

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Düser, Olaf

Reaktivierung eines historischen Stauhaltungsdamms auf sehr gering tragfähigem Untergrund

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103313>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Düser, Olaf (2016): Reaktivierung eines historischen Stauhaltungsdamms auf sehr gering tragfähigem Untergrund. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Gewässerentwicklung & Hochwasserrisikomanagement - Synergien, Konflikte und Lösungen aus EU-WRRL und EU-HWRM-RL. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 57. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 77-87.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Reaktivierung eines historischen Stauhaltungs- damms auf sehr gering tragfähigem Untergrund

Olaf Düser

1 Einleitung

Eine über viele Jahrhunderte betriebene Stauhaltung (urkundlich erstmals ca. 1540 erwähnt) war nach einem Dambruch im Bereich des Grundablasses um 1945 nicht wieder hergerichtet worden. Nunmehr wurde der Stauraum zum Hochwasserschutz reaktiviert. Unter anderem waren noch vorhandene historische Dammkonstruktionen zu modifizieren. Die Dämme mussten erhöht und verbreitert werden. Besondere Bedeutung kam dabei in einem Bauabschnitt dem äußerst gering tragfähigen Untergrund (Torf bis ca. 6 m unter Gelände) zu.

Eine Baugrundverbesserung war wegen des unmittelbar anschließenden Landschaftsschutzgebietes nicht durchsetzbar. Deshalb war mit erheblichen Verformungen in Zusammenhang mit den Ertüchtigungs- und den Neubaumaßnahmen zu rechnen. Die Konstruktion des Dammes war somit an die zu erwartenden großen Verformungen anzupassen. Der aus einer benachbarten Baumaßnahme zu gewinnende Erdstoff (stark schluffiger Kies, Geschiebemergel, Verwitterungslehm etc.) zum Bau der Dämme wurde mit Bindemittel in seiner Festigkeit erhöht und mehrere Lagen Geogitter eingebaut. Im Einklang der Erdstoffe mit dem Bindemittel und den Geogittern war ein Bauwerk mit duktilem Materialverhalten herzustellen. Inzwischen ist die Konstruktion seit acht Jahren in Betrieb und planmäßige Vertikalverformungen von über einem Meter sind stand sicher überbrückt worden.

2 Historischer Abriss

Von Mitte des 16. bis ungefähr zur Mitte des 20. Jahrhunderts wurde bei Isny im Allgäu eine Stauhaltung zur Fischzucht und für Bewässerungsmaßnahmen betrieben. Im Jahr 1945 wurde die Stauhaltung nach einem Dambruch im Bereich des Grundablasses außer Betrieb genommen. Nunmehr soll der aufgelassene Stauraum zur temporären Hochwasserrückhaltung genutzt werden. Das Stauvolumen soll zukünftig um 22.000 m³ betragen. Mit den Restaurierungs- und Ausbaumaßnahmen wurde im Jahre 2006 begonnen.

Die bisherigen Dammhöhen lagen bei etwa zwei Metern. Der Freibord lag ehemals bei unter 0,5 m. Die Kronenbreite war mit unter zwei Metern vergleichsweise schmal und nicht befahrbar ausgebildet. Die Böschungsneigungen zur Wasser- und zur Luftseite bewegten sich um 1:1,5 bis 1:2. Der Weiher wurde in unterschiedlichen Zeiträumen abgelassen und der trocken gefallene Seegrund landwirtschaftlich (z.B. Getreideanbau) genutzt. Damit wurde eine Verkrautung des Gewässers vermieden und der fruchtbare Schlamm genutzt. Nachfolgend wurde der Weiher dann wieder angestaut.

Inzwischen ist in Teilbereichen außerhalb des Staauraums ein Naturschutzgebiet ausgewiesen worden. In diesen Bereich durfte mit den geplanten Baumaßnahmen nicht eingegriffen werden.

