
WASSER  **ABFALL**

REGELWERK

■ **ARBEITSBEHELFE**

des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (ÖWAV)

Anhang zum ÖWAV-Arbeitsbehelf 53

**Anhang A: Geotechnische
Untersuchungsmethoden für Dämme**

Anhang B: Formblätter A bis G

Wien 2017

Dieser Arbeitsbehelf ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher
Gemeinschaftsarbeit.

Dieser Arbeitsbehelf ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für eine fachgerechte Lösung. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall. Eine etwaige Haftung der Urheber ist ausgeschlossen.

Impressum

Medieninhaber und Verleger: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien

Hersteller: druck.at Druck- und Handelsgesellschaft mbH, Leobersdorf

Es wird darauf hingewiesen, dass sämtliche Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Autoren oder des Verlages ausgeschlossen ist.

Dieses Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung, und Übersetzung werden ausdrücklich vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Redaktion, Satz und Layout: Mag. Fritz Randl (ÖWAV)

© 2017 by Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.

Inhaltsverzeichnis

Anhang A: Geotechnische Untersuchungsmethoden für Dämme.....	3
A.1. Auswahl vorhandener Normen für geotechnische Untersuchungen.....	3
A.1.1. ÖNORM B 4401 – Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben	3
A.1.2. ÖNORM B 4402 – Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke.....	4
A.2. Überblick über mögliche Untersuchungsmethoden	5
A.2.1. Direkte geotechnische Aufschlussmethoden.....	5
A.2.1.1. Schürfe	5
A.2.1.2. Bohrverfahren mit Materialentnahme	6
A.2.2. Indirekte geotechnische Aufschlussmethoden	7
A.2.2.1. Sondierungen	8
A.2.2.2. Statische Lastplattenversuche	10
A.2.2.3. Dynamische Lastplattenversuche	11
A.2.2.4. Flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle (FDVK)	11
A.2.3. Geophysikalische Aufschlussmethoden	12
A.2.3.1. Geoseismik	13
A.2.3.2. Geoelektrik und Geomagnetik	14
A.2.3.3. Bodenradar	15
A.2.3.4. Gravimetrie	16
A.2.3.5. Geothermik	16
A.2.4. Matrix für den Vergleich von Aufschlussverfahren	18
Anhang B: Formblätter A bis G.....	19

An der Erstellung des ÖWAV-Arbeitsbehelfes 53 haben mitgewirkt:

Ausschussleiter:

DI Frederick M. CATE, Rohrhofer ZT GmbH Büro Rohrhofer & Partner, Wien

Ausschussmitglieder:

DI Thomas EISTERT, Amt der Salzburger Landesregierung, Salzburg

HR Dr. Rosemarie FRIESENECKER, Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz

DI Christoph HACKEL, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien

Priv.-Doz. DI Dr. Robert HOFMANN, Zivilingenieurbüro Dr. Hofmann – Geotechnik, Perchtoldsdorf

HR DI Rudolf HORNICH, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz

DI Dr. Walter LAMMERANNER, Universität für Bodenkultur Wien

OBR Ing. DI Dr. Christian MAIER, Amt der Burgenländischen Landesregierung, Eisenstadt

wHR DI Werner RUBEY, Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Mistelbach an der Zaya

DI Stefan SCHEURINGER, via donau – Österreichische Wasserstraßen-GmbH, Angern/March

MR DI Dr. Heinz STIEFELMEYER, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

Univ.-Prof. DI Dr. Peter TSCHERNUTTER, Technische Universität Wien

Mag. Felix WEINGRABER, Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz

DI Michael WODITSCH, Magistratsabteilung 45 – Wiener Gewässer, Wien

für den ÖWAV:

DI Wolfgang PAAL, MSc., Bereichsleiter Wasserwirtschaft im ÖWAV, Wien

Anhang A: Geotechnische Untersuchungsmethoden für Dämme

A.1. Auswahl vorhandener Normen für geotechnische Untersuchungen

A.1.1. ÖNORM B 4401 – Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben

Diese ÖNORM ist für Aufschlüsse in Lockergesteins-Böden, für die Erkundung der Übergänge zum Festgestein /Fels sowie für die Entnahme von Proben anzuwenden.

Art und Umfang der Erkundung und der Entnahme von Proben werden bestimmt durch:

- Untergrundverhältnisse unter Berücksichtigung örtlicher Erfahrungen und vorhandener Aufschlüsse sowie verfügbarer Unterlagen,
- Art und Größe der Bauaufgabe.

Diesen Gegebenheiten muss die im Einzelfall zu wählende Aufschlussmethode Rechnung tragen. Sie muss Proben liefern, deren Güte und Volumen dem jeweiligen Untersuchungszweck angepasst sind.

Die Güte der Proben wird nach dem Ausmaß festgelegt, in welchem bestimmte bodenmechanische Eigenschaften bzw. Kenngrößen an ihnen einwandfrei ermittelt werden können. Alle gewinnbaren Proben lassen sich nach typischen Unterscheidungsmerkmalen einer Güteklasse von 1 bis 3 zuordnen (siehe *Abb. A-1*).

Güte-klasse	Bezeichnung	Bestimmbare Eigenschaften	weitere feststellbar
1	ungestörte Probe ¹⁾	Korngrößenverteilung, Wassergehalt, Konsistenzgrenzen, Korndichte, Porenanteil, Porenzahl, lockerste und dichteste Lagerung, organische Bestandteile Scherfestigkeitsparameter Wasserdurchlässigkeit Zusammendrückbarkeit } des ungestörten Materials	Feinschichtgrenzen, Struktur, Gefüge
2	gestörte Probe	Korngrößenverteilung, eventuell Wassergehalt, Konsistenzgrenzen, Korndichte, lockerste und dichteste Lagerung, organische Bestandteile, Proctordichte Scherfestigkeitsparameter Wasserdurchlässigkeit Zusammendrückbarkeit } des gestörten Materials	Schichtgrenzen
3	Musterprobe ²⁾	unter Umständen Korngrößenverteilung, Konsistenzgrenzen, Korndichte und organische Bestandteile	Schichtgrenzen

¹⁾ Ungestörte Proben können je nach Art des Aufschlusses nach einer folgenden Methoden entnommen werden:
 (1) aus Schürfen als Würfelproben durch Herausarbeiten oder mit Ausstechzylindern;
 (2) aus Bohrungen mit zylindrischen Entnahmegerten;
 (3) aus Rotationskernbohrungen mit Doppelkernrohr (mit oder ohne Einschubrohr), wenn der Kerndurchmesser > 80 mm ist.

²⁾ Die Musterprobe unterscheidet sich von der gestörten Probe durch die geringe Probenmenge und den meist stark veränderten Wassergehalt; die Probenmenge reicht in den meisten Fällen für Laboratoriumsversuche nicht aus.

Abb. A-1 Güteklassen von Bodenproben

Zur Durchführung von Aufschlussarbeiten und Probenentnahmen sind grundsätzlich alle Verfahren und Geräte zulässig, die einen für den jeweiligen Untersuchungsfall hinreichenden Aufschluss sowie Proben zu liefern vermögen, die die Ermittlungen der nach *Abb. A-1* feststellbaren bodenmechanischen Kenngrößen oder Eigenschaften der Böden ermöglichen.

Für alle Aufschlussarbeiten ist eine fachgerechte und sorgfältige Ausführung durch zuverlässige Fachbetriebe und qualifiziertes Personal von ausschlaggebender Bedeutung.

In dieser ÖNORM wird bei den Aufschlussverfahren nach Schürfen und Bohrungen unterschieden. Da die beiden Verfahren in folgenden Kapiteln (siehe *Kap. A.2.1.1* und *Kap. A.2.1.2.*) erläutert werden, wird hier auf eine Erklärung verzichtet.

Bodenproben werden aus Schürfen oder Bohrlöchern entnommen. Bei der Entnahme aus Schürfen ist im Allgemeinen eine höhere Probengüte zu erreichen. In Bohrlöchern kann eine gleichwertige Qualität bei günstigen Untergrundverhältnissen durch Gewinnung von Bodenproben mithilfe besonderer Entnahmegerate erzielt werden. Alle Proben sind unter Beachtung der für den Einzelfall erforderlichen Güteklassen nach *Abb. A-1* zu entnehmen. Die notwendige Probenmenge richtet sich nach dem Größtkorn und dem Verwendungszweck der Proben. Detaillierte Erklärungen der Entnahmen aus Schürfen und Bodenproben sind in der ÖNORM selbst nachzulesen.

A.1.2. ÖNORM B 4402 – Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke

Diese ÖNORM ist für geotechnische Untersuchungen von Locker- und Festgestein als Baugrund und Baustoff bei Bauvorhaben aller Art einschließlich des Hohlraumbaus, des Baus von Abfalldeponien und der Sanierung von kontaminierten Standorten anzuwenden.

Diese ÖNORM enthält Anforderungen für die Planung, Ausführung und Auswertung von geotechnischen Untersuchungen und soll sicherstellen, dass Aufbau und Eigenschaften des Baugrundes bzw. eines als Baustoff zu verwendenden Lockergesteins oder Festgesteins bereits für den Entwurf bekannt sind.

