

# **ELEKTROCHEMIE**

## **Praktikumsversuche**

**für die Sekundarstufe I und II**

**- A U S Z U G -**

## Inhaltsverzeichnis

	<b>Seite</b>
Vorwort	4
Inhalt des Elektrochemie-Arbeitskoffers	5
Zusammenbau und Reinigung des Zellblockes	6
Beschreibung des Messinstrumentes	7
Spannungsmessung von galvanischen Elementen – Lehrerblatt	8
Spannungsmessung von galvanischen Elementen – Schülerblatt	9
Spannungsmessung eines Daniell-Elementes – Lehrerblatt	10
Spannungsmessung eines Daniell-Elementes – Schülerblatt	11
Spannungsmessung an drei Daniell-Elementen in Parallelschaltung – Lehrerblatt	12
Spannungsmessung an drei Daniell-Elementen in Parallelschaltung – Schülerblatt	13
Spannungsmessung an drei Daniell-Elementen in Reihenschaltung – Lehrerblatt	14
Spannungsmessung an drei Daniell-Elementen in Reihenschaltung – Schülerblatt	15
Messung der Standardpotentiale einiger Metalle – Lehrerblatt	16
Messung der Standardpotentiale einiger Metalle – Schülerblatt	17
Messung der Standardpotentiale einiger Nichtmetalle – Lehrerblatt	18
Messung der Standardpotentiale einiger Nichtmetalle – Schülerblatt	19
Messung der Spannung eines Leclanché-Elementes – Lehrerblatt	20
Messung der Spannung eines Leclanché-Elementes – Schülerblatt	21
Messung der Spannung bei unterschiedlicher Konzentration der Elektrolytlösungen – Lehrerblatt	22
Messung der Spannung bei unterschiedlicher Konzentration der Elektrolytlösungen – Schülerblatt	23
Messung der Spannung bei unterschiedlichen Temperaturen der Elektrolytlösungen – Lehrerblatt	24
Messung der Spannung bei unterschiedlichen Temperaturen der Elektrolytlösungen – Schülerblatt	25
Aufbau, Laden und Entladen eines Stahlakkumulators – Lehrerblatt	26
Aufbau, Laden und Entladen eines Stahlakkumulators – Schülerblatt	27
Versuch pH-Messung – Lehrerblatt	28
Versuch pH-Messung – Schülerblatt	29
Elektrochemische Spannungsreihe	30
Hinweise zum Experimentieren und zur Entsorgung	31
Literatur	32

## Vorwort

Der Elektrochemie-Arbeitskoffer ist ein Lehrmittel, welches ausschließlich für Schülerexperimente in den Fächern Chemie und Physik eingesetzt werden kann.

Die selbständige Tätigkeit der Schüler erhöht deren Verständnis für die zu behandelnden Sachverhalte. In kleinen Schülergruppen (2 bis max. 3 Schüler) sollten die Versuche durchgeführt werden. Der Lehrer hat dabei nur noch die Aufsichtspflicht und kann bei gezielten Fragen, die von den Schülern allein nicht beantwortet werden können, entsprechende Hinweise geben. So kann durch eine gezielte Zusammenstellung der Arbeitsgruppen das Leistungsniveau, das Verständnis und die Freude am Experimentieren aller Schüler gefördert werden.

Die beiliegende Literatur minimiert für den Fachlehrer dessen Vorbereitungszeit, die gerade bei Schülerexperimenten recht erheblich sein kann. Zu jedem beschriebenen Versuch liegt ein Lehrer- und ein Schülerblatt vor. Im Lehrerblatt sind alle für die Durchführung des Versuchs notwendigen Fakten beschrieben. Bei allen Versuchen findet der Lehrer auf dem Lehrerblatt das zu erwartende Versuchsergebnis (welches von den theoretischen Ergebnissen in der Fachliteratur gering abweichen kann). Hinweise erhält der Lehrer auch zur Herstellung der entsprechenden Elektrolytlösungen.

Die Schülerblätter können vom Lehrer kopiert und den Schülern zur Verfügung gestellt werden. Damit entfällt das aufwendige Führen eines Protokolls, die Schüler können sich auf das Wesentliche der Versuche konzentrieren.

Zu Sicherheitsfragen sind bei allen eingesetzten Chemikalien die R- und S-Sätze angegeben und die Gefahrensymbole aufgeführt.