3 Baugrundverhältnisse und Dammbestand

Im Staauraum waren über die Betriebszeit von über 400 Jahren Sedimente in einer Stärke um 0,5 m durch Schürfe nachweisbar. Eine Baugrunderkundung im Bereich des alten Dammbestands zeigte ein uneinheitliches Baugrundprofil. In einzelnen Abschnitten steht geländenah Geschiebemergel (bindiges Moränenmaterial) an. In anderen Abschnitten sind mehrere Meter starke, wenig zersetzte Torfschichten bis auf Geländeniveau vorhanden. Unter dem Torf folgen ältere Seesedimente, Geschiebemergel und Druckwasser führende eiszeitliche Schmelzwasserkiese. Der Dammbestand setzt sich aus sandigen, teils kiesigen Schluffen mit lokalen organischen Beimengungen zusammen. Es sind Wurzeln durch Baumbewuchs vorhanden. Wurzelkanäle und Grabgänge durch Wühltiere waren nachweisbar. In Abbildung 1 ist ein Lichtbild vor Beginn der Maßnahme dargestellt.

In Abbildung 2 ist der Dammbestand in einer prinzipiellen Skizze mit den angebotenen Baugrundverhältnissen im Bereich des gering tragfähigen Baugrunds dargestellt.

Neben klassifizierenden Untersuchungen der Baugrundsichten und des Dammbestands (Wassergehalt, Plastizität, Korngrößenverteilung und Wasserdurchlässigkeit) wurde insbesondere der als stark kompressibel zu erwartende Torf auf seine Festigkeitseigenschaften hin untersucht. Eindimensionale Kompressionsversuche zeigten Steifemodule im Bereich der Erstbelastung um $E_s = 200 \div 400 \text{ kN/m}^2$. Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert wurde im Bereich von $k_{10} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ bestimmt. Im direkten Scherversuch ergaben sich innere Reibungswinkel φ' um 15° und Kohäsionswerte c' im Mittel von 3 kN/m^2 .



Abbildung 1: Ansicht des Dammkörpers. Stauraumseite links mit Baum- und Strauchbestand. Ab Dammfuß auf der rechten Seite beginnt der Biotopbereich.

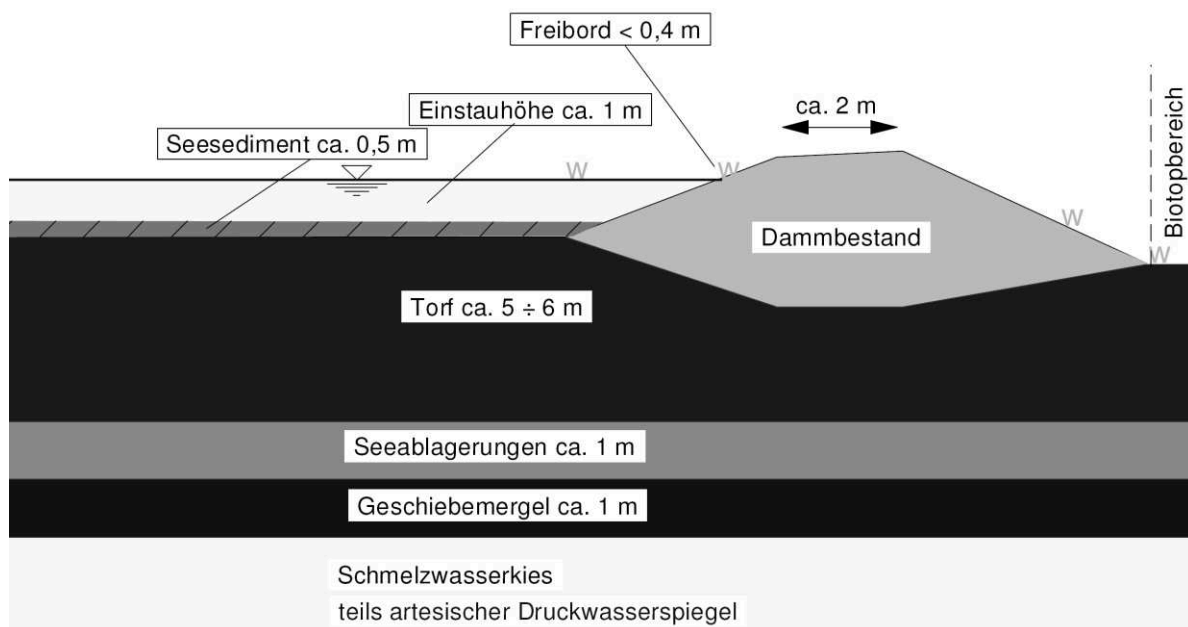


Abbildung 2: Dammbestand und Baugrund im Bereich des gering tragfähigen Untergrunds

