



FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS-
UND SYSTEMTECHNIK

Praktikum Physikalische Chemie II Allgemeine Grundlagen

Einführungsveranstaltung zum WS 2009/2010

„Laborbesatzung“:

Stefan Becker
Marion Brockmann
Stephan Härtel
Dr. Lama Naji

Überblick

- **Hinweise zum Praktikum**

- ↳ Versuche

- ↳ Durchführung/Protokolle

- **Einheiten**

- **Messen**

- **Fehlerbetrachtung**

- ↳ Arten von Fehlern

- ↳ Ablesen von Messinstrumenten

- ↳ Fehlerrechnung

- ↳ Regression

- **Referenzdaten/ Literaturangaben**

Hinweise zum Praktikum

Versuche

Elektrochemie/ Transportvorgänge:

Ionenwanderung → Wandungsgeschwindigkeit des Kupfertetraammin-Ions

Dr. L. Naji

Molekül- und Teilchenbewegung:

Brownsche Molekularbewegung

Dr. L. Naji

Stoffwerte von Flüssigkeiten:

Siedediagramm → Binäre Mischungen
(Methanol und Chloroform)

Dr. L. Naji

Aufbau der Materie:

Oberflächenanalytik → Röntgenphotoelektronen-
spektroskopie (XPS)

S. Becker

Wasserstoffatom → Balmerreihe des Wasserstoffs

S. Härtel

Hinweise zum Praktikum

Durchführung/Protokolle

- **Ort:** Geb. 16 /Raum 008 (Chemisches Institut)
- 1. Praktikumstag: Laboreinweisung → Antestat → Versuchsdurchführung
→ Heimarbeit → Protokoll abgeben (*Musterprotokoll*) → Abtestat
- **Antestate = Gruppenleistung: „Alle oder keiner!“**
- **Protokolle sind beim nächsten Termin (i.d.R. nach 2 Wochen) abzugeben, sonst erfolgt keine Zulassung zum nächsten Versuch**
- **nach dem kompletten Praktikum findet ein Abtestat über alle vier durchgeführten Versuche statt (Beginn etwa zwei Wochen nach Beendigung der Experimente)**
- *Testatbogen* ist Leistungsnachweis (immer dabei haben)
Ihren *Praktikumsschein* erhalten Sie nach Vorlage des vollständig ausgefüllten Testatbogens und nach bestandener Prüfung im Sekretariat bei Herrn Mund (Geb. 16/ Raum 014).

Testatbogen

PC-Praktikum – Testatbogen

Name:.....Fachrichtung:.....

Matr.-Nr.:.....Gruppe/Wochentag:.....

Übersicht über die durchgeführten Versuche:

Versuch	Antestat	Messung	Protokoll abgegeben	Protokoll korrekt	Abtestat

Bemerkungen:

Institutshomepage → Hinweise zum Ablauf des Praktikums
Zum ersten Praktikum bitte ausdrucken

Generelle Grundlagen

1. **Ableitung, partielle Ableitung, Differenzial**
2. **totales Differenzial, thermodynamische Zustandsfunktionen**
3. **bestimmtes und unbestimmtes Integral**
4. **Intensive und extensive Größen**
5. **System und Umgebung**
6. **Phase**
7. **Temperatur**
8. **Enthalpie**
9. **Entropie**
10. **praktische Anwendung des Ohmschen Gesetzes**
11. **praktische Fehlerrechnung**

Diese Grundlagen sind obligatorisch und können in **jedem Antestat** abgefragt werden! Diese kennen Sie schon aus dem PC I Praktikum.