Bei geotechnischen Untersuchungen wird unterschieden in:

- Vorerkundung: Beschaffen von vorhandenen Unterlagen über den Baugrund, Grundwasserhältnisse und von Informationen über frühere Nutzungen bzw. Bestandsgegebenheiten sowie die Durchführung von Ortsbegehungen.
- Voruntersuchungen: geotechnische Untersuchungen von Locker- und Festgestein für Standortwahl und Vorplanung eines Bauwerks, die als Grundlage für Art und Umfang der Hauptuntersuchung dienen.
- Hauptuntersuchungen: geotechnische Untersuchungen für Planung und Entwurf, Ausschreibung und Baudurchführung sowie für Schadensanalysen.
- Baubegleitende Untersuchungen: Prüfungen, Messungen und Versuche einschließlich der geotechnischen Dokumentation, die während der Bauausführung als Kontroll- und Abnahmeprüfung, zur Überprüfung der vorausgesetzten Verhältnisse, zur Beobachtung des Verhaltens von Baugrund, Grundwasser und Bauwerk und zur Überprüfung der Tragfähigkeit von Gründungselementen durchgeführt werden.
- Untersuchungen nach Baufertigstellung: Untersuchungen nach Baufertigstellungen sind Prüfungen, Messungen und Versuche einschließlich der geotechnischen Dokumentation, die nach Bauvollendung zur Bauwerksüberwachung durchgeführt werden.

Unter Aufschlüssen werden Mittel und Maßnahmen zur Feststellung von Art, Aufbau, Eigenschaften und Verbreitung des anstehenden Lockergesteins und Festgesteins, der Grundwasserhältnisse sowie des Verhaltens bei Durchströmung verstanden. Es wird unterschieden in:

- Direkte Aufschlüsse: natürliche oder künstliche Aufschlüsse, die eine visuelle und manuelle Beurteilung, eine Entnahme von Boden- oder Felsproben sowie die Durchführung von Feldversuchen ermöglichen.
- Indirekte Aufschlüsse: z. B. Sondierungen, geophysikalische Verfahren, die durch Korrelation zwischen physikalischen Messgrößen und boden- bzw. felsmechanischen Kenngrößen Rückschlüsse auf den Baugrund ermöglichen.

Aufschlüsse in Locker- und Festgestein sind als Stichprobe zu bewerten. Sie lassen für dazwischenliegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu. Bei der Festlegung des Stichprobenumfangs (Lage, Anzahl, Art und Tiefe der Aufschlüsse, Anzahl und Art der Versuche) sind Vorkenntnisse, örtliche Erfahrungen und ergänzende Informationen zu berücksichtigen.

Bei der Anordnung der Aufschlüsse sind folgende Vorgaben zu beachten:

- Um den räumlichen Verlauf der Schichtung zu erfassen, sind die Aufschlussstellen so anzuordnen, dass Baugrundabschnitte dargestellt werden können. Die geologischen Gegebenheiten sind hierbei zu berücksichtigen.
- Bei Linienbauwerken sind je nach Breite der Trasse oder Breite von Dammaufstandsflächen oder von Einschnitten Aufschlüsse auch außerhalb der Bauwerkachse anzuordnen.
- Aufschlüsse sind so anzuordnen und durchzuführen, dass sie keine Gefährdung des Bauwerkes, der Baudurchführung und der Nachbarschaft durch Veränderung des Baugrundes und der Wasserverhältnisse bewirken.

Die Abstände direkter Aufschlüsse sind von Fall zu Fall nach den geologischen Gegebenheiten, den Bauwerksabmessungen und den bautechnischen Fragestellungen zu wählen.

Als Richtwerte können gelten:

- für Linienbauwerke (z. B. Leitungen und Kanäle, Verkehrswege, Tunnel, Stollen, Dämme, Stützmauern) ein Abstand zwischen 50 m und 200 m; für breite Linienbauwerke sind beiderseits der Achse Aufschlüsse anzuordnen;
- für Brücken je nach Größe 1 bis 4 Aufschlüsse je Fundament;
- für Stau Mauern, Staudämme, Wehre, Schleusen und andere Wasserbauten Abstände zwischen 25 m und 75 m in charakteristischen Schnitten.

Bei schwierigen geologischen Verhältnissen oder zur Eingrenzung von Unregelmäßigkeiten sind geringere Abstände oder eine größere Anzahl von Aufschlüssen erforderlich. Dagegen darf bei sehr gleichförmigen geologischen Verhältnissen ein größerer Abstand oder eine geringere Anzahl der Aufschlüsse gewählt werden. Solche Fälle sind jedoch zu begründen.

Die Tiefen der Aufschlüsse müssen so gewählt werden, dass der vom Bauwerk beeinflusste Bereich des Untergrunds, der sich aufgrund üblicher geotechnischer Überlegungen ergibt, möglichst vollständig erfasst wird. Bei Staudämmen, Wehren und Baugruben im Grundwasser sowie bei Fragen der Wasserhaltung ist die Aufschlusstiefe außerdem auf die hydrologischen Verhältnisse abzustimmen. An Böschungen und an Geländesprüngen ist die Aufschlusstiefe im Hinblick auf die Lage möglicher Gleitflächen zu wählen. Für Dämme sieht die ÖNORM das 0,8-Fache der Dammhöhe, jedoch mindestens 2,0 m vor.

A.2. Überblick über mögliche Untersuchungsmethoden

A.2.1. Direkte geotechnische Aufschlussmethoden

Aufschlüsse werden als direkt bezeichnet, wenn es möglich ist, die Bodenschichtung zu erkennen und Materialkennwerte aus der Bodenprobe zu gewinnen.

A.2.1.1. Schürfe

Die Herstellung von Schürfen ist die einfachste Möglichkeit, um Aufschluss über die Beschaffenheit eines Bodens zu bekommen. Schürfe können als Gruben, Schlitze oder Schächte angelegt werden. Sie werden von Hand oder maschinell ausgehoben. Mithilfe eines Baggers kann ein Schurf ausgehoben werden. An dessen Sohle, Wand oder Böschung sind die unterschiedlichen Schichten erkennbar und es können Bodenproben entnommen werden. Die mögliche Tiefe wird durch den Baggerausleger, durch die Standfestigkeit des Bodens oder durch den Grundwasserspiegel begrenzt. Alle Schürfe sind entsprechend kurz vor dem Be-

sichtigen oder der Probenentnahme fertigzustellen und bis dahin gegen Witterungseinflüsse abzudecken. Tiefen von über 5 bis 6 m sind selten möglich.

Für Dämme sind Schürfe gut geeignet, um den vorhandenen Dammaufbau zu bestimmen und ungestörte Bodenproben zu entnehmen. Diese sollten quer zur Dammachse angeordnet werden um repräsentative Informationen über den Dammquerschnitt zu erhalten.

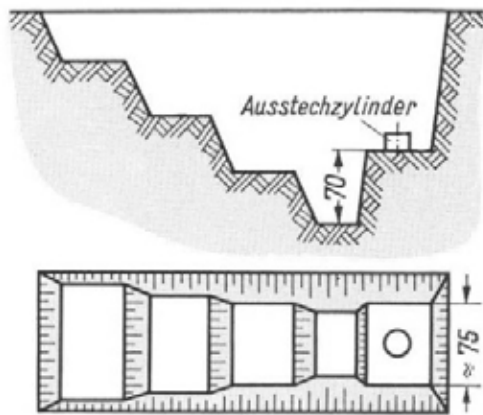


Abb. A-2 Schema eines Schurfes

A.2.1.2. Bohrverfahren mit Materialentnahme

Kernbohrungen sind die am häufigsten eingesetzte Methode zur Erkundung des Untergrundes, da sie relativ schnell, sicher und in großen Tiefen ohne wesentliche Behinderung durch Grundwasser durchgeführt werden können. Die Qualität der Probe ist von der angewandten Bohrmethode, der Grundwassersituation und dem Boden selbst abhängig. Zur qualitativen Beurteilung des Untergrundes sind Kernbohrungen mit der Entnahme von ungestörten Bodenproben von großer Bedeutung. Einwandfreie bodenphysikalische Labordaten, die in die Natur übertragbar sind, lassen sich nur an Bodenproben höchster Qualität ermitteln. Aufgrund der Vielfalt der zur Verfügung stehenden Bohrverfahren sind die Einsatzmöglichkeiten für diese sehr häufig verwendete Erkundungsmethode nahezu unbegrenzt. Im Wesentlichen lassen sich folgende Bohrverfahren unterscheiden:

- Drehbohrung bzw. Rotationskernbohrung,
- Rammkernbohrungen,
- Schlagbohrungen und
- Kleinbohrverfahren.

Rotationskernbohrung: Die Rotationskernbohrung eignet sich sehr gut zur durchgehenden Kerngewinnung von ungestörten Proben. Anwendung findet dieses Verfahren bei schluffigen, lehmigen sowie dicht gelagerten Schichten oder felsartigen tertiären Sedimenten und Festgestein. Das Bohrwerkzeug wird durch das Drehbohrgerät, welches gleichzeitig Druck auf die Bohrkronen ausübt, gedreht. Meist findet die Bohrung mit Spülung statt. Der Kern kann bei einem Einfachrohr im Inneren freistehen oder durch ein Innenrohr geschützt werden.

Rammkernbohrung: Das Kernrohr wird in den zu erkundenden Untergrund durch Rammschläge niedergebracht. Durch diesen dynamischen Absenkvorgang des Stahlrohres dringt das Bodenmaterial in das Kernrohr, das einen offenen Rammschuh besitzt. Hierfür werden Einfachkernrohre, Doppelkernrohre und Kernrohre mit speziellen Einsätzen eingesetzt. Dieses Verfahren liefert die natürliche Abfolge der durchfahrenen Bodenschichten, allerdings in teilweise zusammengedrückter Form. Rammkernbohrungen können nur in Böden abgeteuft werden, die entsprechend rammbar sind, für festen Boden bzw. Fels sind sie daher ungeeignet.