Ein eindimensionales Konsolidationsmodell mit Auflastspannungen um 60 kN/m^2 (dies entspricht einer Dammschüttung um 3 m Höhe) zeigt bei einer

Torfmächtigkeit von 6 m und den zuvor erläuterten bodenmechanischen Kennwerten das in Abbildung 3 dargestellte Zeit-Verformungsverhalten. Eine Entwässerung erfolgt im Modellansatz nur einseitig nach oben, da unter dem Torf mit den Seetonen und dem Geschiebemergel gering bis sehr gering wasserdurchlässige Baugrundsichten angetroffen wurden. Mit den ermittelten bodenmechanischen Kennwerten werden Setzungen für den organischen Untergrund von ca. 120 cm errechnet.

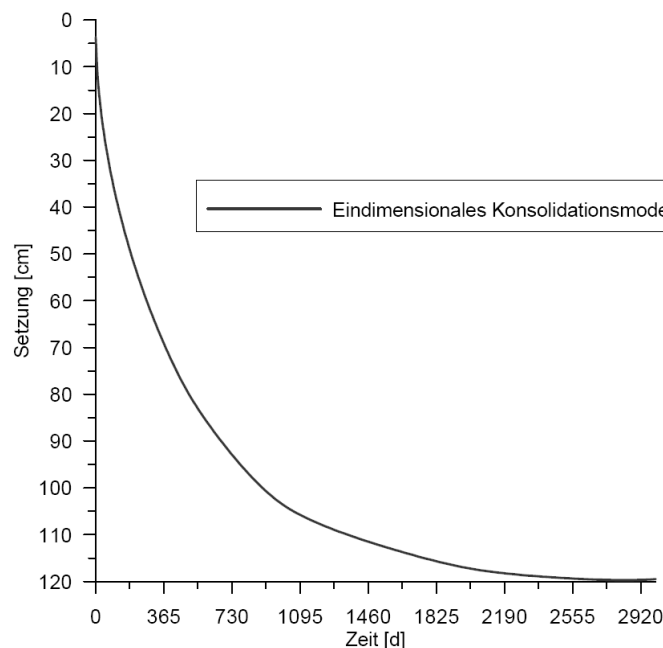


Abbildung 3: Zeit-Setzungsverhalten bei eindimensionaler Konsolidation

Es zeigt sich, dass bei den vorgegebenen Randbedingungen rechnerische Konsolidationszeiten von ca. 8 Jahren zu erwarten sind. Der Hauptanteil der vertikalen Verformungen von über 90 cm ist dabei nach ca. zwei Jahren abgeschlossen.

4 Dammertüchtigung

Die bestehende Dammkonstruktion war ehemals bis auf zwischenzeitliche vergleichsweise kurze Abstauperioden dauerhaft eingestaut. Nunmehr sollte im Rahmen des Hochwasserschutzes zwar kein Dauereinstau mehr erfolgen, stattdessen sollten aber höhere Einstauniveaus erreicht werden. Erdstatische Vorbeurteilungen am Bestand zeigten bereits für die alte Einstausituation erhebliche Standsicherheitsdefizite bezogen auf die heutigen Anforderungen an Stauhaltungsdämme. Dies trifft insbesondere auf die Dammbereiche zu, die auf den gering tragfähigen Torfschichten gegründet sind.

Soweit möglich sollte der Dammbestand jedoch in eine Reaktivierung mit einbezogen werden. Diesem Wunsch konnte entsprochen werden, indem die Dammertüchtigung hauptsächlich auf den Bereich der Wasserseite verlegt wurde.

Reaktivierungen waren insbesondere im Bereich des gering tragfähigen Untergrunds als schwierig zu bezeichnen. Das benachbarte Biotop durfte nicht angefasst werden. Dazu gehörte auch, dass die Grundwassersituation nicht verändert werden durfte. Eine Stabilisierung des Untergrunds schied damit aus. Somit wurde das Konzept einer „schwimmenden“ Dammgründung verfolgt. Das bedeutet:

- Der Dammkörper wird erhebliche Setzungen erfahren, s. Abschn. 3.
- Das Erdbauwerk muss eine ausreichende Festigkeit aufweisen, so dass im Zuge des Setzungsverlaufs keine Schwächungen durch Risse und Teilabbrüche auftreten.
- Zum benachbarten Dammbestand, der im weiteren Trassenverlauf allmählich auf geringer kompressiblen Untergrund gründet, muss ein kraftschlüssiger Übergang erfolgen, so dass keine Zerrisse auftreten können.

