

## Physikalisch-Chemisches Grundpraktikum für Pharmazeuten

### Allgemeine Hinweise zur Protokollgestaltung

#### Allgemein:

- Notieren Sie Ihre Gruppennummer und Ihren Namen auf jeder Seite.
- Achten Sie auf die Vollständigkeit Ihres Protokolls: Dazu zählt auch die Beilage aller in der Vorlage verlangten Kopien von anderen Mitgliedern Ihrer Praktikumsgruppe.
- Lassen Sie ausreichend Rand für Korrekturen.
- Schreiben Sie Fließtexte.
- Verwenden Sie vorzugsweise 3. Person Passiv (also nicht „Ich habe die Länge gemessen“ oder „Wir haben die Länge gemessen“, sondern „Die Länge wurde gemessen“ oder „Es wurde die Länge gemessen“).
- Heften Sie die Seiten des Protokolls zusammen, geben Sie keine losen Zettel ab.
- Geben Sie eine eventuelle Korrektur zusammen mit dem zu korrigierenden Protokoll ab und notieren Sie Gruppennummer, Namen und Abgabedatum auf der Korrektur.
- Verwenden Sie keine Korrekturfolien oder -flüssigkeiten („Tipp-Ex“).

#### Versuchsziel:

- Geben Sie in etwa zwei bis vier Sätzen eine aussagekräftige Beschreibung des Ziels des Versuches an, welche Größen / charakteristischen Kurven etc. Sie mit der gewählten Methode und den aufgenommenen Messwerten bestimmen wollen oder welches Modell Sie damit überprüfen möchten.
- Beim Versuchsziel handelt es sich folgerichtig in aller Regel **nicht** um die Lernziele im Praktikumsskript; letztere sollen Ihnen vielmehr die fachliche und didaktische Relevanz des Versuches näherbringen.
- Auf alle hier formulierten Versuchsziele müssen Sie in der das Protokoll abschließenden Diskussion Bezug nehmen (siehe Kap. „Diskussion der Ergebnisse und Fehlerbetrachtung“).

#### Messprinzip:

- Beschreiben Sie kurz und prägnant, auf welche Weise das formulierte Versuchsziel erreicht werden soll.
- Halten Sie alle wesentlichen Schritte fest, aber beschränken Sie sich auch auf diese. Formulieren Sie so allgemein wie möglich und so detailliert wie nötig.
- Ihre Beschreibung soll einen Leser, der an sich fachkundig ist, aber den konkreten Versuch nicht kennt, dazu in die Lage versetzen, ohne weitere Informationsquellen nachvollziehen zu können, wie die wesentliche Vorgehensweise aussieht.
- Verzichten Sie daher auf die Nennung konkreter Zahlenwerte (bspw. Einwaagen oder Wartezeiten). Bedienen Sie sich stattdessen Formulierungen wie „eine Reihe von Lösungen verschiedener bekannter Konzentrationen“ oder „nach Einstellung des Gleichgewichts“. Ist die Größenordnung der Zahlenwerte wichtig, geben Sie dies entsprechend an (bspw. „hinreichend verdünnte Lösungen“ oder „unterhalb des Normalsiedepunktes“).

#### Auswerteformeln:

- Auswerteformeln sind alle Gleichungen, die zur Auswertung des Versuchs benötigt werden, also diejenigen, mit denen im Protokoll gerechnet wird (sofern sie nicht an anderer Stelle verlangt werden).
- Achten Sie auf eine saubere Nomenklatur (Indizes!).
- Wenn die Formel einen gängigen Namen besitzt, nennen Sie diesen.
- Jede Formel hat eine Nummer im Protokoll, damit Sie an entsprechender späterer Stelle auf die Formel unter Angabe ihrer Nummer Bezug nehmen können.

#### Größen:

- Benennen Sie alle Größen, die in den Auswerteformeln vorkommen, und geben Sie eine passende Einheit an.
- Handelt es sich bei einer Größe um eine Naturkonstante, notieren Sie den entsprechenden Zahlenwert incl. zugehöriger Einheit.

