



Wasser und Nachhaltigkeit

Experimentelle Klausur

Paramecium - Titration nach Fajans - Blaue Energie

9. Dezember 2017

Lies die "PRÜFUNGSREGELN" und die "HINWEISE ZUR BEARBEITUNG"
gewissenhaft durch!



Radboud Universiteit



Hogeschool



van Arnhem en Nijmegen

slo

PRÜFUNGSREGELN

1. Ihr dürft KEINE persönlichen Dinge außer Eurer Wasserflaschen, persönlicher Medikamente oder angemeldeter medizinischer Hilfsmittel in den Prüfungsraum mitbringen.
2. Ihr müsst an dem für Euch bestimmten Platz arbeiten.
3. Überprüft, ob die von den Organisatoren zur Verfügung gestellten Materialien (Stift, Taschenrechner, Geodreieck und Notizpapier) vollständig sind.
4. Beginnt NICHT mit den Experimenten, bevor das STARTSIGNAL gegeben wird.
5. Während der Prüfung dürft Ihr den Prüfungsraum nur in Notfällen verlassen und auch dann nur in Begleitung einer Prüfungsaufsicht.
6. Stört andere Teilnehmende NICHT während der Prüfung. Falls Ihr Hilfe braucht, hebt die Hand und wartet, bis eine Aufsicht führende Person zu Euch an den Platz kommt.
7. Ihr dürft NUR mit Euren eigenen Teammitgliedern über die Aufgaben reden. Auch wenn Ihr mit der Bearbeitung der Klausur fertig seid, müsst Ihr an Eurem Platz bleiben, bis die Prüfungszeit zu Ende ist.
8. Am Ende der Prüfungszeit gibt es ein STOPPSIGNAL. Nach diesem Signal dürft Ihr NICHTS mehr in den Antwortbogen eintragen.
Hinterlasst Euer Aufgabenblatt, Euren Antwortbogen sowie die zur Verfügung gestellten Materialien (Stift, Taschenrechner, Geodreieck und Notizpapier) ordentlich abgelegt auf dem Platz. Verlasst den Platz NICHT, bevor nicht alle Antwortbögen eingesammelt worden sind.

HINWEISE ZUR BEARBEITUNG

1. Nach dem STARTSIGNAL habt Ihr 15 Minuten Lesezeit. Währenddessen dürft Ihr weder die Experimente durchführen, noch mit der Bearbeitung der Aufgaben beginnen.
2. Nach den 15 Minuten gibt es ein weiteres Signal. Danach stehen Euch 3 Zeitstunden zur Bearbeitung der gesamten Klausur zur Verfügung.
3. Benutzt NUR den Kugelschreiber und den Bleistift, die Euch von den Organisatoren zur Verfügung gestellt wurden.
4. Es gibt insgesamt drei Experimente. Überprüft, ob Eure Aufgabenseiten vollständig sind (17 Seiten: Seite 4 - Seite 20) und ob Eure Antwortbögen vollständig sind (inklusive der Titelseite 28 Seiten). Hebt die Hand, wenn Euch Seiten fehlen.
5. Überprüft, ob Eure Namen, Eure Codes und Eure Nation auf den Seiten des Antwortbogens stehen und unterschreibt alle Seiten des Antwortbogens. Hebt die Hand, wenn Ihr keinen Antwortbogen habt.
6. Lest die Durchführung der Experimente und die Aufgaben gewissenhaft durch und schreibt Eure Antworten in die entsprechenden Kästen auf dem Antwortbogen.
7. Wenn Einheiten auf dem Antwortbogen genannt sind, muss das Ergebnis entsprechend der gegebenen Einheiten angegeben werden.
8. Stellt Euren Lösungsweg immer dar, wenn entsprechender Platz zur Verfügung steht. Andernfalls erhaltet Ihr keine Punkte für die Aufgabe.
9. Gebt Eure Ergebnisse mit einer angemessenen Anzahl signifikanter Stellen an.
10. Ihr MÜSST während des Experiments einen Schutzkittel und eine Schutzbrille tragen.
11. Ihr erhaltet zwei Sätze an Antwortbögen. Nur der GELBE Antwortbogen wird bewertet. Der weiße Antwortbogen kann unter Euch aufgeteilt und für Notizen verwendet werden. Der weiße Antwortbogen wird NICHT bewertet.
12. Der gelbe Antwortbogen muss hinter dem Sichtschutz verbleiben.
13. Die Anzahl an möglichen Punkten ist für jede Aufgabe einzeln ausgewiesen.
14. Zur Benutzung der Mikropipette (Gilson Pipette):
 - a) Stellt das gewünschte Volumen über die Stellschraube ein. Das maximale Volumen der P1000 beträgt 1 000 μL (angezeigt durch eine rote Eins und zwei schwarze Nullen; die Striche auf dem letzten Rad zeigen die dritte Nachkommastelle an) und das maximale Volumen der P20 beträgt 20 μL (schwarze Zwei, schwarze Null und rote Null). Dreht niemals weiter, als das maximale Volumen!
 - b) Steckte die Mikropipetten-Spitze auf die Pipette.
 - c) Drückt den Druckknopf bis zum ersten Widerstand.
 - d) Zur Flüssigkeitsaufnahme wird die Pipettenspitze in die Flüssigkeit getaucht und dann wird der Druckknopf langsam entlastet.
 - e) Zur Flüssigkeitsabgabe zeigt die Pipettenspitze in das gewünschte Gefäß und dann wird der Druckknopf bis zum zweiten Widerstand gedrückt.
 - f) Entfernt die Spitze

Biologie:

Die kontraktile Vakuole der Pantoffeltierchen

Einführung

Pantoffeltierchen (*Paramecium*) sind die bekanntesten und am besten untersuchten einzelligen Organismen. Die Form einer Pantoffeltierchen-Zelle erinnert an einen Schuh, obwohl das Vorderteil sich an der „Ferse“ befindet und das Hinterteil an den „Zehen“ (vgl. Abbildung 1).

Pantoffeltierchen werden häufig in einem „Heuaufguss“ kultiviert (dafür wird Heu mit Wasser für mindestens 10 Minuten gekocht). Bakterien nutzen die Zersetzungsprodukte des Heus als Nahrung für ihr Wachstum in diesem Medium. Pantoffeltierchen konsumieren wiederum die Bakterien, sodass sie ebenfalls in diesem Medium wachsen können.