Im Zuge von Optimierungsberechnungen wurde für den gering tragfähigen Untergrund eine Konstruktion mit mehreren Geogitterlagen und erhöhter Scherfestigkeit entwickelt. In Abbildung 4 ist die Konstruktion dargestellt.

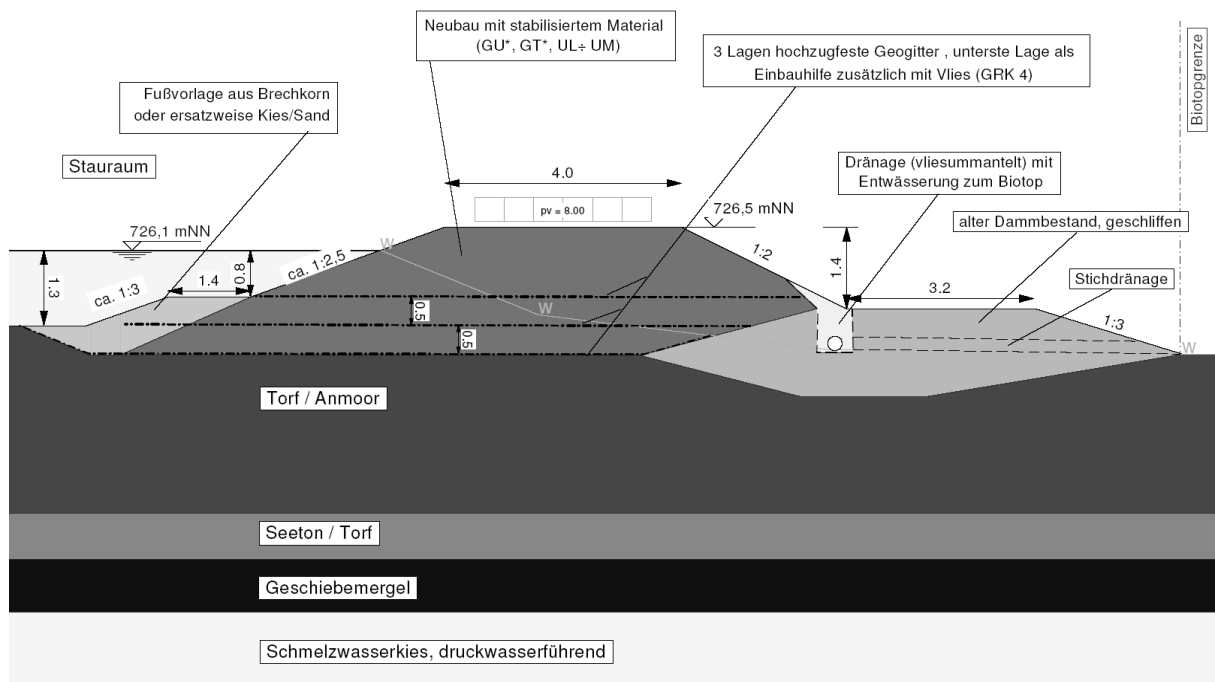


Abbildung 4: Schwimmende Dammgründung mit mehreren Lagen hochzugfester Geogitter

Als Geogitter sollten hochzugfeste Kunststoffe aus PET zum Einsatz kommen. Die Gitter wurden für eine Standzeit von über 100 Jahren dimensioniert. Bei der Produktwahl war sicherzustellen, dass bei Längsdehnungen von unter 2 % dauerhaft Zugkräfte von mindestens 20 kN/m aktiviert werden können.

Der Dammbestand, der zukünftig als stützender Vordamm zur Luftseite des neu zu errichtenden Erdkörpers dient, war zunächst von Bewuchs und Wurzelwerk zu befreien. Auf der Wasserseite wurde für den Lastfall „rascher Wasserspiegelabsunk“ eine Fußvorlage aus Brechkorn angeordnet. Damit erfolgt eine zusätzliche Stützung bei Wirkung von Sickerströmung und Spreizen. Auf der Luftseite wurde eine Drainage in den Übergangsbereich von Dammbestand und –neubau eingeplant.

