Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

Band: 30 (1973)

Heft: 3

Artikel: Düker und ihre geotechnischen Probleme

Autor: Zeindler, H. / Rieder, U.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-782031

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Düker und ihre geotechnischen Probleme

Von H. Zeindler und U. Rieder [1]

Einleitung

Die regional zusammengefasste Klärung des Abwassers zwingt zur Erstellung langer Zuleitungskanäle, deren Trassee den bestehenden Bauten und den topographischen Verhältnissen angepasst werden muss. Dabei ist oft die Querung von Flüssen und Kanälen unvermeidlich. Wo keine Kombination der Leitung mit einer Brücke möglich ist, muss ein Düker erstellt werden.

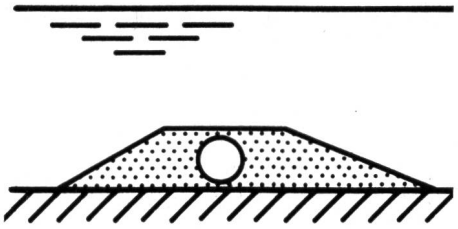
Düker sind anspruchsvolle Ingenieurbauten, deren Projektierung nicht nur die Beherrschung der Statik und des Grundbaus, sondern auch der Hydraulik und der Methoden des Flussbaus voraussetzt. Diese Arbeit ist natürlich Sache von erfahrenen Fachleuten, die gegebenenfalls auch verschiedene Lösungsmöglichkeiten untersuchen. Die wichtigsten Entscheidungen und damit die finanzielle Verantwortung liegen jedoch bei den Vertretern des Bauherrn. Wie aber können sie die richtige Wahl treffen zwischen einer nach menschlichem Ermessen sicheren, aber sehr teuren Lösung und einer billigeren Variante, die jedoch ein grösseres Risiko von Fehlschlägen und damit Kreditüberschreitungen in sich schliesst?

Welche Entscheidungsgrundlagen müssen sie von den projektierenden Ingenieuren verlangen?

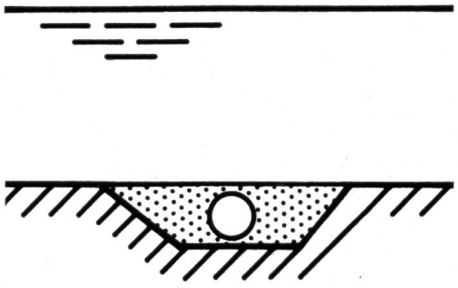
Die Erfahrung lehrt, dass vielfach die Bodenverhältnisse die Ursache von Fehlschlägen bilden. Der Baugrund und das Wasser beeinflussen eben praktisch alle Entscheidungskriterien bei der Projektierung von Tiefbauten. Je genauer diese Gegebenheiten bekannt sind, desto sicherer und wirtschaftlicher kann gebaut werden.

Geotechnische Probleme bei Dükerbauten

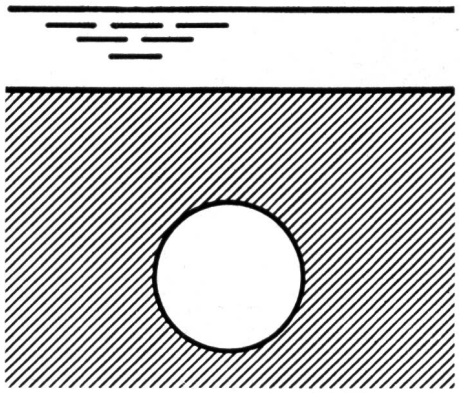
Eine Dükerleitung kann wie folgt erstellt werden:



a) aufgelegt auf die Flusssohle



b) eingelegt in einen Graben in der Flusssohle. Die Arbeiten können dabei in einer umspundeten, trockengelegten Baugrube oder unter Wasser ausgeführt werden



c) als Stollen, sei es mit Pressrohrvortrieb, mit Schildvortrieb oder mit konventionellem bergmännischem Vortrieb.

