

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2025

Aufgaben für das Fach Physik

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Sicherheit von Deichen
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Elektrische und magnetische Felder <ul style="list-style-type: none"> ◆ Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen ◆ Begriff des Feldes am Beispiel von elektrischen und magnetischen Feldern ◆ Elektrische Feldstärke ◆ Körper in statischen Feldern <ul style="list-style-type: none"> ◆ Kräfte auf Körper in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern, Bahnformen (qualitativ)
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 Querschnitt des Deichkörpers ◆ M 2 Spezifischer elektrischer Widerstand ◆ M 3 Messwerte zur Bestimmung des spezifischen Widerstands ◆ M 4 Leserbrief und Sicherheitsaspekte
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 in Anlehnung an: GGU Gesellschaft für Geophysikalische Untersuchungen mbH, WID11-C.LWP (2011). <i>Die Widerstandsgeoelektrik</i>. Verfügbar unter: https://web.archive.org/web/20210420050044/ggukarlsruhe.de/GGU_Geophysik_Verfahren_WiderstandsGeoelektrik.html (Zugriff am 20.10.2023) ◆ M 1, M3 in Anlehnung an: Flathe, H., Leibold, W. (1976). <i>The smooth sounding graph – A Manual for Field Work in Direct Current Resistivity Sounding</i>, Hannover, Verfügbar unter: https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/GG_Geophysik/Bodengeophysik/Downloads/Flathe-Leibold.pdf;jsessionid=F6B5C4C43CFF4BE32FF7E879878A9935.2_cid331?__blob=publicationFile&v=2 (Zugriff am 14.03.2022) ◆ M 2 in Anlehnung an: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. <i>Leitfähigkeiten von Gesteinen und Fluiden</i>. Verfügbar unter:

	<p>https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/GG_Geophysik/Aerogeophysik/Bilder/material_leitfaehigkeiten_g.html;jsessionid=A64BA0B8837C13D469D0D73EBF911A59.2_cid284?nn=1563426 (Zugriff am: 14.03.22)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ M 3 in Anlehnung an: GGU Gesellschaft für Geophysikalische Untersuchungen mbH, WID11-C.LWP (2011). <i>Die Widerstandsgeoelektrik</i>. Verfügbar unter: https://web.archive.org/web/20210420050044/ggukarlsruhe.de/GGU_Geophysik_Verfahren_WiderstandsGeoelektrik.html (Zugriff am 20.10.2023)
Hilfsmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◆ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat¹ ◆ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
fachpraktischer Anteil	nein
Hinweise:	

¹ siehe „Hinweise zur Verwendung von Hilfsmitteln“

1 Aufgabe

Sicherheit von Deichen

Deiche dienen zum Schutz vor Überflutungen. Ihre Stabilität muss regelmäßig überprüft werden. Messungen des elektrischen Widerstands ermöglichen dabei Rückschlüsse darauf, ob Meerwasser in einen Deich eingedrungen ist.

- | | BE |
|---|----|
| <p>1 Bei dem in Material 1 beschriebenen Aufbau wird durch die Elektroden P_1 und P_2 ein zeitlich konstantes elektrisches Feld im Deich erzeugt. Nehmen Sie im Folgenden an, dass der Deichkörper überall dieselbe stoffliche Zusammensetzung besitzt. Vernachlässigen Sie elektrische Ströme, die aufgrund des elektrischen Feldes im Deichkörper entstehen.</p> | |
| <p>a Skizzieren Sie in Abbildung 1 die elektrischen Feldlinien durch die Punkte A und B.</p> | 4 |
| <p>b Nehmen Sie an, dass von jeder der beiden Elektroden P_1 und P_2 im Punkt Z jeweils ein elektrisches Feld mit dem Betrag $1,0 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}$ erzeugt wird. Bestimmen Sie zeichnerisch in Abbildung 1 den Betrag E der Gesamtfeldstärke im Punkt Z. Geben Sie den verwendeten Maßstab an.
[Kontrollwert: $1,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}$]</p> <p>Im Punkt Z des Deiches (siehe Abb. 1 in M 1) befindet sich ein einfach positiv geladenes Natriumion der Masse $3,8 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$.</p> | 8 |
| <p>c Bestimmen Sie mit dem Ergebnis aus Aufgabe 1b den Betrag der elektrischen Kraft auf dieses Ion. Begründen Sie mithilfe einer Rechnung, dass die Gewichtskraft gegenüber den wirkenden elektrischen Feldkräften vernachlässigt werden kann.</p> | 4 |
| <p>2 Zur Untersuchung, ob in einen Deich Meerwasser eingedrungen ist, wird der spezifische elektrische Widerstand ρ des Deichmaterials bestimmt (siehe M 2).</p> | |
| <p>a Erklären Sie mithilfe des Zusammenhangs aus Material 3 die Veränderung der elektrischen Stromstärke I, falls Meerwasser in den Deichkörper eindringt. Gehen Sie von der Annahme einer konstanten Spannung U_M zwischen M_1 und M_2 aus.</p> | 4 |
| <p>b Ermitteln Sie unter Verwendung aller geeigneten Messwerte aus Tabelle 1 in Material 3 den spezifischen elektrischen Widerstand ρ des Deichkörpers (siehe M 2).
[Kontrollwert: $60 \Omega \cdot \text{m}$]</p> | 6 |
| <p>c Beurteilen Sie mithilfe von Material 1 und 2, ob bei dem spezifischen Widerstand von $60 \Omega \cdot \text{m}$ Meerwasser in den Deichkörper eingedrungen sein könnte.</p> | 6 |
| <p>3 Während der Messung soll der Deich für die Zeitdauer der Überprüfung für Anwohner und Urlauber gesperrt werden. Die Sperrung wird daher in der Lokalzeitung angekündigt. Deren Redaktion erhält daraufhin einen Leserbrief, der in Material 4 ausschnittsweise abgedruckt ist. Verfassen Sie im Namen der für die Messungen verantwortlichen Person ein Antwortschreiben, in welchem Sie auf die in Material 4 angesprochenen Risiken eingehen und physikalisch begründen, dass keine Gefährdung für diese Tiere vorliegt.</p> | 8 |

