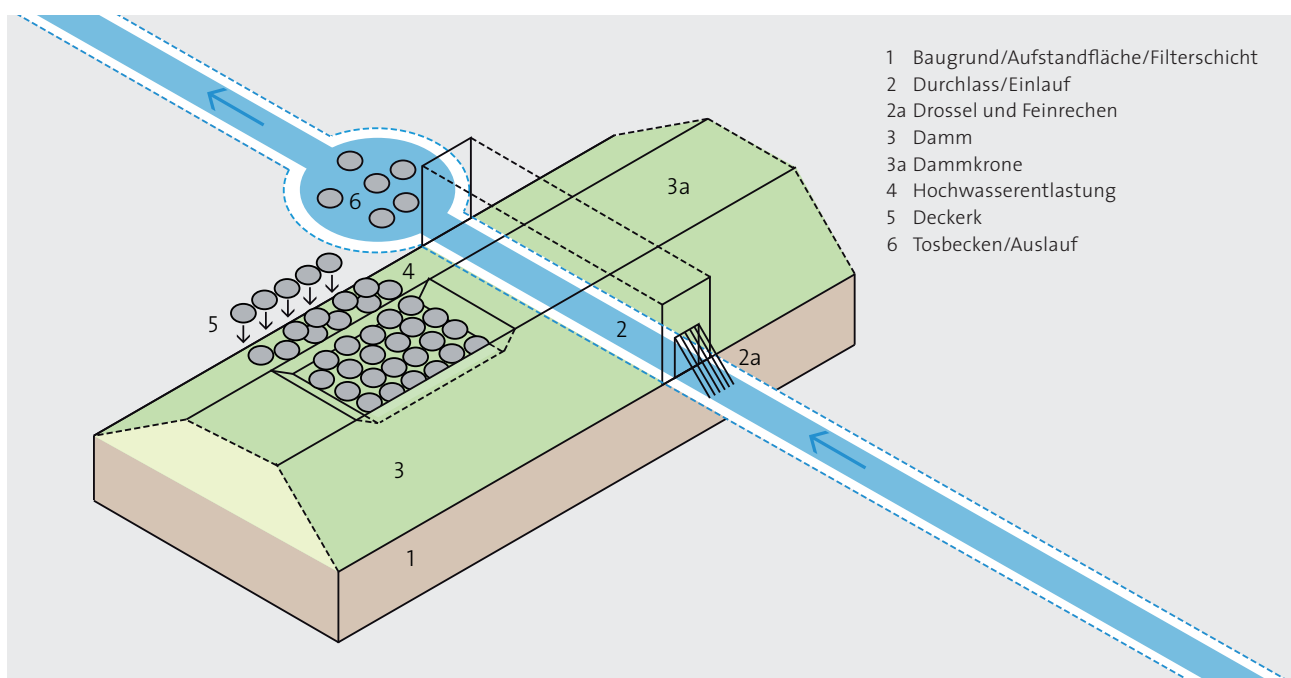


Bild 23, Schema Aufbau HWRB

Die differentiellen Setzungen zwischen dem starren Durchlass und dem Damm dürfen nicht zu Sickerwegen führen.

Das Verdichten von Material entlang von Durchlassbauwerken stellt ohnehin hohe Anforderungen. Differentielle Setzungen im Übergangsbereich von Durchlass und Damm könnten in diesen heiklen Bereichen zu Hohlräumen oder lockerem Material und damit zu Sickerwegen führen.



Bild 24, vertikale Seitenwände

Differentielle Setzungen im Übergangsbereich von Durchlassbauwerk (starr) und Dammkörper (weich) müssen mit konstruktiven Massnahmen möglichst verhindert werden.

Um differentielle Setzungen zu vermeiden, sind folgende Massnahmen denkbar:



Bild 25, geneigte Seitenwände

Werden die Seitenwände gegen innen geneigt, kann das Schüttmaterial besser verdichtet werden. Die seitlichen Anpress- und Erddrücke auf die Wand werden grösser als bei einer senkrechten Wand. Ein seitlicher Erddruck ist auch dann zu erwarten, wenn das Erdmaterial abschwinden sollte.

Es ist zu beachten, dass geneigte Schalungen schwieriger zu erstellen sind als senkrechte. Mit schrägen Innenwänden ergeben sich Anschlussprobleme für Flügelmauern im Ein- und Auslaufbereich. Allenfalls kann lediglich die Aussenwand schräg geschalt werden.



Bild 26, abgekröpfter oberer Wandbereich

Werden die oberen Wandbereiche abgekröpft, wird ein allmählicher Übergang zwischen Wand und Decke geschaffen. Differenzielle Setzungen können besser überbrückt werden. Sickerwege sind weniger wahrscheinlich als bei rechtwinkligen Übergängen. Durch die Abkröpfung ergeben sich Anschlussprobleme für Flügelmauern im Ein- und Auslaufbereich.

3.16 Massnahmen zur Baugrundverbesserung: Einflüsse, Vor- und Nachteile

Allgemeines zur Baugrundverbesserung:

Bevor ein HWRB gebaut werden kann, müssen die Anforderungen an den anstehenden Baugrund erfüllt sein. Ist der Untergrund wenig tragfähig oder zu durchlässig für das spätere Bauwerk, kann eine Baugrundverbesserung erforderlich werden.

Die Art der Baugrundverbesserung hängt stark vom Ausgangsmaterial (anstehender Baugrund), dem Bauvorgang sowie den Grundwasserverhältnissen ab.

Baugrundverbesserungen können durch die Bauleitung oberflächlich oder als Tiefen-Baugrundverbesserung angeordnet werden.

Materialaustausch ist die einfachste Massnahme, aber auch eine sehr kostenintensive.

Stabilisierung mit Kalk oder Zement verbessert die Eigenschaften (z. B. Tragfähigkeit und Durchlässigkeit), es braucht aber Eignungsprüfungen. Der pH-Wert im Boden muss regelmässig überwacht werden (auch nach der Fertigstellung).

Grundsätzlich haben sich folgende Massnahmen als zweckmässig erwiesen.

Baugrundverbesserung oberflächlich:

- Materialaustausch
- Stabilisierung (Kalk, Zement)
- Stabilisierung durch Einwalzen einer Blocklage
- Materialaufbereitung (Zumischung von Material)

Tiefen-Baugrundverbesserung:

- Rüttelverdichtung
- Vorbelastung des Baugrunds
- Injektionen

3.16.1 Baugrundverbesserung oberflächlich

Die Art der Massnahme ist in einer frühen Projektierungsphase zu definieren. Sie fliesst in die verschiedenen statischen Nachweise ein. In der Folge werden zu den oben erwähnten Massnahmen einzelne Vor- und Nachteile aufgelistet. Diese Auflistung ist jedoch nicht als abschliessend zu betrachten.

Einbauten im Damm sind Schwachstellen und sollten möglichst vermieden werden.

Talflanken müssen auf ihre Stabilität untersucht werden.

Rechen sind vorzulagern und als Tauchrechen auszubilden.

Die Anlage muss nach und wenn möglich auch während eines Hochwasserereignisses zugänglich sein.

3.16.2 Materialaustausch des Baugrunds

Der Materialaustausch mit einem in der Ausschreibung klar definierten Ersatzmaterial ist die am einfachsten definierbare Massnahme. Sie wird dementsprechend oft angewendet.

Vorteile

Eindeutig definierbares Material

Klare und prüfbare Einbaukriterien

Relativ geringer Kontrollaufwand

Definierter Bauablauf

Messbare Kubaturen (Anlieferung)

Nachteile

Eher kostenintensive Massnahme (Deponiekosten, Ankauf von Material)

Grösserer Aushub, mehr Materialtransporte

Verfügbarkeit des Ersatzmaterials je nach erforderlicher

Kubatur allenfalls schwierig, Bauunterbrüche

3.16.3 Stabilisierung des Baugrunds mit Kalk und/oder Zement

Auch oft, aber mit weniger klar definierten Randbedingungen, wird eine Stabilisierung des Untergrunds mit Kalk, Zement oder einem Kalk-Zement-Gemisch angewendet. Vor allem bei nicht ausreichender Tragfähigkeit oder zu hohem Wassergehalt in der obersten Baugrundsicht. Für Konzeption und Ausführung sind die Normanforderungen einzuhalten. Die zulässigen Einbauschichtdicken betragen 150 bis 300 mm (nicht kleiner als dreifacher Grösstkorndurchmesser). Das Verdichten hat frühestens nach vier Stunden (bei Kalkstabilisierung) oder spätestens nach vier Stunden (bei Zementstabilisierung) zu erfolgen.