Die *Tabelle 1* zeigt die geotechnischen Probleme, die sich bei jeder dieser Methoden stellen.

Die tabellarischen Stichwortangaben lassen sich wie folgt ergänzen:

Das Gewicht der gefüllten Leitung und ihrer Ueberdeckung kann besonders bei feinkörnigen Böden zu Setzungen und zur Ueberschreitung der Tragfähigkeit führen. Zur Beurteilung dieser Gefahr müssen die Scherfestigkeit und die Setzungsempfindlichkeit der Bodenmaterialien ermittelt werden.

Die Durchlässigkeit der Flusssohle in unverletztem und verletztem Zustand ist wesentlich für die Dimensionierung der Baugrubenumschliessung (b, trocken) und für die Wahl der Stollenbaumethode (c). Wenn im Stollen unter Druckluft gearbeitet werden muss, dürfen die von der Durchlässigkeit abhängigen Luftverluste an der Stollenbrust nicht zu gross werden.

Fluss- und Kanalbetten sind normalerweise durch natürliche Geschiebe oder künstliche Geröllschüttungen gegen die Erosionswirkung des fliessenden Wassers weitgehend geschützt. Bei Baggerungen wird dieser Schutz teilweise zerstört. Zudem treten Wasserturbulenzen auf, die die Erosion (Kolk) noch verstärken können.

Die Standfestigkeit der Böschungen entscheidet über die mögliche Böschungsneigung und damit über die erforderliche Aushubkubatur. Im Stollen spielt die Standfestigkeit der Brust eine ausschlaggebende Rolle für die Wahl der Vortriebsmethode. Daher muss die Scherfestigkeit der angeschnittenen Böden bestimmt werden.

Die Frage, ob der Boden mit normalen Baggern ausgehoben werden kann oder ob Sprengungen nötig sind, ist finanziell von grosser Tragweite und beeinflusst daher die Wahl der Baumethode.

Die Schockwirkung von Sprengungen unter Wasser ist für den Fischbestand und für benachbarte Unterwasserbauten gefährlich. Erschütterungen durch Sprengungen oder Rammarbeiten können auch Gebäude in der Umgebung in Mitleidenschaft ziehen. Bei Stollenbauten wird eine Auflockerung der Ueberdeckung lokal die Durchlässigkeit erhöhen und die Wasserhaltungsmassnahmen erschweren. Zur Abklärung dieser Wirkungen können heute vor der endgültigen Wahl der Baumethode Versuchssprengungen oder -rammungen mit Erschütterungsmessungen durchgeführt werden. Sie gestatten den grundsätzlichen Entscheid über die Anwendbarkeit der entsprechenden Methode sowie die Bestimmung der pro Zündstufe zulässigen Sprengstoffmenge bzw. des zweckmässigen Rammgerätes.

Der Wasserdruck — und damit die Kenntnis der extremen Fluss- und Grundwasserspiegelhöhen — bildet zusammen mit der