2 Material

Material 1: Querschnitt des Deichkörpers

Für eine geoelektrische Messung werden zwei Elektroden P_1 und P_2 im Abstand L wenige Zentimeter tief in den Deich aus Sand und Kies gesteckt. Eine äußere Spannung $U_{\text{außen}}$ erzeugt im Deichkörper ein elektrisches Feld.

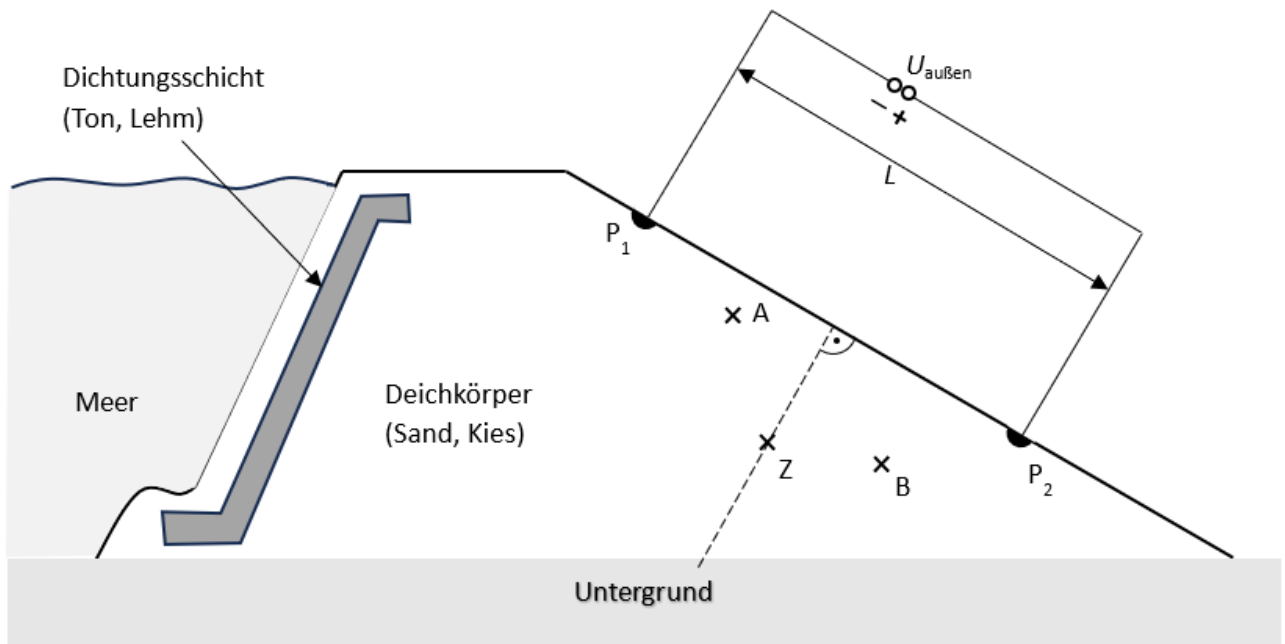


Abb. 1: Schematische Darstellung des Deiches im Querschnitt mit der äußeren angelegten Spannung.