Pantoffeltierchen besitzen außergewöhnliche Zellorganellen, die als „kontraktile Vakuolen“ bezeichnet werden. Diese Vakuolen werden genutzt, um Wasser aus der Zelle zu pumpen.

In diesem Experiment untersucht Ihr die Kontraktionshäufigkeit der vorderen kontraktilen Vakuole von *Paramecium caudatum* bei zwei verschiedenen Salzkonzentration in dem umgebenden Medium.

- Lest die Versuchsanleitung durch und beantwortet die Frage 1 auf dem Antwortbogen.

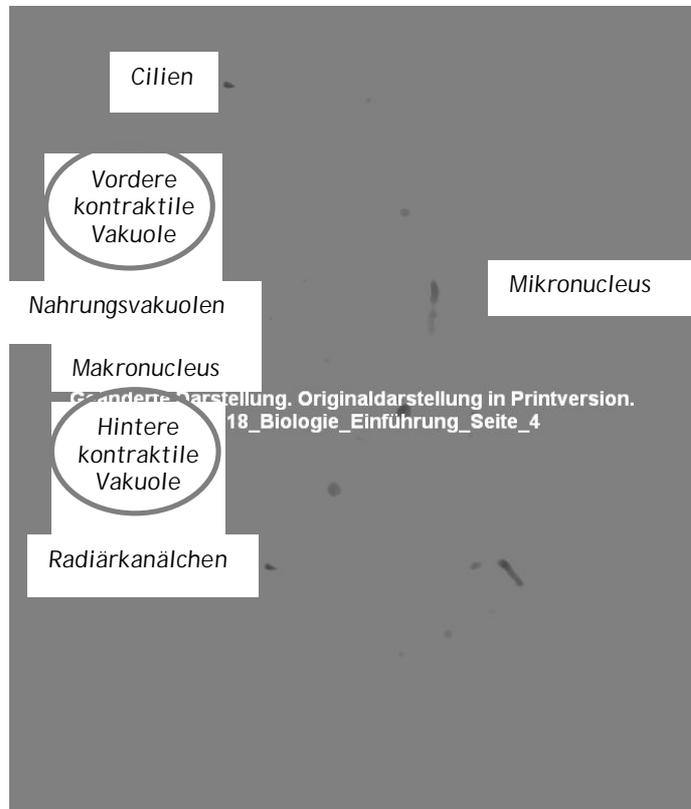


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Paramecium-Zelle mit kontraktilen Vakuolen und weiteren beschrifteten Zellorganellen.

Anleitung

Untersuchung der Kontraktionshäufigkeit der vorderen kontraktilen Vakuole

Um die Kontraktionshäufigkeit der vorderen kontraktilen Vakuole zu untersuchen, müsst Ihr lebende Pantoffeltierchen-Zellen unter dem Mikroskop beobachten. Dafür bereitet Ihr Euch Eure eigenen mikroskopischen Proben folgendermaßen vor: Zunächst konzentriert Ihr Pantoffeltierchen aus dem Heu-Aufguss auf (Abschnitt A). Danach bereitet Ihr eine mikroskopische Probe aus der aufkonzentrierten *Paramecium*-Kultur vor (Abschnitte B und C). Abschließend betrachtet Ihr die Pantoffeltierchen unter dem Mikroskop (Abschnitt D).

ACHTUNG! Es ist sehr wichtig, dass die Beobachtung der Pantoffeltierchen unter dem Mikroskop mit so frischen Proben wie möglich erfolgt. Führt daher alle Abschnitte A bis D für eine Salzkonzentration durch, bevor Ihr zur anderen Salzkonzentration wechselt.

ACHTUNG! Es kann passieren, dass einige Pantoffeltierchen die Vorbereitung der mikroskopischen Probe nicht überleben. Untersucht keine Pantoffeltierchen, die nicht intakt aussehen (aufgequollen, geschrumpft oder mit zerstörten Vesikeln), die keine Bewegung mehr zeigen oder deren Vakuolen seltener als einmal pro Minute kontrahieren. Wenn Eure Probe nicht genug einwandfreie Pantoffeltierchen enthält, bereitet eine neue Probe vor. Für Eure Beobachtungen dürft Ihr mehr als einen Tropfen benutzen.

Materialien

- Ein 50 mL Erlenmeyerkolben mit Wasser
- Ein 15 mL Plastikröhrchen, beschriftet mit „P–“; es enthält eine Pantoffeltierchen-Kultur in einem Heuaufguss ohne Zusätze
- Ein 15 mL Plastikröhrchen, beschriftet mit „P+“; es enthält eine Pantoffeltierchen-Kultur mit zugesetztem Natriumchlorid. Dieses erhöht die Salzkonzentration um 0,03 mol/L.
- Ein Ständer für 15 mL Plastikröhrchen
- Ein leeres 1,5 mL Mikrozentrifugenröhrchen, beschriftet mit „P–“ und eurer Gruppennummer
- Ein leeres 1,5 mL Mikrozentrifugenröhrchen, beschriftet mit „P+“ und eurer Gruppennummer
- Ein leeres 1,5 mL Mikrozentrifugenröhrchen, beschriftet mit „•“
- Drei zusätzliche Mikrozentrifugenröhrchen
- Eine P1000 Mikropipette mit blauen Pipettenspitzen
- Eine P20 Mikropipette mit gelben Pipettenspitzen
- Eine Mikrozentrifuge; diese steht an einer Laborseite und wird von einem Laborassistenten betreut.
- Ein 15 mL Plastikröhrchen, beschriftet mit „G–“; es enthält ein Gel aus Methylcellulose ohne weitere Zusätze
- Ein 15 mL Plastikröhrchen, beschriftet mit „G+“; es enthält ein Gel aus Methylcellulose und 0,03 mol/L zugesetztes Natriumchlorid
- Ein Ständer für Mikrozentrifugenröhrchen
- Objektträger
- Deckgläschen
- Mikroskop
- Stoppuhr
- Kleines Abfallgefäß
- Seziernadel

Durchführung

A. Aufkonzentrieren der Pantoffeltierchen

1. Pipettiert 1,5 mL Wasser mit Hilfe der P1000 Mikropipette in das Mikrozentrifugenröhrchen mit der Beschriftung „•“. Verschließt das Röhrchen mit dem Deckel.
2. Pipettiert 1,5 mL P-Kultur mit Hilfe der P1000 Mikropipette aus dem 15 mL Plastikröhrchen, beschriftet mit „P–“, in das Mikrozentrifugenröhrchen mit der gleichen Beschriftung. Verschließt das Röhrchen mit dem Deckel.

