

ARBEITEN AN EINER VERSUCHSDEICHANLAGE IM NATURMASSSTAB

von

Christoph Paesler¹

ABSTRACT

For three finished and currently ongoing research projects on levee security, damage-detection and levee restoration at the Franzius-Institute for Hydraulic, Waterways and Coastal Engineering at the Leibniz University Hannover a Prototype Levee has been built on a test site in Hannover Marienwerder.

For the development of new possibilities in levee monitoring and restoration defined laboratory conditions are needed. Therefore are the following requirements demanded concerning setup and measurement instrumentation for the Prototype Levee.

- Construction of a levee in prototype scale with defined material parameters and defined damage.
- Different water levels and measurement of humidity penetration respectively percolation.
- Measurement of soil temperature, soil moisture and pore pressure as well as collection of climate data during the runtime of investigations.

1 EINLEITUNG

So lange wie es Siedlungen an Flüssen gibt, so lange versuchen sich die Bewohner auch schon vor Hochwasser zu schützen. Bei der Auswertung von Schadensbildern während und nach Hochwassersituationen an Deichbauwerken wurde deutlich, dass vor allem ältere Deiche aus unterschiedlichen Baumaterialien und zum Teil auf wenig tragfähigem Untergrund errichtet wurden.

Zur Entwicklung von Möglichkeiten der Deichüberwachung und –sanierung sind definierte und reproduzierbare Laborbedingungen erforderlich. An den Labordeich wurden daher hinsichtlich Aufbau und Messtechnik folgende Anforderungen gestellt:

¹ Dipl.-Ing., Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Leibniz Universität Hannover, Nienburger Straße 4, 30167 Hannover, Email: cpa@fi.uni-hannover.de

- Naturnaher Aufbau einer Deichstrecke im Maßstab 1:1 mit definierten Materialparametern, teilweise mit definierten Schädigungen
- Einstau verschiedener Wasserstände und Messung der Durchfeuchtung bzw. Durchsickerung an definierten Querschnitten
- Aufnahme von Bodentemperatur, Bodenfeuchte und Porenwasserdruck im Profil
- Erfassung der Klimadaten während der Laufzeit der Untersuchungen

Ziel des Vorhabens „Deichmonitoring“ war es, Fernerkundungsdaten für die Erfassung von Deichzuständen sowie potentiellen Schwachstellen zu nutzen. Die korrekte Interpretation der Daten unterschiedlicher Fernerkundungssensoren erfordert eine exakte, parallele Messung von Klimadaten, Bodenfeuchte, Bodentemperatur und Porenwasserdruck.

Mit dem Projekt „Deichsanierung - Entwicklung eines innovativen Stoffsystems“ förderte das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) die Entwicklung eines neuartigen Sanierungskonzeptes für Deiche. Ziel des Projektes war die Stabilisierung und Abdichtung bestehender Deichanlagen durch eine Dichtwand auf der Basis von aufbereitetem Deichbau- oder Recyclingmaterial und porenfüllenden, hydrophobierenden und quellfähigen Zusatzstoffen.

2 BAU DER VERSUCHSDEICHANLAGE

Basierend auf den beschriebenen Anforderungen an einen Labordeich, wurde ein Drei-Zonen-Deich mit einer luftseitigen Böschungsneigung von 1 : 2 und einer wasserseitigen Böschungsneigung von 1 : 3 geplant (siehe Abb. 2). Die drei senkrechten Wände bestehen aus Betonfertigteilen, die aus statischen Gründen mit Erdboden hinterfüllt sind. Die Dichtung an Wänden und Sohle erfolgt mittels 2 mm starken, verschweißten Kunststoffdichtungsbahnen. Mit dem Einbau des Deiches als vierte Seite entstand ein Becken, das die Wasserseite darstellt. Um die seitliche Umläufigkeit zwischen dem Deichkörper und der Folie zu reduzieren, wurden jeweils rechts und links der Deichkrone Bentonitmatten als Sickerwassersperre eingebaut (vgl. Abb. 1).