Vorteile

Vorhandener Baugrund kann auch bei zu hohem Wassergehalt schnell verbessert werden (Kalk).

Steigerung von Tragfähigkeit und Frostbeständigkeit

Steigerung der Scherfestigkeit (Mass schwer definierbar, Steigerung um 50 bis 150 kN/m² möglich)

Verminderung der Durchlässigkeit (um 1 bis 2 Zehnerpotenzen möglich)

Nachteile

Vorgängige Eignungsprüfung erforderlich
Zusätzlicher Arbeitsschritt
Zusätzlicher Kostenfaktor Bindemittel
Umwelt (der pH-Wert muss überwacht werden)

3.16.4 Einwalzen einer Blocklage in den Baugrund

Das Einwalzen einer Blocklage (auch Schroppen genannt) ist eine geeignete Massnahme bei einem Baugrund, der nur gering tragfähig und schwer befahrbar ist (z. B. auf wassergesättigten Tonböden oder organischen Böden).

Mittels Vorkopfschüttung einer Lage aus Blöcken/Schroppen wird eine erste Tragschicht variabler Mächtigkeit erstellt. Zur Reduktion einer allfälligen erosiven Unterströmung des Damms durch die Blocklage und damit zur Verlängerung der Sickerwege ist der Einbau eines ausreichend tiefen Dichtkerns, einer abdichtenden Schicht oder eines Dichtschirms (bspw. mit Spundwand) vorzusehen.

Da das Einwalzen einer Blockvorlage unerwünscht zusätzliche Sickerwege unter dem Damm ermöglichen könnte, sollte diese Methode nur angewendet werden, wenn die Befahrbarkeit des Baugrunds keine Alternative zulässt.

Vorteile

Erhöhung der Tragfähigkeit

Nachteile

In der Regel sind Massnahmen gegen Unterströmung nötig.

3.16.5 Materialaufbereitung (Zumischung von Material in den Baugrund)

Bei zu bindigem Material (zu geringe Tragfähigkeit) oder zu durchlässigem Material (zu hoher k-Wert) kann durch Zumischung von Fremdmaterial (Anlieferung von extern oder aus anderen Bereichen des Projektperimeters) die Eigenschaft des Untergrunds verbessert werden.

Vorteile

Geringe Kosten
Wenig Materialtransporte
Für Grundwasser unproblematisch
Steigerung der Scherfestigkeit oder Verminderung der Durchlässigkeit möglich, je nach Zumischung von Material

Nachteile

Allenfalls vorgängige Eignungsprüfung des Zumischmaterials erforderlich
Zusätzlicher Arbeitsschritt
Grösserer Aufwand für die Bauleitung
Erhöhter Prüfaufwand zur Beurteilung des Mischresultats
Höhere Anforderungen an das ausführende Unternehmen

3.16.6 Tiefen-Baugrundverbesserung

Stehen mächtige, wenig tragfähige Baugrundsichten an, kann zur Verringerung von zu grossen Setzungen eine Tiefen-Baugrundverbesserung erforderlich werden. Eine andere Art der Baugrundverbesserung kann erforderlich werden, wenn durchlässigere Schichten im Untergrund eine Unterströmung des Bauwerks ermöglichen.

Für die Verbesserung des Untergrunds in Bezug auf die Unterströmung wird auf das Kapitel 3.14 («Um- und Unterströmung von Dämmen») verwiesen. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit werden folgende nachfolgende Verfahren angewendet:

3.16.7 Rüttelverdichtung

Eine Rüttelverdichtung eignet sich für flächige Untergrundverbesserungen. Mit ihr wird eine höhere Lagerungsdichte des Untergrunds erreicht. Die Eignung des Untergrunds für diese Art der Verbesserung ist vorgängig im Detail abzuklären.

Vorteile

Verbesserung der Tragfähigkeit bis in mehrere Meter Tiefe möglich

Nachteile

Nur bei bestimmten Untergrundverhältnissen anwendbar (genaue Abklärungen erforderlich)
Beschränkte Anzahl Unternehmer, die dies anbieten können

3.16.8 Vorbelastung

Durch eine Vorbelastung werden Setzungen zumindest teilweise vorweggenommen. Die Grösse der mit der Vorbelastung erzeugten Setzungen ist direkt vom Mass der Vorbelastung (Schütthöhe, Schüttmaterial) und von der Zeit der Vorbelastung abhängig. Mit dieser Massnahme kann z. B. das Setzungsverhalten des Durchlassbauwerks und des anschliessenden Damms homogenisiert werden.

Vorteile

Keine Probleme betreffend Gewässerschutz, Fremdmaterialien etc.
Material für Vorbelastung kann als Schüttmaterial wieder verwendet werden.
Ermöglicht durch die Auswertung der Setzungen im Rahmen der Vorschüttung eine genauere Setzungsprognose für den Endzustand.

Nachteile

Grosser Zeitaufwand (Monate bis Jahre)
Grosse Materialumlagerung erforderlich

3.16.9 Injektionen

Ist der Untergrund setzungsempfindlich, kann er auch mittels Injektionen verbessert werden. Die Art des Injektionsverfahrens sowie des Injektionsmittels ist im Detail abzuklären.

Vorteile

Kein zusätzlicher Aushub erforderlich
Gute Tragfähigkeit möglich

Nachteile

Abklärungen betreffend Umweltverträglichkeit erforderlich, allenfalls Bewilligungen einzuholen
Relativ teuer bei grossflächiger Anwendung
Wirkung der Massnahmen schwer prognostizierbar

3.16.10 Vergleichbarkeit der Massnahmen

Vor- und Nachteile einiger Varianten sind in den vorgängigen Kapiteln ansatzweise thematisiert, die Aufzählung ist jedoch nicht abschliessend. Ein einfacher Vergleich der Massnahmen ist nicht möglich, da die Randbedingungen, sei es betreffend Untergrund, Grundwasser, finanzieller Möglichkeiten und Zugänglichkeit der Baustelle, sehr unterschiedlich sind. Ferner gilt es, die Einsatzgrenzen und die Nebenwirkungen der jeweiligen Verfahren zu berücksichtigen, wie:

- Grundwasserschutz
- Durchlässigkeit Untergrund
- Änderung der Durchlässigkeit im Untergrund (Um-/ Unterströmen, GW-Fluss)
- Tiefen-Baugrundverbesserung: Einfluss auf GW beachten, Bewilligung erforderlich

3.17 Massnahmen zur Verbesserung von Schüttmaterial, Vor- und Nachteile

Ob ein HWRB zeitlich und finanziell plangemäss gebaut werden kann, hängt häufig von der Verfügbarkeit des ausgeschriebenen Schüttmaterials ab. Steht dieses nicht in ausreichender Menge zur Verfügung, kann evtl. vorhandenes Untergrundmaterial verwendet werden. Entspricht das Untergrundmaterial oder das zugeführte Schüttmaterial nicht den Qualitäten des ausgeschriebenen Schüttmaterials, muss es verbessert werden. Die Verbesserung zielt dabei primär auf folgende Faktoren:

- Kornverteilung (Verdichtbarkeit und Durchlässigkeit)
- Wassergehalt (Verarbeitbarkeit)

Als Verbesserungsmassnahmen werden erfahrungsgemäss folgende Varianten verwendet:

- Mischen (bzw. Aussieben)
- Stabilisieren (Kalk/Zement)
- Trocknen
- Kombination von Mischen und Stabilisieren

3.17.1 Mischen von Schüttmaterial

Ist das Ausgangsmaterial entweder zu fein oder zu durchlässig, wird eine Zumischung von Material erforderlich.

Vorteile

Anstehendes oder «minderwertiges» Ausgangsmaterial kann verwendet werden.

Kostenoptimiert

Weniger Materialtransporte

Für Grundwasser unproblematisch

Steigerung der Scherfestigkeit oder Verminderung der Durchlässigkeit möglich, je nach Zumischung von Material

Nachteile

Ein einwandfreies Mischen verschiedener Materialien benötigt Kenntnis, Zeit und Platz.