Am Ende der Literatur findet man Hinweise zur Entsorgung der Chemikalien. Wir empfehlen, im Sinne des sparsamen Umgangs mit Chemikalien nach Beendigung der Versuche die eingesetzten Elektrolytlösungen aus den Kammern des Troges mit der beiliegenden Pipette herauszusaugen und in eine beschriftete Vorratsflasche zu füllen, um diese für weitere Versuche erneut zu verwenden. Damit leistet man auch einen Beitrag für unsere Umwelt.

Für Hinweise und Abänderungen (auch eventuelle Fehler) der Versuche sind wir dankbar. Wenden sie sich dazu bitte an den Lieferanten des Elektrochemie-Arbeitskoffers.

### **Wichtige Hinweise:**

Bitte beachten sie alle Hinweise auf den Sicherheitsdatenblättern, die zu jeder Chemikalie mitgeliefert werden und halten Sie diese unbedingt ein.

**H-Sätze** (ersetzen die ehemaligen R-Sätze):

Sie bezeichnen Gefährdungen, die von den chemischen Stoffen oder deren Zubereitung ausgehen.

**P-Sätze** (ersetzen die ehemaligen S-Sätze):

Sie geben Sicherheitshinweise, die beim Umgang mit den chemischen Stoffen einzuhalten sind.

Altbatterien dürfen nicht in den Hausmüll! Gebrauchte Batterien müssen den örtlichen Sammelstellen zugeführt oder dem Händler zurückgegeben werden.



Viel Erfolg bei der Durchführung der Experimente!

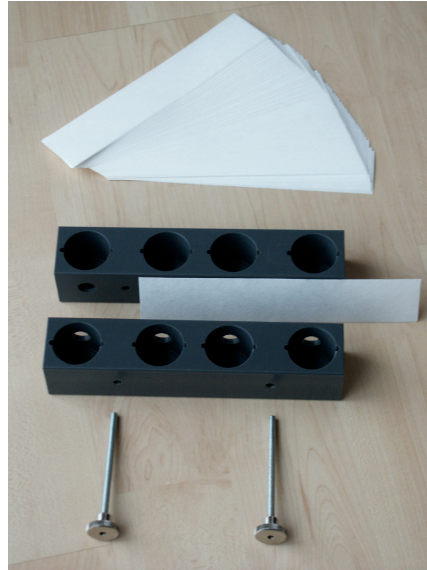
**Inhalt des Elektrochemie-Arbeitskoffers**



- 1 Messinstrument, betreibbar mit 9 V-Batterie oder Steckernetzgerät (im Lieferumfang), für elektrochemische Versuche und pH-Messung, sowie zur Spannungsversorgung mit 3 V DC.  
Hinweis: Der 3 V-Ausgang steht nur bei Netzbetrieb (bei angeschlossenem Steckernetzteil) zur Verfügung.
- 1 Steckernetzgerät Prim: **230 VAC** , **50-60 Hz** Sec: **12 V-500 mA**
- 1 Einstabmesskette zur pH-Messung, Elektrode mit Aufbewahrungsflasche
- 2 Plastik Bechergläser 25 ml
- 2 Tropfpipetten
- 1 Aufbewahrungskasten mit:
  - 2 Ag-Elektroden, 4 Zn-Elektroden, 2 Fe-Elektroden, 2 Kohleelektroden, 2 Al-Elektroden, 2 Ni-Elektroden, 4 Cu-Elektroden, 1 Mg-Elektrode (Magnesiumband zum Umwickeln eines Plastikplättchens), 1 Pt-Netzelektrode
  - 2 Halbzellen, für je 4 Elektroden, 1 Satz Filterpapierstreifen,
  - 1 Kabelsatz-Elektrochemie (bestehend aus: 3 Kabel mit Krokoklemmen, rot, je 20 cm lang, 1 Kabel mit Krokoklemme und Stecker, rot, 30 cm lang; 3 Kabel mit Krokoklemmen, blau, je 20 cm lang, 1 Kabel mit Krokoklemme und Stecker, blau, 30 cm lang),
  - 1 Schmirgelstein
- 1 Versuchsanleitung



## Zusammenbau und Reinigung des Zellblockes



Der Zellblock ist bei Lieferung komplett zusammengebaut und kann für den ersten Versuch direkt benutzt werden. Er befindet sich im Aufbewahrungskasten des Arbeitskoffers.

