Didaktische Anmerkungen

Haben die Schülerinnen und Schüler das Prinzip der elektrochemischen Doppelschicht verstanden, ist ein Teil der Basis gelegt für das Verständnis des elektrochemischen Potentials, welches eng mit der Spannungsreihe verknüpft ist. Um den weiteren Erkenntnisweg von der Redoxreihe zur Spannungsreihe erfolgreich zu beschreiten, müssen die Lernenden diverse Fachzusammenhänge gedanklich erfassen:

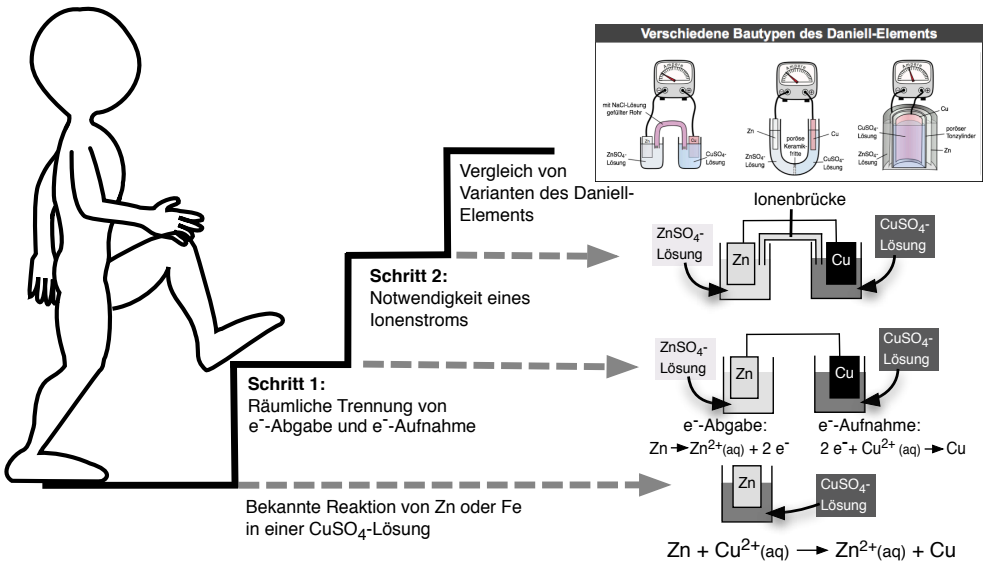
1 Zunächst muss die Messmethodik verstanden werden: Weder die aus dem Metall in Lösung gegangenen Metallkationen noch die im Metall zurückgebliebenen Elektronen lassen sich ohne weiteres erfassen. Die jeweiligen metallspezifischen Gleichgewichtslagen lassen sich aber über Spannungsmessungen zwischen Halbzellen relativ zueinander erfassen. Hierfür müssen der Ort der Oxidation und der Ort der Reduktion räumlich voneinander getrennt werden; gleichzeitig müssen sie aber Teil eines gemeinsamen geschlossenen Stromkreises sein; ansonsten kann keine Spannung gemessen werden. Genau diese Bedingungen erfüllen galvanische Zellen, von denen das Daniell-Element ein relativ einfach zu verstehendes und wenig komplexes Beispiel darstellt.

2 Wurde die Messmethodik verstanden, müssen die Lernenden erfassen, dass die Spannungen zwischen Halbzellen sich additiv verhalten. Die Spannungswerte repräsentieren damit die Abstände zwischen den Redoxpaaren in der Redoxreihe. Die bisher nur qualitative Anordnung der Redoxpaare in der Redoxreihe kann nun quantitativ erfolgen.

3 Möchte man eine Auflistung der Redoxpaare analog zur Auflistung von Säuren nach dem Ks-Wert ermöglichen, benötig man einen Bezugswert als „Nullpunkt“ der Skala. Bereits in der Sekundarstufe I diente das Redoxpaar H_2/H^+ „als Trennung“ zwischen edlen und unedlen Metallen. Es ist daher naheliegend, die Gleichgewichtslage für dieses Redoxpaares als Bezugsgröße zu verwenden.