Material 2: Spezifischer elektrischer Widerstand

Der spezifische elektrische Widerstand ρ ist eine Materialkonstante. Je besser ein Material den elektrischen Strom leitet, desto kleiner ist der spezifische Widerstand.

Der spezifische elektrische Widerstand ρ

hat die Einheit $1 \frac{\Omega \cdot \text{m}^2}{\text{m}} = 1 \Omega \cdot \text{m}$.

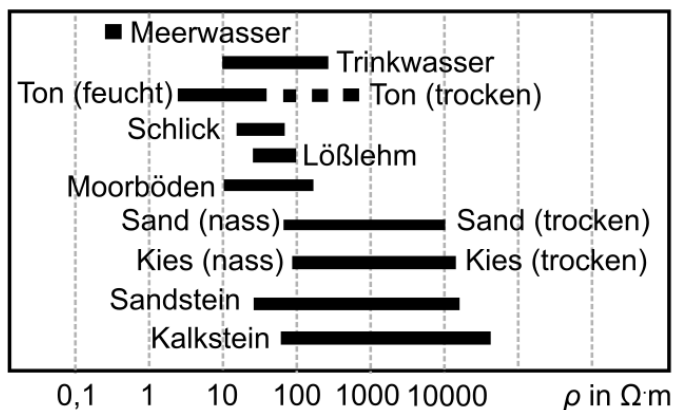


Abb. 2: Spezifischer elektrischer Widerstand ρ für verschiedene Materialien

Material 3: Messwerte zur Bestimmung des spezifischen Widerstands

Mithilfe der sogenannten Schlumberger-Anordnung kann der spezifische Widerstand des Deichmaterials ermittelt werden.

Die Spannung $U_{\text{au\ss}en}$ zwischen P_1 und P_2 führt zu einem elektrischen Strom, dessen Stärke I gemessen wird.

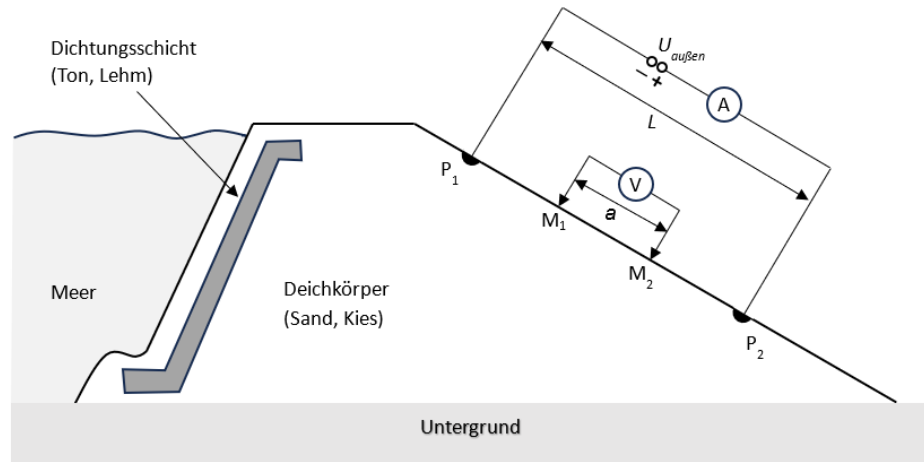


Abb. 3. Schematische Darstellung der Messung an der Deichoberfläche in der Schlumberger-Anordnung

Zusätzlich wird zwischen den inneren Elektroden M_1 und M_2 eine Spannung U_M gemessen (vergl. Abb. 3).

Der Abstand a zwischen den Elektroden M_1 und M_2 bleibt gleich, der Abstand L der äußeren Elektroden wird variiert.

Unter folgender Bedingung lässt sich der spezifische Widerstand des Deichmaterials bestimmen: $L \geq 10 a$

L ist hierbei der Abstand der äußeren Elektroden und a der Abstand der inneren Messelektroden zwischen M_1 und M_2 (vergl. Abb. 3).

Gilt diese Bedingung, so kann der spezifische elektrische Widerstand ρ des dazwischenliegenden Materials mit folgendem Zusammenhang bestimmt werden:

$$\frac{U_M}{I} = \rho \cdot \frac{4a}{\pi L^2}$$

Bei einem konstanten Abstand von $a = 10$ m wurden folgende Messwerte erfasst:

Messung Nummer	1	2	3
L in m	40	100	120
U_M in mV	106	10	5,0
I in mA	208	129	95

Tab. 1: Messbeispiele; zu Prüfungszwecken erstellt

Material 4: Leserbrief und Sicherheitsaspekte

Leserbrief	Sicherheitsaspekte bei der Durchführung der Messung
„[...] Natürlich ist auch für mich die Überprüfung der Deichsicherheit wichtig.“	Die beiden Elektroden P_1 und P_2 werden durch Zelte abgedeckt, so dass kein Tier