Schlagbohrung: Bei der Schlagbohrung wird das Bohrwerkzeug selbst beim Schlagen durch wiederholtes Anheben und Fallenlassen zum Eintreiben in den Boden benutzt. Grundsätzlich können die gleichen Böden aufgeschlossen werden, wie bei Rammkernbohrungen, jedoch ist die Qualität der Proben geringer.

Kleinbohrverfahren: Kleinbohrungen sind nur für geringe Tiefenerkundung von 8 bis 10 m zur Bestimmung des Schichtenverlaufes einsetzbar, jedoch nicht für die Gewinnung von Proben zum Zweck weiterer Laboruntersuchungen geeignet. Als Kleinbohrverfahren werden sämtliche Verfahren mit einem Durchmesser zwischen 30 mm und 80 mm bezeichnet. Sie sind für den Einsatz in Sand und feinkörnigen Böden geeignet.

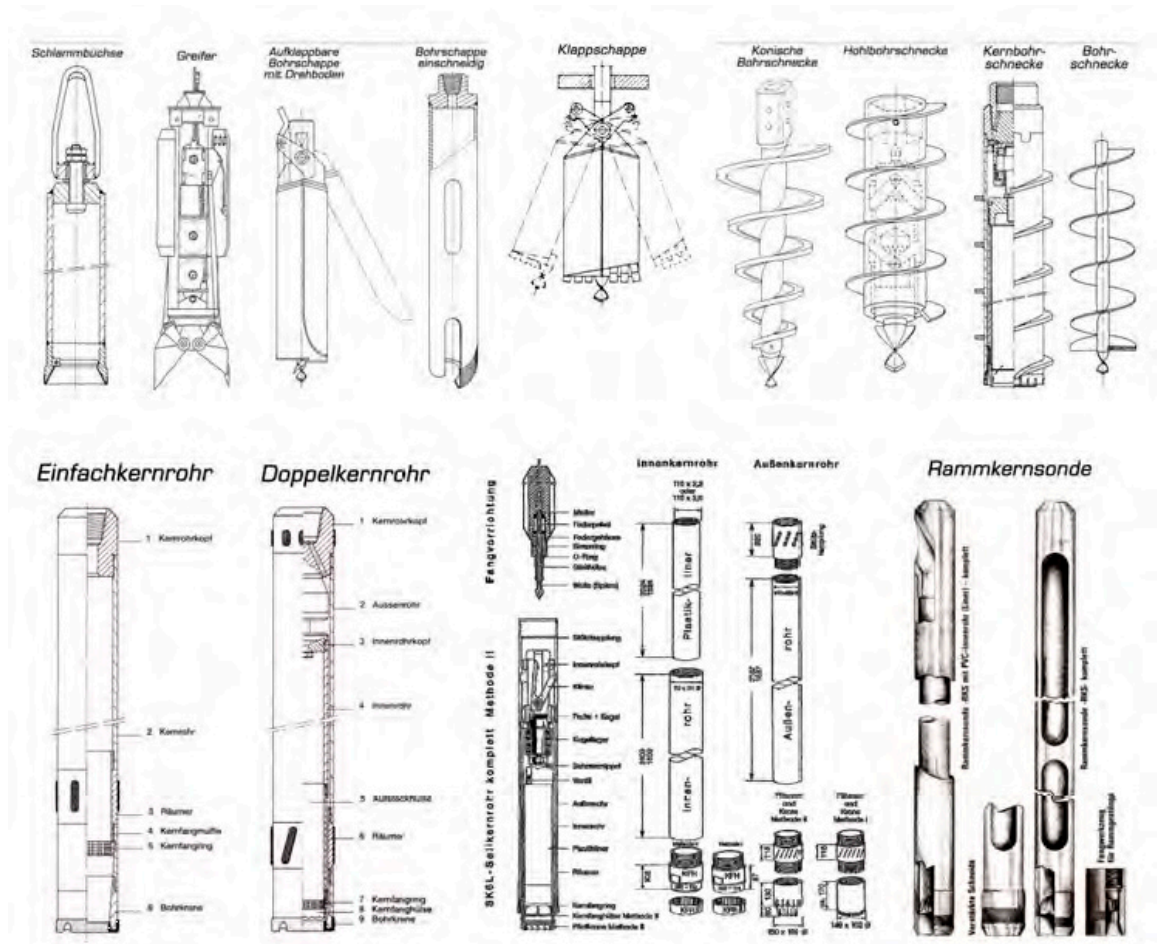


Abb. A-3 Bohrwerkzeuge in Übersicht

Reicht die mögliche Erkundungstiefe von Schürfen bei Dämmen nicht aus, werden Kernbohrungen eingesetzt. Mit Kernbohrungen kann zusätzlich der Grund unter den Dämmen erkundet werden. Da für Kernbohrungen schweres Gerät notwendig ist, können diese nur auf der Dammkrone eingesetzt werden, wenn die Standfestigkeit des Damms dies zulässt. Anderenfalls können Kernbohrungen ausschließlich im Vorland oder am Dammfuß eingesetzt werden.

A.2.2. Indirekte geotechnische Aufschlussmethoden

Indirekte Aufschlussmethoden repräsentieren eine vielfältige Gruppe an Verfahren, bei denen durch Korrelation zwischen physikalischen Messgrößen und geotechnischen oder hydrologischen Kennwerten der Untergrund sowie das Grundwasser überprüft werden können. Auf diese Weise wird eine qualitativ gute Aussage über die Eigenschaften des Bodens gewonnen, insofern die ermittelten Versuchsergebnisse regelmäßig an direkten Aufschlüssen geeicht werden. Der Vorteil dieser Methoden ist die kostengünstige und schnelle Ausführung.

A.2.2.1. Sondierungen

Zur schnellen und kostengünstigen Beurteilung des Untergrundes werden unterschiedliche Sondierverfahren herangezogen. Dabei wird ein schlanker Stahlstab durch Rammen, Drücken oder Drehen in den Boden eingebracht. Während des Vorganges können Erkenntnisse, insbesondere über die Schichtfolge, Festigkeit und Lagerungsdichte gewonnen werden. Man unterscheidet zwischen leichten Handgeräten mit geringerer Tiefenreichweite bis zu schweren maschinell betriebenen Ramm- bzw. Druckgeräten.

Rammsondierung: Bei der Rammsondierung wird der dynamische Widerstand des Untergrundes beim Einbringen eines Gestänges mit einer genormten kegelförmigen Sondenspitze durch die Anzahl der Schläge gemessen, welche erforderlich sind, um die Sonde um ein definiertes Maß in den Boden einzubringen. Dabei wirkt bei jedem Schlag eine genau definierte Energie, die durch den Fallvorgang eines genormten Gewichtes über einen vorgegebenen Fallweg erzeugt wird.

Als maßgebende Messgröße wird in Österreich üblicherweise der Wert N10 angegeben, es werden die Anzahl der Schläge für die festgelegte Eindringung der Sonde von 10 cm gezählt. Die Schlagzahlen werden über die Rammtiefe aufgetragen, woraus sich eine treppenförmige Linie ergibt. Durch die Aufzeichnung des Sondierungsdiagramms lassen sich Rückschlüsse auf den Bodenaufbau und vor allem die Schichtung ziehen, insbesondere die Lage der dichten Bodenschichten unterhalb der weichen Böden sowie deren Überlagerungen. Nach den eingesetzten Geräten wird in leichte, mittelschwere, schwere und überschwere Rammsondierung unterschieden. Eine leichte Rammsonde ist in *Abb. A-4* gezeigt.

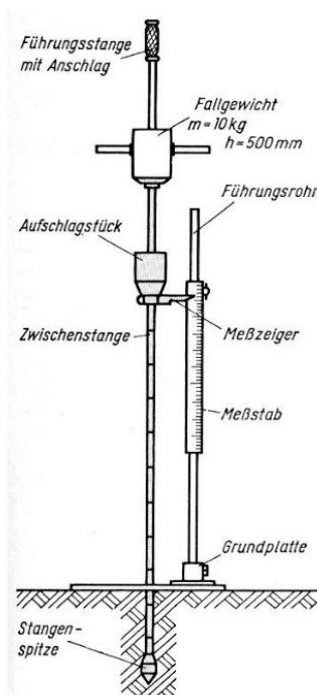


Abb. A-4 leichte Rammsonde

Drucksondierung: Bei der Drucksondierung wird das Gestänge durch eine statische Kraft mit konstanter Geschwindigkeit von 20 mm/s in den Boden gepresst und dabei werden der Eindringwiderstand der Sonde, die lokale Mantelreibung und der Gesamtwiderstand gemessen. Als Referenz werden empirisch erstellte Vergleichswerte herangezogen. Bei Verwendung einer speziellen Sondierspitze, einer sogenannten Piezo-Sonde, ist zusätzlich die Messung von Porenwasserdrücken möglich. Ähnlich wie bei der Rammsondierung werden Drucksondierungen primär zur Erkundung der Schichtfolge eingesetzt, wobei sie eine höhere Sensitivität als die dynamischen Verfahren aufweisen. Aufgrund der Möglichkeit der Aufzeichnung des

Spitzenwiderstandes und der Mantelreibung bzw. des Gesamtwiderstands kann dieses Verfahren als Hilfsmittel zur Klassifizierung der durchfahrenen Bodenschichten genutzt werden.

Die Ergebnisse der beiden Methoden geben einen punktförmigen Aufschluss über die Schichtungs-, Lagerungsdichte und Konsistenz des Bodens. Die Methoden sind bis zu einer Tiefe von 10 bis 15 m geeignet.

Standard Penetration Test: Der Standard Penetration Test ist die älteste Form der Rammsondierung. Im deutschsprachigen Raum wird dieses Erkundungsverfahren auch als Bohrlochrammsondierung bezeichnet.

