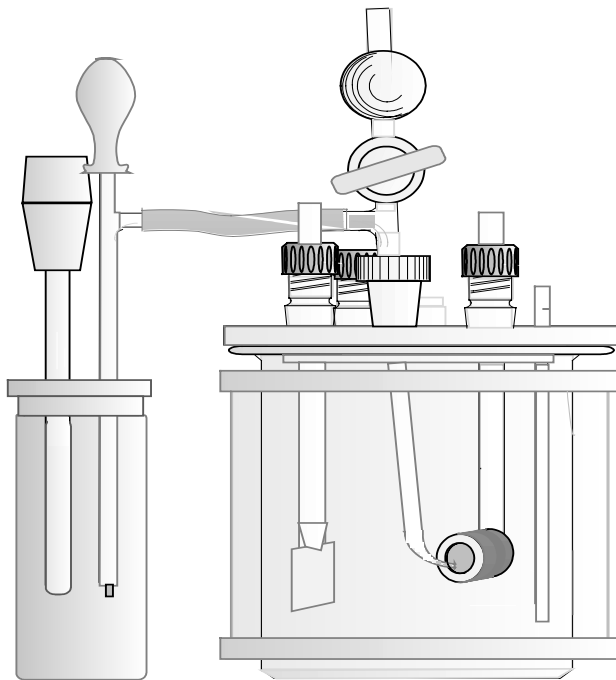


ZELLEN UND ELEKTRODEN

ZELLEN

Baugröße und Konstruktion einer Zelle werden durch den Messzweck bestimmt: Wenn Sie mit großen Elektroden arbeiten, benötigen Sie im Regelfall entsprechende Lösungsvolumina. Wollen Sie schnelle Messungen zur Bestimmung kinetischer Parameter durchführen, dann brauchen Sie sehr kleine Arbeitselektroden, entsprechend kommen Sie mit kleinen Lösungsvolumina aus. Das ist jedoch nur eine grobe Faustregel.

Eine wirklich universell verwendbare Zelle, die allen Messzwecken gerecht wird, gibt es deshalb nicht. Dennoch werden sogenannte Universalzellen angeboten. Mit ihnen kann man - sofern man die Größe der Arbeitselektroden auf einige Quadratzentimeter beschränken kann, die meisten Messungen durchführen. Vor allem für langsame Messvorgänge sind sie grundsätzlich geeignet. "Universal" bezieht sich auf die Möglichkeit, verschiedene Arbeitselektrodenformen einzusetzen, die Zelle in weiten Grenzen temperieren zu können und genügend Öffnungen im Zellendeckel zu haben, damit man eine kontrollierte Gasatmosphäre einstellen kann und zusätzliche Messfühler wie Thermometer oder pH - Meter etc. einstecken kann.

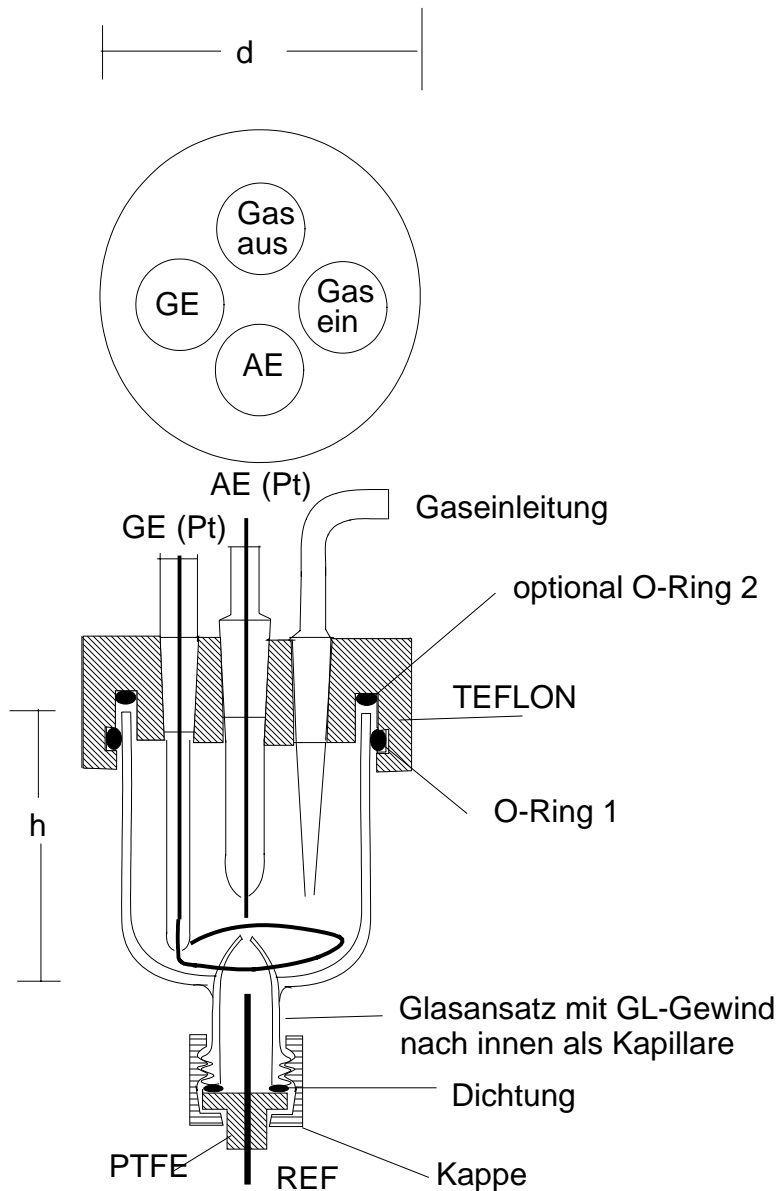


Universalzelle, klassische Bauart mit abgetrennter Referenzelektrode

Die Universalzelle besteht aus einem 0,5l - oder 1l - Glasgefäß mit Planschliffdeckel, der eine Messung unter Schutzgas oder Reaktionsgas ermöglicht. Der Deckel hat hinreichend viele Bohrungen mit Normschliffkegeln, in die die Elektroden, aber auch Thermometer, Gaseinleit- und Auslassrohre, ein Rückflusskühler und ggf. Hilfselektroden wie z.B. Einstabmessketten etc. eingeführt werden können. Zu Variationen der Referenzelektrodenanordnung siehe Abschnitt Elektroden.