Regelmässige Kontrolle des Ausgangsmaterials, des zugemischten Materials und des Endprodukts

Intensive Laborprüfungen zur Beurteilung der erforderlichen Zumischung

Evtl. intensivere Kontrollen als im Kontroll- und Prüfplan vorgesehen

Hohe Anforderung an Bauleitung und Unternehmer

3.17.2 Stabilisieren von Schüttmaterial

Oft wird zu feinkörniges oder zu nasses Ausgangsmaterial mit Kalk, Zement oder einem Kalk-Zement-Gemisch aufbereitet und eingebaut. Die bisherigen Fälle zeigen, dass ein tragfähiges, erosionsstabiles und wenig durchlässiges Schüttmaterial erreicht werden kann. Entspricht das stabilisierte Material nicht mehr dem Prüf- und Kontrollplan, sind ergänzende Materialprüfungen und Berechnungen erforderlich. Für Konzeption und Ausführung der Stabilisierung sind die Normanforderungen [2, 3, 4, 5] einzuhalten. Die zulässigen Einbauschichtdicken betragen 150 bis 300 mm (nicht kleiner als dreifacher Grösstkorndurchmesser). Das Verdichten hat frühestens nach vier Stunden (bei Kalkstabilisierung) oder spätestens nach vier Stunden (bei Zementstabilisierung) zu erfolgen.

Eine stark Kalk-/Zement-lastige Stabilisierung erschwert das Wachstum der Pflanzen an der Dammsfläche. Für ein rasches Anwachsen empfiehlt sich daher ein leichtes Aufrauen der Oberfläche.

Vorteile

Auch wenn der Wassergehalt zu hoch ist, kann das Schüttmaterial schnell so verbessert werden, dass es sich gut verarbeiten lässt.

Steigerung von Tragfähigkeit und Frostbeständigkeit

Steigerung der Scherfestigkeit (Mass schwer definierbar, Steigerung um 50 bis 150 kN/m² möglich)

Verminderung der Durchlässigkeit (um 1 bis 2 Zehnerpotenzen) möglich

Nachteile

Vorgängige Eignungsprüfung erforderlich [3, 5]

Zusätzlicher Arbeitsschritt, längere Arbeitsdauer

Kompetenz des ausführenden Unternehmens bezüglich Umgang mit Stabilisierungsmitteln (Dosierung, Mischung) erforderlich

Höherer Kontrollaufwand der Bauleitung

Kosten für das Bindemittel

Umwelt (der pH-Wert muss überwacht werden)

Tiefen- (oder auch nur oberflächliche) Baugrundverbesserungen werden durch den Projektverantwortlichen angeordnet.

Materialaustausch ist eine einfache Massnahme, aber auch kostenintensiv.

Eine Stabilisierung mit Kalk oder Zement verbessert die Eigenschaften (z. B. Tragfähigkeit und Durchlässigkeit), sie erfordert viele Materialeignungsprüfungen. Der pH-Wert (Boden und Bach) muss regelmässig und über einen langen Zeitraum überwacht werden.

3.17.3 Trocknung

Wird Schüttmaterial unter dem Grundwasserspiegel gewonnen, kann es oft nicht direkt verwendet werden. Je nach der Körnung des Materials kann dieses mit einer Trocknung (Zwischenlagerung) wieder für den Einbau verwertbar gemacht werden. Dies ist bei sehr feinkörnigen Materialien (viel Silt/Ton) jedoch kaum möglich.

Vorteile

Wiedereinbau von Material möglich

Nachteile

Hoher Aufwand (arbeitsmässig, zeitlich und was die Platzverhältnisse betrifft)

Bei regelmässig nasser Witterung nicht möglich

3.18 Ökologische Aspekte

3.18.1 Vernetzung und Aufwertung

Fliessgewässer bilden mit den Uferstreifen und der sie umgebenden Landschaft ökologische Räume. Der Bau eines Dammbauwerks kann dieses Gefüge massiv beeinflussen. Uferlinien mit Ufergehölzen und Hochstaudensaum werden durch einen Damm unterbrochen. Die aquatische, die amphibische und die terrestrische Vernetzung entlang des Gewässers werden damit zerschnitten und müssen in geeigneter Form wieder hergestellt werden. Damm und Stauraum können auch die Biodiversität in wertvollen Lebensräumen wie Feucht- und Magerwiesen, in Tümpeln oder Gehölzen beeinflussen. Erste Informationen zu ökologischen Werten sind aus den Geoportalen von Bund und Kantonen und bei den Gemeinden ersichtlich, Feldbegehungen vervollständigen das Bild. Eine sorgfältige und vorausschauende Planung zusammen mit den entsprechenden Fachleuten ist schon bei der Standortwahl empfehlenswert.

Die ökologischen Anforderungen werden durch eine geeignete Gestaltung des Betriebsdurchlasses erfüllt. Ein raues Niederwassergerinne – mit seitlichen Banketten und geringem Längsgefälle – gewährleistet die aquatische Vernetzung (Auf- und Abstieg). Je nach Länge und Querschnitt des Durchlasses funktionieren auch die amphibische und – mit Abstrichen – die terrestrische Vernetzung im gleichen Durchlass. Begehbare Querschnitte sind in der Regel gross genug für Kleinsäuger wie Hamster, Mäuse und Wühlmäuse. Der Knackpunkt hierbei ist die Dimension der Öffnung an der Blende. Sie regelt den Abfluss aus dem Becken. Die Öffnungen müssen so gross sein, dass die

Tiere den Zugang finden und sich bei der Passage nicht beeengt fühlen. Die erforderliche Grösse kann im Widerspruch zur Drosselmenge stehen.

Wird ein Becken nach einem Einstau entleert, können in kleinen Senken des Stauraums Fischfallen entstehen. Diese sind in Absprache mit der Fischereiaufsicht so weit als möglich zu eliminieren.

Ein Dammbauwerk mit zur Vernetzung geeignetem Stauraum kann auch übergeordnete Vernetzungskorridore für Grosssäuger beeinflussen. Hier sind die Bewegungen genau zu analysieren. Die übergeordneten Vernetzungskorridore können auch den Dammstandort und die Ausrichtung des Damms beeinflussen. Allenfalls helfen auch übergeordnete lenkende Strukturen, die Vernetzungsfunktionen aufrechtzuerhalten.

Dammbauwerke und Stauräume bieten auch Potenzial für die Neuanlage von Mager- und Feuchtwiesenflächen, die durchaus eine Aufwertung im ökologischen Gefüge der Landschaft darstellen können.

Wichtig ist immer die Landschaft. Hochwasserrückhaltebecken sind als umfassendes Gefüge von Erscheinungsbild, Lebensräumen, Funktionen und Nutzungen zu erfassen und in diesem Kontext zu planen und zu realisieren.

Um den Dammkörper vor Witterungseinflüssen (Niederschläge, Frost etc.) zu schützen, muss unmittelbar nach der Fertigstellung die Ansaat erfolgen.

3.18.2 Dammbegrünung als Erosionsschutz

Für die Dammbegrünung eignen sich extensive Wiesenmischungen mit regionalem Saatgut oder zumindest schweizerischen Ökotypen (Magerwiesenmischungen mit Hydrosaat aufgebracht, Saatmatten) besonders gut. Sie ermöglichen eine einfache Dammpflege. Die Bewirtschaftung darf nur extensiv erfolgen.

Bäume und Gehölze kommen als Vegetation auf überströmbaren Böschungen nicht infrage. Sie können die Standsicherheit des Damms gefährden und erschweren darüber hinaus den Unterhalt. Die Ausnahme bildet eine ausgewählte Bepflanzung mit beschränkter Durchwurzelung im Überprofil.

Ist das Überprofil nur gering, können die Pflanzen trotzdem in den Dammkörper einwurzeln. Daher sind eigentlich nur Sträucher zu empfehlen und keine Bäume. Wenn Bäume, um das Bauwerk zu verstecken, so pflanzt man diese *vor* dem Dammfuss.

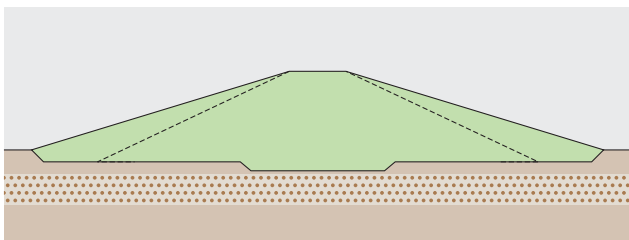


Bild 27, Überprofil

Ab einem Meter Überprofil gegenüber dem geotechnisch erforderlichen Dammquerschnitt kann der Damm bepflanzt werden.

HWRB sollen sich ökologisch und ästhetisch in die Landschaft integrieren. Sie bilden im Anschluss ein wichtiges Landschaftselement.

Die Anlage soll landwirtschaftlich nutzbar sein, sie ist – wenn auch in eingeschränktem Mass – extensiv zu bewirtschaften.