Die Sonde wird dynamisch in den Untergrund eingebracht, indem ein Rammhämmer mit einer Masse von 63,5 kg von einer definierten Höhe auf einen Amboss fällt. Im Vergleich zur Rammsondierung findet die Untergrunderkundung nicht kontinuierlich statt, sondern die Sonde wird immer von der Sohle eines vorgebohrten Bohrloches aus über eine definierte Eindringtiefe in den Untergrund eingerammt. Aufgrund der durch den Bohrvorgang verursachten Auflockerung des Bodens werden beim Rammen die ersten 15 cm für die Auswertung nicht berücksichtigt. Nach dieser Anfangsrammung wird die Schlagzahl für die darauf folgenden Eindringtiefen auf 30 cm festgelegt. Dieses Verfahren dient in erster Linie zur Ermittlung des Bodenwiderstandes an der Bohrlochsohle und zur Bestimmung der Festigkeits- und Verformungseigenschaften in nichtbindigen und feinkörnigen Böden.

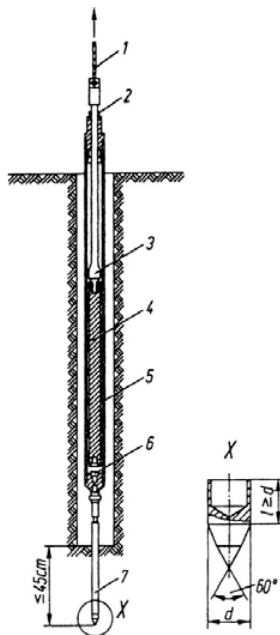


Abb. A-5 SPT-Rammsonde mit einer geschlossenen Spitze

Nutsondierung: Nutsondierungen sind Rammsondierungen mit mittelschweren oder schweren Rammgeräten. Der Unterschied zur Rammsondierung ist, dass die Sondierspitze seitlich über die Länge eingeschlitzt ist. Durch diese Nut werden Probenentnahmen aus dem Boden ermöglicht. Durch zusätzliches Drehen des Gestänges während des Rammens wird ein Abschneiden des in die Nut eingedrungenen Bodenmaterials erzeugt. Die Nutsondierung ist eine schnelle, kostengünstige Methode. Der Zweck dieser Methode ist in erster Linie, die Schichtung anhand der Probe ohne Berücksichtigung der Eindringwiderstände zu erkunden. Durch genaues Abstimmen der Rammsonde mit dem Tiefenfortschritt wird eine gezielte Probenentnahme in der gewünschten Tiefe ermöglicht. Die Aussagekraft der Probe muss relativiert werden, da aufgrund der Nutbreite nur bindige Böden aufgenommen werden können. Des Weiteren kann es während des Eintreibens oder während des Ziehvorgangs zu Entmischungen- und Überschiebungsvorgängen sowie zu strukturellen Störungen bei empfindlichen Böden kommen. Diese Methode liefert gute Ergebnisse, wenn sie von sachkundigem und erfah-

renem Personal durchgeführt wird. Der Nachteil der Nutsondierung ist ihre Tiefenbegrenzung von max. 12 bis 15 m, einerseits durch die Rammpbarkeit des Bodens, andererseits durch die Größtkornbegrenzung bzw. Nutbreite. In bindigen Bodenschichten kann mit größer werdender Tiefe die Mantelreibung so stark ansteigen, dass es nicht mehr möglich ist, die Sonde tiefer in den Untergrund einzurammen bzw. in dieser Schicht zu drehen.

Sondierungen sind als zusätzliche Aufschlussmethoden zwischen Schürfen oder Kernbohrungen einzusetzen. Dadurch können kostengünstig Rückschlüsse über die Homogenität entlang des Dammes gezogen werden. Allerdings sollten nicht ausschließlich Sondierungen eingesetzt werden, da diese ohne direkte Aufschlussmethoden schwer zu interpretieren sind. Bei befahrbaren Dämmen bietet sich eine Drucksondierung als schnelle und günstige Methode entlang der Dammkrone an.

A.2.2.2. Statische Lastplattenversuche

Der statische Lastplattenversuch dient zur Bestimmung von Verformungsmodulen, z. B. von Schüttlagen bzw. eines Planums im Erdbau. Er wird vorwiegend für die indirekte Verdichtungskontrolle eingesetzt. Der Versuchsaufbau ist in *Abb. A-6* dargestellt. Eine normierte, kreisrunde Platte wird vor Versuchsdurchführung kraftschlüssig auf das ebene, waagrechte Planum, welches getestet werden soll, aufgelegt. Anschließend wird die Messbrücke aufgestellt und der Druckstempel zwischen Lastplatte und Gegengewicht gesetzt. Die Messuhren, welche die Plattenverschiebung registrieren, werden angebracht und auf Null gesetzt. Danach wird die Platte durch die hydraulischen Pumpen in vorgegebenen Laststufen belastet, entlastet und gegebenenfalls abermals belastet. Nach jeder Laststufe sind die Verformungen abzuwarten. Erst, wenn die Verformungsgeschwindigkeit entsprechend auf 0,02 mm/min abgefallen ist, wird die Abmessung der 3 Messuhren vorgenommen und danach die nächste Laststufe aufgebracht. Aus der im Allgemeinen nichtlinearen Last-Verformungsbeziehung können die Verformungsmodule, und zwar der Erstbelastungsmodul EV1 und gegebenenfalls der Zweitbelastungsmodul EV2, zwischen definierten Laststufen berechnet werden. Das Verdichtungsverhältnis EV2/EV1 wird oft als Zusatzkriterium der Verdichtungskontrolle herangezogen, ist jedoch aus bodenmechanischer Sicht sehr fragwürdig. Diese Prüfmethode benötigt viel Zeit und kann nur dort eingesetzt werden, wo eine Zufahrt mit schwerem Gerät, das als Gegengewicht benötigt wird, möglich ist. Die Tiefenwirkung ist bei der gebräuchlichen 30-cm-Platte auf etwa 60 cm begrenzt.

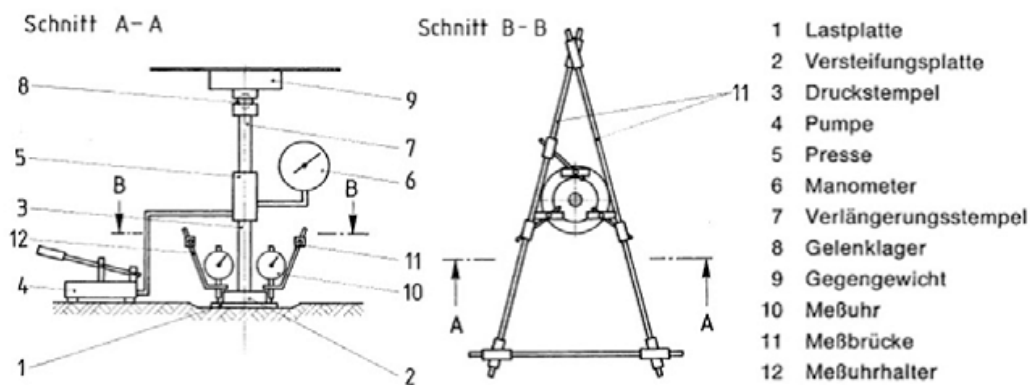


Abb. A-6 Versuchsaufbau statische Lastplatte

Statische Lastplatten werden vor allem während des Dammbaus eingesetzt. Bei Dämmen in Bestand werden selten Schichten offengelegt um diese Methode anzuwenden, daher wird diese nur in Spezialfällen durchgeführt, z. B. bei Dammsanierungen oder Dammerhöhungen.

A.2.2.3. Dynamische Lastplattenversuche

Dynamische Lastplattenversuche werden zur Bewertung der Tragfähigkeit und zur Verdichtungskontrolle der zu prüfenden Schicht mithilfe des dynamischen Verformungsmoduls Evd eingesetzt. Die einzelnen Systemkomponenten – Masse, Abmessung und Funktion – und die Versuchsdurchführung sind in Österreich in der österreichischen Vorschrift für Straßenbau RVS-08.03.04 festgelegt. Der Aufbau des Gerätes ist in *Abb. A-7* dargestellt.

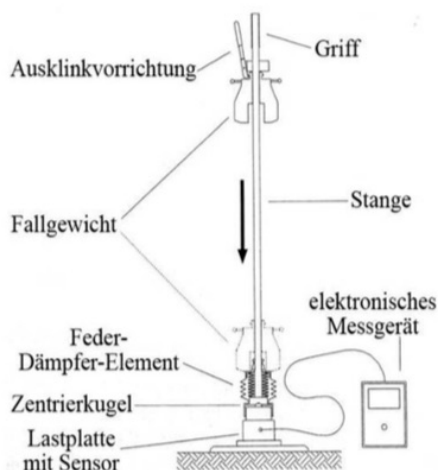


Abb. A-7 Komponenten des Leichten Fallgewichtsgeräts

Das leichte Fallgewicht besteht aus einer kreisrunden Stahlplatte mit einem Durchmesser von 30 cm, welche auf den Untergrund aufgelegt wird. Darauf steht auf einer Zentrierkugel die Belastungsvorrichtung mit dem 10-kg-Fallgewicht, das bei der Versuchsdurchführung nach dem Ausklinken durch eine Stange geführt auf ein Feder-Dämpfer-Element fällt und so einen genau definierten Stoß auf die Platte ausübt. Die Lastplatte wird möglichst kraftschlüssig auf den Boden aufgelegt. Anschließend werden drei Vorbelastungsstöße durchgeführt, um ein sattes Aufliegen der Platte zu gewährleisten. Bei den drei anschließenden Stößen werden die Signale des Sensors durch das Messgerät registriert und zu einem Messwert Evd verarbeitet, welcher unmittelbar auf dem Display abgelesen werden kann.