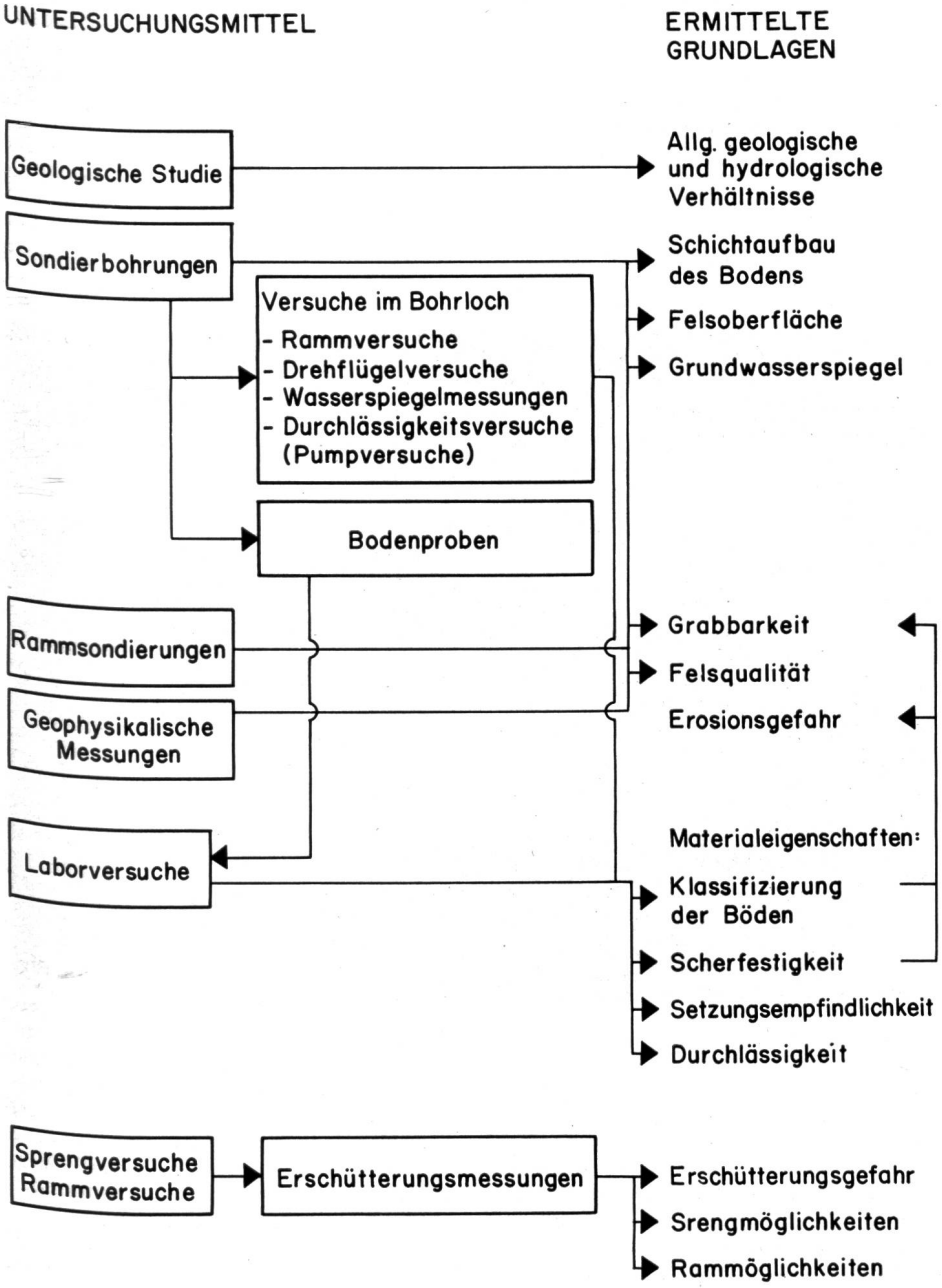
---

[1] H. Zeindler und U. Rieder in Firma Geotest AG, Birkenstrasse 15, 3052 Zollikofen-Bern.

Tabelle 1. Problemstellung für die einzelne Baumethode

Probleme	Baumethode I	II trocken	II unter Wasser	III
Baugrund:				
— Tragfähigkeit des Flussgrundes	x	(x)	x	—
— Setzungsempfindlichkeit des Flussgrundes	x	x	x	(x)
— Durchlässigkeit des Flussgrundes	—	x	—	x
— Erosionsfestigkeit des Flussgrundes	x	x	x	(x)
— Standfestigkeit von Böschungen bzw. der Stollenbrust	x	x	x	x
— Grabbarkeit	—	x	x	x
— Einfluss von Spreng- oder Rammerschütterungen	—	x	x	x
Wasser:				
— Wasserdruck, Grundbruchgefahr	—	x	(x)	x
— Beeinflussung des Grundwassers in der Umgebung	(x)	x	x	x
— Strömungsverhältnisse, Schiffahrt	x	x	x	—

Tabelle 2. Geotechnische Untersuchungen



Durchlässigkeit die Grundlage für die Berechnung der Wasserhaltungsmassnahmen in der offenen Baugrube (b) und im Stollen (c). Die Beobachtung der Spiegelschwankungen über längere Zeit ist daher sehr wichtig.