4 Submission

Stauanlagen unterliegen hohen Ansprüchen. Was das für den Planer und den Bauunternehmer an konkreten Anforderungen bedeutet, wird in der Submission im Detail definiert.

4.1 Allgemeine Grundsätze

Die Durchführung einer Submission im öffentlichen Beschaffungswesen ist weitgehend durch entsprechende Gesetzeserlasse auf der Ebene von Staatsverträgen, Bundesrecht sowie interkantonalem und kantonalem Recht geregelt und vorgeschrieben.

Aufgrund der besonderen Anforderungen, die an eine Stauanlage gestellt werden, müssen bereits im Rahmen der Submission die Anforderungen an den Planer/Unternehmer so definiert werden, dass eine qualitativ hochwertige Planung und Realisierung garantiert werden kann.

4.2 Submission für Planer

4.2.1 Bedingungen

Der Planer muss nachweislich Erfahrung mit HWRB besitzen – inklusive der Ausführung nach der Stauanlagenverordnung (StAV). Nicht vergleichbar damit sind Strassendämme oder Flutpolder. Er muss über ausgewiesene Fachkompetenzen in folgenden Bereichen verfügen oder sie bereitstellen:

Projektleiter	Führung des Projekts
Statiker	Kunstbauten, Dammbau
Wasserbauer	Wasserbau, Hydrologie, Hydraulik
Geotechniker	Beurteilung Untergrund, Schüttmaterial, Dammbau
Bauleitung	Wasserbau, Dammbau, Kunstbauten

Der Planer muss vom Bauherrn eine genaue Projektbeschreibung erhalten, welche die Ziele und die fachtechnischen Voraussetzungen (vgl. Kapitel 2) präzise definiert.

4.2.2 Referenz- und Eignungskriterien

Die Referenz- und Eignungskriterien sollten nicht zu eng gefasst werden. Wichtig sind die fachlichen Grundlagen und Erfahrungen bezüglich Erd- und Wasserbau, die nachgewiesen werden müssen. Bei den Zuschlagskriterien sollten die Bedingungen enger gefasst werden.

Ein HWRB nach StAV wird nicht selten geplant, ist aber auch kein alltäglicher Auftrag. Planer mit eigener Wasserbauabteilung oder solche, die intensiv im Wasserbau tätig sind, kennen die erforderlichen Abläufe und den Aufwand. Daher sollte die technische Leistungsfähigkeit des Unternehmens und der Schlüsselpersonen im Vordergrund stehen.

Auch die Gleichwertigkeit der Bauwerke führt immer wieder zu Diskussionen. Dämme wie diejenigen, die für Eisenbahnen oder Strassen gebaut werden, müssen andere Eigenschaften erfüllen als HWRB. Daher ist die eindeutige, vollständige Leistungsbeschreibung unerlässlich. Es muss für den Anbieter klar ersichtlich sein, dass es sich um die Projektierung einer Stauanlage nach StAV handelt.

Nachweis bezüglich der Referenzen der Schlüsselpersonen

Zu berücksichtigen ist hier, dass der Werkvertrag mit einem Unternehmen und nicht mit einer Schlüsselperson abgeschlossen wird.

Als Schlüsselpersonen gelten Personen, die im Projekt folgende Funktionen ausüben:

1. Projektleiter, Führen des Projekts
2. Projektierende (Statik, Wasserbau, Geotechnik/Geologie)
3. Bauleiter (Grundbau, Wasserbau und Kunstbauten)

Da die Bewertung der Schlüsselpersonen ein relevantes Vergabekriterium darstellt, dürfen diese nach Vergabe der Arbeiten nur unter expliziter Zustimmung der Vergabestelle ausgewechselt werden. Es empfiehlt sich, im Rahmen der Submission jeweils auch Stellvertretungen zu verlangen.

Nachweis bezüglich der Referenzen der Unternehmung

Wichtig ist, dass hier HWRB oder Stauanlagen nach StAV aufgeführt wurden. Die Bauprojekte sollten nicht länger als zehn Jahre zurückliegen.

Vorschlag für Zuschlagskriterien:

Die Gewichtung ist abhängig von der ausgeschriebenen Phase. Für eine Vorstudie, ein Vor- oder Bauprojekt werden die Auftragsanalyse und die Schlüsselpersonen eher höher gewichtet. In der Realisierung werden eher der Preis und die Qualifikation des Unternehmens hoch gewichtet.

Die Auftragsanalyse muss relevant auf die objektspezifischen Gegebenheiten eingehen und sowohl Risiken als auch Lösungsmassnahmen enthalten. Für eine einfachere Bewertung der Auftragsanalyse der verschiedenen Angebote werden vorab die relevanten Punkte (z. B. schwieriger Baugrund, Verfügbarkeit von Schüttmaterial, Schwemmholaufkommen etc.) abgeklärt.

Die Referenzobjekte der Schlüsselpersonen und des Unternehmens sollten den Eigenschaften des ausgeschriebenen Objekts entsprechen.

Für die Eignungskriterien sind eindeutig messbare Kriterien zu verwenden, die mit «erfüllt» bzw. «nicht erfüllt» beantwortet werden können. Bei den Zuschlagskriterien ist aufgrund der Kriterien (Auftragsanalyse, Vergleichbarkeit der Referenzen) per se ein Spielraum in der Bewertung vorhanden, der auch den wichtigen Vergleich zwischen den Anbietern erlaubt.

Hauptkriterien	Subkriterien	Gewichtung
1. Preis		20–50 %
2. Auftragsanalyse und Vorgehenskonzept (Verständnis der Aufgabe) mit		
Terminprogramm, abgestimmt auf die Terminvorgaben des Bauherrn		max. 10 %
3. Qualifikation des Unternehmens		max. 20 %
4. Qualifikation, Erfahrung und Referenzen der Schlüsselpersonen		max. 20 %
Projektleiter	(30 %)	
Statiker	(10 %)	
Wasserbauer, Hydrologe und Hydrauliker	(20 %)	
Grundbauer und Geotechniker	(20 %)	
Bauleiter	(20 %)	
Total	(100 %)	100 %

4.2.3 Unterlagen zum Angebot für Planer

Der Anbieter erhält folgende Unterlagen (digital und Hardcopy) vom Bauherrn:

- Besondere Bestimmungen
- Entwurf Werkvertrag
- Angebot
- Planunterlagen, technischer Bericht, Projektpläne, Prüf- und Kontrollplan etc.
- Vollständige Leistungsbeschreibung
- Besondere Randbedingungen
- Organigramm
- Zeitplan
- Angabe Labor für Materialprüfung

Vom Anbieter/Planer beigelegte Unterlagen (digital und Hardcopy):

- Unterschriebenes Leistungsverzeichnis
- Vollständige Auftragsanalyse und schlüssiges Vorgehenskonzept
- Übersicht und Organisationsbeschreibung des Unternehmens
- Terminplan
- Organisation
- Versicherungsnachweis
- Ausgefülltes QM-Konzept
- Auszug Handels- und Betreibungsregister
- Beschreibung der Referenzprojekte

4.3 Submission für Unternehmer

4.3.1 Die Bedingungen für Unternehmer

Der Bauunternehmer erhält ein exakt definiertes Leistungsverzeichnis. Der Bau wird in den «Besonderen Bestimmungen» sehr detailliert beschrieben. Es werden in der Regel keine Unternehmervarianten zugelassen.

4.3.2 Beurteilungs- und Eignungskriterien

Der Bauunternehmer muss ein erfahrener Tiefbauer mit Schwerpunkt Erdbau sein. Da der Preis bei den Baumeisterarbeiten in der Regel am höchsten gewichtet wird, ist eine Selektion der geeigneten Anbieter vor allem mittels der Eignungskriterien anzustreben. Dies kann allein durch die gestellten Anforderungen an das Bauwerk erreicht werden. Für den Bau von HWRB werden hier nur die benötigten spezifischen Eignungskriterien aufgeführt. Die üblichen Zuschlags- und Eignungskriterien können den KBOB-Mustervorlagen entnommen werden.

Die technische Leistungsfähigkeit betreffend:

a) Das Unternehmen

- Das Unternehmen muss zwingend Referenzen im Dammbau (Erddamm) vorweisen, vorzugsweise erstellt im Rahmen der StAV. Der Zeitraum sollte dabei nicht älter als zehn Jahre sein.
- Angabe der Auftragssumme
- Beschreibung der ausgeführten Leistungen

b) Die Schlüsselpersonen

- Angaben siehe a)

c) Ggf. Gleichwertigkeit der Referenzen nachweisen

Die Gleichwertigkeit der Referenzen nachzuweisen, kann sich als schwierig erweisen. Ein geschütteter Erddamm für ein Regen- oder ein Hochwasserrückhaltebecken unterscheidet sich in der Arbeitsgattung nicht, lediglich die Nutzung und das Schutzziel weisen auf Unterschiede hin. Auch in den Referenz- und Eignungskriterien muss darauf deutlich hingewiesen werden.