3. Gebt beide Mikrozentrifugenröhrchen einem Betreuenden, der diese für 3 Minuten bei 3 000 rpm zentrifugiert. Das Mikrozentrifugenröhrchen mit der Beschriftung „•“ dient als Ausgleichs-masse.

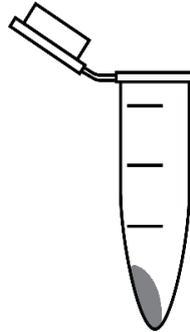


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Mikrozentrifugengefäßes mit Pellet (grauer Bereich).

4. Wenn Ihr Euer zentrifugiertes Gefäß zurück erhaltet, befinden sich die Pantoffeltierchen im Pellet am Boden. Dieses ist in dem Mikrozentrifugengefäß mit Eurer Gruppennummer etwas zu der Seite der Deckelbefestigung gelegen (vgl. Abbildung 2).
5. Stellt die P1000 Mikropipette auf 1 mL ein. Nehmt damit unmittelbar nach dem Ende der Zentrifugation 1 mL Überstand (die Flüssigkeit über dem Pellet) aus dem Mikrozentrifugengefäß ab. Lasst dabei die Pipettenspitze NICHT den Boden des Mikrozentrifugengefäßes berühren und nehmt das Pellet NICHT mit auf! Entsorgt diesen einen Milliliter Überstand in einem Abfluss.
6. Schließt das Mikrozentrifugengefäß und tippt mit Eurem Finger mehrmals kräftig gegen den Boden, um die Pantoffeltierchen wieder aufzuwirbeln. Vergewissert Euch anschließend, dass sich die gesamte Flüssigkeit wieder am Boden des Mikrozentrifugengefäßes gesammelt hat.
7. Jetzt liegen Euch 0,5 mL einer aufkonzentrierten Pantoffeltierchen-Suspension vor. Vor jedem Einsatz dieser Suspension zur Mikroskopie müsst Ihr die Pantoffeltierchen wieder gleichmäßig aufwirbeln, indem Ihr kräftig mit dem Finger dagegen tippt.

B Vorbereitung einer mikroskopischen Probe für die Begutachtung durch einen Betreuenden

1. Stellt Eure P20 Mikropipette auf 5 μ L ein und behaltet diese Einstellung im Folgenden. Platziert nun 4 Tropfen a 5 μ L Eurer aufkonzentrierten Pantoffeltierchen-Suspension wie in Abbildung 3 gezeigt auf einen Objektträger.

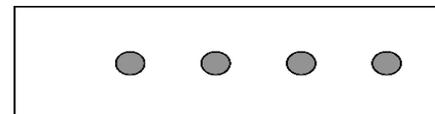


Abb. 3: Schemazeichnung eines Objektträgers mit 4 Tropfen

2. Platziert den Objektträger mit den Tropfen nun auf dem Objektisch Eures Mikroskops.
3. Stellt eine Vergrößerung von 40x (10x Okularvergrößerung und 4x Objektivvergrößerung) und stellt auf ein Pantoffeltierchen scharf.
4. *Hebt die Hand, um einen Aufsichtsperson herbei zu rufen. Sie oder er wird sich Eure Probe anschauen und abhängig von Eurer Vorbereitung Punkte für Aufgabe 2 vergeben.*
5. Lest Aufgabe 3 auf dem Antwortbogen nach der Begutachtung Eurer Probe, aber bearbeitet sie nicht, bevor Ihr Abschnitt D erreicht habt. Erhöht die Vergrößerung auf 100x und betrachtet die Pantoffeltierchen.

C. Vorbereitung einer mikroskopischen Probe zur Untersuchung

1. Platziert mit der P20 Mikropipette insgesamt 25 μL Methylzellulose-Gel aus dem Röhrchen „G–“ in die Mitte eines Objektträgers. ACHTUNG: Bewegt den Druckknopf der Pipette dabei langsam, um die Bildung von Luftblasen zu verhindern.
2. Nutzt nun wieder die P20 Mikropipette, um 5 μL der aufkonzentrierten Pantoffeltierchen-Suspension vorsichtig in den Geltröpfen auf dem Objektträger zu überführen.
3. Vermischt mit der Seziernadel die Pantoffeltierchen vorsichtig aber gründlich mit dem Gel. Versucht dabei den Tropfen nicht über den Objektträger zu verteilen und vermeidet Luftblasenbildung.
4. Bedeckt den Geltröpfen mit einem Deckgläschen, aber drückt es NICHT an! Der Objektträger ist jetzt bereit zum Mikroskopieren.

D Beobachtung der Pantoffeltierchen

1. Legt Euren Objektträger mit den Proben auf den Objektisch
2. Stellt die Vergrößerung auf 100x ein.
3. Betrachtet die Pantoffeltierchen sorgfältig.

➤ Beantwortet Frage 3 auf dem Antwortbogen.

Pantoffeltierchen haben zwei kontraktile Vakuolen, eine am vorderen Zellpol (die vordere kontraktile Vakuole) und eine am hinteren Zellpol (die hintere kontraktile Vakuole) (vgl. Abbildung 1). Beobachtet bei allen Experimenten die vordere kontraktile Vakuole.

4. Beobachtet sechs aufeinanderfolgende Kontraktionen der vorderen Vakuole eines Pantoffeltierchens. Notiert die Zeit, die zwischen erster und sechster Kontraktion vergangen ist in der richtigen Spalte von Tabelle A2 in Frage 4 auf dem Antwortbogen. Wiederholt die Messung für acht weitere Pantoffeltierchen.

Wiederholt die Schritte aus Abschnitt A, C und D für die Pantoffeltierchen-Kultur „P+“. Dabei müsst Ihr Eure Probe NICHT überprüfen lassen, das heißt, Ihr könnt Abschnitt B komplett überspringen. Verwendet im Abschnitt C das mit „G+“ markierte Methylcellulose-Gel statt des mit „G–“ markierten Gels.

➤ Beantwortet die Fragen 5 bis 12 auf dem Antwortbogen.

Chemie:

Bestimmung der Natriumchlorid-Konzentration einer Lösung durch Titration nach Fajans

Einführung

Meerwasser enthält etwa 35 g Salz pro Liter, wobei es sich dabei hauptsächlich um Natriumchlorid handelt. Basierend auf dem Unterschied der Salzkonzentrationen von Meer- und Süßwasser kann mithilfe sogenannter Blaue-Energie-Techniken elektrische Energie erzeugt werden.