Basierend auf den erdstatischen und den geohydraulischen Berechnungen waren folgende bodenmechanische Eigenschaften für eine ausreichende Standicherheit des neuen Erdkörpers nachzuweisen:

Innerer Reibungswinkel	$\varphi_k' \geq 25^\circ$
Kohäsion	$c_k' \geq 7 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul	$E_{s,k} \geq 5 \text{ MN/m}^2$
Wasserdurchlässigkeit	$k_{10} \leq 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
Einbauwichte	$\gamma_k \geq 19 \text{ kN/m}^3$
Verdichtungsgrad	$D_{Pr} \geq 97 \%$

5 Dammbaumaterial

Als Dammbaumaterial musste ein bindiger Erdstoff gewählt werden, der neben guten Verdichtungseigenschaften und geringer Wasserdurchlässigkeit auch vergleichsweise hohe Scherfestigkeit aufweist.

Benachbart zu der zu ertüchtigenden Stauhaltung wurde im Zuge der Bauarbeiten für eine Umgehungsstraße ein großer Einschnitt aufgeföhren. Aus dem Einschnitt konnten genügend bindige Erdstoffe auch für die Dammbaumaßnahmen entnommen werden. Zur Verfügung standen Verwitterungslehme und -kiese sowie Geschiebemergel. Die Böden wiesen im natürlich erdfeuchten Zustand vornehmlich weiche Konsistenz auf.

Für die zur Verfügung stehenden Erdstoffe wurde eine Bandbreite der Wassergehalte von 9,5÷21,5 Massen-% festgestellt. Verdichtete repräsentative Mischproben zeigten einen optimalen Wassergehalt von 10,4 Massen-% bei einfacher Proctordichte an. Die Wasserdurchlässigkeit von verdichtetem Probenmaterial wurde mit $k_{10} = 10^{-8} \div 10^{-9} \text{ m/s}$ bestimmt. Der Glöhverlust lag bei 1÷3 Massen-%.

Alle Erdstoffe zeigten eine weitgestufte Kornverteilung von der Ton- bis zur Kiesfraktion, s. Abbildung 5.