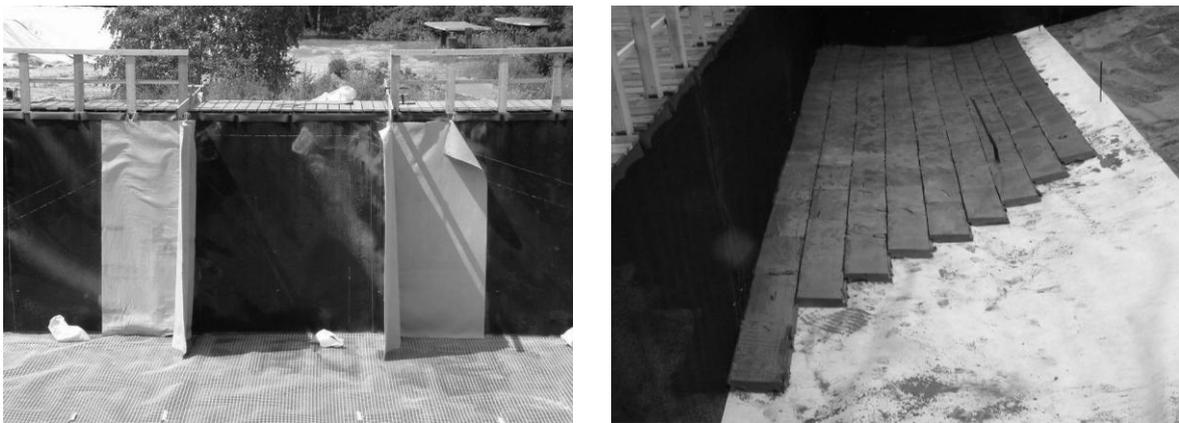


Abb. 1: Bentonitmatten zur Reduzierung der Umläufigkeit (links), Einbau der Oberflächenabdichtung aus Naturtonelementen (rechts)

Der Deich hat eine Länge von 15 m, eine Kronenhöhe ca. 3 m (maximale Einstauhöhe ca. 2,75 m) und eine Kronenbreite von 2 m. Der Stützkörper des Labordeiches besteht aus zwei Sanden unterschiedlicher Kornzusammensetzung, die in zwei je 7,5 m breite Messprofile eingebaut wurden.

Die Oberflächenabdichtung des Deichkörpers wurde aus 10 cm dicken Tonelementen mit einer Durchlässigkeit von $1 \cdot 10^{-11}$ m/s aufgebaut (vgl. Abb. 1). Die Dichtung wurde am wasserseitigen Böschungsfuß wie ein Dichtungsteppich bis an die seitlich begrenzende Wand verlängert und auf der 1 : 3 Böschung bis über die Deichkrone ausgeführt. Schutz vor Austrocknung bietet eine 20 cm starke, mit Rollrasen angedeckte Mutterbodenschicht. Am luftseitigen Böschungsfuß wurde zur Ableitung des aufgefangenen Sickerwassers eine Dränageschicht mit Pumpschächten angeordnet. Unter Berücksichtigung der Verwendung in verschiedenen Forschungsprojekten, wurde der Labordeich ohne weitere Bermen und Unterhaltungswege mit den dargestellten Abmessungen angelegt (Abb. 3).

Die durchgängige Tonschicht des Versuchsdeiches wies nach dem beschriebenen Einbau eine sehr hohe Wasserundurchlässigkeit auf. Um eine kontrollierte und möglichst komplette Durchsickerung des Deichs mit einem Sickerwasseraustritt auf der binnenseitigen Böschung zu erzielen, wurden definierte Öffnungen in die wasserseitige Böschung des Deichs eingebaut. Insgesamt wurden je drei Öffnungen in einer Höhe von 1,0 m, 1,5 m und 2,0 m über der Sohle angeordnet. Die Rohre sind senkrecht zur Böschungsneigung ausgerichtet und stehen direkt auf dem Sandkern. Ein Geotextil vor der unteren Öffnung verhindert den Austrag von Kernmaterial.