Titration nach Fajans

Zur Bestimmung der Chlorid-Konzentration von Wasser kann die *Titration nach Fajans* genutzt werden.

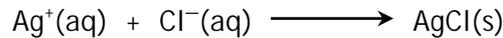
Bei einer "normalen" (volumetrischen) Titration wird eine Lösung des Stoffes X mit unbekannter Konzentration in einen Erlenmeyerkolben pipettiert. Ein Indikator wird hinzugegeben und die Lösung des Stoffes X wird mit einer zweiten Lösung *titriert*, deren Konzentration an reagierender Spezies bekannt ist. Hierbei wird die Maßlösung langsam aus einer Bürette hinzugegeben. Sobald der Indikator die Farbe ändert, ist der Endpunkt der Titration erreicht. Die Konzentration des Stoffes X kann nun berechnet werden. Dabei werden die Volumina der Lösung des Stoffes X und der zugegebenen Maßlösung, die Konzentration der Maßlösung sowie das Verhältnis, in dem die Stoffe miteinander reagieren, verwendet.

Bei der Titration nach Fajans werden sowohl die Lösung des Stoffes X als auch die Maßlösungen in Spritzen überführt. Beide Spritzen werden vor Beginn der Titration gewogen. Anschließend wird ein bestimmtes Volumen der Lösung von Stoff X aus der Spritze in einen Erlenmeyerkolben überführt. Ein Indikator wird zu der Lösung von Stoff X hinzugegeben und dann wird mit der zweiten Lösung mit bekannter Konzentration der reagierender Spezies im Kolben titriert. Hierbei wird die zugegebene Maßlösung langsam aus der zweiten Spritze hinzugegeben. Sobald der Indikator die Farbe ändert, ist der Endpunkt der Titration erreicht und beide Spritzen werden erneut gewogen. Die Konzentration des Stoffes X kann nun unter Verwendung der Dichten der beiden Lösungen, der Massen der beiden Lösungen, die in den Erlenmeyerkolben gegeben wurden, der Konzentration der Maßlösung sowie dem Verhältnis, in dem die Stoffe miteinander reagieren, berechnet werden.

Zudem ist es einfach, bei einer Titration nach Fajans eine übermäßige Zugabe an Maßlösung (Überschreitung des Endpunktes) zu korrigieren, indem die Lösung des Stoffes X wieder hinzugegeben wird, bis der Indikation erneut die ursprüngliche Farbe besitzt. Dann wird wieder mit der Maßlösung titriert. Die beiden Spritzen werden erst dann gewogen, wenn der Endpunkt exakt erreicht wurde.

Experiment

In diesem Experiment wird die Titration nach Fajans genutzt, um die Konzentration einer Natriumchlorid-Lösung (NaCl) zu bestimmen. Dazu wird die Natriumchlorid-Lösung mit einer Silbernitrat-Lösung (AgNO₃) titriert, wobei gemäß folgender Reaktion ein weißer Niederschlag ausfällt:



Etwas Dextrin (Abbauprodukt aus Stärke) wird hinzugegeben, damit ein Koagulieren des Niederschlags verhindert wird. Als Indikator wird Dichlorofluorescein verwendet, wobei ein Farbumschlag von gelb nach pink den Endpunkt der Titration anzeigt.

Materialien

ACHTUNG! Die Mengen der bereitgestellten Materialien sind für die gewissenhafte Durchführung des Experiments mehr als ausreichend. Sollten unbeabsichtigterweise Chemikalien verschüttet bzw. im Überfluss verbraucht oder Geräte beschädigt werden, so können diese ersetzt werden. Dies führt für das Team jedoch zu einem Abzug von 1,0 Punkten der 13,0 Punkte, die in diesem Experiment erreicht werden können. Demineralisiertes Wasser stellt die einzige Ausnahme dar: jede leere Spritzflasche kann bei den Betreuenden ohne Punktabzug gegen eine volle Spritzflasche eingetauscht werden.

- Ein 250 mL bzw. 300 mL Erlenmeyerkolben
- Zwei 50 mL Bechergläser
- Zwei 20 mL Plastik-Spritzen
- Zwei stumpfe Nadeln bzw. Kanülen
- Ein kleiner Spatel
- Eine P1000 Mikropipette
- Ein Pipettenständer
- Zwei blaue Mikropipetten-Spitzen
- Papiertücher
- Ein Abfall-Behälter, beschriftet mit „Waste“
- Ein Permanent-Marker / Stift
- Einmal-Handschuhe (verfügbar in einer Box in der Mitte des Labors)
- Ein Aufsteller bzw. Sichtschutz aus Pappe
- Eine schwarze Plastikflasche, beschriftet mit „NaCl“; sie enthält 100 mL einer Natriumchlorid-Lösung unbekannter Konzentration
- Eine schwarze Plastikflasche, beschriftet mit „AgNO₃“; sie enthält 75 mL einer Silbernitrat-Lösung (20,00 g/L)
- Ein 15 mL Zentrifugenröhrchen, beschriftet mit „DCF“; es enthält eine Dichlorofluorescein-Lösung (1 mg/mL in 96% Ethanol)
- Ein Zentrifugenröhrchenständer
- Eine Spritzflasche mit demineralisiertem Wasser
- Ein verschlossenes Schnappdeckelgläschen, beschriftet mit „Dextrin“; es enthält Dextrin
- Zwei offene 10 mL Schnappdeckelgläschen
- Eine Präzisionswaage (durch zwei Teams genutzt)
- Eine 1,0 mL Plastik-Pipette mit Markierungen (vgl. Abb. 1)

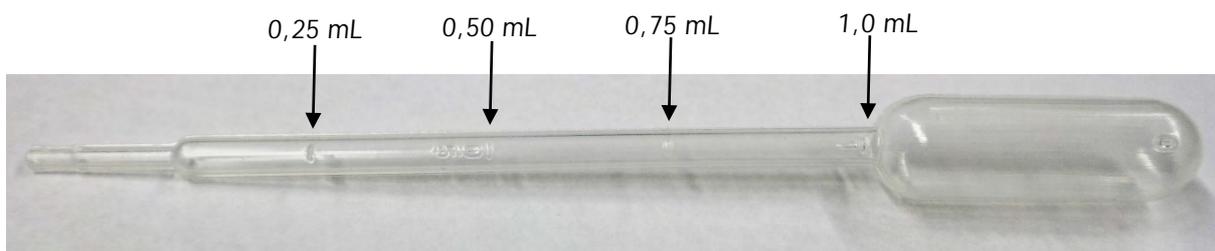


Abb. 1: Eine Plastik-Pipette mit Markierungen (gekennzeichnet durch Pfeile)

Informationen

Tabelle 1 zeigt die relativen Atommassen ausgewählter Elemente.