4.3.3 Unterlagen zum Angebot für Unternehmer

Die einzureichenden Angebotsunterlagen sind:

- Technischer Bericht
- Analyse der Aufgabenstellung des Bauherrn
- Technische Vorbehalte und Fragen
- Vertragsbezogenes Organigramm
- Erläuterungen zum Angebot aus Sicht des Unternehmers
- Benennung der eingesetzten Kies- oder Abbaugruben/Deponien
- Liste der einzusetzenden Maschinen und Baufahrzeuge
- Liste der Erd- und Steinschüttmaterialien

- Pläne für die Baustelleneinrichtung
- Siebkurven von zugeliefertem Material
- QM-Konzept
- Versicherungsnachweise
- Bauprogramm (inkl. Zeitpunkt von Ansaat/Bepflanzung, Fischschonzeiten etc.)
- Problem Witterungsabhängigkeit für gewisse Arbeiten mit einbeziehen
- Allgemeine Bestimmungen für Werkverträge
- Unterzeichnete Erklärung zu den Vergabegrundsätzen

4.4 Das Unternehmergespräch

Das Unternehmergespräch (Planer und Unternehmer) dient in erster Linie dazu, letzte Unklarheiten zu beseitigen, die Angebotspreise und die Qualitätsanforderungen zu bestätigen und den genauen Bauablauf zu besprechen. Für beide Seiten ist es wichtig, eine Verbindlichkeit sowie ein klares Vorgehen festzulegen. Mögliche Traktanden des Gesprächs sind:

- Ziel der Besprechung
- Allgemeine Offertbesprechung
- Bestätigung der Vollständigkeit der Leistungsbeschreibung
- Bestätigung des Einverständnisses mit der Leistungsbeschreibung
- Bestätigung der Einheitspreise
- Bestätigung der hohen Qualitätsanforderung gemäss Kontroll- und Prüfplan
- Technische Fragen
- Termine
- Organisation
- Weiteres Vorgehen

Das Protokoll der Besprechung muss Vertragsbestandteil werden, damit es einen bindenden Charakter bekommt. Es darf nicht zu Nachverhandlungen kommen. Auch eine Abweichung vom Kontroll- und Prüfplan kann eine Nachverhandlung beinhalten oder zur Folge haben.

4.5 Besondere Bestimmungen bezüglich Bauwerken

In den «Besonderen Bestimmungen» sollten – neben der üblichen Projektbeschreibung – folgende Punkte möglichst detailliert beschrieben werden (in Anhang 2 findet sich ein Beispieldokument zu den «Besonderen Bestimmungen»):

- Baugrund
- Dammbau, Dammkörper, Schüttmaterial
- Bestimmung der Risikowassermenge während der Bauzeit
- Hochwasserentlastung
- Durchlassbauwerk
- Einlaufbauwerk, Rechenanlage
- Auslauf, Tosbecken
- Instrumentierung

HWRB sind Spezialbauwerke mit klar definierten Eigenschaften.

Der Planer muss nachweislich Erfahrung mit Erddämmen besitzen – inklusive der Ausführung nach StAV. Nicht vergleichbar mit HWRB sind Strassendämme oder Flutpolder.

Die Referenz- und Eignungskriterien sollten nicht zu eng gefasst werden. Wichtig sind die fachlichen Grundlagen und Erfahrungen bezüglich Erd- und Wasserbau, die nachgewiesen werden müssen.

Bei den Zuschlagskriterien sollten die Bedingungen enger gefasst werden.

5 Realisierung

Der Prüf- und Kontrollplan beugt auch Überraschungen vor; die Bauleitung informiert bei Abweichungen umgehend den Bauherrn. Die Verantwortlichen überwachen vor Ort die verschiedenen Etappen.

5.1 Allgemeine Grundsätze für die Realisierung von Dammbauwerken

Grundsätzlich gilt für die Bauleitung und den Bauherrn: Immer einen Schritt voraus sein und alle denkbaren Eventualitäten planerisch in Erwägung ziehen! Bei Dammbauwerken werden die möglichen Szenarien, die zu einem Ausführungsdilemma führen können, durch einen Prüf- und Kontrollplan auf ein Minimum reduziert.

5.1.1 Anlieferung von Schüttmaterial

Um den Bauablauf nicht zu behindern, ist es wichtig, die Vorgehensweise bei der Anlieferung von Schüttmaterial zu definieren:

- Abgabe Lieferscheine, Siebkurve
- Materialprüfung frühzeitiges Anmelden oder in den Arbeitsablauf integrieren
- Prüfung des eingebauten Materials gemäss Prüf- und Kontrollplan (evtl. Fahrzeuge als Gegengewicht bereitstellen)

Es ist ebenso ein Verfahren bei der Anlieferung von mutmasslich ungeeignetem Schüttmaterial zu beschreiben:

- Zwischenlagerung (vorgängig organisieren, damit Lagerplatz vorhanden), Abtransport etc.
- Allenfalls Prüfung des Materials (falls der negative Befund nicht eindeutig ist oder vom Unternehmer nicht akzeptiert wird)

Stellt der Unternehmer die Materialprüfungen infrage, muss festgelegt werden, in welchem Rahmen eine neue Beurteilung erfolgen soll. Bewährt hat sich folgendes Vorgehen:

- Entnahme einer Gegenprobe im Beisein von Unternehmer, Planer und Bauherrschaft
- Untersuchungen erfolgen nur durch ein akkreditiertes Prüflabor.

Es kann sich als Vorteil erweisen, das Projekt in Teilbereiche zu gliedern: Baugrund, Durchlass, Dammbauwerk.

Sind mehrere Fachbereiche (Geologe, Materialprüfer etc.) auf der Baustelle tätig, muss sichergestellt werden, wer gegenüber dem Unternehmer verbindlich kommuniziert.

5.1.2 Hochwassersicherheit während der Bauzeit

Der Damm darf auch während der Bauzeit nicht überströmt werden. Im halb fertigen Zustand kann es bei einem Einstau zu einem Dammbruch kommen, weil u. a. noch keine sichere Hochwasserentlastung zur Verfügung steht. Ein sorgfältig erarbeitetes Notfallkonzept soll dies verhindern.

Für die Risikowassermenge sind zwei Stufen zu definieren: eine tiefere Risikowassermenge für die Erstellung der Objekte im Fliessquerschnitt und eine höhere für die Überflutung des Dammbauwerks.

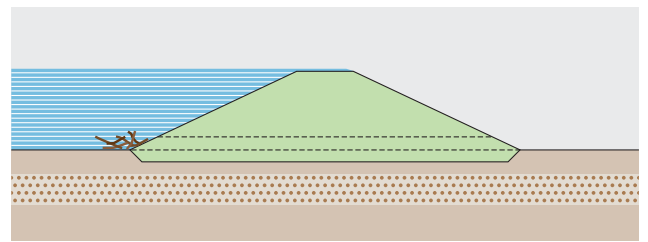


Bild 28

Gegen grössere Schäden in einem solchen Fall kann wie folgt vorgesorgt werden:

- Die Drossel (z. B. oberwasserseitige Frontwand des Durchlasses) darf erst eingebaut werden, wenn der Damm fertig erstellt und die Hochwasserentlastung funktionsfähig ist.
- Oberwasserseitig ist allenfalls bei der Stauwurzel ein Schwemmholzrechen vorzusehen.
- Der Damm soll während der Bauzeit so vorbereitet werden, dass er gezielt überströmt werden kann, z. B. durch eine extra vorgehaltene Dammscharte an den Talflanken. Je nach Baufortschritt wird die Höhe angepasst.

5.2 Bauleitungsaspekte

Bei der Erstellung des Erddamms ist eine erhöhte Anwesenheit der örtlichen Bauleitung Pflicht.

Schon bei der Anlieferung des Materials fallen erste Kontrollen an. Beim Einbau muss darauf geachtet werden, dass die vorgenannten Punkte gemäss Prüf- und Kontrollplan eingehalten werden. Eine Sichtkontrolle des eingebauten Dammschnitts reicht nicht aus. Die örtliche Bauleitung wird grösstenteils damit beschäftigt sein, die Materialprüfungen zu organisieren, auszuwerten und zuzuordnen.