Sollen hohe, gleichmäßige Stromdichten an den Elektroden erzeugt werden, dann ist die Anordnung von Arbeits- und Gegenelektrode sehr wichtig. Diese Elektroden werden dann häufig planparallel oder konzentrisch angeordnet, um einen gleichmäßigen Feldverlauf zu erzielen.

Dürfen Produkte, die an der Gegenelektrode entstehen können, nicht in den Zellenraum gelangen, dann muss die Gegenelektrode in einem separaten Volumen durch eine Fritte vom Hauptelektrolyten abgetrennt werden.



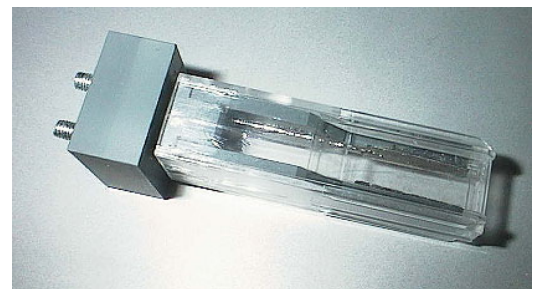
Optische Zelle in einer Küvette aufgebaut, 2 Platinelektroden, Volumen 0,5 ml

Sollen extrem schnelle Vorgänge gemessen werden, dann muss die Zelle möglichst klein sein, als Referenzelektrode wird man statt einer hochohmigen Kalomelelektrode eine weniger stabile, jedoch niederohmige Bezugslektrode verwenden: In chloridhaltigen Lösungen etwa einen Silberdraht, der dann eine Ag / AgCl - Elektrode bildet, oder ein Pt - Draht als Pseudo - Referenzelektrode.

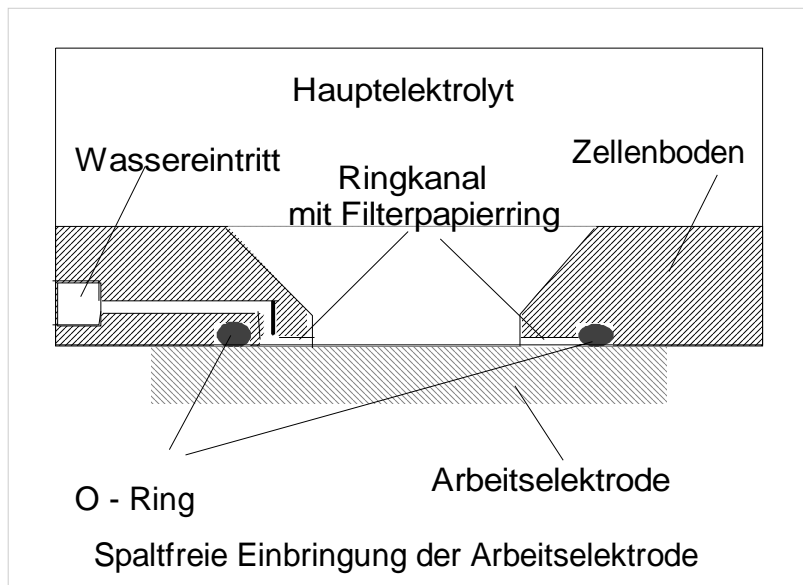
Ebenso sind Zellen für analytische Zwecke sehr klein, damit die zu analysierenden Stoffmengen klein gehalten werden können.

Zellen für Cyclovoltammetrie

Ein typisches Beispiel ist einerseits die sehr kleine Zelle für schnelle cyclovoltammetrische Messungen, in denen kleine Lösungsvolumina erwünscht sind. Zugunsten der Baugröße wird dann die Anzahl der Elektrodenanschlüsse und Durchführungen auf das notwendige Mindestmaß reduziert, weitmöglichst in den Abmessungen reduziert. Üblich sind Zellenvolumina zwischen 5 und 50 ml.



Zellen zur Untersuchung von Lochfraßkorrosion



Lochfraß an passiven Edelstählen ist stets von Spaltkorrosion begleitet. Will man diese ausschliessen, muss man auf eine Kunstharz - Isolierung der Elektrodenseitenflächen verzichten: Entweder wird dann die gesamte Probe allseitig eingetaucht und mit Platin kontaktiert, oder man sorgt dafür, dass zwischen der Messfläche und der isolierten Fläche keine Spalte entstehen können. In der "Avesta" - Zelle geschieht dies dadurch, dass zwischen Elektrodenfläche und Abdeckung ein künstlicher Spalt rings um die Messfläche erzeugt wird, der mit destilliertem Wasser mit

extrem kleiner Strömungsgeschwindigkeit gespült wird.

Durchflusszellen



Durchflusszellen oder Strömungszellen werden – analog zu rotierenden Elektroden (s.u.) verwendet, um den Einfluss strömender Medien auf Elektroden zu untersuchen. Insbesondere für den gleichzeitigen Angriff von Erosion und Korrosion sind Strömungszellen unverzichtbar. Außerdem sind Strömungszellen als elektrochemische Reaktoren für die Modellierung technischer Produktionsanlagen im Einsatz. Wichtig an Strömungszellen ist die Sicherstellung der laminaren Grenzströmung.