Wird durch das Abpumpen von Grundwasser in der Umgebung des Bauwerks der Grundwasserspiegel abgesenkt, so kann dies bei torfigen Böden Geländesenkungen und Gebäudesetzungen bis in Entfernungen von mehreren hundert Metern zur Folge haben. Eine gründliche geologisch-geotechnische Abklärung kombiniert mit Pumpversuchen bewahrt oft vor kostspieligen Ueberraschungen.

Die Strömungsverhältnisse spielen bei der Wahl der Baumethoden a) und b) eine ausschlaggebende Rolle. Dies gilt besonders für die neuen Methoden des Einziehens oder Einschwimmens ganzer vorgefertigter Leitungsstränge.

Bei schiffbaren Flüssen stellen sich zusätzliche Probleme wie Beeinträchtigung des Verkehrs während den Bauarbeiten und Beschädigung der Leitung durch Anker und Turbulenzerscheinungen.

Ermittlung der geotechnischen Grundlagen für die Lösung der Probleme

Welche Untersuchungsmittel stehen nun zur Verfügung, um geotechnische Grundlagen für die nötigen Entscheide zu gewinnen? Sie sind in *Tabelle 2* zusammengestellt. Selbstverständlich müssen nicht in jedem Fall alle Methoden zur Anwendung kommen. Vielmehr ist das erforderliche Untersuchungsprogramm jeweils in enger Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten festzulegen.

Beispiele

Einige Beispiele zeigen die im konkreten Fall aufgetretenen Probleme und die gewählten Lösungen. Die an sich gleiche Aufgabe der Verlegung einer Leitung unter einem Fluss führte den örtlichen Verhältnissen entsprechend zu grundverschiedenen Lösungen.

A. Pressvortrieb unter Druckluft

Eine Leitung von rund 1,5 m Durchmesser muss unter einem Fluss von ungefähr 100 m Breite und 5 m Tiefe hindurchgeführt werden.

Die Sondierbohrungen zeigten unter der Flusssohle zunächst eine in der Dicke variierende, vorwiegend kiesige Schicht, darunter folgten Silt/Feinsand-Ablagerungen. Das Material musste als sehr wechselhaft und grundbruchgefährlich beurteilt werden.

Der Ingenieur entschied sich für einen Pressvortrieb unter Druckluft, etwa 10 m unter dem Flussspiegel. Bei diesem Verfahren soll der erhöhte Luftdruck im Rohr das wassergesättigte Bodenmaterial an der Abbaustelle am vorderen Rohrende stützen; doch ist in sandigen und kiesigen Böden die Druckregulierung sehr kritisch. Bei zu geringem Druck im Rohr dringt das Bodenmaterial in das Rohr hinein. Bei zu grossem Druck oder beim Anschneiden von durchlässigeren Bodenbereichen kann die Druckluft in das Flussbett entweichen, worauf infolge des ungenügenden verblei-

benden Gegendrucks ein Boden-Wasser-Gemisch in das Rohr einfliesst. Solche Vorfälle sind natürlich für das im Pressrohr arbeitende Personal sehr gefährlich. Im hier besprochenen Beispiel fand man zweimal nach mehrtägigen Arbeitsunterbrüchen das ganze Rohr bis weit zurück mit eingedrungenem Material gefüllt vor. Ausserdem erfolgten kleinere Materialeinbrüche. Grosse Mehrkosten und Verzögerungen waren die Folge.