Gegenüber dem statischen Lastplattenversuch hat der dynamische Lastplattenversuch wesentliche Vorteile:

- Das leichte Fallgewicht ist ein handliches, robustes Gerät. Dieses kann problemlos in einem PKW befördert und von einer Person transportiert und bedient werden.
- Es wird kein Gegengewicht benötigt und das Gerät kann daher auch unter beengten Platzverhältnissen eingesetzt werden.
- Die kurze Versuchsdauer von maximal 3 Minuten je Messstelle ermöglicht eine große Anzahl von Versuchen mit vertretbarem Aufwand und dadurch eine wesentlich bessere Gesamtbeurteilung eines Erdbauwerkes oder eines Hochwasserschutzdammes.

Wie beim statischen Lastplattenversuch wird diese Methode – aufgrund der bereits erwähnten Argumente – vor allem während des Dammbaus eingesetzt.

A.2.2.4. Flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle (FDVK)

Ursprünglich wurde dieses Verfahren für den Straßenbau entwickelt, mittlerweile wird es im gesamten Verkehrswegebau, im Erd-, Wasser- und Deponiebau angewendet. Dieses Verfahren ermöglicht primär Rückschlüsse auf die Steifigkeit des zu verdichtenden Bodens aufgrund von Beschleunigungsmessungen an der Bandage von Vibrationswalzen und in Zukunft auch von Oszillationswalzen. Der Hauptvorteil ist die zerstörungsfreie, flächenhafte Überprüfung,

die mit einer automatischen Dokumentation einhergeht. Die Messergebnisse liegen bereits bei der Überfahrt der Walze vor, sodass sich gleichzeitig der Verdichtungsprozess optimieren lässt. Da die Messtiefe derartiger Walzen in Abhängigkeit von der Gerätemasse bzw. Linienlast der Bandage durchaus 2 bis 3 m erreichen kann, können die besonders kritischen oberflächennahen Schwachstellen in Dämmen beim Überfahren sehr genau lokalisiert werden. Die beim Messvorgang erzielte nachträgliche Verdichtung ermöglicht eine deutliche Verbesserung der Dammschüttung in den obersten Lagen.

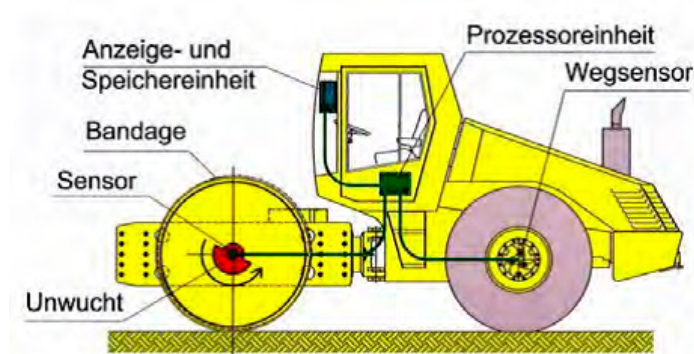


Abb. A-8 Schema der walzenintegrierten flächenhaften Verdichtungskontrolle (FDVK)

Die Messwerte sind relative Werte. Das Messwertniveau ist von den Bodenparametern, den Walzenparametern und der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Ein Anstieg der Messwerte bei den Überfahrten der Walze weist auf einen Verdichtungserfolg hin. Wenn die Messwerte nicht mehr signifikant ansteigen (in der Regel durch die 5%-Zuwachsgrenze definiert), ist die Verdichtung abgeschlossen. Jede weitere Verdichtung ist unwirtschaftlich und kann zu Kornzertrümmerungen oder zu einer Wiederauflöckerung führen. Die Gleichmäßigkeit der Bodeneigenschaften ist anhand des Messwertverlaufs ablesbar und Schwachstellen werden am Display angezeigt.

Diese Methode wird nur während des Dammbaus eingesetzt, da nur in diesem Fall ein direktes Befahren der Schichten möglich ist.

A.2.3. Geophysikalische Aufschlussmethoden

Geophysikalische Untersuchungen gehören zu den indirekten Erkundungsverfahren. Aufgrund dessen wird die Geophysik in erster Linie für ausgedehnte Bauwerke eingesetzt, wobei auch punktförmige Untersuchungen mit hierfür geeigneten Geräten, z. B. Bohrloch-Geophysik, möglich sind. Dies ist der Vorteil dieser Verfahren, denen der Nachteil gegenübersteht, dass die Qualität der Messdaten von vielen Faktoren beeinflusst wird und die Ergebnisse zum Teil nicht eindeutig sind. Da physikalisch unterschiedliche Eigenschaften des Bodens gemessen und die geologischen Strukturen hauptsächlich von der Oberfläche erkundet werden, ist eine Eichung an bestehenden Bohrungen und eventuell an Schürfen notwendig. Als Erkundungsmethode wird die Geophysik häufig zur Interpretation der Schichtverläufe sowie zur Abschätzung von Homogenbereichen zwischen den direkten Aufschlüssen verwendet. Des Weiteren ermöglichen die geophysikalischen Methoden eine Abgrenzung von lokalen Inhomogenitätsbereichen im Dammkörper bzw. dem unmittelbaren Untergrund. Auf diese Weise lassen sich zerstörungsfrei Rückschlüsse auf die Schichtung, Bodendichte, Grundwasserspiegel usw. ziehen. Die Messverfahren basieren auf der Erfassung der physikalischen Bodeneigenschaften wie beispielsweise Wellengeschwindigkeit und elektrischer Widerstand. Messimpulse breiten sich im Untergrund kugelförmig bzw. kegelförmig in Abhängigkeit von den physikalischen Bodeneigenschaften aus. Die Untergrundeigenschaften werden also nicht in einer vertikalen Ebene sondern in Form einer Halbkugel ermittelt. Dies ist bei der Methodenauswahl und der Interpretation geophysikalischer Messergebnisse zu beachten!

Selbst Rahmenbedingungen wie der Wassergehalt des Dammkörpers in Folge von Niederschlägen in der Phase der Messwertermittlung können großen Einfluss auf das Messergebnis

haben. Wichtig für die Konzeption der geophysikalischen Untersuchungskampagne ist es, im Vorfeld das Untersuchungsziel genau zu definieren. Der Geophysiker braucht Angaben darüber, welche Anomalien in welcher räumlichen Ausdehnung für die Bewertung des Zustandes eines Damms relevant sind. Informationen zum Damm- und Untergrundaufbau sowie zum Tonmineral- und Wassergehalt sind für die Auswahl geeigneter Messverfahren wesentlich. Geophysikalische Messverfahren haben sehr enge Einsatzgrenzen, innerhalb derer sie gut brauchbare Informationen zu physikalischen Bodeneigenschaften im Dammkörper liefern können. Es hat sich bewährt, vor Untersuchung eines längeren Dammschnitts die Eignung des vorgeschlagenen Messprogramms im Rahmen von Testmessungen für den jeweiligen Dammaufbau und Untergrund zu prüfen.

A.2.3.1. Geoseismik

Die physikalische Grundlage der Geoseismik ist, dass sich Druck- und Schall- oder Oberflächenwellen in unterschiedlichen Schichten unterschiedlich schnell weiterbewegen und an Schichtgrenzen brechen oder reflektiert werden. Wellen werden über einen Impulsgeber in den zu untersuchenden Boden eingeleitet und von gezielt platzierten Geophonen wieder aufgefangen. Durch die Messung der Zeit zwischen Impuls und der Aufnahme der Intensität der wiederkehrenden Wellen an repräsentativ ausgewählten Standorten kann auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen im jeweiligen Material geschlossen werden. Die seismisch erfassbaren Materialparameter (Fortpflanzungsgeschwindigkeit) korrelieren gut mit anderen geomechanisch wichtigen Kennwerten (z. B. Dichte, E-Modul, Schermodul) und können daher spezifische Bodeneigenschaften, Schichtungen sowie Lage des Grundwasserspiegels mit guter Genauigkeit abbilden.

Die wesentlichen Einflussfaktoren auf das vertikale Auflösungsvermögen von seismischen Wellen sind die Frequenz, die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle sowie die Abstände der Geophone und der Schlusspunkte untereinander, beziehungsweise zueinander. In *Abb. A-9* sind die unterschiedlichen seismischen Verfahren dargestellt.

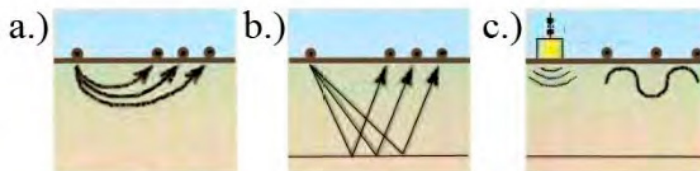


Abb. A-9 Geoseismik: a) Refraktionsseismik, b) Reflektionsseismik, c) Oberflächenwellen

Refraktionsseismisches Verfahren: Die Refraktionsseismik nutzt die refraktierten Wellen, die vorzugsweise in horizontaler Richtung entlang von Grenzflächen durchlaufen, zur Ermittlung der seismischen Geschwindigkeit und der Tiefenlage von einzelnen Schichten. Die Entstehung einer refraktierten Welle ist durch das Vorhandensein von Schichtgrenzen bedingt, die Bodenschichten mit unterschiedlichen Wellengeschwindigkeiten trennen. Bei der Ausbreitung der Welle entlang einer Grenzfläche wird ein Teil der Wellenenergie an die Geländeoberfläche abgestrahlt, welche dort mit Geophonen registriert wird. Die Aufzeichnung der wiederkehrenden Energieimpulse erfolgt entlang einer Linie, wobei der Geophonabstand an die Erfordernisse der Messgenauigkeit angepasst sein sollte. Dies bedeutet, dass für die Erkundung von Dämmen mit einem sehr engen Geophonabstand gearbeitet werden muss. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, sollten die refraktionsseismischen Messungen an die Ergebnisse von Aufschlussbohrungen angeschlossen werden. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass die Wellenrefraktion nur dann stattfinden kann, wenn die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle mit der Tiefe bei Schichtwechsel ansteigt.