Aufsetzzellen



Will man Materialeigenschaften an großen Bauteilen elektrochemisch untersuchen, muss man sogenannte Aufsetzzellen benutzen. Einfache Beispiele dafür sind die Elektrolyse – Aufsetzzellen, die zur Schichtdickenbestimmung an galvanisierten Blechen verwendet werden. Bei ihnen bildet der Zellenbecher aus Edelstahl die Kathode, das Untersuchungsgut ist die Anode. Für Korrosionsuntersuchungen an Bauteilen werden Zellen eingesetzt, die auch an schrägen oder senkrechten Wänden verwendet werden können.

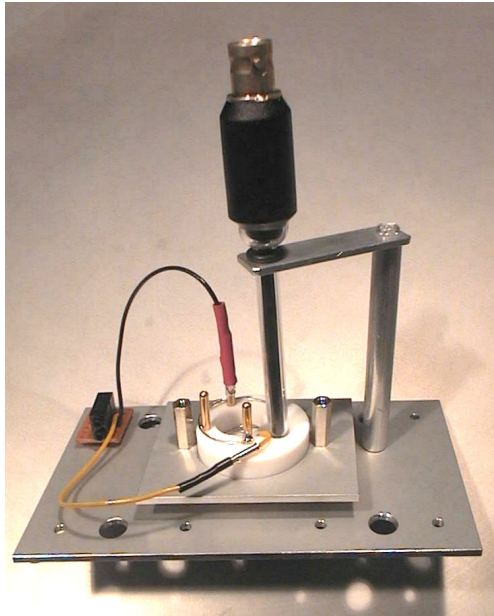
Links: Zelle für Korrosionsuntersuchungen im Feldeinsatz an einer senkrechten Rohrwand (Foto: Bank Elektronik)

Eine Variante davon bilden Mikro – Aufsetzzellen, mit denen Oberflächen im Bereich weniger Quadratmikrometer charakterisiert werden können. Die zu untersuchende Oberfläche bildet wiederum die Arbeitselektrode, eine Glaskapillare, deren Mündung mit einer Silikonschicht überzogen ist, bildet die eigentliche Zelle. Die Gegenelektrode wird in der Regel zwischen Arbeitselektrode und

Bezugselektrode angeordnet, dank der kleinen Ströme kann der Potentialfehler in Grenzen gehalten werden.

Sensorzellen

Ein extremes Beispiel für Miniaturzellen bilden Sensorzellen, in denen die Elektroden mittels Siebdruck auf ein Substrat aufgebracht werden. Damit können Zellvolumina der Größenordnung Mikroliter realisiert werden.



ELEKTRODEN

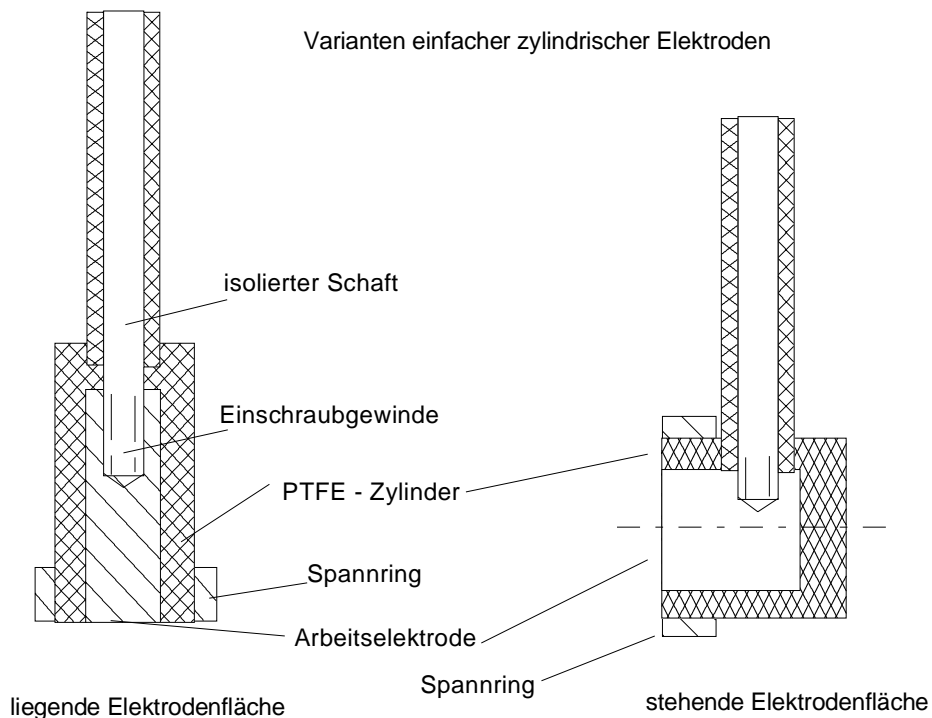
Arbeitselektroden

Arbeitselektroden, deren Material selbst Untersuchungsgegenstand ist, können nicht immer in beliebige Form gebracht werden. Oft sind bestimmte Oberflächen Gegenstand der Untersuchung und alle anderen Flächen müssen elektrisch isoliert werden. Dazu stehen folgende Methoden zur Verfügung:

Isolierung durch Kunstharze

Ein guter Kunstharzlack wird auf die Teilflächen aufgetragen, die von der Messung ausgeschlossen werden sollen. Von einem solchen Lack ist zu fordern, dass er elektrisch gut isoliert, beständig gegen Quellen im Elektrolyten ist, hinreichend lange spaltfrei auf der Oberfläche haftet und selbst keine störenden Stoffe an den Elektrolyten abgibt. Diese Eigenschaften werden nur von wenigen kommerziellen Produkten erfüllt! Gleiches gilt für das Eingießen von Proben in Kunstharze: Das Problem der Spaltbildung ist dort in der Regel noch erheblich größer.