Wurde der Zellblock eingesetzt, muss er nach Beendigung des Versuches komplett auseinander genommen werden, indem man nach dem Absaugen der Elektrolytflüssigkeit und dem Entnehmen der Elektroden die beiden Rändelschrauben löst, so dass die beiden Halbzellen voneinander getrennt werden können. Nach dem Entfernen des Filterpapiers sollten die beiden Halbzellen mit Wasser ausgewaschen und anschließend gut getrocknet werden.

Den Zellblock für weitere Experimente wieder zusammenbauen. Dazu wird zwischen die beiden Halbzellen ein mitgelieferter Filterpapierstreifen bündig gelegt. Nun drückt man zunächst die eine und danach die zweite Rändelschraube durch das Filterpapier und schraubt so die beiden Halbzellen fest zusammen. (Hinweis: Die 4 innen liegenden Öffnungen müssen jeweils zu den Filterpapierstreifen zeigen – siehe Abbildung.)

Durch das Filterpapier, welches beim Befüllen mit Elektrolytlösung feucht wird, sind gleichzeitig die 8 Kammern elektrisch miteinander verbunden.

### **Bitte beachten Sie:**

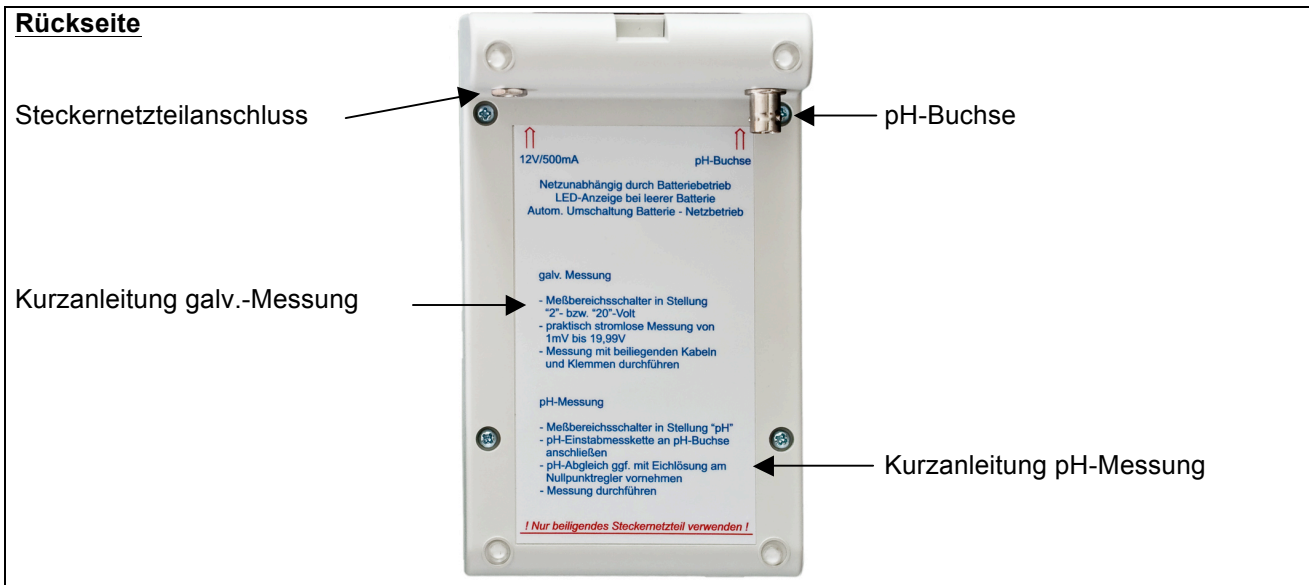
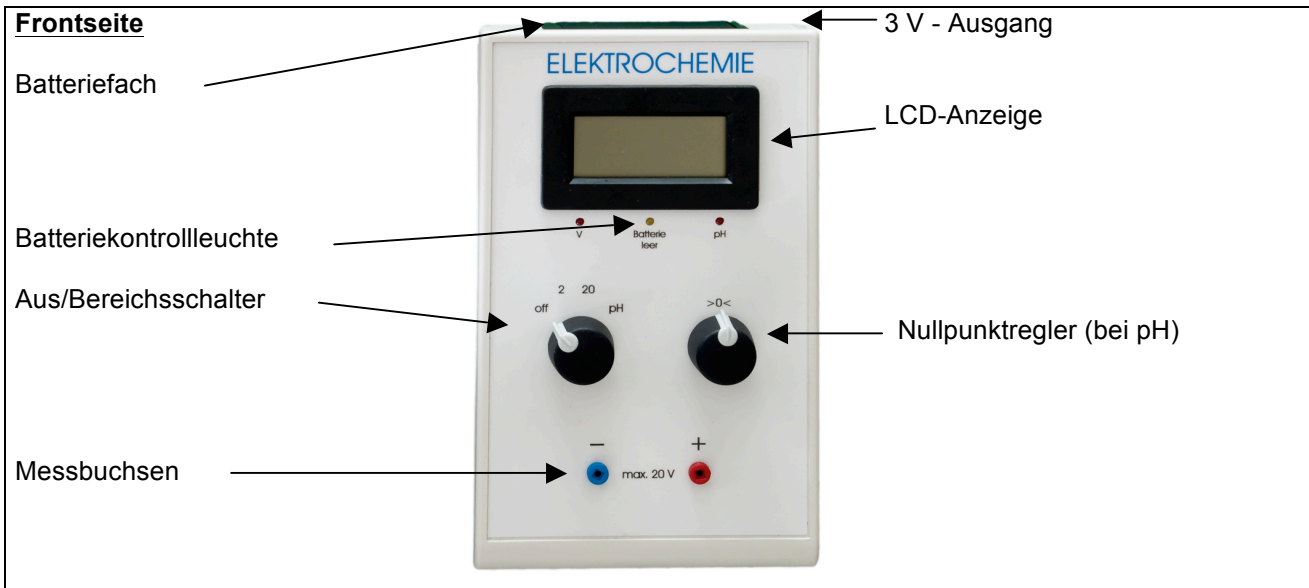
Nach dem Gebrauch des Arbeitskoffers müssen alle verwendeten Teile gründlich gesäubert und anschließend getrocknet werden.