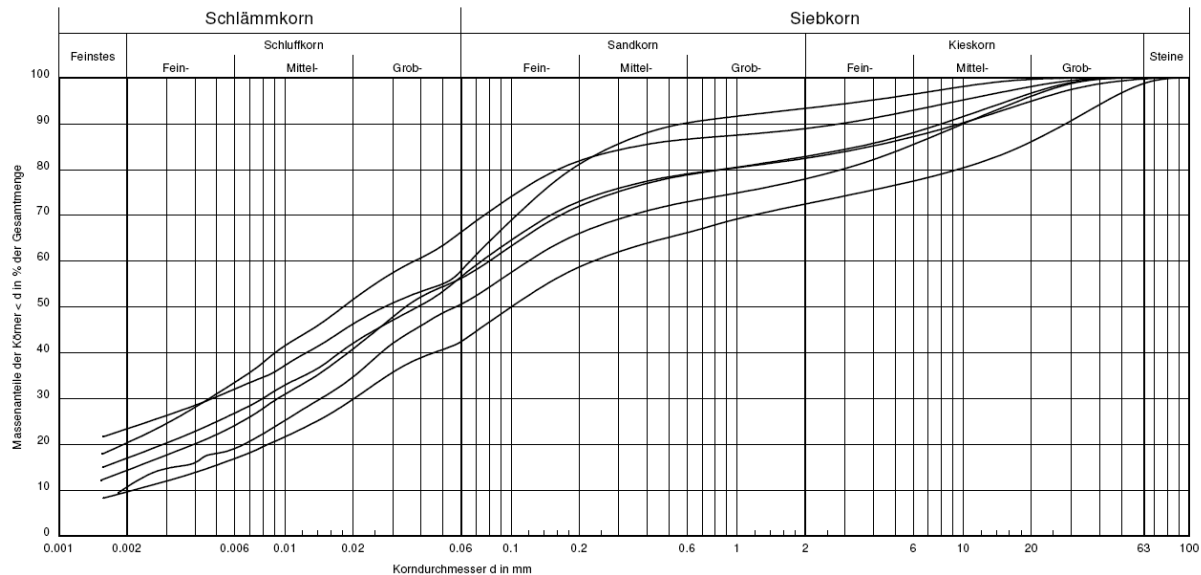


Abbildung 5: Korngrößenbereich der zum Dammbau zu verwertenden Erdstoffe

Die für den Dammbau zur Verfügung stehenden Erdstoffe waren zwar gering wasserdurchlässig, die große Wassergehaltsspanne zeigte jedoch bereits an, dass der geforderte Verdichtungsgrad von mindestens 97 % nicht sichergestellt werden konnte. Aus Voruntersuchungen war weiterhin festzustellen, dass die geforderte Scherfestigkeit ohne Zusatzmaßnahmen, im verdichteten Zustand nicht erreicht werden konnte.

Um ausreichende Qualität des Erdbaustoffs mit Blick auf Verdichtbarkeit und Scherfestigkeit sicherstellen zu können, wurde ein hydraulisches Mischbindemittel (Zement und Weißfeinkalk) zugesetzt. Der Zement dient dabei zur Erhöhung der Scherfestigkeit, insbesondere des Scherparameters Kohäsion. Mit dem Weißfeinkalk wird durch chemische Bindung eine Reduktion des zu hohen Wasseranteils erreicht.

Über eine Eignungsprüfung wurde die erforderliche Dosiermenge bestimmt. In Abbildung 6 sind die Ergebnisse von einaxialen Druckversuchen nach DIN 18136 an verdichteten Probekörpern ohne, mit 4 Massen-% und mit 6 Massen-% Bindemittelzugabe dargestellt. Die mit Bindemittel versetzten Proben wurden nach der Herstellung über sieben Tage im Feuchtraum gelagert, anschließend 24 h unter Wasser gelagert und dann abgedrückt. Die ohne Bindemittel hergestellte Probe wurde bis zur Druckprüfung nur im Feuchtraum gelagert.

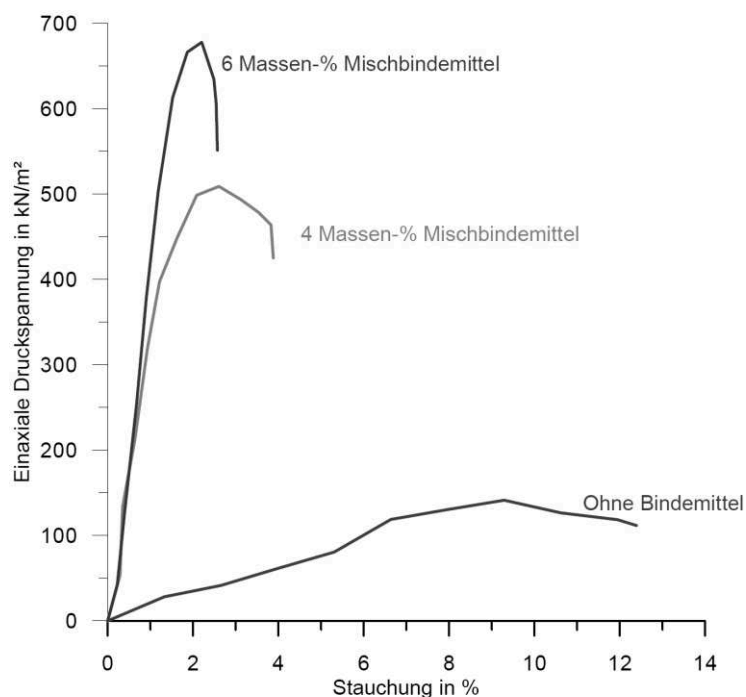


Abbildung 6: Ergebnisse von einaxialen Druckversuchen an verdichteten Erdstoffproben ohne und mit Bindemittelzugabe

Durch eine Bindemittelzugabe von 4 Massen-% konnten die geforderten bodenmechanischen Parameter für den Dammaufbau generell sichergestellt werden. Für die unteren Einbaulagen wurde eine höhere Bindemitteldosierung um 6 Massen-% gefahren. Grund dafür war der hohe Wassergehalt und die starke Nachgiebigkeit der Torfschichten. Der geforderte Verdichtungsgrad konnte trotz Geogitterunterlagerung nicht gleich in der ersten Schüttlage erreicht werden. Die damit zu erwartende verminderte Festigkeit wurde durch höhere Bindemitteldosierung ausgeglichen. Weiterhin wurde auf diese Weise ein Verdichtungswiderlager für den nachfolgenden Schichtenaufbau geschaffen.