4 Zur Messung gegen das Redoxpaar H_2/H^+ muss schließlich die Funktionsweise einer Standard-Wasserstoffhalbzelle verstanden werden. Diese Halbzelle ist für die Schüler die erste Halbzelle, in der kein Metall, sondern ein Gas als Elektronendonator fungiert. Die in der Halbzelle befindliche Elektrode dient nur als Oberfläche, an der sich das Gleichgewicht einstellen kann und mit der ein elektrischer Kontakt zur zweiten Halbzelle ermöglicht wird.

Lerntreppe zu Schritt **1**

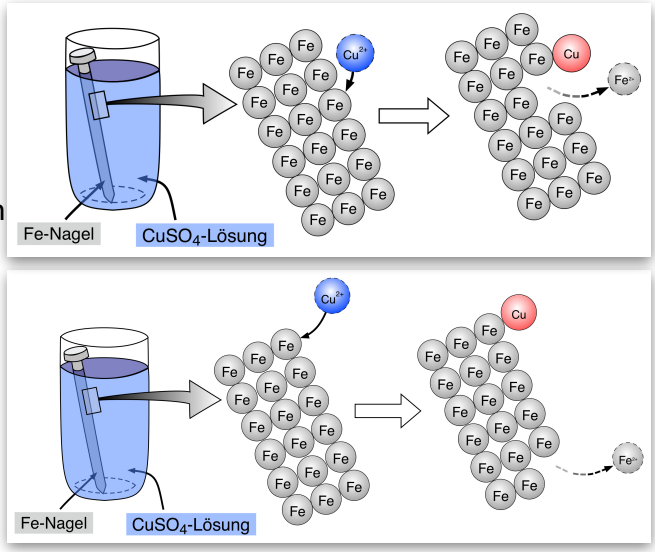


In der hier vorgeschlagenen Vorgehensweise bei der Entwicklung des Daniell-Elements liegt der Fokus zunächst auf der Erzeugung von elektrischen Strom (als Elektronenstrom) und nicht auf der Erzeugung von elektrischer Spannung. Der Stromfluss ist für die meisten Schüler ein leichter verständliches Phänomen als die elektrische Spannung; der Stromfluss in z.B. einem Kabel kann mit der Bewegung elektrisch geladener Teilchen erklärt werden. Die elektrische Spannung als Potentialdifferenz stellt höhere Anforderungen an das Abstraktionsvermögen. Ist die Funktionsweise des Daniell-Elements verstanden, kann dann zusätzlich eine Spannungsmessung durchgeführt werden. Die prinzipielle „Messtechnik“ für die Spannungsmessungen im Rahmen der Erarbeitung der Spannungsreihe wurde damit am Daniell-Element eingeführt und kann dann auf andere Halbzellen-Kombintationen angewendet werden.

Möglicher Ablauf

1 *Fokussierung auf den Elektronenstrom bei schon bekannten Reaktionen von Zn mit $CuSO_4$-Lösung oder Fe mit $CuSO_4$-Lösung*

Wiederholung eines Metall-Abscheidungsversuchs: Eisennagel oder Zinkblech in Kupfersulfat-Lösung

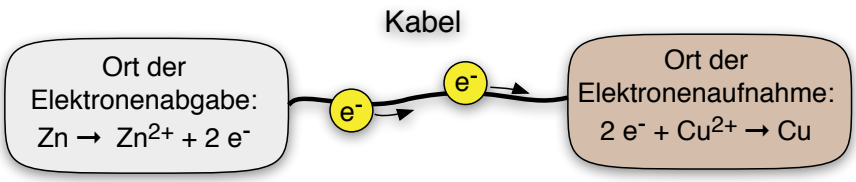


Durch den Vergleich zweier ähnlicher Abbildungen kan der Fokus in der unteren Abbildung auf das mögliche Phänomen gelenkt werden, dass der Ort der Elektronenaufnahme und der Ort der Elektronenabgabe wegen der elektrischen Leitfähigkeit des Metalls nicht identisch sein müssen.

Es sollte bei der Besprechung der Zusammenhänge die fachliche Richtigkeit der Abbildungen diskutiert werden:
Inwiefern lässt sich rechtfertigen, den Eisennagel als aus Fe-Atomen bestehend darzustellen? Inwiefern kann diese Darstellung auch kritisch betrachtet werden?

