

Motto (*Wissen Sie ein besseres für ein Praktikum?*)

Man erkennt die Dinge, indem man sie macht.

Aristoteles, Metaphysik IX, 9 fin

I) Einführung

1 Vorbemerkung

Die Approbationsordnung für Ärzte legt fest, daß von jedem Studenten der Medizin ein physikalisches Praktikum erfolgreich zu absolvieren ist. Sinngemäß steht ferner darin, daß solche Kenntnisse und Fähigkeiten vermittelt werden sollen, die relevant für das weitere Studium und für den Arzt allgemein sind.

Nach diesen Kriterien ist das physikalische Praktikum ausgerichtet. Jeder Versuch ist am Gegenstandskatalog Physik für Mediziner orientiert, an Veröffentlichungen zu diesem Gebiet angelehnt und nach Möglichkeit mit einem fertigen Arzt/Biologen besprochen. Die Hoffnung dabei ist, für Mediziner gültige und motivierende Versuche aufzubauen.

Folgende Leitideen sollen mit dem Praktikum realisiert werden:

- an ausgewählten Versuchen Grundbegriffe der Physik anwenden und vertiefen und dabei insbesondere üben bzw. diskutieren
 - Voraussetzungen für das physikalische Experiment
 - Aufbau der Meßanordnung
 - Durchführung und Kontrolle der Messung
 - Auswertung von Meßdaten und Fehleranalysen
 - Diskussion der Meßergebnisse

- Zusammenhang Physik - Medizin/Biologie aufzeigen und dabei Verständnis für die Bedeutung der Physik für die Medizin/Biologie wecken bzw. aufrechterhalten.

Diese sehr allgemeinen Ziele werden durch die einzelnen Versuche präzisiert.

Um möglichen Mißverständnissen vorzubeugen, sei an dieser Stelle auch gesagt, was mit dem Praktikum nicht erreicht werden soll bzw. kann:

- einfache, insbesondere aus der Mittelstufe des Gymnasiums schon bekannte mathematische Fertigkeiten vermitteln
- vertiefte mathematische Spezialkenntnisse vermitteln (die später in der Biomathe-matik, Statistik oder ähnlichen Veranstaltungen gelehrt werden)
- besonderes technisches oder biophysikalisches Spezialwissen vermitteln (Inhalt späterer Kurse oder Zusatzstudien)

Einführung

- vertiefte medizinisch-biologische Kenntnisse beibringen, die über das Aufzeigen des Zusammenhanges Physik - Medizin hinausgehen, insbesondere kein physiologisches Praktikum vorwegnehmen
- den Besuch einer Vorlesung bzw. das Durcharbeiten eines Lehrbuches ersetzen

Wenn Sie bei einem Versuch das Gefühl haben, daß er diesen Punkten nicht entspricht bzw. daß er ganz oder teilweise irrelevant ist, teilen Sie das bitte Ihrem Betreuer oder dem Praktikumsleiter mit. Wir werden nach Möglichkeit auf Ihre Wünsche und Anregungen eingehen.

Bei der Abfassung der Versuchsanleitungen wurde ein imaginäres mittleres mathematisches und physikalisches Niveau zugrundegelegt. Für manche von Ihnen werden wahrscheinlich Verständnisschwierigkeiten auftauchen: Scheuen Sie sich nicht zu fragen! Für manche sind die Anleitungen wohl zu leicht. Diese bitten wir um Geduld und eigenständige Erweiterungen oder Ideen zum Versuch.

Als begleitende Lehrbücher empfehlen wir (diese Bücher sind mehrfach in der Bibliothek des Vorklinikums vorhanden und entleihbar):

HELLENTHAL, W.: Physik für Pharmazeuten, Stuttgart (siehe auch die Aufgabensammlung hierzu!)	einfaches, für dieses Praktikum in fast allen Fällen ausreichendes Taschenbuch
HARTEN, H.U: Physik für Mediziner, Berlin	ausführlicher als HELLENTHAL
KAMKE/WALCHER: Physik für Mediziner	ausführliches und mathematisch-physikalisches anspruchsvolles Lehrbuch

Weitere Hinweise in der Vorlesung. Warten Sie mit dem Kauf eines Buches. Lassen Sie sich beraten: In der Physikvorlesung, im Praktikum. Ein Buch brauchen Sie aber unbedingt als zusammenhängende Grundlage!

*C. Ucke
Physikdepartment E 20
Technische Universität München
85747 Garching*

e-mail: ucke@e20.physik.tu-muenchen.de

2 Organisation des Praktikums

An jedem Praktikumstag à 4,5 Zeitstunden wird ein Versuch durchgeführt. Sie arbeiten in Zweiergruppen. Wer welchen Versuch wann und wo durchführt, erfahren Sie aus entsprechenden Anschlägen (achten Sie auf das Schwarze Brett im Physikalischen Institut).