Die Bindemittelzugabe und die Untermischung erfolgten im Bereich des Abbau-feldes, um Gewässerverunreinigungen an der Einbaustelle sicher auszuschließen. Die Arbeiten mit dem Bindemittel wurden nur bei trockener und frostfreier Witterung vorgenommen. Trotzdem wurden Vorkehrungen mit Verwallungen getroffen, so dass im Falle eines Starkregens abgeschwemmtes Bindemittel nicht in die Vorflut gelangen konnte. Durch laufende Kontrollen im Zuge der Fremd- und Eigenüberwachung während der Erdbaumaßnahmen konnte die geforderte Einbauqualität sichergestellt werden.

6 Bauausführung

Zunächst wurde der Dammbestand vom Bewuchs (Sträucher und Bäume) befreit und die organischen Deckschichten abgetragen. Anschließend wurde stauraumseitig der Bewuchs im Bereich der zukünftigen Dammtrasse entfernt, die Deckschicht in einer Stärke um 0,5 m abgetragen und seitlich zur Wiederandeckung gelagert. Danach wurde die erste Lage hochzugfester Geogitter zusammen mit einem geotextilen Vlies ausgelegt und die erste Dammlage in einer Stärke um 40 cm aufgeschüttet. Arbeiten waren nur vor Kopf möglich, da ansonsten die Baugeräte wegen des gering tragfähigen Baugrunds versackt wären. Eine Bergrung wäre, wenn überhaupt, nur mit erheblichem Aufwand möglich gewesen.

Die erste Schüttlage wurde vorsichtig und hauptsächlich nur statisch verdichtet, damit kein Wasser hochgezogen wurde. Die nächste Lage wurde nach Einbau von Geogittern unverzüglich mit stärkerem Verdichtungseinsatz aufgebaut. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen den Einbauzustand während der Herstellung der ersten Lage.



Abbildung 7: Einbau der ersten Schüttlage auf vliesunterlegtem Geogitter



Abbildung 8: Weiterer Baufortschritt im Bereich des gering tragfähigen Baugrunds; der Dammbestand dient zugleich als Baustraße

Im Bereich der Dammtrasse wurden Setzungspegel vor Beginn der Aufschüttungen gesetzt. Inzwischen ist der Dammkörper seit acht Jahren fertig gestellt. In Abbildung 9 sind die gemessenen Vertikalverformungen zusammen mit dem prognostizierten Verformungsmodell (s. Abbildung 3) dargestellt. Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung. Abbildung 10 zeigt den Damm kurz nach seiner Fertigstellung.

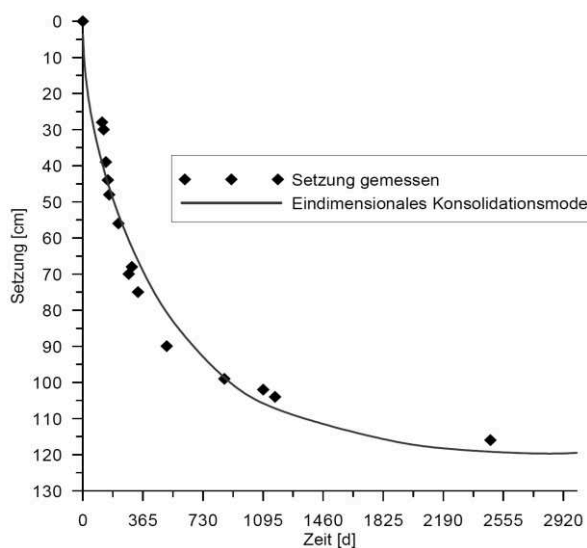


Abbildung 9: Prognostizierte und gemessene Vertikalverformung des Dammkörpers im Bereich des gering tragfähigen Untergrunds



Abbildung 10: Fertig gestellter Dammabschnitt auf gering tragfähigem Untergrund mit Blick in den zukünftigen Stauraum

Autor:

Dr.-Ing. Olaf Düser

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St.-Ulrich-Straße 21
88410 Bad Wurzach - Arnach

Tel.: +49 7564 9489713
Fax: +49 7564 9489799
E-Mail: dueser@geotechnik-ebel.de