2 *Problemstellung und erste Lösungsansätze entwickeln*

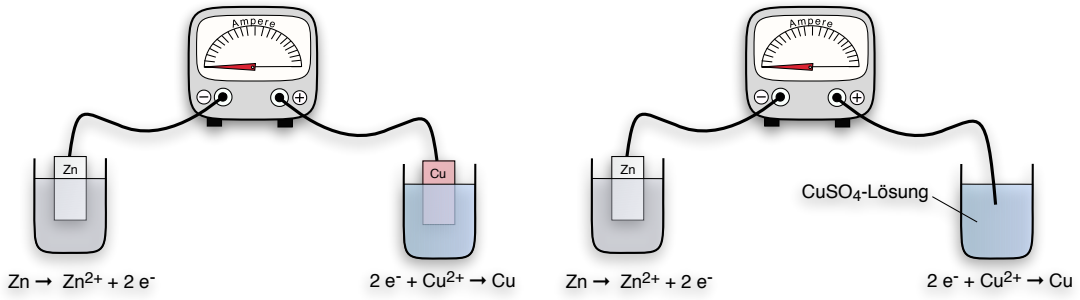
Als zentrale Problemstellung bietet sich die Frage an:Wie lässt sich der Elektronenstrom nutzbar machen? Vor der ausführlichen Erarbeitung experimenteller Lösungen des Problems sollte das allgmeine Prinzip zunächst klar herausgearbeitet werden, das eine räumliche Trennung vom Ort der Elektronenabgabe vom Ort der Elektronenaufnahme beinhaltet.



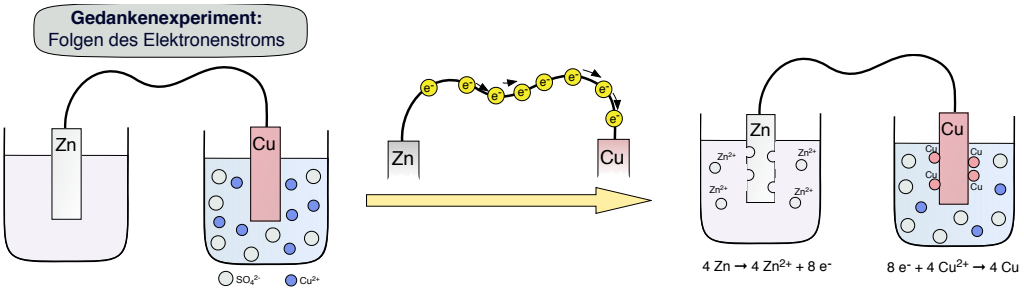
3

Problemösungen entwickeln - Phase 1

A. Um zu gewährleisten, dass sich die Lernenden möglichst intensiv mit der Problemstellung auseinandersetzen, ist eine Erarbeitung von esten Lösungsvorschlägen in einer **Einzel- oder Gruppenarbeitsphase** empfehlenswert.
B. In der anschließenden **Präsentations- und Diskussionsphase** können die Vorschläge dann bewertet werden. Eine didaktisch knifflige Stelle könnte bei einer vorschnellen praktischen Überprüfung der Vorschläge entstehen, wenn Entwürfe getestet werden, die ein Lokalelement beinhalten (z. B. Zink- und Kupferplatte gemeinsam in einer Kupfersulfat-Lösung). Geschickter wäre daher eine vorherige Diskussion der Vorschläge, in der untauglich erscheinende Vorschläge zunächst aussortiert werden (wie ein Lokalelement-Ansatz, der für die Schülerinnen und Schüler zunächst eine Kurzschlussreaktion erwarten lässt).



C. **Praxistest** der Vorschläge, die am erfolgversprechendsten erscheinen: In der Regel enthalten die Vorschläge keine Elektrolytbrücken, so dass kein Stromfluss zu messen ist.
D. In einer anschließenden **Erarbeitungsphase** müssen die Lernenden der Notwendigkeit einer Elektrolytbrücke erkennen, die einen Ionenstrom zwischen den Halbzellen ermöglicht. Hierbei kann ein Gedankenexperiment sehr hilfreich sein, durch welches verdeutlicht werden kann, dass ein Elektronenstrom durch das Kabel zu einer elektrischen Aufladung der Lösungen führen würde, die einem Elektronenstrom entgegenwirken würde:



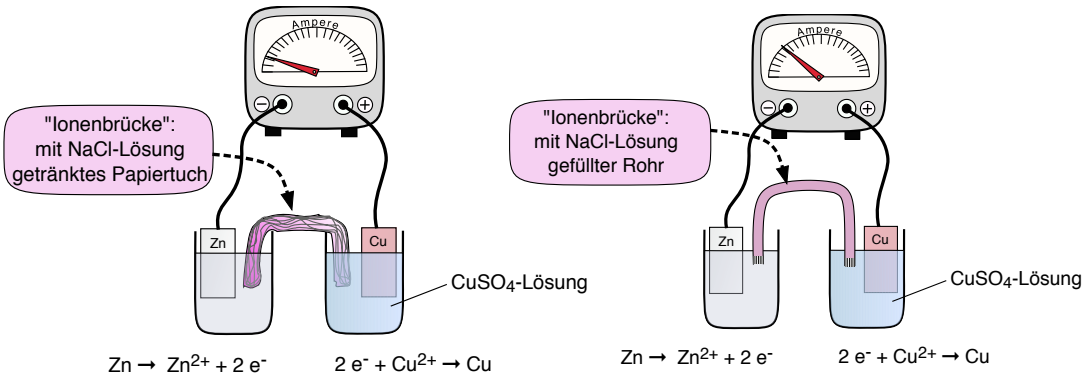
Linkes Becherglas:
Der linke Teil der Apparatur verliert ständig Elektronen und produziert dadurch ständig Zn^{2+}-Ionen, d.h. die Flüssigkeit im linken Becherglas würde sich positiv aufladen.

Rechtes Becherglas:
Der rechte Teil der Apparatur erhält ständig zusätzliche Elektronen; dadurch „verschwinden“ ständig Cu^{2+}-Ionen aus der Lösung; die negativ geladenen Sulfat-Ionen bleiben in der Lösung übrig; d.h. die Flüssigkeit im rechten Becherglas würde sich negativ aufladen.

Fazit:
Die Elektronen müssen von einer positiv aufgeladenen Lösung zu einer negativ aufgeladenen Lösung strömen; Da die Elektronen selbst auch negativ geladen sind, wird das natürlich nicht funktionieren.

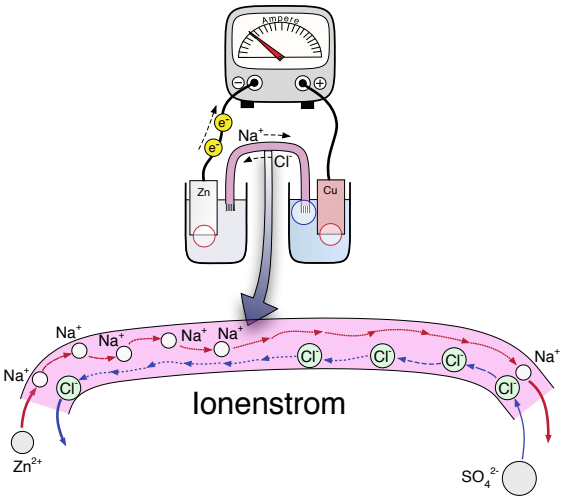
4 *Problemösungen entwickeln - Phase 2*

Für die Problemlösung ist es zunächst sinnvoll, den grundsätzlichen Aufbau mit zwei Bechergläsern beizubehalten, und für diese Apparatur eine Lösung des Problems zu entwickeln. Wenn das Grundprinzip der Elektrolytbrücke verstanden wurde, können andere Versuchsaufbauten(z.B. ein U-Rohr mit Diaphragma) diskutiert werden.
Letztendlich müssen die Schülerinnen und Schüler für die Problemlösung nur erkennen, dass die Flüssigkeiten in den Bechergläsern so verbunden werden müssen, dass die überschüssigen Ionen von der einen Flüssigkeit in die andere Flüssigkeit wechseln können. Ein Schlauch, ein Glasrohr oder eine nasses Papier würde hierzu prinzipiell schon ausreichen. Am besten sollte als die „verbindende Flüssigkeit“ eine möglichst große elektrische Leitfähigkeit aufweisen.