Einpressen in PTFE – Isolierhalterungen

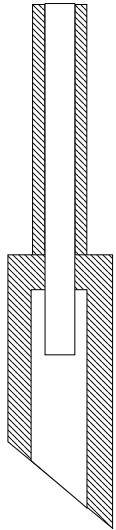


Einfach: Liegende Elektrodenfläche
Nachteil: Gasblasen sammeln sich unter der Elektrode

Besser: Stehende Elektrodenfläche
keine Gasblasenanhäufung

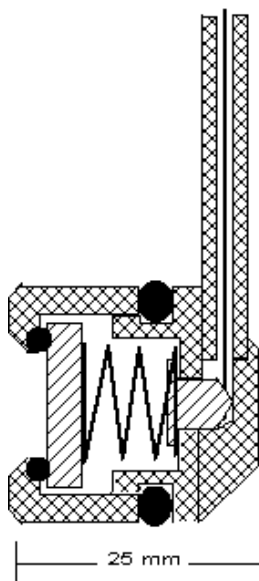
Zylindrische Arbeitselektroden können mit gutem Erfolg in Halterungen aus PTFE eingepresst werden. Dazu wird die Probe mit leichtem Übermaß bezüglich der Bohrung in einem PTFE - Block gefertigt und kalt in einen gut vorgewärmten PTFE - Block eingedrückt. Wegen des hohen Ausdehnungskoeffizienten und der Fließfähigkeit des PTFE werden die Seitenflächen beim Abkühlen gut abgedichtet. Man sollte allerdings für Korrosionsmessungen zumindest einen Stützring aus nicht korrodierendem Material so über den Teflonkörper ziehen, dass eine Spaltbildung zwischen Arbeitselektrode und Teflon unterdrückt wird.

Hinreichend hohe Pressungen erzielt man, indem man den Stützring mit leichtem Untermaß fertigt (je nach Möglichen Temperaturen ca. 1% -2% kleinerer Innendurchmesser). Die Anordnung Teflon / Arbeitselektrode wird in der Tiefkühltruhe (oder Trockeneis oder flüssiger Luft) so tief wie möglich abgekühlt und der leicht erwärmte Ring dann übergezogen.

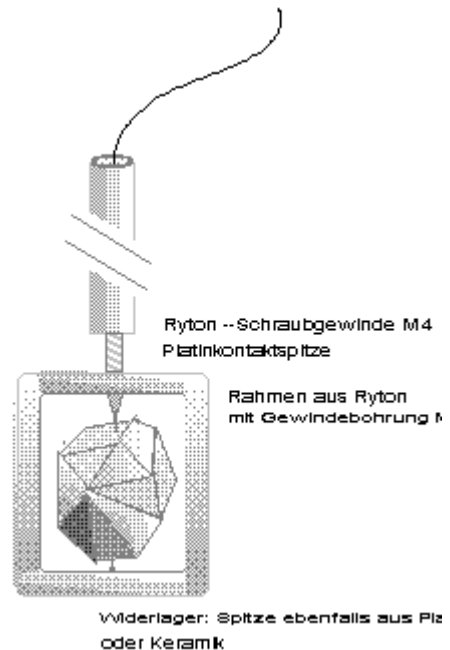
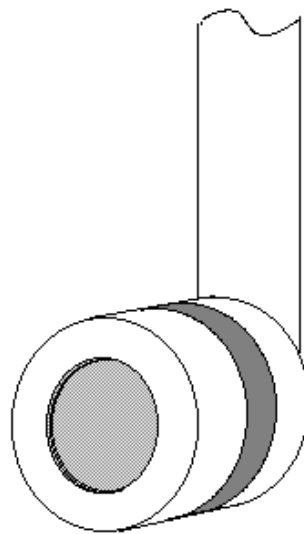


Einen Kompromiss zwischen senkrechter und waagerechter Anordnung stellt die nebenstehende schräg geschliffene Elektrode dar. Da hier kein Stützring angebracht werden kann, eignet sich diese Methode nur für beschichtete Elektroden.

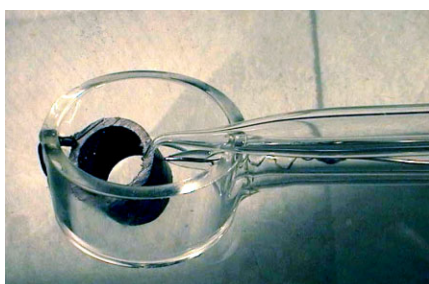
Arbeitselektroden, deren gesamte Oberfläche in den Elektrolyten eintauchen darf, werden am einfachsten mit einem Platindraht gehalten und kontaktiert. Hier ist allerdings zu beachten, dass kathodische Teilstromspannungskurven in wässriger Lösung durch die niedrige Wasserstoffüberspannung des Platins verändert werden können. Eine bessere Lösung ist hier das Einklemmen der Probe zwischen zwei kleinen Spitzen, deren eine zur Kontaktierung dient. Solange die Fläche der Kontaktspitze klein gegenüber der Arbeitselektrode bleibt, ist ihr Anteil am Elektrodenumsatz vernachlässigbar.



Wechselelektroden mit einseitiger Meßfläche

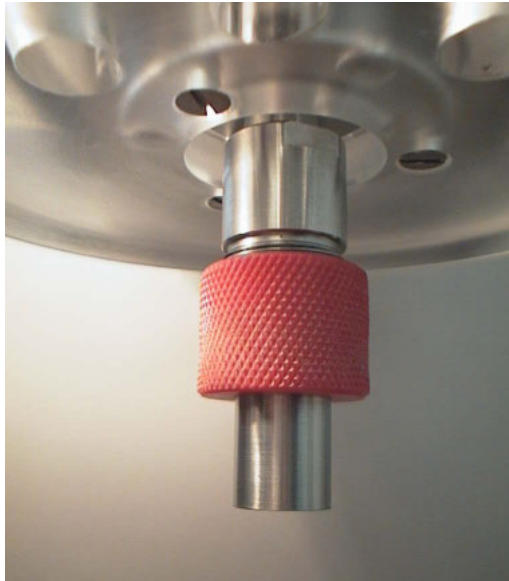


Wechselelektrode für spaltfreie Kontaktierung



Probe zwischen Kontaktspitzen eingeklemmt, dazu Mündung der Haber – Luggin - Kapillare

Rotierende Elektroden



Rotierende Elektroden werden stets dann benötigt, wenn der An- oder Abtransport von Spezies an die Probenoberfläche bzw. von ihr weg untersucht werden soll bzw. kontrolliert werden muss. An rotierende Elektroden werden hohe Ansprüche bezüglich der Rundlaufgenauigkeit und der sicheren Kontaktierung gestellt. Dazu werden in der Regel Quecksilberkontakte verwendet, da Bürstenkontakte selten die erforderliche Rauschfreiheit erbringen.