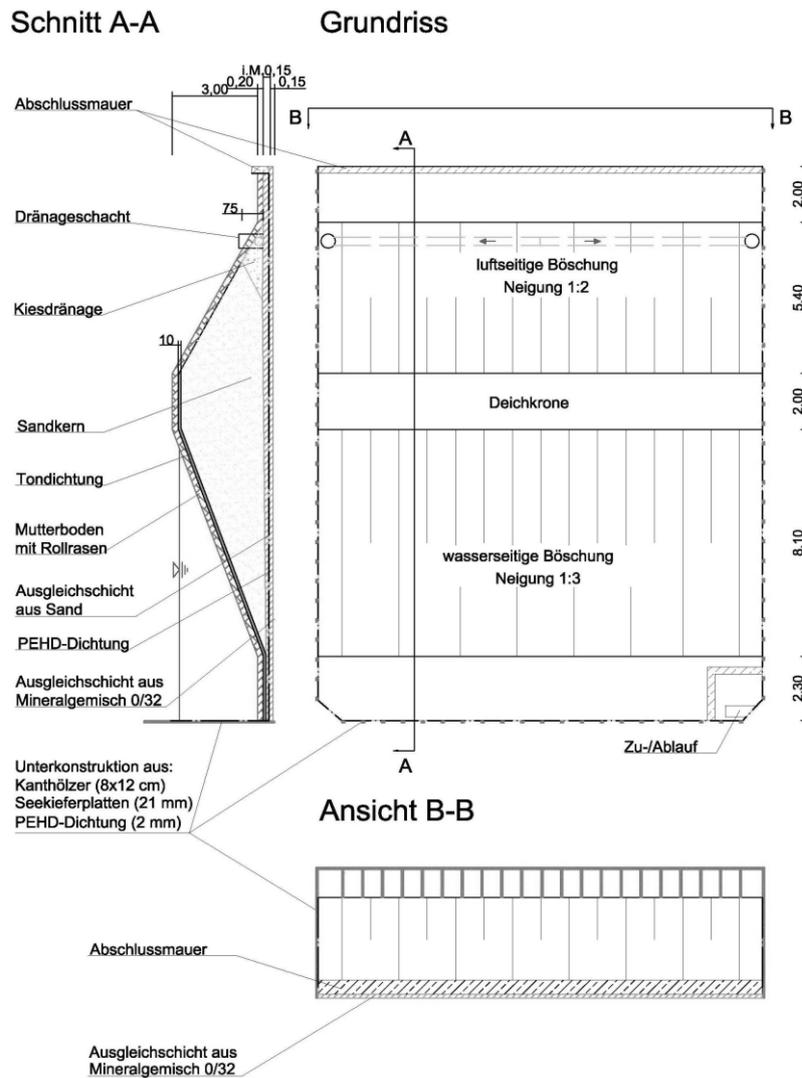


Abb. 2: Grundriss und Querschnitte des Labordeiches



Abb. 3: Fertiger Labordeich (Füllstand ca. 1,5 m)

3 MESSTECHNIK

Zur Beobachtung des Sickervorganges und der Ausbildung von feuchten Bereichen an der Deichoberfläche ist die Anordnung unterschiedlicher Messgeräte erforderlich. Die Signale aller elektronischen Messgeräte werden mit Hilfe von Messverstärkern in ihrer spezifischen, physikalischen Messgröße dargestellt und von einem zentralen Messrechner kontinuierlich gespeichert.

Der freie Wasserspiegel wird elektronisch mit einer Druckmessdose gemessen. Zur optischen Kontrolle ist im Bereich des Einlaufbauwerks zusätzlich eine konventionelle Pegel latte installiert. Die Lage der Sickerlinie wird in zwei Profilen von jeweils 10 exakt vermessenen und auf der Anlagensohle fixierten Druckmessdosen registriert. Zwei weitere Druckmessdosen erfassen den Wasserstand in der Drainageleitung. Die Messung der Wassertemperatur erfolgt als Tiefenprofil in fünf Tiefen.

Oberflächennahe Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur werden auf der luftseitigen Deichböschung lotrecht über der Position der Druckmessdosen aufgenommen. Die Temperaturfühler sind direkt unterhalb der Grasnarbe installiert. Die Messung der Bodenfeuchtigkeit erfolgt berührungslos in Form von Tiefenprofilen.

Da sich bei Durchsickerungsversuchen häufig erst nach mehreren Tagen ein stationärer Zustand einstellt, ist es erforderlich, die klimatischen Bedingungen während des Versuchszeitraumes zu berücksichtigen. Die gemessenen Parameter umfassen Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Erdbodentemperatur, Wassertemperatur, Erdoberflächentemperatur, Globalstrahlung, Niederschlagssumme und barometrischer Luftdruck.

4 BETRIEB DES LABORDEICHES

Ziel der bisher durchgeführten Versuche war es, den Deich an definierten Stellen durchfeuchten zu lassen, sowie den Einfluss verschiedener Pflanzen zu unterschiedlichen

Wachstumsphasen zu untersuchen. Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen die Simulation und Darstellung von Durchsickerungen des Deichs bei unterschiedlicher Materialzusammensetzung, Bepflanzung, Belastungsdauer und Witterung. Des Weiteren wurde die Analyse bestimmter deichtypischer Schadensmerkmale, wie z.B. Sickerwasseraustritte an der Binnenböschung, ermöglicht.

