

---

# HANDBUCH DER EXPERIMENTELLEN CHEMIE

---

## SEKUNDARBEREICH II

---

### BAND 6

### ELEKTROCHEMIE

Herausgegeben von:  
*Walter Jansen*

Verfaßt von:  
*Hans Bouma, Ludo Brandt, Hilke Fickenfrerichs, Bolko Flintjer, Carl Heinz Hamann,  
Peter Haupt, Rudolf Holze, Kerstin Höner, Jean Jansen, Walter Jansen, Bettina Kaminski,  
Monika Kenn, Otto Kownatzki, Insa Melle, Renate Peper-Bienzeisler, Romuald Piosik,  
Frank Thiemann, Willem van der Veer; Helmut Wenck*



AULIS VERLAG DEUBNER & CO KG · KÖLN

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort

<b>1</b>	<b>Grundlagen der Elektrochemie</b>	<b>1</b>
1.1	Geschichte der Elektrochemie ( <i>Walter Jansen</i> )	1
1.1.1	Einleitung	1
1.1.2	Die Anfänge	1
1.1.3	Die Entdeckung der galvanischen Elektrizität und ihre Theorie – <i>Luigi Galvani</i> und <i>Alessandro Volta</i>	3
1.1.4	Die frühe Entwicklung der Fällungs-/Spannungsreihe der Metalle und die chemische Erklärung der galvanischen Aktion durch <i>Johann Wilhelm Ritter</i>	4
1.1.5	Galvanische Elektrizität vor 2000 Jahren – die Batterie der Parther?	8
1.1.6	Die ersten elektrolytischen Untersuchungen – <i>Humphry Davy</i> und <i>Jöns Jacob Berzelius</i>	11
1.1.7	Die Entdeckung der großen Gesetze der elektrochemischen Zersetzung durch <i>Michael Faraday</i>	14
1.1.8	Die Erfindung leistungsfähiger elektrochemischer Energiequellen	16
1.1.9	Untersuchungen über die Leitfähigkeit von Elektrolyten – <i>Johann Wilhelm Hittorf</i> und <i>Friedrich Wilhelm Georg Kohlrausch</i>	19
1.1.10	Die Erklärung der elektrochemischen Vorgänge durch <i>Hermann von Helmholtz</i>	20
1.1.11	Die Entwicklung der Iontentheorie – von <i>Svante Arrhenius</i> und <i>Wilhelm Ostwald</i> zu <i>Petrus Debye</i> und <i>Erich Hückel</i>	21
1.1.12	Die Erklärung der Elektrodenpotentiale und ihre Konzentrationsabhängigkeit durch <i>Walther Nernst</i>	24
1.1.13	Die Entwicklung der elektrochemischen Analyseverfahren	26
1.1.14	Auswirkungen der Elektrochemie auf die Atomvorstellung	27
1.1.15	Die Entwicklung der industriellen elektrochemischen Verfahren	28
1.2	Grundlagen der Elektrochemie	29
1.2.1	Grundlegende Begriffe der Elektrochemie ( <i>Rudolf Holze</i> )	29
1.2.2	Überblick: Batterien und elektrochemische Energiequellen ( <i>Rudolf Holze</i> )	44
1.2.3	<i>Nernstsche</i> Theorie der Elektrodenpotentiale und die <i>Nernstsche</i> Gleichung ( <i>Walter Jansen</i> )	53
1.2.4	Elektrochemische Kinetik ( <i>Carl Heinz Hamann</i> )	61
1.3	Zur Didaktik der Elektrochemie ( <i>Walter Jansen</i> )	77
1.3.1	Begründung eines zeitgemäßen naturwissenschaftlichen Unterrichts	77
1.3.2	Bildungsziele des Chemieunterrichts	78
1.3.3	Wissenschaftstheoretische Beschreibungen naturwissenschaftlicher Forschung	80
1.3.4	Der historisch-problemorientierte Unterricht zur Grundlegung fundamentaler Einsichten	82
1.3.5	Beispiele historisch-problemorientierten Vorgehens in der Elektrochemie	83
1.4	Sicherheits- und Entsorgungshinweise ( <i>Walter Jansen</i> )	86
1.4.1	Gesetze, Verordnungen und Regeln zur Sicherheit bei chemischen Arbeiten und zum Umgang mit Gefahrstoffen	86
1.4.2	Die wichtigsten Maßnahmen für sicheres Arbeiten bei chemischen Versuchen	87
1.4.3	Zum Umgang mit Gefahrstoffen bei chemischen Versuchen	87
1.4.4	Sicheres Arbeiten mit Brom ( <i>Otto Kownatzki</i> )	96
1.4.5	Sicheres Arbeiten mit Elektrizität und elektrischen Geräten	97
1.4.6	Betriebsanweisungen für den Chemiebereich in Schulen	98
1.4.7	Entsorgung	98