Die rotierende Scheibenelektrode bietet den Vorteil, dass der Flüssigkeitsstrom tangential zur Oberfläche bis zu sehr hohen Fließgeschwindigkeiten laminar bleibt. Damit können Diffusionsgrenzschichten bis in den μm -Bereich konstant eingestellt werden. Die rotierende Scheiben - Ring - Elektrode erlaubt es, bei kleinem Abstand zwischen Scheiben- und Ringelektrode, Bildungs- und Zerfallsgeschwindigkeiten von kurzlebigen Produkten, die an der Scheibenelektrode erzeugt

werden, zu bestimmen.

Rotierende Zylinderelektroden werden eingesetzt, wenn Turbulenzeffekte untersucht werden sollen. Sie sind auch gut zur Untersuchung von Thermotransfereinflüssen zwischen Elektrode und Elektrolyt geeignet.

Bezugselektroden

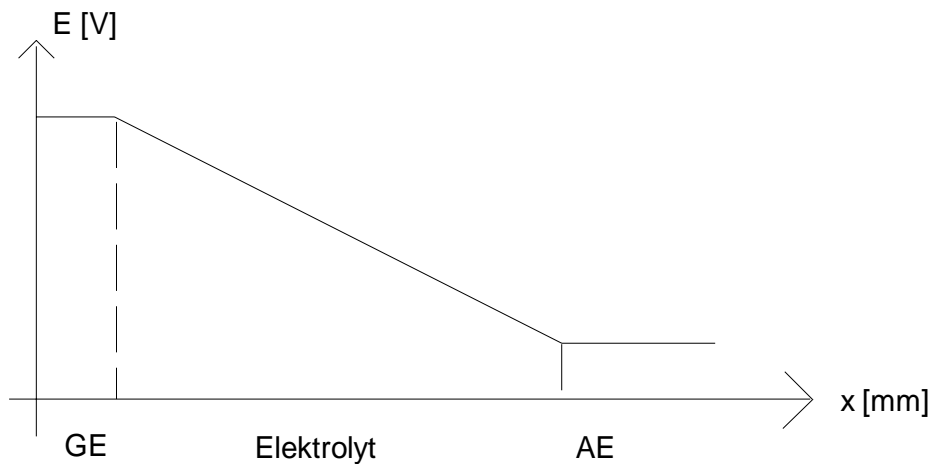
Bezugselektroden sollen vor allem ein stabiles Potential halten. Unter der Voraussetzung, dass der Elektrolyt im Bezugselektrodenraum nicht verschmutzt wird, sind handelsübliche Kalomelektroden, Silber/Silberchloridelektroden und Quecksilbersulfat- oder Oxidelektroden über Jahre gut stabil.

Um die Bezugselektroden einerseits frei von Verschmutzungen und andererseits den IR - Spannungsfehler in der Messung klein zu halten, setzt man sie nicht direkt in die Zelle, sondern in ein Zwischengefäß, wobei eine Fritte die eigentliche Bezugselektrode vom Zwischenelektrolyten trennt. Ist es nicht möglich, eine "artgleiche" Bezugselektrode (s.u.) zu wählen, so muss dafür gesorgt werden, dass die beiden Elektrolyten nicht ineinander diffundieren. Eine Möglichkeit ist die Verwendung feinporiger Fritten, die die beiden Elektrolyten separieren. Für dynamische Messungen sind solche Übergänge jedoch wenig geeignet. Hier bietet sich an, einen Platinstift in ein Glasrohr aus Laborglas einzuschmelzen (hier kein Spezialglas für Platindurchführungen verwenden!). Das Platin hat einen höheren Ausdehnungskoeffizienten als das Glas, deshalb bildet sich ein Ringspalt aus, der obendrein gut benetzt wird. Der elektrolytische Kontakt ist notwendig zur korrekten Potentialausbildung. Der Platindraht bildet eine niederohmige Verbindung für die korrekte Übertragung dynamischer Signale.

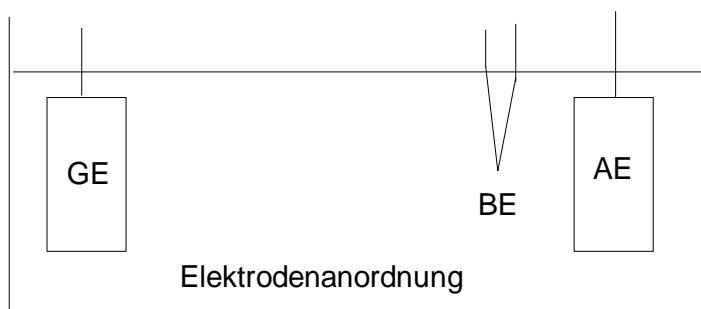
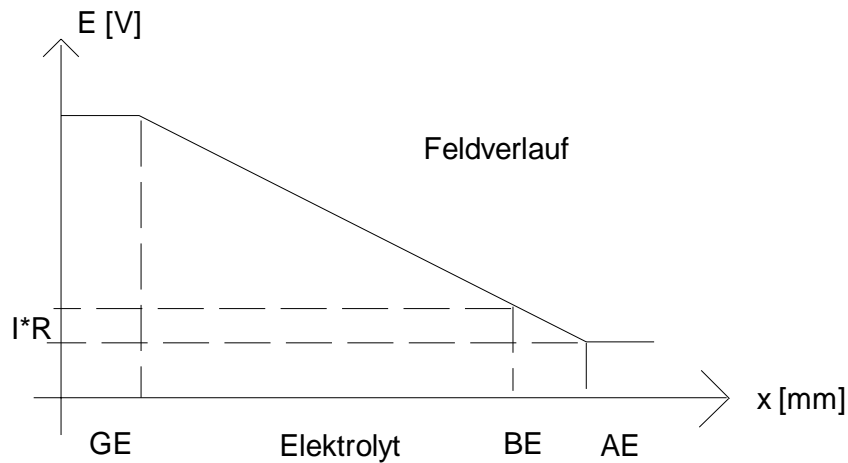
Die Geometrie der Anordnung Arbeitselektrode / Bezugselektrode ist vor allen anderen Faktoren bestimmend für die Messgenauigkeit. Deshalb sollte man auf sie größte Sorgfalt verwenden.