B. Düker in trockener Baugrube

Eine Zuleitung zur ARA Interlaken soll die Aare an einer 35 m breiten Stelle in einem Düker queren. Die grösste Wassertiefe beträgt je nach Wasserspiegel etwa 3,0 bis 5,5 m. Der Scheitel des Dükers liegt nur knapp unter der tiefsten Stelle des Flussbettes.

Es wurde verlangt, dass die Stahlrohre des Dükers in einer trockenen Baugrube einbetoniert werden.

Die Baugrunduntersuchung zeigt bis etwa 4 m unter den Düker Silt und darunter sehr durchlässigen Kiessand.

Für den Bau des Dükers waren folgende Gesichtspunkte zu beachten:

— Die empfindliche Dükerkonstruktion verlangte eine Fundationsmethode, die unregelmässige Setzungen ausschliesst. Beim Bau der ARA zeigte sich jedoch, dass beim Rückzug von Spundwänden Silt mitgerissen wurde, was zu Setzungen von hochliegenden Fundationen führte. Eine Wiedergewinnung der Spundwände war deshalb nur bei einer Fundation auf den Kiessand möglich.

— Nach dem Auspumpen und dem Aushub der Baugrube war infolge des Wasserdrucks auf die Unterseite der Siltschicht Grundbruch in der Baugrubensohle zu befürchten.

Folgende Möglichkeiten einer gefahrlosen Trockenlegung der Baugrube wurden näher untersucht:

— Baugrube mit verlorenen Spundwänden, Brunnen zur Entlastung des Wasserdrucks in der Kiesschicht, Dükerfundation auf dem Silt.

— Vollständiger Aushub des Siltes zwischen Spundwänden — jedoch unter Wasser —, Ersatz durch Unterwasserbeton, Colcrete-Beton oder Kiesschüttung.

— Umspundung, Teilaushub des Siltes, Schüttung von Unterwasserbeton, Dükerfundation auf kleinkalibrigen Injektions-Bohrpfählen («Wurzelpfählen»), die im Bauzustand als Zugpfähle zur Sicherung von Unterwasserbeton und Siltschicht gegen Auftrieb dienen.

Bei den beiden letzten Möglichkeiten können die Spundwände nach dem Dükerbau gezogen werden, ohne dass das Bauwerk Setzungen erleidet. Eine zu starke Haftung des Unterwasserbetons an den Spundwänden muss jedoch vermieden werden.

Auf Grund von Richtofferten wurde die Lösung mit den «Wurzelpfählen» zur Ausführung gewählt.

C. Dükerbau im Fels

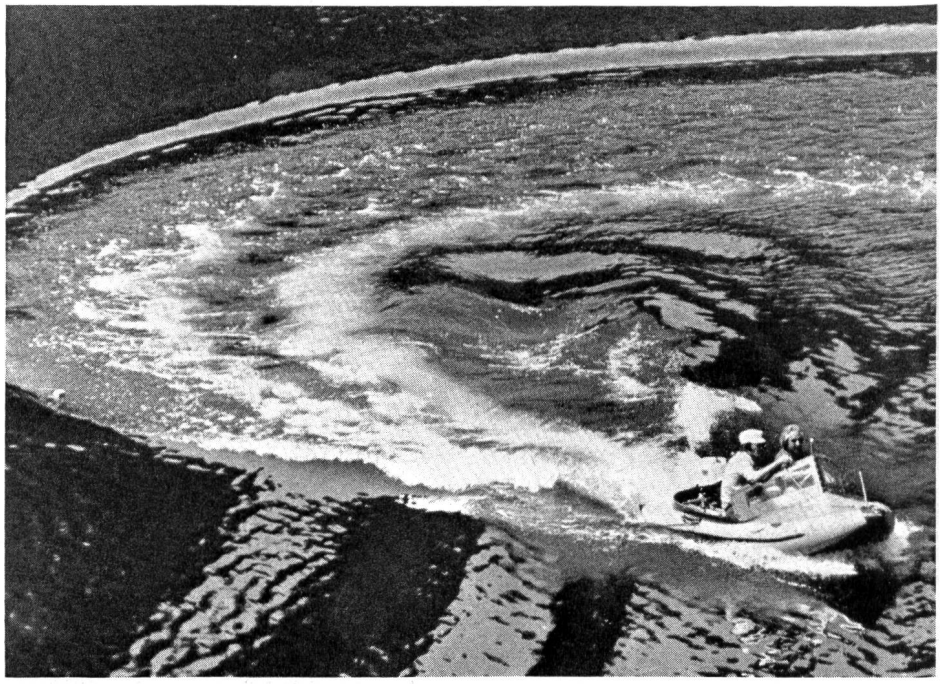
Zur Unterquerung des ungefähr 100 m breiten und ab Mittelwasser 8 m tiefen Nidau-Büren-Kanals in Port wird ein Düker erstellt. Zwei Bohrungen liessen erwarten, dass der Düker hauptsächlich in Molassesandstein zu liegen kommt. Im südlichen Böschungsbereich zeigte sich darüber Sand und toniger Silt.