Die Zeit von 4,5 Stunden für die Durchführung eines Versuchs ist so bemessen, daß Sie bei entsprechender Vorbereitung mit den Messungen fertig werden können. In manchen Fällen werden Sie die Versuchsauswertung noch während der Praktikumszeit selbst machen können, in einigen Fällen sollen Sie sogar noch während der Praktikumszeit auswerten.

Sofern Ihr Betreuer zeitlich dazu in der Lage ist, erhalten Sie Ihr Gesamttestat sofort. Falls das nicht möglich ist, oder Sie die Ausarbeitung nicht fertig haben, lassen Sie sich ein Vortestat auf die Messungen geben. Das Vortestat bedeutet nur, daß Sie an dem betreffenden Tag die Messungen wirklich durchgeführt haben. Es heißt nicht, daß Ihre Messungen vollständig und richtig sind. Ihr Betreuer kann dies während des Praktikums nicht immer sofort beurteilen.

Werfen Sie Ihr Praktikumsheft mit dem ausgearbeiteten Versuch spätestens zu Beginn des nächsten Versuchs (bzw. entsprechend einer am Schwarzen Brett ersichtlichen Zeit) in den dafür vorgesehenen Kasten. Sie erhalten Ihr Heft zu Beginn des übernächsten Versuchs korrigiert und bewertet vom Betreuer zurück. Im Verlauf des Praktikums benötigen Sie immer zwei Praktikumshefte: eins benutzen Sie gerade, das andere ist beim Korrigieren.

Um überflüssige Schreib- und Korrekturarbeit zu sparen, sollen zwei Studenten einer Gruppe ein Praktikumsheft zusammen führen. Jeder Student muß dann mindestens fünf Ausarbeitungen gemacht haben. **Beide** Studenten müssen aber so über die ausgearbeiteten Versuche Bescheid wissen, daß Sie Fragen dazu beantworten können.

Empfehlung: Damit jeder seine eigenen Unterlagen hat, schreiben Sie sich Ihre Protokolle entweder gleich mit Durchschlag oder kopieren sich das Protokoll nach der Korrektur.

z. Zt. nicht verfügbar:

Manche Versuche enthalten die Möglichkeit einer Erweiterung, d.h. es gibt eine Anleitung oder Hinweise mit Vorschlägen für weitergehende Messungen und Auswertungen. Diese Anleitungen werden leihweise zur Verfügung gestellt. Wer daran interessiert ist, einen Versuch auf diese Weise zu vertiefen, möge sich mit seinem Betreuer bzw. dem Praktikumsleiter in Verbindung setzen. Aus Materialmangel sind die Erweiterungsversuche nicht immer während der normalen Praktikumszeit durchführbar. Bis zu dreimal kann man einen erweiterten Versuch machen und dafür je einen normalen Versuch auslassen.

IN DEN PRAKTIKUMSRÄUMEN NICHT RAUCHEN !

Einführung

3 Qualifikation für eine erfolgreiche Teilnahme am Praktikum

Die folgenden Regelungen sind aus der Überlegung entstanden, die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum nicht nur von einer einzigen Prüfungsform abhängig zu machen, sondern durch eine Kombination von schriftlichen und mündlichen Prüfungen und einer Bewertung Ihrer praktischen Leistungen und der Versuchsausarbeitungen eine möglichst breite Beurteilungsgrundlage zu erhalten.

Wir, d. h. Betreuer und Praktikumsleiter, werden Rücksicht darauf nehmen, daß viele von Ihnen Universitätsprüfungen dieser Art noch nicht kennen. Die Bewertungen werden deshalb zu Beginn des Semesters zurückhaltend gehandhabt und erst langsam während des Semesters auf das Niveau angehoben, das wir für nötig halten.

Formal sind zum Bestehen des Praktikums notwendig:

- a) 10 bestandene Versuche
- b) 2 bestandene mündliche Prüfungen
- c) mindestens 20 Punkte aus erster und zweiter Praktikumsklausur zusammen

Zu a)

Ein Versuch gilt als **bestanden**, wenn Sie ihn durchgeführt haben, Ihre Kenntnisse und Fertigkeiten dafür ausreichend waren und Ihre Versuchsausarbeitung (Meßprotokoll, Versuchsauswertung inklusive Fehleranalysen und Diskussion der Meßergebnisse) mit mindestens 6 Punkten (von 10 möglichen Punkten) bewertet wurden.

Ein Versuch gilt als **nicht bestanden**, wenn ein Betreuer während des Versuchs feststellt, daß Ihre Kenntnisse und Fertigkeiten so unzureichend sind, daß Sie den Versuch nicht sinnvoll durchführen können oder wenn die Versuchsausarbeitung mit weniger als 6 Punkten bewertet wurde. Wenn das Meßprotokoll ausreicht, brauchen Sie nur die Versuchsauswertung zu wiederholen (die korrigierte Ausarbeitung muß spätestens zu Beginn des nächsten Versuchs abgegeben sein), andernfalls müssen Sie auch die Messungen wiederholen (was aber nur im Rahmen der zeitlichen Möglichkeiten des Praktikums möglich ist). Falls auch die Wiederholung einer Ausarbeitung nicht ausreichend ist, gilt der gesamte Versuch inkl. Messung als nicht bestanden.