Entfernen Sie das zwischen den Zellblöcken befindliche Filterpapier, trocknen Sie dabei auch die beiden Rändelschrauben.

Die verwendeten Elektroden unter fließendem Wasser reinigen und trocknen, um einer Korrosion vorzubeugen. Es empfiehlt sich auch, die Elektroden vor dem Zurücklegen mit dem Schmirgelstein abzureiben, um anhaftende Chemikalienreste gründlich zu entfernen.

***Wenn Sie diese Hinweise beachten, werden Sie viel Freude an dem Arbeitskoffer haben.***

Messinstrument



Das Messinstrument wird mit dem mitgelieferten Steckernetzgerät betrieben. Das Kabel des Steckernetzgerätes wird an der Unterseite des Messinstrumentes eingesteckt. Alternativ kann eine 9 V-Blockbatterie eingesetzt werden. Bei nicht mehr ausreichender Batteriespannung leuchtet die Kontroll-LED gelb auf. Neben der galvanischen Messung kann mit dem Messinstrument auch eine pH-Messung durchgeführt werden.

**1. Galvanische Messung:**






Bei der galvanischen Messung wird das Messinstrument mit dem Bereichsschalter eingeschaltet und befindet sich dann sofort im Messbereich von 0 - 2V. Soll eine höhere Spannung gemessen werden, kann man am Messinstrument durch Weiterschalten des Bereichsschalters die Anzeige auf 20V erweitern. Zur Messung werden die Elektroden über die 2 mm Buchsen mit dem Messinstrument (rot / blau) verbunden.

**2. pH-Messung:**

Soll eine pH-Messung erfolgen, wird über die an der Unterseite vorhandene pH-Buchse die mitgelieferte pH-Elektrode angeschlossen. Nun den Bereichsschalter auf „pH“ stellen. Um die pH-Elektrode zu kalibrieren, wird eine Pufferlösung verwendet (entweder pH 4 oder pH 9). Es handelt sich hierbei um eine Einpunktkalibrierung, dabei wird, nachdem die pH-Elektrode in die entsprechende Pufferlösung eingetaucht worden ist, der Nullpunktregler solange verändert, bis am Display der Wert der Pufferlösung angezeigt wird. Es können nun pH-Messungen durchgeführt werden, dabei darf aber an den Stellknöpfen keine Veränderung mehr vorgenommen werden.