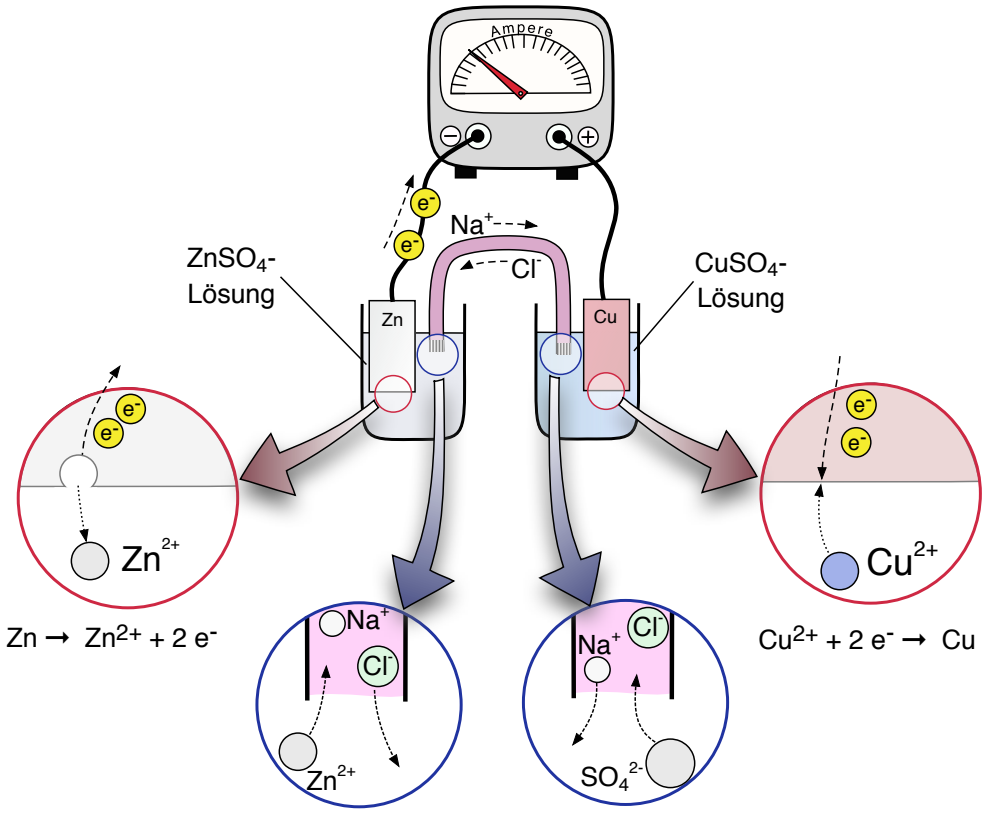
Als zusätzliche Vertiefung sollten auch die Ionenbewegungen in der Elektrolytbrücke visualisiert werden, um die Bedeutung des gelösten Salzes zu verdeutlichen. Dabei sollte auch diskutiert werden, weshalb das mit Salzwasser getränkte Papier nur einen sehr schwachen Stromfluss ermöglicht.

Ist dieser Mechanismus nämlich klar, kann auch diskutiert werden, inwiefern es zum Erreichen einer größeren Stromstärke sinnvoll wäre, das Wasser im linken Becherglas gegen eine Salzlösung auszutauschen. Jetzt kann auf das historische Daniell-Element verwiesen werden, in dem sich in der Umgebung der Zinkelektrode Zinksulfat-Lösung befindet. (mit NaCl-Lösung funktioniert’s natürlich auch…)



5 *Sicherung*

Um alle Erkenntnisse zu bündeln, bietet sich eine Sicherungsphase an, in der eine übersichtliche Schemazeichnung angefertigt wird, in der die in der bisherigen Variante des Daniell-Elements ablaufenden Prozesse erfasst werden. Besonders effektiv für die Behaltensleistung und für das Verständnis der Gesamtzusammenhänge ist dabei, wenn die Lernenden die Zeichnung mit Beschriftung komplett selbst anfertigen (mit paralleler Entwicklung der Zeichnung an der Tafel / bzw. am Whiteboard o.ä.). So können während der Entwicklung der Schemazeichnung alle Überlegungen nochmals in der Reihenfolge des Gedankengangs des Unterrichts rekapituliert werden.