Tab. 1: *Rel. Atommassen ausgewählter Elemente*

Element	Rel. Atommassen
N	14,01
O	16,00
Na	22,99
Cl	35,45
Ag	107,87

Sicherheitshinweise

ACHTUNG! Während dieses Experiments müssen die ganze Zeit Handschuhe getragen werden. Auch wenn die verwendeten Lösungen harmlos sind, kann Silbernitrat-Lösung bei Hautkontakt zu hässlichen, braunen Verfärbungen führen. Dies gilt ebenfalls für Kleidung, Tisch und Boden, weshalb gewissenhaft gearbeitet werden soll. Versehentlich verschüttete Lösung (auch, wenn es nur Tropfen sind) muss sofort mit den Papiertüchern aufgewischt werden.

- Vor der Verwendung der Natriumchlorid-Lösung bzw. der Silbernitrat-Lösung müssen diese in die Bechergläser überführt werden.
- Eventuelle Luftblasen sollen nicht aus den Spritzen entfernt werden.

A. Dichtebestimmung der Lösungen

Verwendet die Präzisionswaage, die Mikropipette (mit den Spitzen) und die Schnapdeckelgläschen zur Bestimmung der Dichten der Natriumchlorid-Lösung und der Silbernitrat-Lösung. Stellt sicher, dass äußerst genaue Werte bei diesen Bestimmungen der Dichte erhalten werden! Notiert Eure Messwerte, Berechnungen und Ergebnisse auf dem Antwortbogen.

B. Grobtitration

Ziele

Die Grobtitration hat zwei Ziele:

- Abschätzung des ungefähren Volumens an Silbernitratlösung, das einem bestimmten Volumen einer Natriumchlorid-Lösung hinzugefügt werden muss, damit der Endpunkt erreicht wird.
- Beobachtung des Farbumschlags des Indikators beim Erreichen des Endpunkts. Beachtet dabei, dass die gelbe Farbe zunächst leicht orange wird; dies zeigt NICHT den Endpunkt der Titration an. Der Endpunkt ist erst erreicht, wenn die gelb-orangene Färbung der Suspension gerade (d. h. durch die Zugabe des letzten Tropfens) deutlich zu pink umschlägt und auch nach gründlichem Schwenken des Erlenmeyerkolbens bestehen bleibt.

Durchführung

1. Steckt eine Kanüle auf eine der Spritzen.
2. Befüllt die Spritze bis zur 15 mL-Markierung mit der Natriumchlorid-Lösung.
3. Trocknet Spritze und Kanüle ab, auch an der Spitze. Beachtet die Luftblase im Inneren der Spritze nicht weiter.
4. Entleert den Inhalt der Spritze langsam in den Erlenmeyerkolben.
5. Gebt etwa 85 mL demin. Wasser zu der Lösung in dem Erlenmeyerkolben.
6. Gebt drei Spatel Dextrin in den Erlenmeyerkolben. Schwenkt den Kolben, bis das Dextrin aufgeschlämmt ist.
7. Nutzt die Plastik-Pipette, um etwa 0,5 mL der Dichlorofluorescein-Lösung in den Erlenmeyerkolben zu überführen.
8. Steckt die zweite Kanüle auf die andere Spritze.
9. Befüllt die Spritze bis zur 20 mL-Markierung mit der Silbernitrat-Lösung.
10. Trocknet Spritze und Kanüle ab, auch an der Spitze.
11. Titriert jetzt die Natriumchlorid-Lösung mit der Silbernitrat-Lösung. Gebt dazu Silbernitrat-Lösung zu der Natriumchlorid-Lösung im Erlenmeyerkolben und schwenkt diesen dabei kontinuierlich. Gebt solange Silbernitrat-Lösung hinzu, bis der Endpunkt erreicht ist.
12. Lest das Restvolumen an Silbernitrat-Lösung in der Spritze ab und berechnet das Volumen, das Ihr bei der Titration benötigt habt.
13. Falls gewünscht, kann nun etwas ausprobiert werden: Gebt einige Tropfen Natriumchlorid-Lösung zu dem Gemisch und anschließend wieder einige Tropfen Silbernitrat-Lösung. So könnt Ihr ein Gefühl für die Methode bekommen.
14. Entsorgt die Suspension aus dem Erlenmeyerkolben in dem Abfallbehälter. Spült den Erlenmeyerkolben dreimal gründlich mit demin. Wasser aus und entsorgt auch das Spülwasser im Abfallbehälter.

C. Feintitrationen

ACHTUNG! Zur präzisen Titration der Natriumchlorid-Lösung ist es wichtig, die Indikator-Lösung erst kurz vor dem Erreichen des Endpunkts hinzuzugeben.

Durchführung

1. Befüllt die erste Spritze bis zur 20 mL-Markierung mit der Natriumchlorid-Lösung.
2. Trocknet Spritze und Kanüle ab, auch an der Spitze.
3. Wiegt die mit der Lösung befüllte gefüllte Spritze senkrecht aufgestellt. Notiert die anfängliche Masse auf dem Antwortbogen.
4. Entleert den Inhalt der Spritze langsam bis zur 5 mL-Markierung in den Erlenmeyerkolben. Es werden also nur etwa 15 mL aus der Spritze entleert; es ist wichtig, dass noch etwas Natriumchlorid-Lösung in der Spritze verbleibt.
5. Gebt etwa 85 mL demin. Wasser zu der Lösung in dem Erlenmeyerkolben.
6. Gebt drei Spatel Dextrin in den Erlenmeyerkolben. Schwenkt den Kolben, bis das Dextrin aufgeschlämmt ist.
7. Befüllt die Spritze bis zur 20 mL-Markierung mit der Silbernitrat-Lösung.
8. Trocknet Spritze und Kanüle ab, auch an der Spitze.
9. Wiegt die gefüllte Spritze. Notiert die anfängliche Masse auf dem Antwortbogen.
10. Titriert jetzt die Natriumchlorid-Lösung mit der Silbernitrat-Lösung bis Ihr etwa 1 mL vom Endpunkt entfernt seid.
11. Nutzt die Plastik-Pipette, um etwa 0,5 mL der Dichlorofluorescein-Lösung in den Erlenmeyerkolben zu überführen.
12. Beendet die Titration.
13. Wenn Ihr Euch der genauen Endpunktbestimmung sicher seid, wiegt beide Spritzen und notiert die finalen Massen auf dem Antwortbogen.
14. Entsorgt die Suspension aus dem Erlenmeyerkolben in dem Abfallbehälter. Spült den Erlenmeyerkolben dreimal gründlich mit demin. Wasser aus und entsorgt auch das Spülwasser im Abfallbehälter.