Versuch 1: Spannungsmessung von galvanischen Elementen

Lehrerblatt

Chemikalien	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze	Geräte
Kupfer (II)-sulfat-5-hydrat		302, 319, 315, 410	273, 302+352, 305+351+338	Messinstrument
Zinksulfat-7-hydrat		302, 318, 410	280, 273, 305+531+338, 301+330+331	Elektroden: 1 Cu, 1 Zn, 1 Ag, 1 Fe, 1 Ni
Silbernitrat		272, 314, 410	273, 280, 301+330+331, 305+351+338	2 Experimentierkabel 2 Abgreifklemmen
Eisen (II)-sulfat-7-hydrat		302, 315, 319	302+352, 305+351+338	2 Tropfpipetten
Nickelsulfat-6-hydrat		350i, 341, 360D, 372, 302+332, 315, 334, 317, 410	201, 280, 273, 308+313, 342+311, 302+352	
dest. Wasser		---	---	

**Warnhinweis:** Bitte beachten: Schwermetallsalze sind giftig!

**Versuchsdurchführung:**

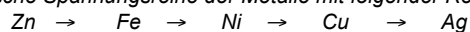
- Die vorbereiteten 1,0 und 0,1 molaren Elektrolytlösungen den Schülern zur Verfügung stellen. Jeder Schüler benötigt maximal 10 ml der entsprechenden Lösung.
- Zellblock wie beschrieben zusammensetzen.
- In die Kammern die Elektrolytlösungen mit der Tropfpipette (im Arbeitskoffer enthalten) einfüllen und die entsprechenden Elektroden einsetzen. Die Tropfpipette nach dem Einfüllen der nächsten Elektrolytlösung gut reinigen.
- Nachdem die Kammern (mindestens 2, maximal 8) für den Versuch, wie beschrieben, vorbereitet sind, mit der Spannungsmessung beginnen. In diesem Versuch sind 5 Kammern mit je einer Elektrolytlösung und der entsprechenden Elektrode als galvanische Elemente aufgebaut:  
Cu / CuSO<sub>4</sub> , Zn / ZnSO<sub>4</sub> , Ag / AgNO<sub>3</sub> , Fe / FeSO<sub>4</sub> , Ni / NiSO<sub>4</sub>
- Zur Spannungsmessung werden zwei Experimentierkabel (rot/blau mit 2 mm Buchsen – im Arbeitskoffer vorhanden) mit den Messbuchsen am Messinstrument verbunden. Mittels der Abgreifklemmen wird die Verbindung zwischen den beiden Elektroden und dem Messgerät hergestellt.
- Am Messgerät kann die von dem galvanischen Element abgegebene Spannung abgelesen werden. Bei negativem Anzeigewert die Polung an den Elektroden verändern.

**Beobachtung und Auswertung:**

Bei den galvanischen Elementen bildet das unedlere Metall immer den negative Pol.

Die Elektronen fließen jeweils vom negativen zum positiven Pol, d.h. bei einer Kombination Zink/Kupfer vom Zink zum Kupfer und bei einer Kombination Kupfer/Silber vom Kupfer zum Silber.

Bei Kombinationen mit Zink ist Zink immer der negative Pol und bei Kombinationen mit Silber ist Silber der positive Pol der galvanischen Elemente. Daraus folgt eine galvanische Spannungsreihe der Metalle mit folgender Reihenfolge:



Welche der Elektroden den negativen Pol bildet, kann durch Umpolung festgestellt werden.

Galvanisches Element	Spannung (V)	
	Elektrolytlösung 1,0 mol/l	Elektrolytlösung 0,1 mol/l
Cu / Zn	ca. 1,086	ca. 1,086
Cu / Ag	ca. 0,383	ca. 0,383
Cu / Fe	ca. 0,670	ca. 0,670
Cu / Ni	ca. 0,044	ca. 0,044
Zn / Ag	ca. 1,416	ca. 1,416
Zn / Fe	ca. 0,378	ca. 0,378
Zn / Ni	ca. 1,095	ca. 1,095
Fe / Ag	ca. 1,089	ca. 1,089
Fe / Ni	ca. 0,700	ca. 0,700
Ag / Ni	ca. 0,290	ca. 0,290

Berechnung der Massen für die Herstellung der 0,1 molaren Lösungen:






Die Elektrolytlösungen sollten vor dem Unterricht vom Lehrer in entsprechend ausreichender Menge (bewährt hat sich 1 Liter) hergestellt werden.