Zum besseren Verständnis folgende Betrachtung:

Fließt zwischen der Gegenelektrode und der Arbeitselektrode ein Strom, dann fällt, da der Elektrolyt einen endlichen ohmschen Widerstand hat, eine Spannung zwischen Gegenelektrode und Arbeitselektrode ab. Dieses Spannungsgefälle bildet ein elektrisches Feld zwischen den beiden Elektroden:



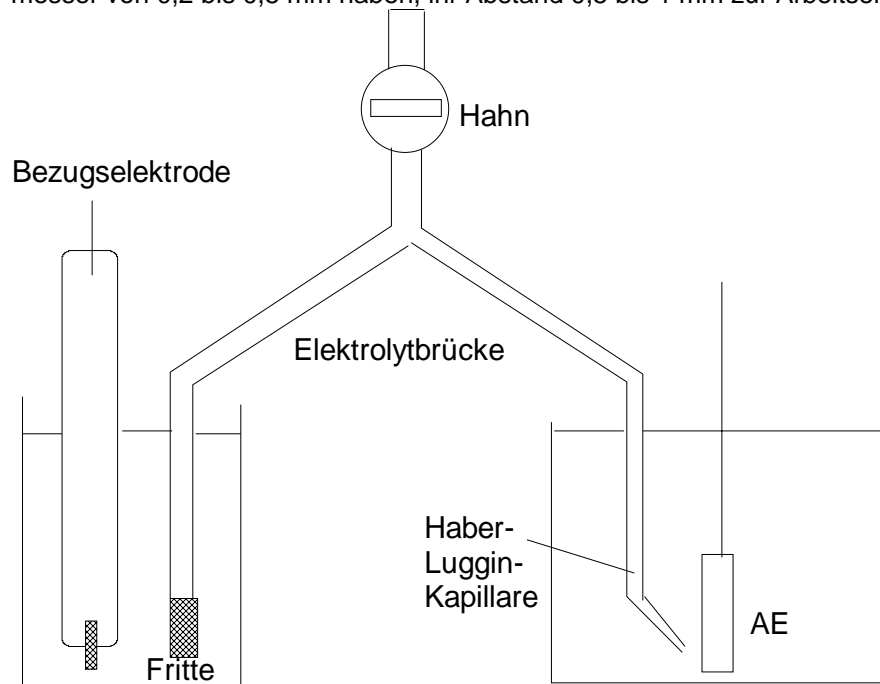
Der ideale Ort für die Messung des Arbeitselektrodenpotentials ist die Oberfläche der Arbeitselektrode selbst. Leider ist dies in der Praxis unmöglich, man kann mit der Bezugs-elektrode nur auf endliche Entfernung an die Arbeitselektrode herankommen. Damit erhält man einen Messfehler, der proportional zum Strom durch die Arbeitselektrode ist, den sogenannten "ohm'schen Spannungsfall" oder englischem Sprachgebrauch folgend, "IR-Drop".



Der ohm'sche Spannungsfall beträgt $I \cdot R$, wobei I der Strom durch die Arbeitselektrode und R der Elektrolytwiderstand ist. Man sieht an der Grafik leicht, dass R mit der Entfernung der Bezugs-elektrode zur Arbeitselektrode wächst.

Um diesen Abstand möglichst klein zu halten, setzt man die Bezugs-elektrode nicht direkt in den Elektrolyten ein, sondern schließt sie über eine Kapillare, die sog. "Haber - Luggin - Kapillare" an. Damit kann man die Distanz Referenzpotentialmesspunkt - Arbeitselektrodenoberfläche bis auf weniger als 1 mm verkleinern. Die praktische Untergrenze für eine solche Anordnung ist vom Kapillarendurchmesser abhängig: Je kleiner die Kapillare, um so weiter darf man sich der Arbeitselektrode nähern, andernfalls treten andere Messfehler durch "Abschatten" der Feldlinien auf.

Vor der Arbeitselektrode wird eine Kapillare mit fein ausgezogener Mündung, die Haber - Luggin - Kapillare, angebracht. Sie wird über ein Rohr oder einen Schlauch mit dem Zwischenelektrolyten verbunden. Der die Messung verfälschende IR - Spannungsfehler ist jetzt wegen des kleineren Abstands zwischen der Kapillarenmündung und der Arbeitselektrode begrenzt und für kleine Ströme meist vernachlässigbar. Die Mündung der Haber - Luggin - Kapillare sollte im Idealfall einen Durchmesser von 0,2 bis 0,5 mm haben, ihr Abstand 0,5 bis 1 mm zur Arbeitselektrode betragen.