Generelle Grundlagen

Speziell für PC II

1. Chemische Reaktionen bei der Elektrolyse
2. Kräfte auf Ionen im Elektrischen Feld, Stokesches Gesetz
3. Allgemeine Gleichgewichtsbedingungen
4. Phasengleichgewicht bei binären Mischungen
5. Brechungsindex
6. Siedediagramme von binären Mischungen
7. Azeotropie
8. Ohmsches Gesetz
9. Diffusion und Brownsche Molekularbewegung
10. Bohrsches Atommodell
11. Bedeutung der Quantenzahlen n und l
12. Ionisierungsenergie und Rydbergkonstante von Einelektronenatomen
13. Beugung am Spalt bzw. Strichgitter
14. Dispersion

Hinweise zum Praktikum

Protokolle

Die Protokolle sind verbindlich wie folgt zu gliedern:

1. Ziel des Versuchs

2. Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung ist *wörtlich* aus der Versuchsanleitung zu entnehmen.

3. Theoretische Grundlagen

In knapper Form, aber in *vollständigen Sätzen* sind die Grundlagen zum Versuch darzustellen. Es sind dabei alle zur Auswertung benötigt Gleichungen darzustellen und sind dazu wie folgt in den Text einzubinden:

$$H = U + pV \quad (1)$$

Die Darstellung muss in eigenen Worten erfolgen (*keine Plagiate!*).

Hilfsmittel sind anzugeben! Wenn Bilder oder Tabellen aus Büchern oder der Praktikumsanleitung genutzt werden, ist dies in der *Bildunterschrift* oder der *Tabellenüberschrift* durch z.B. [1] zu kennzeichnen. Bildunterschriften und Tabellenüberschriften erfolgen mit *fortlaufender Nummerierung*.

Bsp.: Abb. 1: Prinzipieller Aufbau einer Solarzelle (schematisch) [1].

Tabelle 3: Zusammenstellung spezifischer Wärmekapazitäten zweiatomiger Gase [6].

4. Versuchsdurchführung

Die Versuchsanordnung ist anhand einer sauberen Prinzipskizze, Schaltbildes oder eines Fotos deutlich zu machen. In einigen soll die Vorgehensweise erklärt werden.

Hinweise zum Praktikum

5. Messergebnisse

Aufführung *aller* im Verlauf des Experiments erhaltenen *Messwerte* (vorzugsweise Tabellenform) mit passender Beschreibung (z.B. Tabellenüberschrift).

Berechnung der geforderten Größen (unter Angabe der verwendeten Gleichung) und geforderte/nötige grafische Darstellungen mit passender Bildunterschrift.

Unterschriebene Originalmesswerte beifügen!

6. Fehlerbetrachtung

Angabe der Einzelfehler (z.B. der Messgeräte und gemessen Größen).

Berechnung der Unsicherheit der bestimmten Größen nach Fehlerfortplanzungsgesetz.

7. Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenstellung der im Versuch bestimmten Ergebnisse mit berechneten Fehlergrenzen. (Bsp.: $H = (530 \pm 5) \text{ kJ}$) *Ergebnisangabe* sollte *sinnvoll* sein!

8. Diskussion der Ergebnisse

Interpretation der Ergebnisse und ggf. Vergleich mit Literaturdaten aus physikalisch-chemischer Sicht. Dazu gehört insbesondere die *Interpretation der grafischen Auswertung der Messwerte*. Weiterhin können hier auch Aussagen zur Messmethode (z.B. Vergleich zu anderen Messverfahren) erfolgen.

9. Literaturverzeichnis

Hier sind **alle** verwendeten Quellen anzugeben.

Siehe Musterprotokoll auf der Homepage!