Der Einstau sollte also so lange erfolgen, bis eine vollständige Durchsickerung des Deichs erreicht war. Nach der Durchführung von Referenzversuchen mit geschlossener Dichtung wurden die beschriebenen Öffnungen in die wasserseitige Böschung eingebracht. Die Untersuchungen erfolgten zu unterschiedlichen Tageszeiten und meteorologischen Randbedingungen, um ein möglichst breites Spektrum natürlicher Randbedingungen abzudecken. Abb. 4 zeigt beispielhaft Messergebnisse aus dem Projekt "Deichmonitoring". Dabei sind alle erfassten Messgrößen anschaulich in einer Gesamtgrafik dargestellt.

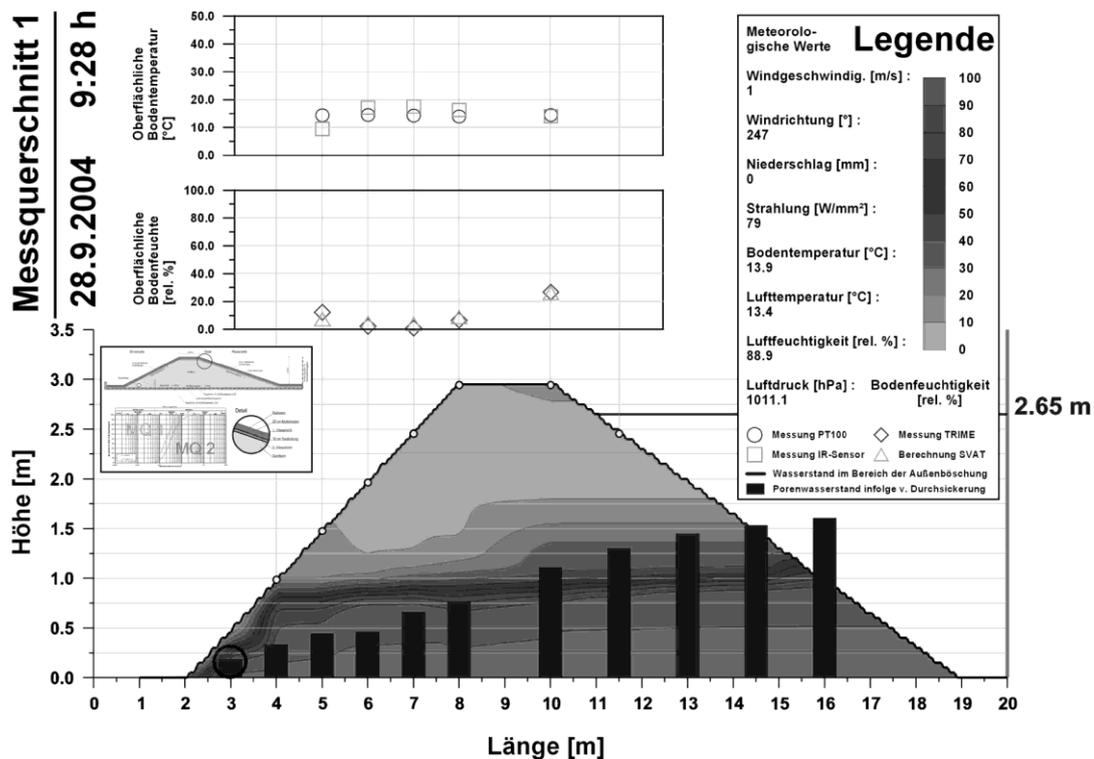


Abb. 4: Beispielhafte Darstellung der Messergebnisse - Komplette Durchsickerung - 15 h nach Beginn des Einstaus

5 WEITERE INFORMATIONEN

N. OHLE, A. ELSNER, C. ZIMMERMANN: Deichüberwachung unter Einsatz der Fernerkundung, Mitteilungen des Franzius-Institut, Heft 92, 2006

C. PAESLER: Bau, Ausrüstung und Betrieb eines Labordeiches im Naturmaßstab, Mitteilungen des Franzius-Institut, Heft 92, 2006