Die wichtigsten Kontrollen im Überblick:

1. Bei Anlieferung:

- Siebkurve
- Organoleptische Überprüfung: Beschaffenheit des Materials (Korngrösse und organische Anteile), Geruch (eventuelle Bodenbelastung)
- Nachweis der Deponie/Abbaustelle
- Lieferschein

2. Beim Einbau:

- Kontrolle des Einbauvorgangs: Wird der maximale Korndurchmesser eingehalten oder aussortiert resp. wird ein Sieblöffel verwendet?
- Ist der Bauvorgang so abgestimmt, dass der Dammaufbau homogen ist?
- Materialprüfungen vor Ort sollten so abgestimmt werden, dass sie ohne Zeitdruck erfolgen können.
- Bei einer erfolgten Bodenverbesserung müssen die ME-Messungen (sowie k-Wert-Messungen in situ) zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen (ca. fünf Tage nach Einbau oder später). Erst dann ist eine zuverlässige Aussage über den ME- resp. k-Wert zu erwarten.

Anhand des Prüf- und Kontrollplans können sowohl Planer als auch Unternehmer die Aufwendungen für die Materialbeprobung gut abschätzen. Ein hoher Aufwand der Bauleitung zur Sicherstellung der Qualität ist hier durchaus gerechtfertigt und nachvollziehbar. Je nach Bauwerksgrösse und Baufortschritt kann es erforderlich sein, dass die örtliche Bauleitung permanent vor Ort sein muss. Um sämtliche Proben und Kontrollen nachvollziehen oder anordnen zu können, ist es ratsam, ein fixes Beprobungsraster zu erstellen und dieses regelmässig zu überarbeiten und nachzuführen.

Der Bauführer oder Polier und die Bauleitung stellen sicher, dass das Raster schrittweise abgearbeitet wird. Im Zweifel oder bei unsicheren Prüfungsergebnissen können zusätzliche Rammsondierungen angeordnet werden. Die Rammsondierungen dürfen aber kein Ersatz für verpasste Prüfungen werden.

Zusammenfassend müssen

- Baugrund,
- Einbauvorgang (Schüttmaterial),
- Schüttmaterial,
- Anschluss an die Bauwerke,
- Betonarbeiten (kein Sickerbeton!) und
- Filtereinbau

ständig kontrolliert werden. Es empfehlen sich Zwischenabnahmen der einzelnen Bauteile.

Zumindest muss der Baugrund oder die Fundation vor Beginn der Dammarbeiten abgenommen werden. Bei Abweichungen vom Kontroll- und Prüfplan schätzt die Bauleitung die Auswirkungen ab und informiert den Bauherrn.

Regierapporte sind wöchentlich, Ausmasse monatlich zu erstellen. In den «Besonderen Bestimmungen» wird idealerweise festgelegt, dass ohne Ausmasse keine Akonto- oder Teilrechnungen bezahlt werden.

Bei Abweichungen von den Vorgaben und Erwartungen sind in Absprache mit der Bauleitung und dem Bauherrn die erforderlichen Massnahmen einzuleiten.

5.3 Aspekte für die geotechnische Beurteilung des Baugrundes

Die geotechnische Baubegleitung überprüft vor Ort die geologisch-geotechnischen Randbedingungen am anstehenden Untergrund (Baugrundmodell, Grundwasserverhältnisse, Baugrundwerte, Arbeitsvorgänge etc.). Die gemäss Prüf- und Kontrollplan durchgeführten Labor- und Feldversuche sind fortlaufend zu beurteilen.

Bei Abweichungen von den Vorgaben respektive den Erwartungen sind in Absprache mit der Bauleitung und dem Bauherrn die erforderlichen Massnahmen einzuleiten.

Das auf Niveau der Dammaufstandsfläche ange-troffene Untergrundmaterial ist zu protokollieren.

6 Einbaukontrollen und Materialprüfungen

Die Materialprüfungen sind sorgfältig zu dokumentieren. Es sind genügend Rückstellproben zu veranlassen. Das Prüfverfahren ist mit dem Unternehmer abzusprechen.

Die nachfolgenden Grössenordnungen oder Verfahren haben sich bis jetzt in der Praxis bewährt. Es handelt sich aber nicht um festgeschriebene Regelkonzepte.

6.1 Prüfung im Labor

Sowohl das verwendete Material vor Ort als auch das angelieferte Material muss regelmässig geprüft werden. Die Anzahl der Prüfungen pro m³ eingebautes Material wird gemäss Prüf- und Kontrollplan definiert, dazu gehören:

Kornverteilungen/Siebkurven
Proctorversuche gemäss SN 670 330-2
Dichtigkeitsprüfungen (Durchlässigkeit Proctortopf: $k < 10^{-7} \text{ m/s}$)
Bei Stabilisierungen: Eignungs- und Qualitätsprüfungen
CBR-Beurteilung (California Bearing Ratio) der Tragfähigkeit

Vor Ort sind jeweils genügend Rückstellproben bereitzustellen.

6.2 Prüfungen vor Ort

Die Materialprüfungen vor Ort haben Einfluss auf den Bauablauf. Sie geben aber auch unmittelbar Aufschluss über die Beschaffenheit des Bauwerkes und ermöglichen, falls nötig, ein rechtzeitiges Eingreifen. Die Anzahl Prüfungen pro m³ eingebautes Material wird ebenfalls gemäss Prüf- und Kontrollplan festgelegt. Wesentliche Parameter sind:

Tragfähigkeit Untergrund abgewalzt: $M_{E1} 15\text{--}30 \text{ MN/m}^2$ (ca. 1 Messung pro 100 m ² , Angabe Messintervall)
Tragfähigkeit Dammschüttung ohne Weg: $M_{E1} 30 \text{ MN/m}^2$ (ca. 1 Messung pro 100 m ² , Angabe Messintervall)
Tragfähigkeit Dammschüttung mit Weg, oberster Meter: $M_{E1} 50 \text{ MN/m}^2$, $M_{E2}/M_{E1} 3,0$ (ca. 1 Messung pro 100 m ² , Angabe Messintervall)
Einbaudichte mittels Isotopen-/Troxler-sonde gemäss [10]: Dammschüttung ohne Weg 95 % der optimalen Einbaudichte; Dammschüttung mit Weg, oberster Meter 98 % der optimalen Einbaudichte
Evtl. CPT (Cone Penetration Test) der Festigkeit
Evtl. Rammsondierungen/Geoelektrik (Aufbau Dammmaterial)

Da in der Schweiz keine Normengrundlage für die Messung des k-Werts in situ besteht, wird diese in Anlehnung an die entsprechende französische Norm XP DTU 64.1 P1-1 durchgeführt. Die Bestimmung erfolgt anhand eines rechteckigen Sondierschlitzes im Dammmaterial, das vorgängig ausreichend zu sättigen ist.

$$K = \frac{-C}{t_2 - t_1} \cdot \ln\left(\frac{h_2 + C}{h_1 + C}\right) = [\text{m/s}]; \text{ wobei } C = \frac{l \cdot b}{2(l \cdot b)} = [\text{m}]$$

K-Wert nach Porchet

- K: Wasserleitfähigkeit in m/s
- l: Länge des Sondierschlitzes in m
- b: Breite des Sondierschlitzes in m
- $t_2 - t_1$: Messdauer in s
- h1: Anfangshöhe des Wasserspiegels in m
- h2: Endhöhe des Wasserspiegels in m

6.3 Prüfungen von stabilisiertem Material

Die Prüfungen erfolgen nach folgenden Normen

- | | |
|------|---|
| [1] | SN 640 490, «Gebundene Gemische und stabilisierte Böden – Grundnorm» |
| [2] | SN 640 491, «Hydraulisch gebundene Schichten – Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten» |
| [3] | SN 640 496-NA, «Hydraulisch gebundene Gemische – Anforderungen – Teil 1: Zementgebundene Gemische, Teil 5: Tragschichtbindergebundene Gemische» |
| [4] | SN 640 501, «Stabilisierte Böden mit Kalk und/oder hydraulischen Bindemitteln – Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten» |
| [5] | SN 640 507-NA, «Hydraulisch gebundene Gemische – Anforderungen – Teil 11: Bodenverbesserung mit Kalk» |
| [6] | SN 640 585, «Verdichtung und Tragfähigkeit – Anforderungen» |
| [7] | SN 670 311, «Verdichtung und Tragfähigkeit – Kontrollmethoden» |
| [8] | SN 670 330-2, «Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 2: Laborprüfverfahren zur Bestimmung der Dichte und des Wassergehaltes – Proctorversuch» |
| [9] | SN 670 330-47, «Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 47: Prüfverfahren zur Bestimmung des CBR-Wertes, des direkten Tragindex (IBI) und des linearen Schwellwertes» |
| [10] | SN 670 335a, «Versuche: Dichte des Bodens» |

Literatur

- | | |
|-----|--|
| [A] | Viktor Kuonen, «Wald- und Güterstrassen», Eigenverlag, 1983 |
| [B] | Kurt Walz, «Dammbau und Böschungsverkleidung mit Boden-Zement-Verfestigung», Zeitschrift «beton» 2/73 |
| [C] | Otmar Hersel et al., «Zementstabilisierte Böden – Anwendung, Planung, Ausführung», BetonMarketing Deutschland GmbH, 2007 |

6.4 Prüf- und Kontrollplan

Es werden definiert:

- Die Anforderungen an das Material (siehe Tabelle S. 17)
- Anzahl, Zeitpunkt und Art der Prüfung
- Die Massnahmen
- Wer welche Prüfungskosten trägt

Ein Muster des Prüf- und Kontrollplans befindet sich in Anhang 1.