#### Rechnungen:

- Geben Sie auch in den Rechenwegen alle Werte mit Einheiten an.
- Führen Sie, wo verlangt, beispielhaft den Rechenweg aus; dabei muss jeder Zwischenschritt nachvollziehbar sein.
- Signifikante Stellen. Messwerte sind in der Regel mit einer gewissen Messunsicherheit behaftet. Infolgedessen kann auch für aus ihnen berechnete Werte nur eine begrenzte Präzision angenommen werden. Auch wenn ein Taschenrechner unter Umständen beliebig viele Stellen angibt, besitzen nicht alle eine reale Aussagekraft. Wenn Sie bspw. die Kantenlänge eines Würfels nur auf einen Millimeter genau messen können, ist eine Angabe des berechneten Volumens auf ein Tausendstel Kubikmillimeter genau unsinnig. Diejenigen Stellen mit Aussagekraft nennt man signifikant; auf diese wird üblicherweise gerundet. Bei Messwerten sind alle Ziffern ungleich Null signifikant, sowie alle inneren & endenden Nullen in wissenschaftlicher Notation, führende hingegen nie. Wenden Sie folgende Faustregeln an, mit denen bei Rechnungen mit unsicherheitsbehafteten Messwerten die Präzision ungefähr erhalten bleibt:

- Das Ergebnis einer Multiplikation oder Division erhält ebenso viele signifikante Stellen wie der Faktor mit den wenigsten signifikanten Stellen:

$$\frac{2,09 \text{ kg} \cdot 0,1915 \text{ m}}{6,128 \text{ s}^2} = 0,0653125 \text{ N} \approx 0,0653 \text{ N} = 6,53 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$112 \text{ m} \cdot 127,2 \text{ m} \cdot 400,02 \text{ m} = 5698844,928 \text{ m}^3 \approx 5,70 \times 10^6 \text{ m}^3$$

- Das Ergebnis einer Addition oder Subtraktion besitzt als letzte signifikante Stelle die letzte Stelle (bspw. Zehner, Einer, Zehntel oder Hundertstel), die in allen Summanden signifikant ist. Das ist gleichbedeutend mit der Aussage, dass das Ergebnis ebenso viele Dezimalstellen erhält wie der Summand mit den wenigsten Dezimalstellen (falls alle Zehnerpotenzen ausmultipliziert sind):

$$141,3 \text{ s} + 7,39 \text{ s} - 11,007 \text{ s} = 137,683 \text{ s} \approx 137,7 \text{ s}$$

- Bei einer Zwischenrechnung sollten Sie zur Vermeidung sich aufbauender Rundungsfehler mindestens eine Stelle mehr als die signifikanten Stellen angeben.

Diagramme:

- Diagramme dürfen Sie mit Bleistift anfertigen; bevor ein Diagramm aufgrund mehrfachen Radierens und Neuzeichnens unleserlich wird, verwenden Sie aber besser ein neues Blatt.
- Nutzen Sie für Diagramme möglichst die volle zur Verfügung gestellte Fläche. Bedenken Sie aber vor dem Zeichnen, welche Wertebereiche (Quadranten) in welchem Ausmaß für eine sinnvolle Auftragung zu sehen sein müssen.
- Beschriften Sie die Achsen (incl. Einheit und ggf. herausgerechneter Zehnerpotenz); passen Sie ihre Skalierung dem Messbereich an.
- Die einzelnen Messpunkte sollen Sie grundsätzlich nicht miteinander verbinden.
- Wird der Auswertung der aufgetragenen Messdaten ein Zusammenhang  $y = mx + n$  oder  $y = ax^2 + bx + c$  zugrunde gelegt, bestimmen Sie diesen durch lineare bzw. quadratische Regression mit dem Taschenrechner (bzw. einem Tabellenkalkulationsprogramm oder einer App) (betrifft die Versuche P1, P3, P4, P5, P6, P8 und ggf. P4).
- Wo das Zeichnen einer nicht linearen Kurve durch Datenpunkte verlangt wird, soll dies dem zugrundeliegenden physikochemischen Modell entsprechend geschehen; auch hier sollen Sie die einzelnen Datenpunkte nicht einfach miteinander verbinden (betrifft die Versuche P1, P4, P5 und P8).
- Die Datenpunkte und die Ausgleichskurve sollen Sie per Hand in das Diagramm einzeichnen (im Falle einer Regressionsgeraden müssen Sie aus dieser also ggf. zuvor noch zwei Punkte berechnen, durch welche die Gerade verläuft); Ausdrücke am Computer gezeichneter Graphen werden nicht akzeptiert.
- Geben Sie an geforderter Stelle die vollständige Geradengleichung (incl. Einheiten, dies betrifft ggf. auch Steigung und Ordinatenachsenabschnitt) an; achten Sie dabei darauf, eine für die anschließende Auswertung ausreichend hohe Anzahl an Stellen anzugeben (so ist bspw. die Angabe 0,0004 für eine Steigung in der Regel nicht ausreichend, 0,000382 wäre besser).
- Machen Sie eindeutig erkennbar, welche Datenpunkte Sie bei der Berechnung der Regressionsparameter aus welchem Grund ausgeschlossen haben (bspw. durch Einklammern der entsprechenden Punkte im Diagramm mit kurzem Kommentar zur Begründung; siehe auch Kap. „Diskussion der Ergebnisse und Fehlerbetrachtung“).

Diskussion der Ergebnisse und Fehlerbetrachtung:

- Vergleichen Sie Ihre eigenen Ergebnisse sinnvoll mit den angegebenen Literaturwerten und bewerten Sie eventuelle Abweichungen kurz. Für die Diskussion der erhaltenen Endergebnisse ist es ratsam, diese auch noch einmal kurz und klar zu benennen.
- Nehmen Sie zu der Frage Stellung, inwieweit das zu Beginn formulierte Versuchsziel erreicht werden konnte.
- Achten Sie bei der Fehlerbetrachtung auf eine logische Ursache-Folge-Kette: Beschreiben Sie den möglichen Fehler, dann dessen Auswirkung auf die Berechnungen und somit schließlich auf das Endergebnis; schätzen Sie dabei die Schwere der resultierenden Abweichung ab.
- Geben Sie jeweils an, ob ein Fehler zufälliger oder systematischer Natur ist. Falls Ihnen bekannt ist, dass bei der Durchführung des Versuches grobe Fehler aufgetreten sind, beschreiben Sie auch diese. Umgekehrt sollten Sie keine Fehler aufzählen, von denen Sie sicher wissen, dass sie nicht aufgetreten sind. Zufällige Fehler entstammen einer ungerichteten Schwankung / Streuung der Messwerte um den wahren Wert der Messgröße (bspw. durch Temperaturschwankungen oder durch mangelnde Präzision beim Ablesen durch Menschen) und hängen meist von Geschick und Sorgfalt des Experimentators ab. Systematische Fehler resultieren hingegen aus einer gerichteten und üblicherweise in der Größenordnung konstanten Messabweichung (bspw. durch mangelhafte Kalibrierung oder Konstruktion von Apparaturen, durch Unvollkommenheiten im Messgegenstand oder durch die Anwendung eines ungenügenden theoretischen Modells), daher sind sie in der Regel auch nicht durch bloße Wiederholungsmessungen zu eliminieren. Grobe Fehler entstehen schließlich bspw. durch defekte Messgeräte oder durch menschliches Fehlverhalten (Übertragungsfehler, Rechenfehler etc.).
- Kommentieren Sie eventuelle Ausreißer (Herkunft, Beachtung bei der Regressionsrechnung).
- Wenn Sie eine nicht triviale Behauptung aufstellen (z. B. „Der Stoff zersetzt sich bei hohen Temperaturen“ oder „Die Substanz ist hygroskopisch“), müssen Sie diese durch Angabe einer Quelle belegen.
- Das Vorschlagen sinnvoller Gegenmaßnahmen zu beschriebenen Fehlern fließt ggf. positiv in die Bewertung des Protokolls ein.