



FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS-  
UND SYSTEMTECHNIK

# Praktikum Physikalische Chemie Allgemeine Grundlagen

## Einführungsveranstaltung zum WS 2009/2010

„Laborbesatzung“:

Stefan Becker  
Marion Brockmann  
Stephan Härtel  
Dr. Lama Naji  
Monika Piórkowska

# Überblick

- **Hinweise zum Praktikum**

- ↳ Versuche

- ↳ Durchführung/Protokolle

---

- **Einheiten**

- **Messen**

---

- **Fehlerbetrachtung**

- ↳ Arten von Fehlern

- ↳ Ablesen von Messinstrumenten

- ↳ Fehlerrechnung

- ↳ Regression

---

- **Referenzdaten/ Literaturangaben**

# Hinweise zum Praktikum

## Kalorimetrie:

## Versuche

Verbrennungsenthalpie → Benzoesäure

S. Härtel/

M. Brockmann

Verdampfungsenthalpie → Ethanol

Dr. L. Naji

Neutralisationsenthalpie → HCl + KOH

Dr. L. Naji

Wärmekapazität → Luft

M. Piórkowska

## Thermodynamik:

Joule-Thomson-Prozeß → O<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>

M. Piórkowska

## Kinetik:

Rohrzuckerinversion → Saccharose + HCl

S. Härtel

## Elektrochemie:

Brennstoffzelle → aus H<sub>2</sub>O "mach" Energie

S. Becker

## Stoffwerte von Flüssigkeiten:

Oberflächenspannung → H<sub>2</sub>O und Ethanol

S. Becker

# 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!

# 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

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

# 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):  $\pm 1$  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

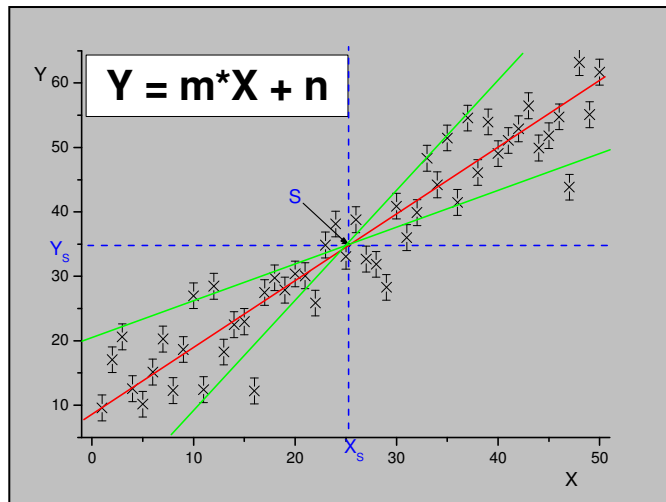
### Ausgleichs- und Fehlergeraden (lineare Regression)

. 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  $\Delta x$ !

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!