6.5 Abweichungen vom definierten Schüttmaterial

Weicht die Schüttmaterialzusammensetzung von den Vorgaben gemäss Prüf- und Kontrollplan ab, darf das Material grundsätzlich nicht eingebaut werden. Falls nötig, ist ein Baustopp zu verfügen.

In einem solchen Fall gilt es, zu prüfen, wie eine Aufwertung des Materials erzielt werden kann. Wesentlich ist dabei eine sachdienliche und sorgfältige Prüfung. Der Entscheid des Bauherrn für das weitere Vorgehen erfolgt erst nach Vorliegen von ausreichend ermittelten und dokumentierten Grundlagen.

Genügt das Schüttmaterial trotz Aufwertungs-massnahmen nicht vollständig den Vorgaben, so besteht zwar die Möglichkeit, das Dammdesign anzupassen – diese Möglichkeit ist aber auszuschliessen.

In jedem Fall gilt es zu beachten, dass die Sicherheit des Bauwerks im Vordergrund steht und entsprechende Mehrkosten aus den zusätzlichen Massnahmen, Projektanpassungen und Bauunterbrüchen den Folgekosten eines Bauwerksversagens untergeordnet sind. Folgende Punkte sind bei Abweichungen vom definierten Schüttmaterial abzuklären:

- Kontrolle mit zeitnahen Prüfungen (Kapitel 6.1, 6.4)
 - Bei Abweichungen von der Probeschüttung (Ausgangsrezeptur) wird das Material erneut beprobt, analysiert und mit der Ausgangsrezeptur verglichen.
 - Massnahmen und Alternativen bei Abweichungen im Prüf- und Kontrollplan sowie Kostenfolgen definieren und umsetzen
 - Rückbau/Ersatz bei Nichteinhalten der Eigenschaften
- Die vorgegebenen Anforderungen (projektspezifisch festgelegt) müssen am Material erreicht werden.

6.6 Langzeitüberwachung nach Fertigstellung des Bauwerks

Art und Intensität der Langzeitüberwachung richten sich nach der Komplexität des Bauwerks und des Untergrunds. Ein minimales Überwachungskonzept umfasst:

- Setzungsmessungen der Dammkrone, der Bauwerke und Übergänge
- Regelmässige Zustandskontrollen (visuell)
- Funktionskontrollen von Drainagen und Schächten
- Allgemeiner Unterhalt von Strassen, Böschungen, Dammoberflächen, Rechenanlage etc.
- Kontrolle Sohlenniveau bezüglich Auflandung und/oder Erosion, sowohl im Abströmbereich (unterhalb des Beckens) als auch im Becken (Stauvolumen)
- Regelmässige Funktionskontrollen von Schliessmechanismen, falls vorhanden.

Das Intervall der Langzeitüberwachung ist vorgängig zu bestimmen und allenfalls je nach Beobachtungsergebnis anzupassen. Darüber hinaus sollten bei den regelmässigen Kontrollbegehungen der Zustand und die Pflegemassnahmen der Damm(ober)flächen dokumentiert werden. Auch die Funktion von ökologischen Ausgleichsmassnahmen sowie der aquatischen und der terrestrischen Vernetzung müssen gewährleistet werden.

Bei Bauwerken in komplexeren Untergrundverhältnissen können zusätzlich Grundwasserspiegel- (Damm und Untergrund) oder Porenwasserdruckmessungen (Abbau Porenwasserdruck infolge Dammbau) erforderlich werden.

In der Regel wird die Langzeitüberwachung durch den jährlichen Prüfungsbericht (Stauanlagen) dokumentiert.

Abweichungen vom definierten Schüttmaterial sollten generell nicht zugelassen werden.

Gibt es dennoch keine andere Möglichkeit, müssen die Eigenschaften genauestens untersucht werden.

Art und Umfang der Untersuchungen sind durch den Bauherrn festzulegen und anzuordnen.

7 Unterhalts- und Pflegearbeiten am Damm

Eine Magerwiese schützt den Damm vor Erosion und leistet einen Beitrag an die Biodiversität. Damit die Ansaat rechtzeitig aufgeht, ist sie zu einem günstigen Zeitpunkt vorzunehmen. Die Magerwiese muss regelmässig gepflegt und von Neophyten befreit werden.

7.1 Betrieblicher Unterhalt

Die baulichen und betrieblichen Massnahmen werden im Wehrreglement sowie im Nutzungsplan beschrieben.

7.2 Pflege der Grünflächen am Damm

Mit den Massnahmen zur Pflege der Grünflächen sollen Dammoberfläche, Dammscharte und Ableitungserinne vor Erosion geschützt werden. Eine artenreiche, regelmässig gemähte Magerwiese schützt durch eine geschlossene Wiesennarbe und ein dichtes Wurzelwerk nicht nur vor Erosion, Magerwiesen sind auch wertvolle Lebensräume für eine selten gewordene Pflanzen und Tiere. Eingebachte Kleinstrukturelemente wie Wurzelstöcke und Asthaufen (nur auf der Luftseite des Damms) wie auch Steinhaufen (auf der Wasserseite des Damms) bieten Kleintieren Unterschlupf. Um die Mahd der Wiese nicht zusätzlich zu erschweren, sollen die Steinhaufen nur in den Randbereichen angelegt werden.

Unmittelbar nach der Fertigstellung des Dammkörpers sind die Oberflächen bis zur ersten Ansaat und zum Auflaufen der Vegetation ungeschützt. Je nach Jahreszeit der Fertigstellung der Dammoberflächen kann dies einige Monate andauern. Niederschläge weichen die Dammoberflächen auf. Es kommt zu Rensenbildung oder Abschwemmungen. Abhilfe schaffen kann hier beispielsweise das frühzeitige Abdecken des ungeschützten Dammkörpers mittels einer sogenannten schlafenden Ansaat (Hydrosaat mit Langstrohabdeckung) und der Beimischung von schnell keimenden Pflanzen, die dann über vorzeitige Schnitte vor dem Absamen wieder eliminiert werden können. Es ist deshalb wichtig, die Ansaat als möglichen Fixpunkt zu einem günstigen Zeitpunkt

(optimal Mitte April bis Ende Mai, spätestster Zeitpunkt Mitte Oktober für Schlafsaat) in den Terminplan aufzunehmen oder entsprechende Nachplanien im Frühjahr vor der Ansaat auszusetzen. Schlafsaaten sind in der Regel nachteilig für die Keimung der Kräuter.

Die Pflegearbeiten für die Grünflächen können wie folgt umschrieben werden:

Magerwiesenflächen

Entwicklungspflege (eine bis zwei Vegetationsperioden nach der Ansaat): Säuberungsschnitte ein- bis zweimal nach der Ansaat zur Eliminierung unerwünschter einjähriger Pflanzen und Gehölzsämlinge.

Bestandspflege: Pro Jahr zweimal mähen, erster Schnitt ab 15. Juni (in tieferen Lagen) bzw. ab 1. Juli/ 15. Juli (in Hügelzone), zweiter Schnitt ab Anfang September. Mähgut als Bodenheu trocknen und anschliessend abführen. Keine Düngung und keine Beweidung.

Kleinstrukturen (Wurzelstöcke, Steinhaufen)

Bewuchs aus Gehölzen und Brombeeren abschnittsweise zurückschneiden oder ausreissen, maximaler Deckungsgrad 50%, Ausführung im Herbst oder Winter. Wurzelstockhaufen periodisch erneuern.