Hinweise zum Praktikum

Einheiten

Naturkonstanten

- $N_A = 6,0225 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- $R = 8,31441 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$
- $F = 96487 \text{ C/mol}$

Energie

- $1 \text{ kgm}^2\text{s}^{-2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} = 6,24 \times 10^{18} \text{ eV}$
- $1 \text{ eV} = 1,6021 \times 10^{-19} \text{ J}$
- $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$

Druck

- $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kgm}^{-1}\text{s}^{-2} = 10^{-5} \text{ bar}$
- $p^0 = 1013,25\text{hPa} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr} = 760 \text{ mmHg}$

Temperatur

- $T [\text{K}] = 273,15 + \vartheta [^\circ\text{C}]$
- Temperaturdifferenz: $\Delta T [\text{K}]; \Delta\vartheta [\text{grad}]; 1 \text{ K} = 1 \text{ grad}$

- Einheitenbetrachtung muss immer
Erfolgen

$$\Delta_R S = \frac{\cancel{\text{kJ}} \times \cancel{m}}{\text{mol} \times \cancel{m} \times \text{K}}$$

Fehlerbetrachtung

Arten von Fehlern

I. zufällige (statistische) Fehler

- . statistische Messgröße
- . Rauschen des Messsignals
- . Umwelteinflüsse: Luftfeuchte, -druck, T-Drift/Schwankung im Zusammenhang mit T-abhängige Messwerken bzw. Messungen, Aufladung, Magnetfelder
- . Experimentator: Interpolation, Parallaxe, Reaktionszeit, Ungeschicklichkeit
- . *Vermeidung durch: Wiederholung der Messung*

II. systematische Fehler

(Abweichungen nur in eine Richtung)

- . Umwelteinflüsse (s.o.)
- . Messinstrumente: Eichfehler, Alterung, nichtlineare Kennlinien, Reibung, Wärmekapazität/ Innenwiderstand der Messsonde
- . Experimentator: Näherungen, unkritische + subjektive Durchführung
- . *Vermeidung durch: Änderung der Messbedingungen, -geräte, -methode*

Fehlerbetrachtung

Arten von Fehlern

grobe Fehler

- . Ungeschicklichkeit, Irrtümer, Missverständnis, defekte Apparatur, Programmfehler
- . *Vermeidung durch: Literaturstudium, Abschätzung der Ergebnisse, Kontrollmessungen*

Diese sind **unbedingt zu vermeiden!** U.a. deshalb erfolgt ein ausführliches Antestat vor jedem Versuch!

Fehlerbetrachtung

Ungenauigkeiten der Messgeräte

- . Digital-Displays (z.B. DVM): ± 1 Digit
- . Geräte mit Skalen (z.B. Thermometer): $\pm 0,5$ Skalenteile
- . Zeigerinstrumente (z.B. Tensiometer): $\pm 0,5$ Skalenteile
zzgl. Parallaxefehler

Fehlerbetrachtung

Fehlerrechnung

Definitionen

- genauer Wert der Größe: x ; aber Messwert: x_i
- **absoluter Fehler**: $\Delta x = x_i - x$;
- **relativer Fehler**: $\Delta x/x \approx \Delta x/x_i$ (mit $|x_i| \gg |\Delta x|$)

Einfache Rechenregeln

- | | | |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| • $a = b \pm c$ | \longrightarrow | $\Delta a = \pm (\Delta b + \Delta c)$ |
| • $a = b^{\pm 1} \cdot c^{\pm 1}$ | | $\Delta a/a = \pm (\Delta b/b + \Delta c/c)$ |
| • $a = b^{\pm c}$ | | $\Delta a/a = \pm c \cdot \Delta b/b$ |

Bei **Summen** addieren sich die **absoluten Fehler** und
bei **Produkten** addieren sich die **relativen Fehler** !

Fehlerbetrachtung

Fehlerrechnung

(Gauß'sches FFG)

(wenn Größe nicht direkt messbar)

$$\Delta z = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial z}{\partial x_i} \right)^2 \Delta x_i^2}$$

Einflüsse der Einzel-Messunsicherheiten auf die Unsicherheit des Ergebnisses *heben sich teilweise gegenseitig* auf (nicht korreliert)

Größtfehlerabschätzung

$$\Delta z = \left| \frac{\partial z}{\partial x} \right|_y \Delta x + \left| \frac{\partial z}{\partial y} \right|_x \Delta y$$