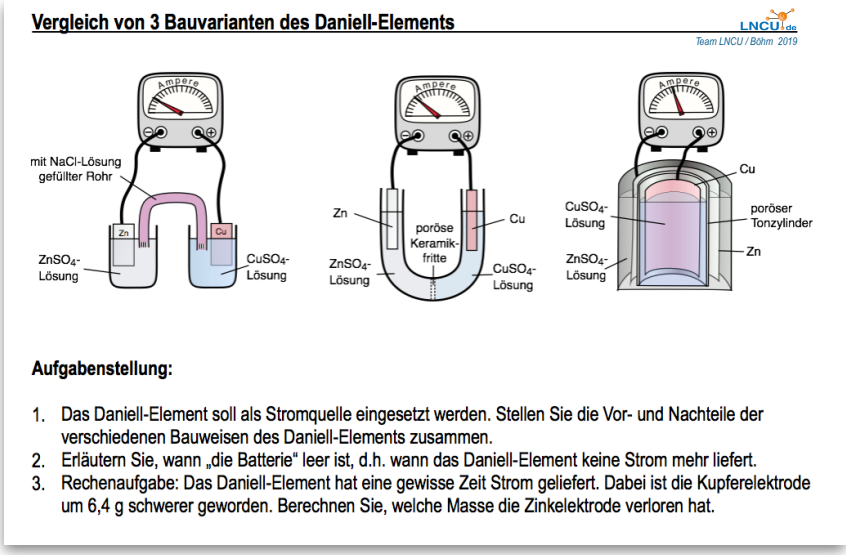
6 *Sicherung*



Mit der Präsentation einer historischen Bauweise des Daniell-Elements kann der Bezug zur Chemiegeschichte hergestellt werden. Die Schülerinnen und Schüler sollten dabei in der Lage sein, die meisten Bestandteile zu benennen. Da von zwei Bauteilen Kabel wegführen, sollte klar sein, dass eines der Kabel an der Zinkelektrode, das andere Kabel an der Kupferelektrode endet.
Ein neuer Aspekt, der von den Schülern alleine nicht verstanden werden kann, stellt die Art der Elektrolytbrücke dar: ein Tonzylinder (P), der die beiden Flüssigkeiten voneinander trennt. Wenn die eigenschaften des Tons erläutert werden, sollte in einer Diskussionsphase die Funktionsweise schnell erschlossen werden können.
Ein weiterer neuer Aspekt ist die veränderte Geometrie der Apparatur im Vergleich zur selbst konstruierten Variante. Werden die Vorteile dieser Bauweise diskutiert, wird schon die Basis gelegt für die nachfolgende Unterrichtsphase, in der verschiedene Bauformen des Daniell-Elements miteinander verglichen werden sollen.

7 *Vertiefung und Festigung*

Zum Abschluss kann mit einem Verlgeich von drei Bautypen des Daniell-Elements das Wissen gefestigt werden.



Vergleich von 3 Bauvarianten des Daniell-Elements

LNCU.de
Team LNCU / Böhm 2019

Aufgabenstellung:

1. Das Daniell-Element soll als Stromquelle eingesetzt werden. Stellen Sie die Vor- und Nachteile der verschiedenen Bauweisen des Daniell-Elements zusammen.
2. Erläutern Sie, wann „die Batterie" leer ist, d.h. wann das Daniell-Element keine Strom mehr liefert.
3. Rechenaufgabe: Das Daniell-Element hat eine gewisse Zeit Strom geliefert. Dabei ist die Kupferelektrode um 6,4 g schwerer geworden. Berechnen Sie, welche Masse die Zinkelektrode verloren hat.

Im Rahmen der Besprechung der Aufgaben können auch - falls noch nicht geschehen - die Begriffe „galvanische Zelle" und „Halbzelle" eingeführt werden. Außerdem bietet es sich an, die Prozesse während des Betriebs des Daniell-Elements unter dem Blickwinkel des Prinzips von Le Chatelier betrachtet werden. Durch den Elelktronenstrom verschiebt sich auf beiden Seiten ständig das elektrochemische Gleichgewicht. Insgesamt sollten die Schülerinnen und Schüler zu dem Schluss kommen, dass die Zinkelektrode während des Betriebs immer edler wird, da die Produktkonzentration im GG „$Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e^-$" immer mehr steigt, und dass die Kupferelektrode dagegen immer unedler wird, da die Produktkonzentration im GG „$Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e^-$" immer mehr sinkt.

8 *Fokusverschiebung auf die elektische Spannung*

Eine Spannungsmessung kann den Anstoß geben, über weitere Variationsmöglichkeiten der galvanischen Zellen nachzudenken....ändert sich die Spannung, wenn man andere Halbzellen miteinander kombiniert?

Spannungsmessung