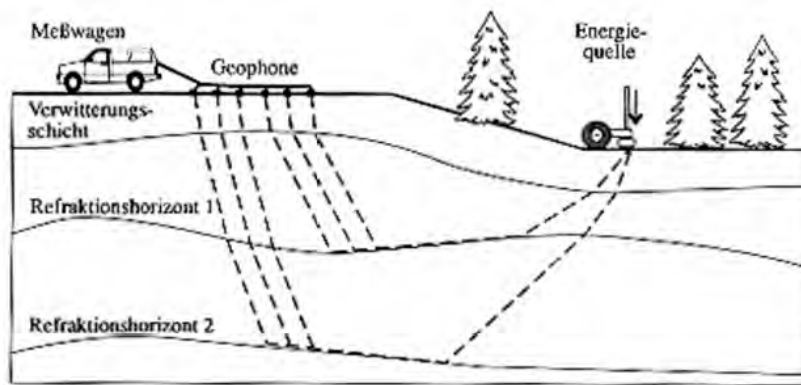


Abb. A-10 Refraktionsseismik

Oberflächenwellen Seismik: Zum Zweck der Bodenerkundung nutzt die Oberflächenwellenseismik die amplitudenstarken Oberflächenwellen (Rayleigh-, Love-Wellen). Diese entstehen ebenfalls, wie Raumwellen, bei der Anregung der seismischen Energie an der Erdoberfläche und verlaufen direkt von der Quelle zum Empfänger. Während der Ausbreitung im Untergrund ist ihre Energie an die Erdoberfläche gebunden. Dementsprechend nehmen die Amplituden der Oberflächenwellen exponentiell mit der Tiefe ab. Aufgrund ihres dispersiven Verhaltens (die Geschwindigkeit ist abhängig von der Frequenz der Schwingungen) und ihrer geringeren Ausbreitungsgeschwindigkeit besitzen die Oberflächenwellen gegenüber den Raumwellen verhältnismäßig kleine Wellenlängen, was eine hohe laterale Auflösung oberflächennaher Strukturen ermöglicht. Um Aufschluss über verschiedene Tiefenbereiche zu bekommen, werden verschiedene Wellenlängen der Oberflächen ausgewertet. Die Erkundungstiefe ist generell von der Profillänge und vom Frequenzbereich der Quelle abhängig. Bei Profillängen bis 200 m ist die Erkundungstiefe bis ca. 20 m möglich. Das Ergebnis ist eine laterale Scherwellen-Geschwindigkeitsverteilung, die sich durch Beurteilung von Inhomogenität und Schichtgrenzenverläufen in geringen Tiefen, aber auch unterhalb des Grundwasserspiegels gut eignet.

A.2.3.2. Geoelektrik und Geomagnetik

Elektromagnetische Bodenuntersuchungen sind die schnellsten und einfachsten Arten von Aufschlussmethoden, da sie einen geringen Personal- und Materialaufwand haben sowie einfach in der Versuchsanordnung sind. Allerdings sind sie meist durch den Grundwasserspiegel in ihrer Tiefenwirksamkeit beschränkt. Einen negativen Einfluss auf die Messung haben Kunstbauten im Untergrund, da diese das elektromagnetische Feld oft stark verzerren und damit eine richtige Auswertung der Messungen unmöglich machen.

Kontinuierliche Geoelektrik: Auf die Struktur und die Eigenschaften des zu untersuchenden Untergrunds kann durch das Auflegen eines Messfeldes und durch das anschließende Anlegen von Spannung geschlossen werden. Durch Variation der Stromstärke und Variation der Anordnung des Messfeldes ist es möglich, Anomalien im elektrischen Feld zu erkennen. Die kontinuierliche Geoelektrik wird auch als Geomagnetische Kartierung bezeichnet.

Im Dammbau wird das Potenzialfeldverfahren im Wesentlichen für das Auffinden von undichten Stellen im Dammkörper und in den Dichtschichten verwendet. Es wird davon ausgegangen, dass Stellen mit erhöhter Wasserdurchlässigkeit auch einen erhöhten elektrischen Durchgang haben.

Kapazitive Geoelektrik: Wie bei der kontinuierlichen Geoelektrik wird auch hier ein elektrisches Feld in den Boden eingepreßt, mit dem Unterschied, dass Wechselstrom für die Erzeugung des Feldes, unter Berücksichtigung einer eigenen Versuchsanordnung, verwendet wird. Es können nur geringe Erkundungstiefen bis ca. 6 m erreicht werden. Dieser Umstand stellt aber kein Hindernis für den Einsatz als Kontrollverfahren von Hochwasserschutzdämmen dar.

Durch die Messung der Widerstände im Boden kann ein zwei- oder dreidimensionales und ein tiefengenaues Abbild der elektromagnetischen Eigenschaften des Untergrundes erstellt werden. Das Verfahren ist schnell und einfach anzuwenden und somit gut für die Überprüfung von Dämmen geeignet.

Induzierte Polarisation: Die induzierte Polarisation funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie die kontinuierliche Geoelektrik, mit dem Unterschied, dass die Messungen der Feldstärke erst nach dem Abschalten der Spannungsquelle durchgeführt werden. Somit können der Energieunterschied und die Phasenverschiebung zwischen Eintrag und Austrag nach dem Abschalten gemessen werden. Aus diesen ist die Ermittlung des spezifischen elektrischen Widerstandes möglich. Im Kontaktbereich von Tonmineralen, wie bei Dichtebenen, zeigt sich mit dieser Art der Versuchsanordnung eine sehr deutlich erkennbare Abgrenzung der Schichtung.

Induktionsverfahren: Diese Methode beruht darauf, dass verschiedene Bodenschichten, beziehungsweise gleiche Bodenschichten mit deutlich unterschiedlicher Verdichtung, unterschiedlichen Einfluss auf ein aufgeprägtes Magnetfeld ausüben. Dieses primäre Feld wird erzeugt, indem niederfrequenter Wechselstrom durch die Sendespule geleitet wird. Durch das wechselnde Magnetfeld werden ebenfalls die Richtung wechselnde Mikroströme induziert, die ein sekundäres elektromagnetisches Feld erzeugen. Beide elektromagnetischen Felder werden von der Empfängerspule, die ident zur Senderspule ist, empfangen. Beim sekundären Feld handelt es sich um eine lineare Funktion, die aus der Sendefrequenz, dem Abstand zwischen Sende- und Empfängerspule und der Bodenleitfähigkeit abzuleiten ist. Die erkundbare Tiefe ist abhängig von der aufbringbaren Feldstärke und der magnetischen Ungestörtheit in der Umgebung der Messung und endet in der Nähe von Kunstbauten oder dem anstehenden Grundwasser.

Radiomagnetotellurik: Das Verfahren der Magnetotellurik ist die Basis der Radiomagnetotellurik, bei dem mithilfe von geerdeten Elektroden, Induktionsspulen oder Magnetometern die natürliche magnetische Feldstärke sowie der elektromagnetische Widerstand des Untergrundes gemessen werden. Im Unterschied dazu verwendet die Radiomagnetotellurik für die oberflächliche Bodensondierung die elektromagnetischen Felder des Untergrundes im Frequenzbereich von Mittel-, Lang- und Ultralangwellen, die an die Wellenlänge angepasste Antennen empfangen werden. Bei diesem Verfahren ist besonders auf die Filtrierung und Analyse der externen Quellen zu achten.

Kombinierte Verfahren: Durch den Einsatz von Messgeräten, die mehrere Methoden der elektromagnetischen Erkundung in sich vereinen, ist es mittlerweile möglich, anhand von Rechenprogrammen aus den Widerstandsmessungen zwei- oder dreidimensionale Bodenabbildungen mit hoher Auflösung zu erstellen.

Mit diesen Methoden können Schichtaufbau und Inhomogenitäten im Dammaufbau bestimmt werden. Allerdings sind diese Verfahren sehr störanfällig bei Einbauten und Kabelführungen in Dämmen. Die Messelektroden können in einem Raster am Dammfuß oder auf der Dammkrone gesetzt werden.

A.2.3.3. Bodenradar

Das Bodenradar ist ein elektromagnetisches Impulsverfahren, das auf ähnlichen Prinzipien wie die Reflexionsseismik basiert, wobei die Messung mittels Sonar und Radar stattfindet. Bei Radarwellen, die sich in der Luft nahezu mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, ist die Geschwindigkeit im Boden oder im Gestein reduziert und wird von der relativen Dielektrizität des durchdrungenen Materials bestimmt. Daher hat Wasser als Dipol mit der anomal hohen Zahl von 81 einen großen Einfluss bei der Ausbreitung von Radarwellen und fällt daher stark bei Messungen auf. Tonminerale im Untergrund führen zu einem Qualitätsverlust der Messergebnisse. Beim Bodenradar werden elektromagnetische Wellen über Antennenkonstruktionen in den Untergrund geschickt. Die Impulswellen breiten sich entsprechend der gesteinspezifischen

schen Geschwindigkeit aus, werden an Diskontinuitäten im Untergrund reflektiert und können zurück zu einer Empfängerantenne gelangen.