- 1 Liter einer 1,0 molaren CuSO<sub>4</sub> - Lösung: 249,50 g CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O in einem Maßkolben mit Wasser auf 1 Liter auffüllen.
- 1 Liter einer 1,0 molaren ZnSO<sub>4</sub> - Lösung: 287,40 g ZnSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O in einem Maßkolben mit Wasser auf 1 Liter auffüllen.
- 1 Liter einer 1,0 molaren AgNO<sub>3</sub> - Lösung: 169,88 g AgNO<sub>3</sub> in einem Maßkolben mit Wasser auf 1 Liter auffüllen.
- 1 Liter einer 1,0 molaren FeSO<sub>4</sub> - Lösung: 277,90 g FeSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O in einem Maßkolben mit Wasser auf 1 Liter auffüllen.
- 1 Liter einer 1,0 molaren NiSO<sub>4</sub> - Lösung: 262,70 g NiSO<sub>4</sub> · 6 H<sub>2</sub>O in einem Maßkolben mit Wasser auf 1 Liter auffüllen.

Zur Herstellung der 0,1 molaren Lösungen verwenden Sie bitte von den angegebenen Mengen (zur Herstellung von 1 molarer Lösung) nur 1/10 und füllen diese mit Wasser in einem Maßkolben auf 1 Liter auf.

**Versuch 1: Spannungsmessung von galvanischen Elementen**

Schülerblatt

Chemikalien	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Kupfer (II)-sulfat-5-hydrat		302, 319, 315, 410	273, 302+352, 305+351+338
Zinksulfat-7-hydrat		302, 318, 410	280, 273, 305+531+338, 301+330+331
Silbernitrat		272, 314, 410	273, 280, 301+330+331, 305+351+338
Eisen (II)-sulfat-7-hydrat		302, 315, 319	302+352, 305+351+338
Nickelsulfat-6-hydrat		350i, 341, 360D, 372, 302+332, 315, 334, 317, 410	201, 280, 273, 308+313, 342+311, 302+352
dest. Wasser		---	---

Geräte
Messinstrument
Elektroden: 1 Cu, 1 Zn, 1 Ag, 1 Fe, 1 Ni
2 Experimentierkabel 2 Abgreifklemmen
2 Tropfpipetten

**Warnhinweis:** Bitte beachten: **Schwermetallsalze sind giftig!**

**Versuchsdurchführung:**

- Die vorbereiteten 1,0 und 0,1 molaren Elektrolytlösungen den Schülern zur Verfügung stellen. Jeder Schüler benötigt maximal 10 ml der entsprechenden Lösung.
- Zellblock wie beschrieben zusammensetzen.
- In die Kammern die Elektrolytlösungen mit der Tropfpipette (im Arbeitskoffer enthalten) einfüllen und die entsprechenden Elektroden einsetzen. Die Tropfpipette nach dem Einfüllen der nächsten Elektrolytlösung gut reinigen.
- Nachdem die Kammern (mindestens 2, maximal 8) für den Versuch, wie beschrieben, vorbereitet sind, mit der Spannungsmessung beginnen.  
In diesem Versuch sind 5 Kammern mit je einer Elektrolytlösung und der entsprechenden Elektrode als galvanische Elemente aufgebaut:  
Cu / CuSO<sub>4</sub> , Zn / ZnSO<sub>4</sub> , Ag / AgNO<sub>3</sub> , Fe / FeSO<sub>4</sub> , Ni / NiSO<sub>4</sub>
- Zur Spannungsmessung werden zwei Experimentierkabel (rot/blau mit 2 mm Buchsen – im Arbeitskoffer vorhanden) mit den Messbuchsen am Messinstrument verbunden. Mittels der Abgreifklemmen wird die Verbindung zwischen den beiden Elektroden und dem Messgerät hergestellt.
- Am Messgerät kann die von dem galvanischen Element abgegebene Spannung abgelesen werden. Bei negativem Anzeigewert die Polung an den Elektroden verändern.

**Beobachtung und Auswertung:**

Die Versuchsergebnisse in der Tabelle zusammenstellen und auswerten.

Galvanisches Element	Spannung Elektrolytlösung 1,0 mol/l	Spannung Elektrolytlösung 0,1 mol/l
Cu / Zn		
Cu / Ag		
Cu / Fe		
Cu / Ni		
Zn / Ag		
Zn / Fe		
Zn / Ni		
Fe / Ag		
Fe / Ni		
Ag / Ni		