Wiederholt die Feintitration zweimal (also drei Feintitrationen insgesamt).
Bearbeitet dann die Aufgaben auf dem Antwortbogen.

Physik: Blaue Energie

Einleitung

Im Jahr 1932 wurde in den Niederlanden ein Deich gebaut, um den früheren Meerboden vom Wattenmeer abzugrenzen (vgl. Abbildung 1). Dieser Deich, der „Abschlussdeich“ genannt wurde, machte aus dem früher salzigen Meerboden den Süßwassersee IJssel, benannt nach dem dort mündenden Fluss IJssel. Zur Regulierung des Wasserstandes wird bei Ebbe Wasser durch den Abschlussdeich in das Wattenmeer abgelassen.

Aus der Differenz der Salzkonzentrationen im Meerwasser und im Süßwasser lässt sich elektrische Energie erzeugen. „Blaue Energie“ ist der Oberbegriff für elektrische Energie, die aus dem Unterschied zwischen den Salzkonzentrationen gewonnen wird. Eine Möglichkeit, diese elektrische Energie in einem Energiekraftwerk zu erzeugen, heißt „Reverse Electrodialysis“ (RED, zu deutsch: Umgekehrte Elektrodialyse). In einem solchen Kraftwerk sind Meerwasser und Süßwasser räumlich durch

Membranen getrennt, die jeweils entweder für negative oder für positive Ionen durchlässig sind. Aufgrund des Konzentrationsunterschiedes wandern Ionen vom Meerwasser zum Süßwasser. Dieser Ladungstransport wird zur Energieerzeugung genutzt. Blaue Energie ist eine erneuerbare Energiequelle, die nicht mit der Freisetzung von Treibhausgasen wie CO₂, NO_x und SO_x verbunden ist.

Ziele und experimenteller Aufbau

Mithilfe des experimentellen Aufbaus erhaltet Ihr Ergebnisse, mit denen Ihr abschätzen könnt, wie viel Energie sich maximal in einem Blaue-Energie-Kraftwerk durch den Unterschied zwischen den Salzkonzentrationen erzeugen lässt. Das Experiment ist aus drei Teilen zusammengesetzt:

A. Aufbau A: Die Konzentrationszelle

Ihr verwendet diesen Aufbau, um die Spannung (= die elektrische Potentialdifferenz) zwischen den Salzlösungen mit unterschiedlichen Konzentrationen zu messen.

B. Aufbau B: Leitfähigkeit

Ihr verwendet diesen Aufbau, um die elektrische Leitfähigkeit der unterschiedlichen Salzlösungen zu messen.

C. Ausführen einiger theoretischer Berechnungen.



Abb. 1: Der IJssel-See mit dem Abschlussdeich im Norden. Der Umriss des früheren Meerbodens wird durch die dicke Linie gekennzeichnet.

Gleichungen

Ohmsches Gesetz:

$$\Delta U = I \cdot R$$

Elektrischer Leitwert:

$$G = \frac{1}{R} ; \text{ Einheit Siemens: } [G] = \text{S} = \Omega^{-1}$$

Spezifische elektrische Leitfähigkeit:

$$\sigma = G \frac{l}{A}$$

Elektrische Leistung:

$$P = \Delta U \cdot I$$

Umfang eines Kreises:

$$2\pi r$$

Fläche eines Kreises:

$$\pi r^2$$

A. Messung von Potentialdifferenzen mit der Konzentrationszelle

Ziele des Experiments

1. Messen der Spannungen zwischen Lösung X0 und den Lösungen X1 – X4.
2. Bestimmen der Konzentration von Lösung X0.

Experiment

Aufbau

Ein Foto des Versuchsaufbaus ist in Abbildung 2 zu sehen (Anfangssituation).

Materialien

- Zwei 100 mL Bechergläser (A in Abb. 2)
- Stativmaterial mit Kreuzmuffen
- Eine Salzbrücke (B)
- Zwei Silber/Silberchlorid-Elektroden (C)
- Eine Plastikhalterung für die Elektroden und die Salzbrücke (D)
- Ein Digitalmultimeter
- Ein rotes Kabel
- Ein schwarzes Kabel
- Eine 250 mL Flasche, beschriftet mit „X0“; sie enthält eine Salzlösung unbekannter Konzentration
- Vier 250 mL Flaschen, beschriftet mit „X1“ bis „X4“; sie enthalten verschiedenen Salzlösungen bekannter Konzentration (Ihr braucht diese Lösungen auch für Teil B)
- Der Aufbau enthält Angaben zu den Konzentrationen.
- Papiertücher

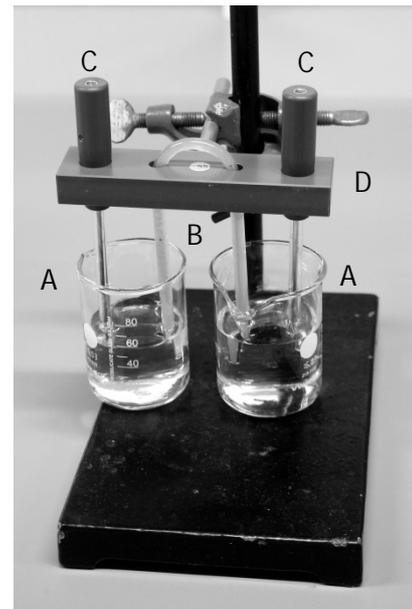


Abb. 2: Experimenteller Aufbau, Anfangssituation

ACHTUNG!

Seid vorsichtig mit den Elektroden! Bewahrt sie, außer beim Auswechseln der Salzlösung, immer in einer Salzlösung auf. Spült sie NICHT mit demineralisiertem Wasser ab.