Allerdings scheint mir das Vorhaben sehr gefährlich, denn hier werden gefährliche Stromstärken in den Deich eingespeist. Das kann für Tiere, die sich zufällig dort aufhalten, tödlich sein. Ich appelliere daher an den Leiter der Messungen, dass er sicherstellt, dass sich während der Messungen auf dem gesamten Deichkörper auch keine Schafe, Hunde oder Katzen aufhalten. [...]"

diese berühren kann. Weiter stellt man sicher, dass die elektrische Feldstärke im zugänglichen Bereich unter dem Wert $10 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ bleibt.

Bei Gleichspannungen unter 60 V kann gänzlich auf einen Schutz gegen Berühren verzichtet werden; diese Spannungen gelten auch für Tiere und Kinder als ungefährlich.

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<p>a</p>	4		
	<p>b</p> <p>Maßstab im Bild (zum Bsp.): $2,0\text{cm} \hat{=} 1,0 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}$</p> <p>Gesamtfeldstärke: $E = 1,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}$</p> <p>c $F_{\text{el}} = e \cdot E = e \cdot 1,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}} = 2,7 \cdot 10^{-22} \text{ N}$</p> <p>$F_{\text{G}} = m \cdot g = 3,8 \cdot 10^{-26} \text{ kg} \cdot g = 3,7 \cdot 10^{-25} \text{ N}$</p> <p>Es folgt also, dass $F_{\text{G}} \ll F_{\text{el}}$ ist.</p>	1	6	
		1		
		1		
		4		

2	<p>a Meerwasser hat einen kleinen spezifischen Widerstand. Dringt Meerwasser in den Deich ein, so wird der spezifische Widerstand des Deichmaterials kleiner werden. Dies führt mit</p> $I = \frac{U_M}{\rho} \cdot \frac{\pi \cdot L^2}{4a}$ <p>zu einer Erhöhung der Stromstärke (falls U_M, L und a konstant bleiben).</p>		4	
	<p>b Messung 1 kann nicht verwendet werden, da $L \geq 10a$ nicht erfüllt ist.</p> $\rho = \frac{U_M}{I} \cdot \frac{\pi \cdot L^2}{4a}$ <p>liefert mit den Messungen 2 und 3 die Werte $60,9 \Omega \cdot m$ und $59,5 \Omega \cdot m$, die Mittelwertbildung liefert ca. $60 \Omega \cdot m$.</p>	2	4	
	<p>c Der Deichkörper besteht hauptsächlich aus Sand und Kies (vgl. M 1). Deshalb kann es sich aufgrund von Material 2 nur um nassen Sand oder nassen Kies handeln. Ein trockener Sandboden und ein trockener Kiesboden können definitiv ausgeschlossen werden. Der spezifische Widerstand ist sogar kleiner als bei nassem Kies. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass Meerwasser eingedrungen ist und den Widerstand reduziert hat.</p>			6
3	<p>z. B.:</p> <p>Sehr geehrter Leser, sehr geehrte Leserin, herzlichen Dank für das Vorbringen Ihrer Sorge in dem Leserbrief. Im Folgenden wollen wir darlegen, dass keine Gefährdung der Tiere besteht. Durch die Abdeckungen der Elektroden mit der äußeren Versorgungsspannung wird sichergestellt, dass kein Tier diese berühren kann. Die Stromstärken im Deich sind nicht gefährlich für die Tiere. Die Spannungen zwischen ihren Beinen bewirken in den Körper der Tieren Ströme. Spannungen zwischen ihren Beinen können den Grenzwert von 60 V nicht erreichen. Das kann ich Ihnen gerne noch begründen: Die Spannung zwischen den Beinen errechnet sich hierbei als elektrische Feldstärke multipliziert mit dem Beinabstand. Da die elektrische Feldstärke überall unter $10 \frac{V}{m}$ bleibt und Tiere wie zum Beispiel Schafe einen Beinabstand von angenommenen 1 m besitzen, liegt an den Tieren eine Spannung von weniger als 10 V an. Das ist als völlig ungefährlich anzusehen. Selbst Tiere mit einem größeren Beinabstand bleiben sicher unter dem Wert von 60 V, der zu einer Gefährdung führen könnte. Deshalb ist auch das Tierwohl nicht gefährdet. Mit freundlichen Grüßen, Ihr Messteam.</p>		4	4
	Summe²	12	18	10

² Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

4 Standardbezug

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1 a	3			
b	3			
c	3			
2 a		4		
b	3			
c			3	
3			5	6

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster³ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

³ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.