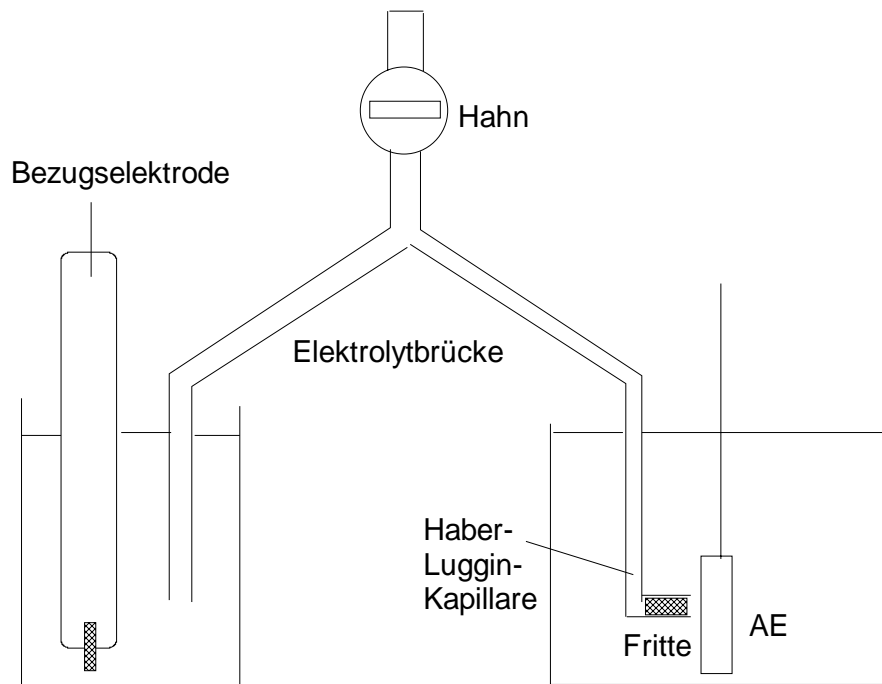


Anordnung Haber - Luggin - Kapillare mit Fritte auf der Seite der Bezugselektrode

Im Regelfall ist der Elektrolyt in der Messzelle verschieden von dem des Bezugselektrodensystems: Deshalb muss der Bezugselektrolyt vom Volumen der Messzelle durch eine Fritte abgetrennt werden. Diese Fritte kann man entweder an die Mündung der Haber - Luggin - Kapillare legen, oder an das Ende, das zur Bezugselektrode zeigt.

Beide Bauarten haben Vor- und Nachteile. Liegt die Fritte dicht vor der Arbeitselektrode, dann besteht die Gefahr, dass Spuren des Bezugselektrolyten (in der Regel ein gut leitfähige KCl - Lösung) bis zur Arbeitselektrode gelangt und damit unerwünschte Reaktionen auslöst. Außerdem darf man die Fritte wegen des relativ großen Durchmessers nicht all zu dicht an die Arbeitselektrodenoberfläche heranbringen, da sonst der Fehler durch "Abschattungseffekte" der Feldlinien wächst. Damit ist bei einer solchen Anordnung der IR-Drop - Fehler größer. Vorteil dieser Bauart ist, dass die Elektrolytbrücke zur Bezugselektrode niederohmig bleibt und damit wenig anfällig gegen Brummeinstreuungen ist.

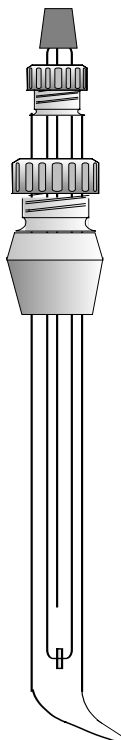
Liegt die Fritte an der Seite der Bezugselektrode, dann hilft die Länge der Kapillare als zusätzliche Diffusionsbremse, eine Kontaminierung des Hauptelektrolyten zu verhindern. Andererseits ist damit - insbesondere wenn man mit schlecht leitfähigen Elektrolyten arbeitet, die Haber - Luggin - Kapillare entsprechend hochohmig und muss gut abgeschirmt werden.



Anordnung Haber - Luggin - Kapillare mit Fritte auf der Seite der Arbeitselektrode

Bei der praktischen Ausführung der Haber - Luggin - Kapillare sollte man darauf achten, dass sie nicht zu dünn gerät. Mit abnehmendem Querschnitt im Kapillarenrohr steigt der Widerstand der Anordnung und wird zunehmend anfälliger gegen Brummeinstreuungen. Sehr schwach leitfähige Elektrolyten können hier Sonderkonstruktionen erforderlich machen, etwa den Einbau einer Mikro - Bezugselektrode in die Kapillare selbst.

Eine dritte Möglichkeit besteht darin, Bezugselektrode und Haber - Luggin Kapillare derart zu kombinieren, dass die Vorzüge beider vorgenannten Konstruktionen erhalten bleiben:



Referenzelektrodensysteme

Die Wasserstoffelektrode - genauer: die Normalwasserstoffelektrode (**normal hydrogen electrode, NHE**)- bildet die Basis des elektrochemischen Bezugssystems. Das Potential des Elektrodendurchtritts $e^- + H^+ \rightarrow \frac{1}{2} H_2$ unter Standardbedingungen, d.h. 1 molare Protonenkonzentration, $T=293K$, $p_{H_2} = 1$ bar wird als Nullpunkt der Potentialskala definiert. Wasserstoffelektroden waren früher jedoch sehr unhandlich, auch nicht in jedem Medium einsetzbar, deshalb werden für die Praxis einfacher zu handhabende Bezugselektroden angeboten. Potentiale einiger Referenzelektroden für wässrige Elektrolyte bezogen auf Normalwasserstoffelektrode (NHE)

Ag/AgCl	ges. KCl	+197 mV
Ag/AgCl	3 M KCl	+207 mV
Ag/AgCl	0.1 M KCl	+289 mV
Cu/CuSO ₄	ges. CuSO ₄	-320 mV
Kalomel	ges. KCl	+241 mV
Kalomel	1 M KCl	+282 mV
Hg/HgO	NaOH	+915 mV
Hg/HgSO ₄	ges. K ₂ SO ₄	+658 mV
Pb/PbSO ₄	ges. K ₂ SO ₄	-277 mV
Thalamid		-577 mV

Oben: Haber - Luggin - Kapillare mit eingebauter Referenzelektrode

Es ist ratsam, die Referenzelektrode, falls möglich, nach dem Messelektrolyten auszuwählen (z.B. Sulfat - Bezugs Elektroden für Messungen in Sulfaten, Chloridbezugselektroden für Messungen in Chloridlösungen etc. Das hat den Vorteil, dass wegen der geringeren Kontaminationsgefahr keine sehr feinporigen Fritten zur Trennung von Bezugs elektrodenraum und Hauptelektrolyt verwendet werden müssen. Dadurch kann der Übergangswiderstand zwischen beiden Elektrolyten klein gehalten werden, außerdem bleiben die Diffusionspotentiale klein.