Benutzt NICHT die Ω -Einstellung des Multimeters, da die Silber/Silberchlorid-Elektroden dadurch stark beschädigt und unbrauchbar werden.

Wenn das Multimeter piept, dann drückt den RANGE-Knopf, damit es nicht aus geht. Falls doch, dann stellt den Drehschalter auf OFF und dann wieder auf $mV \approx$.

Falls im Zusammenhang mit dem Multimeter weitere Probleme auftreten, dann wendet Euch an den Laborassistenten.

Durchführung

Zu Beginn ist das Experiment wie in Abbildung 2 aufgebaut. Salzbrücke und Elektroden sind in die Salzlösung X0 eingetaucht. Später wird der Inhalt des linken Becherglases durch die Salzlösungen X1 bis X4 ersetzt, im rechten Becherglas verbleibt Salzlösung X0.

1. Stellt das Multimeters auf $mV \approx$ und wählt mit dem blauen Knopf den Modus „DC“ aus.
 2. Verbindet die rechte Elektrode vorsichtig über das rote Kabel mit dem $V\Omega$ -Anschluss und die linke Elektrode über das schwarze Kabel mit dem COM-Anschluss des Multimeters.
 3. Wartet, bis das Multimeter einen (bis zu einer sinnvollen Genauigkeit) stabilen Wert anzeigt. Notiert die Spannung in Tabelle A1 auf dem Antwortbogen. (Die Spannung kann positiv oder negativ sein). *Wenn diese Spannung größer als 3 mV oder kleiner als -3 mV ist, dann fragt den Laborassistenten nach einem neuen Elektrodenpaar!*
 4. Bewegt die Kreuzmuffe nach oben, sodass die Salzbrücke und die Elektroden aus den Salzlösungen gezogen werden. Entsorgt den Inhalt des *linken* Becherglases ins Waschbecken. Trocknet das Innere des Becherglases ordentlich mit Papiertüchern ab.
 5. Gießt etwa 80 mL von Salzlösung X1 hinein und stelle es zurück an seinen Platz.
 6. Bewegt die Kreuzmuffe nach unten, sodass die Salzbrücke und die Elektroden wieder vollständig in die Salzlösungen eintauchen.
 7. Wartet bis sich die Spannungsanzeige stabilisiert (maximal 5 Minuten). Ihr könnt das Becherglas dabei vorsichtig schwenken. Tragt die sich einstellende Spannung in Tabelle A1 auf dem Antwortbogen ein.
 8. Wiederholt die Schritte 4 bis 7 mit den Salzlösungen X2, X3 und X4.
 9. Wenn Ihr fertig seid, dann lasst die Salzbrücke und die Elektroden in dem Salzlösungen, entfernt die Kabel und schaltet das Multimeter aus. Bittet den Laborassistenten, die Elektroden zur sicheren Aufbewahrung abzuholen. Ihr erhaltet Eure Elektroden zurück, wenn Ihr sie später noch einmal benötigen solltet.
- Bearbeitet Aufgaben 1 bis 5 auf dem Antwortbogen.

B. Messung der elektrischen Leitwerte der Salzlösungen

Ziele des Experiments

- Messung der elektrischen Leitwerte der Salzlösungen X0 und X1–X4.
- Bestimmen der Konzentration von Lösung X0.
- Bestimmung der spezifischen Leitfähigkeit der Salzlösungen X0 und X1–X4.

Experiment

Materialien

- Zwei 100 mL Bechergläser
- Stativmaterial mit Kreuzmuffen
- Ein Paar vergoldeter Elektroden (A in Abb. 3)
- AC Spannungsversorger-Box (B) (ohne Kabel)
- Zwei Digitalmultimeter (C)
- Eine 250 mL Flasche, beschriftet mit „X0“ ; sie enthält eine Salzlösung unbekannter Konzentration
- Vier 250 mL Flaschen, beschriftet mit „X1“ bis „X4“ ; sie enthalten verschiedene Salzlösungen bekannter Konzentration (dieselbe Lösungen aus Teil A)
- Papiertücher
- Ein Geodreieck (in der Federmappe)
- Vier Kabel (1x rot, 1x Schwarz, 2x blau) (D) und zwei Multimeterkabel (1x rot, 1x Schwarz) (E)

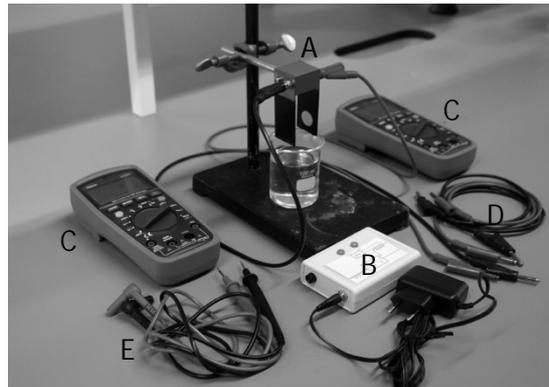


Abb. 3: Materialien für den Teil B

Aufbau

In diesem Experiment sollen die elektrischen Leitwerte der Salzlösungen mithilfe der in Abbildung 3 dargestellten Materialien bestimmt werden. Ein Paar vergoldeter Elektroden wird dabei vollständig in die Salzlösung in einem Becherglas getaucht. An die Elektroden muss eine Wechselfspannung mit einer hohen Frequenz (1 kHz) und einer geringen Spannung angelegt werden, um eine Elektrolyse in der Salzlösung zu vermeiden. Der Leitwert kann aus den Messwerten für Spannung und Strom durch die Salzlösung bestimmt werden.

Abbildung 4 zeigt ein Schaltbild der Spannungsversorger-Box, wobei das Zickzack-Symbol für die eingehende Wechselfspannung (AC) steht. Für das Experiment werden die Anschlüsse auf der rechten Seite mit den Elektroden verbunden, um den Leitwert zu messen.

Für die Strommessung enthält die Spannungsversorger-Box einen Widerstand $R_1 = 10 \Omega$ und einen Verstärker, der die Spannung über dem Widerstand verzehnfacht. Diese wird an den beiden Anschlüssen auf der Oberseite gemessen.