Im Kanalbereich wurde unter Wasser ein Graben mit Felssprengungen ausgehoben. Am Ufer erfolgten Aushub und Erstellung der pfahlfundierten Fundamentplatte im Schutz von Spundwänden.

Der Düker besteht aus Eternitrohren mit flexiblen Kupplungen, die am Land zusammengebaut und in den ausgehobenen Graben bzw. auf die Fundamentplatte gezogen und hierauf unter Wasser mit Colcrete-Beton umhüllt werden.

Um Schäden an Gebäuden als Folge der Felssprengungen zu vermeiden, bestimmte man zu Beginn der Aushubarbeiten die Sprengwirkungen mit Hilfe von Erschütterungsmessungen.

Eingeschränkter Motorbootverkehr auf dem Zürich- und Walensee



maw. Am 1. März sind für den Zürich- und den Walensee neue, den privaten Motorbootverkehr einschränkende Verordnungen in Kraft getreten. Wichtigste Elemente sind die Erweiterung der Uferzone von 150 auf 300 m, verschärfte Fahrvorschriften und eine Reihe strengerer technischer Bestimmungen zur Reduzierung des Lärms sowie der Luft- und Wasserverschmutzung.

So sind in der neuen Uferzone von 300 m die zulässige Höchstgeschwindigkeit von bisher 20 auf 10 Stundenkilometer herabgesetzt und das Wasserskifahren verboten worden. Weitere Vorschriften gelten der Herabsetzung des Lärmpegels auf 73 Dezibel (bisher 75), der Oelbeimischung bei Zweitaktmotoren (zugelassen sind neu noch 2 % Oel) sowie der verstärkten periodischen Schiffskontrolle. Innerhalb der engeren Uferzone von 150 m ist ein völliges Verbot von Längsfahrten parallel zum Ufer ausgesprochen worden. Zum Schutze wertvoller Uferpflanzen wie Schilf, Binsen und Seerosen ist neuerdings nicht bloss das Befahren und Betreten geschlossener Bestände, sondern auch dasjenige lichter Bestände und einzelner Pflanzengruppen untersagt.

Da es allerdings fraglich ist, ob diese Massnahmen zur Rückgewinnung der Seefläche als Erholungsraum für Hunderttausende von Anwohnern genügen, werden bereits noch schärfere Bestimmungen in Aussicht gestellt. So wird zurzeit die Frage der Belastbarkeit des Zürichsees in bezug auf die Zahl der Motorboote geprüft. Immerhin hat sich die Gesamtzahl der Boote in den letzten zehn Jahren ungefähr verdreifacht, und allein die beiden geplanten neuen Bootshäfen in der Stadt Zürich beweisen, dass sich ein Ende des Bootbooms vorläufig noch nicht abzuzeichnen scheint. Als endgültig sind daher die nun erlassenen Vorschriften wohl kaum zu verstehen.

(Flugaufnahme: Comet)