Wie in der Seismik wird die Dauer zwischen Sendung und Empfang gemessen. Ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit bekannt, können die Wegstrecken ermittelt werden. Für den Dammbau ist hilfreich, dass die Sickerlinien in eingestauten Dämmen ebenfalls eine Reflexionsebene bilden. Werden sprunghafte Veränderungen in diesem Bereich ersichtlich, kann man auf Unregelmäßigkeiten in der Dichte schließen. Durch längere Wellen können tiefere Messungen über 20 m gemacht werden, wobei mit steigender Wellenlänge die Auflösung verloren geht. Durch den Vergleich mehrerer kürzer werdender Frequenzen kann eine erhöhte Detailgenauigkeit im oberflächennahen Bereich erzielt werden.

Im Feldeinsatz werden Sende- und Empfangsantenne auf einer Art Schlitten über die zu messende Strecke gezogen, wobei die entstehenden Radargramme auf einem Bildschirm erscheinen und eine relativ genaue Ansprache der Struktur des Untergrundaufbaus und der Störkörper ermöglichen.

Radar-Array-Messungen: Bei diesem Aufschlussverfahren wird das auf Rädern montierte monostatische Radarmesssystem mit möglichst konstant langsamer Geschwindigkeit über den Untergrund gezogen, wobei durchgehend Radarmessungen durchgeführt werden. Die kontinuierlich entstandene Bildreihe kann durch computerunterstützte Überlagerung zu einer dreidimensionalen Darstellung zusammengeführt werden. Mit diesen Verfahren können Lage und Mächtigkeit von Schichten in Dämmen bestimmt werden. Diese sind besonders für Sand- und Kiesdämme geeignet. Als kostengünstige und schnelle Methode wird diese häufig zur flächendeckenden Erkundung entlang der Dammkrone eingesetzt.

A.2.3.4. Gravimetrie

Time-Domain-Reflectometry-Verfahren (TDR): Dieses Verfahren dient zur Bestimmung der Bodenfeuchte. Es basiert darauf, dass die relative Dielektrizitätszahl von Wasser sehr viel größer ist als die der anderen Bestandteile des Bodens und der Luft. Die Dielektrizitätszahl ist eine dimensionslose Zahl, welche die Materialeigenschaften bezüglich der Abschwächung der elektrischen Felder beschreibt. Die Bestimmung der Bodenfeuchte erfolgt in zwei Schritten. Als erster Schritt wird die Dielektrizitätszahl des betrachteten Bodenkörpers bestimmt, im zweiten Schritt wird daraus die Bodenfeuchte ermittelt. Die Messung der Dielektrizitätszahl beruht auf einer Geschwindigkeits- bzw. einer Laufzeitmessung einer elektromagnetischen Welle im Bodenkörper, wobei zwei oder drei lange parallele Sonden in den Bodenkörper eingebracht werden, durch die dann ein hochfrequenter elektromagnetischer Impuls geführt wird. Die Dielektrizitätszahl der Bodenmatrix kann aus dem Spannungsverlauf bestimmt werden. Treten dabei Impedanzsprünge auf, weist dies auf eine Änderung der Materialdichte, beziehungsweise auf einen sich stark ändernden Feuchtegehalt hin.

Die Gravimetrie ist gut für dauerhaft eingestaute Dämme, z. B. Kanaldämme, geeignet. Mit dieser Methode können der Einfluss von Wasserspiegeländerungen bzw. die Änderung der Sickerlinie sowie Erscheinungen der inneren Erosion bestimmt werden. Diese Methode wird häufig fix installiert zur dauerhaften Dammüberwachung eingesetzt.

A.2.3.5. Geothermik

Die Messung von Temperaturen und deren Veränderung über die Zeit in Böden mit einem Durchlässigkeitsbeiwert größer 10^{-6} m/s ermöglicht es, Aufschlüsse über die hydrologischen Vorgänge im Untergrund zu erhalten.

Faseroptische Temperaturmessungen: Das Grundprinzip des Distributed Temperature Sensing (DTS) basiert darauf, dass ein Lichtimpuls, der durch einen leistungsstarken Laser in einen bis zu 10 km langen Fiberglaslichtwellenleiter eingekoppelt wurde, jedes Mal, wenn er die Oberfläche der Glasfaser berührt, reflektiert, aber auch ein minimaler Anteil ge-

brochen wird. Die gebrochenen Lichtanteile werden von den Berührungspunkten aus bis an die Einkoppelstelle zurückgeworfen. Einerseits gibt der messbare Zeitunterschied zwischen der Impulsgebung und der Ankunft der einzelnen Streuwelle Auskunft über den Abstand zwischen dem Brechpunkt und der Einkoppelstelle, andererseits kann man aus den zurückgeworfenen Lichtanteilen und deren Wellenlängen auf die Temperatur, beziehungsweise auf die Temperatur und die Dehnung des Lichtwellenleiters rückschließen.

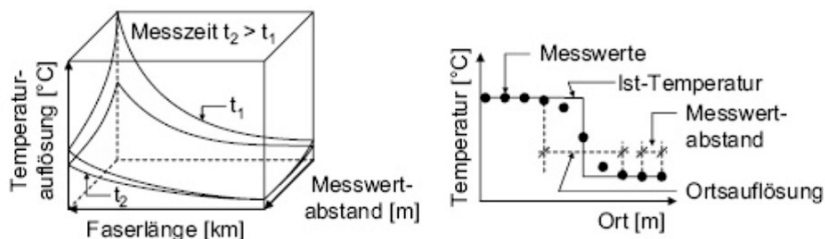


Abb. A-11 Temperatur- und Ortsauflösung der verteilten Temperaturmessung

Wie bei der Gravimetrie ist diese Methode gut für dauerhaft eingestaute Dämme, z. B. Kanaldämme, geeignet. Mit diesem Verfahren können der Einfluss von Wasserspiegeländerungen bzw. die Änderung der Sickerlinie sowie Erscheinungen der inneren Erosion bestimmt werden. Diese Methode wird häufig fix installiert zur dauerhaften Dammüberwachung eingesetzt.

Formular B - Parameter Dammmzustand

Laufende Nr:

Dammabschnitt:

Datum:

Parameter	A	B	C	D	Zustand	Bewertung 1	Kommentar	Modifizierte Bewertung 1*	Gruppenbewertung	Modifizierte Gruppenbewertung
Dammalter	nach 2005	1980-2005	1950-1980	vor 1950						
Querschnittselemente										
Dammkrone	Breite $\geq 4m$	Breite 3-4m	Breite 2-3m	Breite $\leq 2m$						
Böschungsnelgung	Wassersseitig $\geq 1:3$ oder $\geq 1:2$ mit Berme; Landsseitig $\geq 1:3$	Wassersseitig $\geq 1:3$ oder $\geq 1:2$ mit Berme; Landsseitig $\geq 1:2$ mit Berme	Wasser- und landsseitig $\geq 1:2$ mit wasser- oder landsseitiger Berme	Wasser- und landsseitig $\leq 1:2$ ohne Berme						
Dammhöhe	$< 1m$	1-3m	3-5m	$> 5m$						
Instandhaltungsparameter										
Einbauten	Einbauten gut im Damm integriert, Bauwerksicherung intakt	Einbauten im Damm integriert, Bauwerksicherung beschädigt	Einbauten schlecht im Damm integriert, Bauwerksicherung intakt	Einbauten schlecht im Damm integriert, Bauwerksicherung beschädigt						
Bewuchs	Geschlossene Grasnarbe, keine Gehölze bzw. flach wurzelnde Gehölze mit entsprechender Überschlattung	Geschlossene Grasnarbe, einige Gehölze landsseitig	Geschlossene Grasnarbe, einige flieh Gehölze wassersseitig bzw. auf Krone	Grasnarbe beschädigt und/oder Gehölze wassersseitig bzw. auf Krone						
Tierbauten / Hohlräume	Keine Tierbauten ersichtlich	Beginnende Bestiedlung – erste Spuren von Bauten erkennbar	Tierbauten gehen tiefer in den Damm	Viele Tierbauten, die tief ins Innere oder durch den Damm gehen						
Böschungssicherung / -zustand (wassersseitig)	Sicherung und Böschung in gutem Zustand	Sicherung stellenweise mangelhaft und / oder stellenweise Beschädigung der Böschung	Sicherung (an einigen Stellen) stark mangelhaft und / oder Beschädigung der Böschung	Sicherung fehlt und / oder Böschung beschädigt						
Geotechnische Parameter										
Dammaufbau*	Homogener oder zonierter Damm; nach bekannten und ausreichenden geotechnischen Vorgaben hergestellt; Filterkörper am landseitigen Dammfuß	Dammkörper nach geotechnischen Vorgaben hergestellt, jedoch ohne Filterkörper	Dammmaterial augenscheinlich geeignet; geotechnische Vorgaben nicht bekannt	Dammmaterial, fragliche Eignung, Vorgaben nicht bekannt	Dammmaterial, fragliche Eignung, Vorgaben nicht bekannt	Dammmaterial, fragliche Eignung, Vorgaben nicht bekannt	Dammmaterial, fragliche Eignung, Vorgaben nicht bekannt	*		**
Verdichtung	Homogener Einbau und gute Verdichtung	Homogener Einbau und mäßige Verdichtung	inhomogener Einbau und mäßige Verdichtung oder homogener Einbau und Verdichtung fraglich	inhomogener Einbau und mäßige Verdichtung oder homogener Einbau und Verdichtung fraglich						
Untergrund*	Schwer durchlässig und von großer Mächtigkeit	Schwer durchlässig mit geringer Mächtigkeit	Mäßige Durchlässigkeit	Starke Durchlässigkeit				*		