Neophyten

Die Flächen sind obligatorisch frei von Neophyten und Problempflanzen zu halten. Zu Beginn der Bauarbeiten sollten die Neophyten kartiert und ihre Bekämpfung festgelegt werden. Die Bauarbeiten sind so zu planen, dass eine Ausbreitung von Samen und Pflanzenteilen möglichst verhindert werden kann. Dazu sind regelmässige Kontrolldurchgänge während und nach den Bauarbeiten notwendig.

Kontrollgänge nach Fertigstellung: erster Kontrollgang ab Mai, zweiter Kontrollgang ca. vier Wochen später. Anschliessend jeweils vor dem Schnitt der Wiesen.

Die Dammpflegearbeiten können auf einem Pflegeplan übersichtlich dargestellt werden (siehe Anhang 4).

8 Haftung und Kostenverantwortung

Der Bauherr haftet grundsätzlich für den Baugrund. Das Risiko kann, falls zumutbar, auf den Unternehmer übertragen werden. Bei Nichteinhalten verbindlicher Termine und Fristen müssen der Planer und der Unternehmer mit Schadenersatzforderungen und Honorarkürzungen rechnen.

8.1 Haftung

Der Prüf- und Kontrollplan weist zwar auf die klare Kostenfolgen hin, im Allgemeinen gilt aber: Für den Baugrund haftet der Bauherr! Der Unternehmer haftet nur dann, wenn er die Mangelhaftigkeit des Baugrunds nicht erkennt oder wenn er sie nicht unverzüglich der Bauherrschaft anzeigt – beides ist seine Pflicht. Dennoch: Wer letztlich die Kosten zu tragen hat, hängt von verschiedenen Umständen ab. Das Baugrundrisiko kann unter gewissen Umständen vertraglich auf den Unternehmer überwält werden. In diesem Fall muss der Unternehmer den Baugrund selbst prüfen und die festgestellten oder vermuteten Risiken in seinen Preis einrechnen. Zu beachten ist, dass das Risiko für den Unternehmer zumutbar sein muss.

Was heisst das? Weicht die ausgeführte Leistung von der vertraglich vorgesehenen Leistung so erheblich ab, dass ein Festhalten an der Angebots- und Vertragssumme nicht zumutbar ist, so ist auf Verlangen ein Ausgleich unter Berücksichtigung der Mehr- oder Minderkosten zu gewähren. Für die Bemessung des Ausgleichs ist von den Grundlagen der Preisermittlung auszugehen. Eine Überwälzung der Haftung an den Unternehmer entbindet den Bauherrn nicht von seiner Sorgfaltspflicht, die Ausschreibungsunterlagen so genau wie möglich zu erstellen. Werkverträge werden meist mit der SIA-Norm 118 («Allgemeine Vertragsbedingungen für Baumeisterarbeiten») abgeschlossen. Für Planerverträge gilt die SIA-Norm 103. Die Normen stellen eine Hilfestellung zum Vertragschluss dar und sollen die Vertragsparteien in ihrem Vorhaben unterstützen, einen konkreten Vertrag abzuschliessen.

Die SIA-Normen besitzen keine allgemeine Verbindlichkeit, das heisst sie gelten nur, wenn sie von den Parteien als anwendbar vereinbart werden. Sie sind deshalb nicht einer gesetzlichen Regelung gleichzustellen, wie das in der Praxis manchmal fälschlicherweise angenommen wird. Wird die Anwendbarkeit der SIA-Normen nicht vereinbart, so bestimmen sich die Folgen des Vertragsschlusses nach Gesetz oder nach allfällig individuell vereinbarten Regeln. Ein Vertragspartner kann sich in diesem Fall nicht auf die SIA-Normen berufen, sofern nichts anderes vereinbart wurde.

Es empfiehlt sich im Zuge der Projektierung immer, ein Baugrundgutachten zu erstellen und die Ergebnisse in den «Besonderen Bestimmungen» zu beschreiben respektive das Gutachten den Ausschreibungsunterlagen beifügen.

Mit dem Hinweis auf den zu erbringenden Leistungsumfang im Unternehmerprotokoll und der Annahme des Prüf- und Kontrollplans muss der Bauherr keine Abweichungen dulden. Ergeben sich trotzdem Änderungen, müssen diese genehmigt werden. Eine Überwälzung der Haftung erfolgt mit der Genehmigung ohne Berücksichtigung des Unternehmerrisikos (das Risiko ist mit der Genehmigung bekannt und definiert).

8.2 Kostenverantwortung bei der Planung

Die Haftung des Planers geht weiter als allgemein angenommen. Bei Nichteinhaltung von Terminen und Fristen geben Gesetz und SIA-Norm 103 dem Besteller (Bauherrn) die Möglichkeit, eine vereinbarte Leistung, die nicht fristgemäss erbracht wird, durch eine schriftliche Mahnung in Verzug zu setzen. Die Mahnung muss eine angemessene Erstreckung der Fristen beinhalten. Eine Mahnung erübrigt sich, wenn ein Verfalltag vereinbart wurde.

Setzt eine Partei die andere in Verzug und hat sie selber ebenfalls noch Leistungen zu erbringen, so bestimmt die SIA-Norm 103 zusätzlich, dass sich auch die Fristen, innert deren die mahnende Partei ihre Leistung zu erbringen hat, angemessen erstrecken. Ebenfalls hält die SIA-Norm 103 explizit fest, dass die Nichteinhaltung von verbindlich vereinbarten Fristen oder Terminen zur Schadenersatzpflicht führen kann. Damit ist aber noch nicht bestimmt, welche Fristen und Termine tatsächlich verbindlich sind und Haftungsfolge auslösen können und welche Termine lediglich informellen Charakter haben, aber dennoch angemahnt werden können, wohl aber keine Schadenersatzpflicht zur Folge haben. Dies wird sich erst durch Auslegung des einzelnen Vertrags nachvollziehen lassen. Als allgemeine Faustregel gilt immerhin, dass Fristen und Termine, die nicht ausdrücklich als verbindlich bezeichnet werden, lediglich informellen Charakter haben es sei denn, es werden besondere Umstände wie z. B. besonders hohe Hochwassergefahr von Mai bis September mit deren Auswirkungen auf Bauwerk und Umgebung beschrieben.

Es muss davon ausgegangen werden, dass die Nichteinhaltung verbindlicher Termine und Fristen nebst der Schadenersatzpflicht auch eine Honorarreduktion analog einer fehlerhaften Kostenschätzung nach sich ziehen kann. Dies unbeschten der konkreten Eignung des Planungsvertrags.

Für Planungsfehler (fehlerhafte Planunterlagen und Berechnungen) haftet der Planer kausal, da die Erstellung von Plänen dem Werkvertragsrecht unterstellt wird. Der Bauherr kann somit alternativ Minderung, Wandelung oder Nachbesserung verlangen, auch wenn den Planer kein Verschulden trifft.

Wichtiger ist aber der Ablauf bei sogenannten Mangelfolgeschäden (z. B. Baumängel oder Ertragsausfall), die durch eine fehlerhafte Planung entstehen. Hier haftet der Planer jedoch nur, wenn ihn ein Verschulden trifft. Sollte sich ein Werk als völlig unbrauchbar erweisen, so kann dies zur Streichung des Honorars führen.

Haftungsfragen bezüglich Hochwasserereignissen, verspäteter Fertigstellung und Überschwemmungen der Baustelle müssen zwingend vor Baubeginn geklärt sein. Oft ist sich der Bauunternehmer nicht bewusst, dass er im Ereignisfall haftet, und das möglicherweise für Schäden weit über die Baustelle hinaus.

Impressum

Hochwasserrückhaltebecken planen und bauen

Herausgeber: Kanton Luzern

Autoren:

Roland Hollenstein und Jörn Heilig (Holinger AG)

Reto Hollenweger (Geotest AG)

Björn Mühlan (TFB AG)

Heinz Hochstrasser (Beraten/Planen/Bauen)

Stephan Häusler (Terre AG)

Michael Schluh (vif, Kanton Luzern)

Weitere Autoren:

Beat Mühlebach, Rechtsanwalt und Notar Kanzlei für Baurecht

André Seippel, Seippel Landschaftsarchitekten GmbH

Visuelles Konzept/Gestaltung: Corinne Weibel

Lektorat: Esther Banz

Korrektorat: Sam Bieri

Druck: Druckerei XXXXXXXXX

© Kanton Luzern, 2017

www.vif.lu.ch