Sollten Sie nach geeigneten Bezugs elektroden für spezielle Anwendungen suchen, dann ist das Buch von D.J.G. Ives & G.J. Janz, "Reference Electrodes, Theory and Practice" sehr hilfreich. Es ist mittlerweile als Nachdruck bei der NACE erschienen.

Neuerdings sind Wasserstoffelektroden im Handel erhältlich, die mittels einer kleinen Batterie den Wasserstoff selbst entwickeln. Sie sind damit kaum größer als etwa handelsübliche Kalomel – Referenzelektroden.

Diffusionspotentiale, Membranpotentiale

Bei der Auswahl der Referenzelektrode sollte unterem darauf geachtet werden, dass die Fehler durch Diffusionspotentiale an den Übergängen zwischen dem Referenzelektrodensystem und dem Messelektrolyten klein bleiben. Dies ist bei den üblichen technischen Referenzelektroden bereits berücksichtigt.

Technische Ärgernisse

Ein bekanntes Problem elektrochemischer Messungen besteht darin, dass Gasblasen in die Haber - Luggin - Kapillare eindringen können und dann die Messstrecke unterbrochen ist. Wenn das passiert, muss meist die Messung neu begonnen werden, neuer Elektrolyt eingefüllt werden und die Arbeitselektrode neu präpariert werden, denn bei Unterbrechung der Potentialmessung geht der Potentiostat auf Vollaussteuerung mit allen unerquicklichen Folgen. Was kann man dagegen tun? Neben der Möglichkeit, den Elektrolyten in der Kapillare als Gel auszubilden, was nicht immer möglich ist, kann man sich leicht behelfen, indem man einen Baumwollfaden (Zwirn) in das Kapillarenrohr einzieht. Gasblasen verringern dann den Querschnitt der Kapillare und führen zu erhöhter Einstreuung von Brumm oder HF-Signalen. Das Signal wird zwar schlechter, die Messstrecke wird aber nicht komplett unterbrochen.

Gegenelektroden



Die Gegenelektroden müssen praktisch nur der Bedingung genügen, nicht selbst an der Reaktion teilzunehmen. Aus diesem Grund werden oft Edelmetallelektroden, bevorzugt Platinelektroden verwendet. Die Eigenschaften von Platinelektroden können noch verbessert werden, wenn man ihre Oberfläche mit Platinmohr überzieht.

Links: Einfache Gegenelektrode aus 0,5 mm Platindraht, Durchführung durch PVC- oder PTFE - Stopfen

Rezeptur zur Herstellung von platinieren Elektroden (Platinmohr – Abscheidung)

Ansatz:
150 ml dest Wasser
5 g Platinchlorwasserstoffsäure – Hexahydrat (H_2PtCl_6)*6H₂O
50 mg Bleiacetat

Geräte:

Zelle oder geeignetes Becherglas
Gegenelektrode (Platinblech)
Potentiostat (bzw. Galvanostat) oder Netzgerät mit einstellbarer Strombegrenzung

Prozedere:

Platinoberfläche sorgfältig entfetten (Methanol, Auskochen in dest. Wasser), abbeizen.
Als Kathode anschließen
Stromdichte 100 bis 500 mA/cm², Zeit ca. 3 bis 10 min je nach Stromstärke
Nach Bildung des schwarzen Belags Elektrode gut abspülen

Anschließend 5 min in 0,2 molarer Schwefelsäure (p.A.) nochmals kathodisch polarisieren
Abspülen, wässern

Platinmohroberflächen nicht mit den Fingern berühren!

Für nicht allzu hohe Anforderungen können Gegenelektroden aus korrosionsbeständigen Nickellegierungen oder aus Graphit hergestellt werden. Die notwendige Elektrodenfläche muss hinreichend dimensioniert werden, damit diese Elektroden nicht soweit (positiv) polarisiert werden, dass sie korrodieren. Graphitelektroden haben weiterhin den Nachteil, dass sie bei hohen Potentialen an der Gegenelektrode zu CO_2 oxidiert werden, man muss also stets darauf achten, dass die Gegenelektrode hinreichend groß ist, damit sich dort keine hohen Zersetzungsspannungen aufbauen können.



Die Anordnung der Gegenelektrode ist dann wichtig, wenn wegen hoher Ströme oder wegen sehr niedriger Leitfähigkeiten auf den Feldverlauf zwischen Arbeits- und Gegenelektrode geachtet werden muss, um gleichmäßige Stromdichten auf der Arbeitselektrode zu erhalten. In diesem Fall sind planparallele Anordnungen oder zylindrische Anordnungen der Elektroden vorteilhaft.

Links: Gegenelektrode aus platinierterem Titan - Streckmetall für Hochstrom - Anwendungen

uns an.

Wir liefern Ihnen Zellen und beraten Sie zum Bau eigener Zellen. Rufen Sie

BANK
ELEKTRONIK

Bank Elektronik - Intelligent Controls GmbH
Giessener Strasse 60 D - 35415 Pohlheim
Phone (+49)-6403-609860 Fax -6098622 E-mail info@bank-ic.de

INTELLIGENT CONTROLS