1.4.8	Das Prinzip der Verhältnismäßigkeit .....	99
1.5	Experimente .....	104
1.5.1	Leitfähigkeit und einfache Elektrolysen ( <i>Bolko Flintjer</i> ) .....	104
1.5.2	<i>Faraday</i> -Gesetze ( <i>Monika Kenn</i> ) .....	146
1.5.3	Elektrochemische Energiegewinnung und Batterien ( <i>Walter Jansen</i> ) .....	158
1.5.4	Spannungsreihe und Elektrodenpotentiale ( <i>Walter Jansen</i> ) .....	202
1.5.5	Die Konzentrationsabhängigkeit des Elektrodenpotentials ( <i>Walter Jansen</i> ) .....	235
1.5.6	Zersetzungsspannung und Überspannung ( <i>Walter Jansen</i> ) .....	255
<b>2</b>	<b>Korrosion</b> .....	270
2.1	Grundlagen der Korrosion ( <i>Rudolf Holze</i> ) .....	270
2.2	Zur Geschichte der Korrosion und des Korrosionsschutzes ( <i>Walter Jansen</i> ) .....	275
2.3	Experimente zur Korrosion und zum Korrosionsschutz ( <i>Bolko Flintjer</i> ) .....	279
2.3.1	Sauerstoff- und Säurekorrosion .....	279
2.3.2	Korrosionsschutz und Passivierung .....	287
<b>3</b>	<b>Großtechnische Elektrolyseverfahren</b> .....	297
3.1	Grundlagen großtechnischer Elektrolyseverfahren ( <i>Rudolf Holze</i> ) .....	297
3.1.1	Chloralkalielektrolyse .....	297
3.1.2	Andere anorganische Elektrolysen .....	301
3.1.3	Organische Elektrosynthesen .....	303
3.2	Zur Geschichte großtechnischer Elektrolyseverfahren ( <i>Bolko Flintjer</i> ) .....	306
3.3	Experimente .....	309
3.3.1	Die Zinkelektrolyse ( <i>Bolko Flintjer</i> ) .....	309
3.3.2	Die Kupferraffination ( <i>Bolko Flintjer</i> ) .....	314
3.3.3	Das Galvanisieren ( <i>Peter Haupt</i> ) .....	318
3.3.4	Die Schmelzflußelektrolyse ( <i>Bolko Flintjer</i> ) .....	325
3.3.5	Die Chloralkalielektrolyse ( <i>Bolko Flintjer</i> ) .....	329
3.3.6	Organische Elektrolyseverfahren ( <i>Bolko Flintjer</i> ) .....	341
<b>4</b>	<b>Ausgewählte Themen der Elektrochemie</b> .....	344
4.1	Die <i>Volta</i> -Zelle, die Batterie der Parther und das Vergolden der Bagdader Goldschmiede ( <i>Walter Jansen</i> ) .....	344
4.2	Die <i>Voltasche</i> Säule und der <i>Rittersche</i> Akkumulator ( <i>Walter Jansen</i> ) .....	358
4.3	Die Entdeckung der Spannungsreihe der Metalle durch <i>Johann Wilhelm Ritter</i> ( <i>Walter Jansen</i> ) .....	361
4.4	Elektrochemische Versuche in Projektion und in Normschliffgeräten ( <i>H. Bouma</i> ) .....	366
4.4.1	Einführung .....	366
4.4.2	Experimente in Projektion: Elektrolyse in Petrischalen .....	366
4.4.3	Experimente für zweigeteilte Elektrolyse-Petrischalen .....	374
4.4.4	Ein Normalschliff-Aufbausatz zur Elektrochemie .....	381
4.5	Die Zitronen-Batterie ( <i>Walter Jansen</i> ) .....	383
4.6	Alchimistengold ( <i>Walter Jansen</i> ) .....	385
4.7	Die Erfindung der Glaselektrode durch <i>Fritz Haber</i> und <i>Zygmunt Klemensiewicz</i> ( <i>Walter Jansen</i> und <i>Romuald Piosik</i> ) .....	387
4.7.1	<i>Fritz Haber</i> .....	387
4.7.2	Zur Erfindung der Glaselektrode .....	388
4.7.3	Versuche zum Nachbau der Glaselektrode .....	390
4.7.4	Die Potentialbildung an der Glaselektrode .....	392
4.7.5	Die Chinyhydron-Elektrode von <i>Einar Bülmann</i> .....	397
4.7.6	Leben und Schicksal von <i>Zygmunt Klemensiewicz</i> .....	398
4.8	Ionensensitive Elektroden ( <i>Helmut Wenck</i> ) .....	401