* Modifikation bei Dammdichtung - Formular C; ** Modifikation nach visueller Überprüfung

Formular C - Modifikationen

Laufende Nr:

Dammabschnitt:

Datum:

Modifikation der Parameterbewertung bei Dichtung:

Ja	Nein

bei "Nein" weiter mit Formular D

Parameter	Bewertung 1	Dichtelement	Statisch wirksames Element	Untergrunddichtung	Bewertung 2	Kommentar
Dammaufbau						
Dammmaterial						
Untergrund						

Bewertungsregeln

Regeln Dammaufbau				
Bewertung 1	Bewertung			
	A	B	C	D
Dichtelement	A	B(A)*	B	C
Statisch wirksames Element	A	A	A	B

Regeln Dammmaterial				
Bewertung 1	Bewertung			
	A	B	C	D
Dichtelement	A	A	B	C
Statisch wirksames Element	A	A	A	B

Regeln Untergrund				
Bewertung 1	Bewertung			
	A	B	C	D
Untergrunddichtung	A	A	B(A)	C(B)

Modifikation der Bewertung der Parametergruppe "Geotechnische Parameter" bevisuelle Überprüfung:

Ja	Nein

bei "Nein" weiter mit Formular D

* Abhängig von der "Dichtheit"

Verformung der Böschung	Wasseraustritt, feuchte Stellen			
	Keine	Leicht	Merklich	Stark
Keine	0	0	-1	-2
Leicht	0	-1	-2	-2
Merklich	-1	-2	-2	-3
Stark	-2	-2	-3	-3

Erosion der Böschung	Erosion der Böschung			
	Keine	Leicht	Merklich	Stark
0	0	-1	-2	-3
-1	-1	-2	-3	-3
-2	-2	-3	-3	-3
-3	-3	-3	-3	-3

Setzungen an der Krone	Setzungen an der Krone			
	Keine	Leicht	Merklich	Stark
0	0	-1	-2	-3
-1	1-	-2	-3	-3
-2	-2	-3	-3	-3
-3	-3	-3	-3	-3

-1; -2; -3 - Verschlechterung der Bewertung der Parametergruppe "Geotechnische Parameter" um 1, 2 oder 3 Stufen
 0 - keine Verschlechterung der Bewertung

Modifikation der Gruppenbewertung (Formular B)

Formular D - Parameter Hydraulik

Laufende Nr: _____ **Dammabschnitt:** _____ **Datum:** _____

Ausgangsdaten:		[m³/s]		Jährlichkeit		Freibord		Dauer	
Jährlichkeit	HQ-Werte	Bemessungs-HQ		Freibord		Dauer		Dauer	
		HQ _{1,00}							
		Q _{voll}							
Datenquelle: WA3; Dauer sind angenommen - keine Angabe von WA3									

Zusatzparameter	
Eisstoß	Verklaüung off/selten
	Überlaufstrecke vorhanden/nicht vorh.

Kriterien		Freibord [cm]	Dauer [d]
Bewertung	Jährlichkeit	f ≥ 50	t ≤ 1d
A	n ≥ 100	50 > f ≥ 30	5d ≥ t ≥ 1d
B	100 > n ≥ 50	30 > f > 0	10d > t ≥ 5d
C	50 > n ≥ 30	0	t ≥ 10d
D	n < 30		

Bewertung	Parameter	Grundbewertung		Zusatzbewertungen	
		HQ _{Bemessung}	Bewertung	Q _{voll}	Bewertung
Jährlichkeit					
Freibord [cm]					
Dauer [d]					
Gesamt-bewertung					
Modifikation					
Modifizierte Bewertung					

Zusatzparameter			
Eisstoß	Verklaüung	Überlaufstrecke	Modifikation
Oft	Oft	Keine	Eine Klasse schlechter
Oft	Oft	Vorhanden	Keine Veränderung
Selten	Selten	Keine	Keine Veränderung
Selten	Selten	Vorhanden	Eine Klasse besser

Formular F - Schadenspotential

Gewässer:		Untersuchungsgebiet:		Datum:		Aufgenommen von:	
Allgemeines		Ufersette		Beginn		Ende	
Dammabschnitt		Ufersette		Beginn		Ende	
Laufende Nr.:		Bezeichnung		km		km	
Vertrauenswürdigkeit / Vertrauensstufe ²		Schadenpotential		Kommentar			

Regeln Schritt 1

A	A	B	C	D
B	A	B	B	C
C	B	B	C	D
D	C	C	D	D

Regeln Schritt 2

Anzahl der Bewertungen	Anzahl der Bewertungen				Einzelbewertung kombiniert
	A	B	C	D	
3	-	-	-	-	A
-	3	-	-	-	B
-	-	3	-	-	C
-	-	-	3	-	D
2	1	-	-	-	A
1	2	-	-	-	B
2	-	1	-	-	B
1	-	2	-	-	C
2	-	-	1	-	C
1	-	-	2	-	C
-	2	1	-	-	B
-	1	2	-	-	C
-	2	-	1	-	C
-	-	2	1	-	C
-	-	-	1	2	D
1	1	1	-	-	B
-	1	-	2	-	C
1	-	1	1	-	C
-	1	1	1	-	C
1	1	-	1	-	C

Schadensausmaß	Gefährdete Werte				Bewertung Schadenspotential
	Siedlungen	Wirtschaft	Infrastruktur		
Zerstörungsgefahr; Gefährdung der Bauwerke; Überflutungshöhe $\geq 0,7m$	D	D	D	C	C
Beschädigungsgefahr; Gefahr der Betriebsunterbrechung; Gefahr für Inventar, Fahrzeuge;...; Überflutungshöhe 0,3-0,7m	C	C	C	B	B
Belästigung; Beschädigung von Inventar; Beeinträchtigung des Betriebs; Überflutungshöhe $\leq 0,3m$	B	B	B	A	A
Bewertung Schadenspotential					Schritt 1 Schritt 2

² Vertrauensstufen: 1 - Sehr vertrauenswürdig; Zuordnungen die auf genauen Messungen oder Berechnungen basieren; 2 - Vertrauenswürdig; Zuordnungen hauptsächlich auf Messungen oder Berechnungen basieren, diese sind aber nicht vollständig und wurden daher teilweise durch Schätzungen ergänzt; 3 - Wenig vertrauenswürdig; Zuordnungen wenig auf Messungen oder Berechnungen basieren, sondern vorwiegend auf Schätzungen; 4 - Sehr wenig vertrauenswürdig; Zuordnungen die vollkommen auf Schätzungen basieren

NOTIZEN

NOTIZEN

NOTIZEN



zukunft
SEIT 1909
denken

Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband

Gegründet 1909

1010 Wien, Marc-Aurel-Straße 5

Tel. +43-1-535 57 20, Fax +43-1-535 40 64, buero@oewav.at, www.oewav.at

Das österreichische **Kompetenz-Zentrum**
für **Wasser-, Abwasser- und Abfallwirtschaft.**

Veranstaltungen

- Österreichische Abfallwirtschaftstagung
- Österreichische Wasserwirtschaftstagung
- Österreichische Umweltrechtstage
- Seminare und Fortbildungskurse zu aktuellen Themen der Wasser- und Abfallwirtschaft
- Erfahrungsaustausch für Betreiber von Abwasser-, Abfallbehandlungs- und Hochwasserschutzanlagen
- Kurse für das Betriebspersonal von Abwasseranlagen, Praktikum auf Lehrklär- und Lehrkanalanlagen, Kanal- und Kläranlagen-Nachbarschaften
- Kurse für das Betriebspersonal von Abfallbehandlungsanlagen
- Kurse in den Bereichen Gewässerpflege, kleine Stau- und Sperrenanlagen, Hochwasserschutz- und Beschneiungsanlagen
- Gemeinsame Veranstaltungen mit in- und ausländischen Fachorganisationen
- Exkursionen

Fachgruppen und Arbeitsausschüsse

- Ausarbeitung von Regelblättern, Arbeitsbehelfen, Merkblättern und Leitfäden
- Erarbeitung von Positions- und Ausschusspapieren sowie Stellungnahmen zu Gesetzesvorhaben

Beratung und Information

- Auskünfte und individuelle Beratung
- Wasser- und abfallwirtschaftliche Informationsschriften und Beiträge, Öffentlichkeitsarbeit

Veröffentlichungen

- Fachzeitschrift „Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft“ (ÖWAW)
- ÖWAV-Homepage (www.oewav.at)
- ÖWAV-News (HTML-Newsletter)
- Tätigkeitsbericht des ÖWAV
- Schriftenreihe des ÖWAV (Wasser- und Abfallrechtliche Judikatur in Leitsatzform)
- Veröffentlichungen zu Tagungen und Seminaren des ÖWAV
- Regelblätter*), Arbeitsbehelfe*) und Merkblätter des ÖWAV, Positions- und Ausschusspapiere
- Informationsreihe Betriebspersonal Abwasseranlagen*)
- ÖWAV-WKO-Umweltmerkblätter für Gewerbebetriebe
- KA-Betriebsinfo¹⁾
- Wiener Mitteilungen Wasser-Abwasser-Gewässer¹⁾

Verbindungsstelle (Nationalkomitee) der

- European Water Association – EWA

Mitglied der österreichischen Vertretung zur

- European Union of National Associations of Water Suppliers and Waste Water Services – EUREAU (gem. mit ÖVGW)
- International Solid Waste Association – ISWA
- International Water Association – IWA (gem. mit ÖVGW)

*) in Kommission bei Austrian Standards plus Publishing, Wien

¹⁾ Mitherausgeber