Einflüsse aller Messunsicherheiten auf die Unsicherheit des Ergebnisses *addieren sich* (Korrelation)

Fehlerbetrachtung

Regression

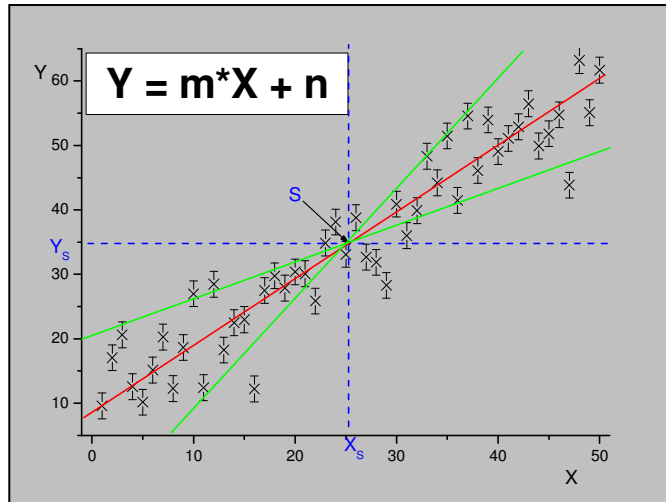
Ausgleichs- und Fehlergeraden (lineare Regression)

. linearer Zusammenhang $y = m * x + n$

→ Darstellung: y über x

. ansonsten Linearisieren + Darstellung $\ln y$ über $1/x$

$y = A * \exp(-B/x) \rightarrow \ln y = -B/x + \ln A$ $m = -B$; $n = \ln A$



Gerade wird so gelegt, dass die Summe der Abstandsquadrate minimal wird.

$$m = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\overline{y^2} - (\bar{y})^2}$$

$$n = \bar{y} - m\bar{x}$$

Fehlerbetrachtung

Angabe der Ergebnisse

Die letzte signifikante Stelle des Messwertes hat dieselbe Größenordnung wie Δx !

Das Ergebnis hat höchstens so viele signifikante Ziffern wie die ungenaueste der eingehenden Größen!

Beispiel: $E_\gamma = (378 \pm 35) \text{ keV}$

$$|x_{REF} - x_i| > \Delta x$$

Liegt der Referenzwert einer Größe (Literatur-, Theoriewert) (sehr weit) außerhalb des Ergebnisses ($x \pm \Delta x$), liegt ein grober Fehler vor.

Referenzdaten/ Literaturangaben

- **Lehrbücher**

- P. W. Atkins, „Lehrbuch der physikalischen Chemie“, 2. Aufl., VCH Weinheim, 1996
- G. Wedler, „Lehrbuch der physikalischen Chemie“, 4. Aufl., VCH Weinheim, 1997
- W. J. Moore, D. O. Hummel, „Physikalische Chemie“, 4. Aufl., WDEG Berlin, 1986
- R. Brdička, „Grundlagen der physikalischen Chemie“, 15. Aufl., DVW Berlin, 1990
- R. Reich, „Thermodynamik“, 1. Aufl., PhysVerl., Weinheim, 1978

- **spezielle Literatur**

- A. Williams, „TB d. chem. Substanzen“, 2. Aufl., Verl. H. Deutsch, Frankfurt, 2001
- E. Milke, „Thermochem. Data of Elements & Compounds“, VCH Weinheim, 1999
- D. R. Lide, „HB of Chemistry & Physics“, 78th Ed. CRC Press, Boca Raton, 1997

- Vorlesungsscript

- Internet

Literaturzitate

- im Text durch [#],
- im Lit.-Verz.:

[#] Verf., „Titel“, Zeitschrift **Nummer** (Jahr) Seite (Zeitschriften)

[#] Verf., „Titel“, Aufl., Verlag, Ort, Jahr, Seite (ff) (Bücher)

Viel Erfolg!