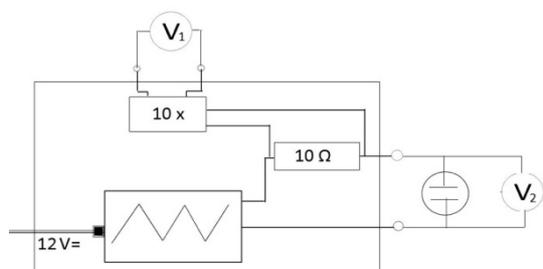


Abb. 4: Schematischer Aufbau der Spannungs-Versorger-Box. Das \oplus Symbol steht für die Elektroden

Durchführung

1. Gießt jeweils 80 mL der Salzlösung X0 in beide Bechergläser. Im Weiteren wird Becherglas 1 für die Messungen benutzt, Becherglas 2 hingegen zum zwischenzeitlichen Spülen.
 2. Taucht die Elektroden in Becherglas 1, sodass die vergoldeten Kontakte vollständig mit Salzlösung bedeckt sind.
 3. Baut die elektrische Schaltung auf, Ihr könnt Euch dazu an Abbildung 4 orientieren. Überprüft, ob das Multimeter die Einstellung $mV \approx$ hat, auf Wechselstrom eingestellt ist (mit dem blauen Knopf, sodass AC auf dem Display erscheint) und mit den Anschlüssen verbunden ist.
Bittet den Laborassistenten, Eure Schaltung zu überprüfen und den Spannungseingang anzuschließen. Lass den Laborassistenten auf Eurem Antwortbogen unterzeichnen, bevor Ihr mit dem Experiment fortfahrt!
 4. Steckt nun das Stromkabel in die Steckdose und wartet kurz, bis beide Multimeter mehr oder weniger konstante Werte anzeigen. Falls ein Multimeter „OL“ (= out of limit) anzeigt, dann ändert den Bereich mit dem RANGE-Knopf oder stellt den Drehschalter auf V~ ein. Tragt die Messwerte in Tabelle B1 auf dem Antwortbogen ein und vervollständigt die Einheiten im Tabellenkopf.
 5. Entfernt die Elektroden aus Becherglas 1 und taucht sie zum Spülen in Becherglas 2.
 6. Entsorgt den Inhalt von Becherglas 1 ins Waschbecken und trocknet das Innere ordentlich mit Papiertüchern ab.
 7. Füllt Becherglas 1 mit Salzlösung X1.
 8. Nehmt die Elektroden aus Becherglas 2, schüttelt eventuelle Tropfen vorsichtig ab und setzt sie zurück in Becherglas 1, wie in Schritt 2. Tragt die Messwerte der Multimeter in Tabelle B1 auf dem Antwortbogen ein.
 9. Wiederholt die Schritte 5 bis 8 der Messung für die übrigen Lösungen X2, X3 und X4. Notiert alle Messwerte auf dem Antwortbogen.
 10. Entfernt zum Schluss das Stromkabel aus der Steckdose und reinigt Bechergläser und Elektroden.
- Bearbeitet Aufgaben 8 bis 10 auf dem Antwortbogen.

Der Leitwert, den Ihr gemessen habt, hängt vom Abstand der Elektroden und der Fläche der Kontakte ab. Die spezifische Leitfähigkeit hingegen ist eine Eigenschaft der Flüssigkeit und hängt nicht vom verwendeten Aufbau ab. Der Zusammenhang zwischen Leitwert G und spezifischer Leitfähigkeit σ ist:

$$\sigma = G \cdot \frac{l}{A} \quad \text{mit der Einheit S/m.}$$

Dabei ist l der Abstand der Elektroden und A die leitende Fläche der Elektroden. Für die hier verwendeten Elektroden entspricht das der Fläche der vergoldeten Kreise.

- Bearbeitet Aufgaben 11 und 12 auf dem Antwortbogen.

C. Berechnung der theoretischen Maximalleistung

Ziel

- Berechnen der theoretischen maximalen elektrischen Leistung, die von einer RED-Zelle an Blauer Energie erzeugt werden kann.

In den vorherigen Abschnitten habt Ihr Daten zu der an einer Konzentrationszelle anliegenden Spannung und der elektrischen Leitfähigkeit von Salzlösungen gesammelt. Daraus sollt Ihr nun ableiten, wie viel elektrische Leistung theoretisch von einem Blaue-Energie-Kraftwerk produziert werden könnte.

In Abbildung 5 ist der schematische Aufbau einer RED-Zelle dargestellt. Diese besteht aus zwei großen, flachen Elektroden, zwischen denen eine Membran liegt. Diese Membran erfüllt dieselbe Funktion wie die Salzbrücke in Teil A. Auf einer Seite der Membran befindet sich Salzwasser, auf der anderen Seite Süßwasser. Dadurch wird eine Potentialdifferenz zwischen den Elektroden erzeugt, genauso wie in Teil A untersucht wurde. Die Elektronen können über einen äußeren Widerstand $R_{\text{außen}}$ verbunden werden, um einen Strom und eine elektrische Leistung zu erzeugen.

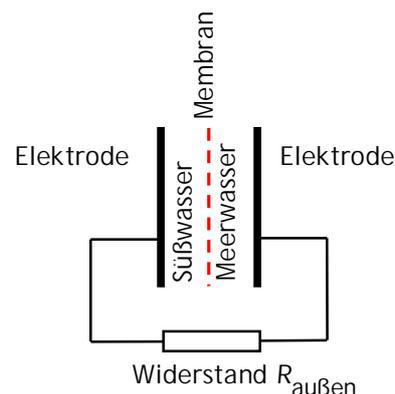


Abb. 5: Schematischer Aufbau einer RED Zelle

Im folgenden Teil sollt Ihr die maximale elektrische Leistung einer RED-Zelle auf Basis Eurer eigenen Messergebnisse berechnen.

- Bearbeitet Aufgabe 13 auf dem Antwortbogen.

Für eine RED-Zelle beträgt die Distanz zwischen den Elektroden und der Membran $l = 2,0 \text{ mm}$ und die Fläche der Elektroden $A = 1,0 \cdot 10^2 \text{ m}^2$.

Der innere Widerstand der RED-Zelle lässt sich wie folgt berechnen:

$$R_{\text{innen}} = \frac{1}{G_{\text{Süß}}} + \frac{1}{G_{\text{Meer}}}$$

- Bearbeitet die Aufgaben 14 und 15 auf dem Antwortbogen.

Um die maximale Leistung aus der RED-Zelle zu erhalten, wird ein äußerer Widerstand angeschlossen, der genauso groß wie der innere Widerstand der RED-Zelle ist:

$$R_{\text{außen}} = R_{\text{innen}}$$

- Bearbeitet die Aufgaben 16 bis 18 auf dem Antwortbogen.