Aufgrund schlechter Erfahrungen in den letzten Semestern gilt ein Versuch ebenfalls als nicht bestanden, wenn die Ausarbeitung nicht rechtzeitig, d.h. zu Beginn des nächsten Versuchs abgegeben wurde.

Der Versuch Boyle-Mariottesches Gesetz darf nicht ausgelassen werden.

Die Versuchsausarbeitungen werden nach den folgenden Kriterien bewertet, die besonders für Sie als spätere Ärzte wichtig sind, wenn Sie z. B. an das Schreiben von Krankenberichten oder Datenblättern denken:

- 1) **Einfachheit** einfache Darstellung, anschaulich, konkret
- 2) **Gliederung-Ordnung** gegliederte Darstellung, folgerichtig, übersichtlich
- 3) **Kürze-Prägnanz** aufs wesentliche konzentriert, knapp aber verständlich
- 4) **Vollständigkeit** sind alle geforderten Messungen und Auswertungen vorhanden?
- 5) **Richtigkeit** sind die Messungen korrekt durchgeführt, die Ergebnisse innerhalb der Meßunsicherheit vernünftig?

Besonders positiv bewertet wird selbständiges, über die Versuchsanleitung hinausweisendes Denken, z. B.:

Welche Verbesserungen am Versuch bzw. Durchführung, Auswertung sind denkbar?

Welche Kontrollmöglichkeiten zur Sicherung des Ergebnisses gibt es?

Und auch: Erstellen von sinnvollen Aufgaben, die beispielsweise zur Selbstkontrolle für andere Studenten nützlich sind oder in Klausuren verwendet werden können.

Zu b)

Die mündlichen Prüfungen finden während der Praktikumszeit statt und gehen über den gerade laufenden oder den vorangegangenen Versuch. Sie werden vom Praktikumsleiter durchgeführt und dauern ca. 20 bis 30 Minuten.

Geprüft werden Grundlagen des Versuchs, Meßmethode inkl. Gerätekenntnisse, Diskussion von Zwischen- und Endergebnissen inkl. Fehlerbetrachtung.

Maximal fünf mündliche Prüfungen pro Semester sind möglich. Sind mehr als drei davon nicht bestanden, gilt das gesamte Praktikum als nicht bestanden.

Die mündlichen Prüfungen sind öffentlich, d.h. nach Maßgabe der Möglichkeiten (Sitzplätze o.ä.) können Studenten und Betreuer dabei zuhören, es sei denn, der Prüfling selbst wünscht dies nicht.

Zu c)

Es gibt zwei Praktikumsklausuren; die eine findet in der ersten Hälfte des Praktikums statt, die andere am Ende.

Die erste und kurze Klausur geht über die Versuche BOY, ARM, über das Kapitel "Hinweise zur Fehlerbetrachtung" aus diesen Arbeitsunterlagen und einigen weiteren Gegenständen gemäß Aushang. Sie hat primär zum Ziel, Sie mit physikalischen Aufgaben unter Klausurbedingungen vertraut zu machen. Dabei kann man einige Punkte sammeln.

Einführung

Die zweite, längere und entscheidendere Klausur befaßt sich mit dem Stoff des gesamten Praktikums; in ihr lassen sich mehr Punkte sammeln.

Aus der **ersten und zweiten Klausur zusammen** benötigen Sie mindestens 20 Punkte. Falls Sie diese Punktzahl nicht erreicht haben sollten, können Sie an den Wiederholungsklausuren teilnehmen. Bei sehr wenig betroffenen Studenten gibt es evtl. auch mündliche Nachprüfungen. Es gibt drei Wiederholungsklausuren, wobei dann die Summe der Punktzahlen aus der ersten Klausur und der Wiederholungsklausur mindestens 20 Punkte betragen muß. Es werden nicht die Punktzahlen aus allen Klausuren inkl. Wiederholungen zusammengezählt, um eine schon häufig gestellte Frage vorweg zu klären.

Die Klausuren bestehen aus Aufgaben, die für das Praktikum als Ganzes oder für einzelne Versuche wichtig sind. Gegenenfalls wird auch auf Grundlagen aus der Vorlesung oder Lehrbüchern zurückgegriffen, die für das Verständnis einzelner Versuche oder ganzer Versuchsgruppen relevant sind. Üblicherweise werden sog. offene Aufgaben verwendet; es kann auch sein, daß Sie ein Meßprotokoll zur Auswertung bekommen. Multiple-Choice-Aufgaben werden im allgemeinen nicht verwendet.

Welche Aufgabenformen, welche Inhalte drankommen und welche Hilfsmittel benutzt werden dürfen, wird frühzeitig durch Anschlag am Schwarzen Brett bekanntgegeben.

4 Hinweise zur Versuchsdurchführung, -auswertung und Protokollführung

4.1 Hilfsmittel

Unentbehrlich für die Durchführung und Auswertung der Versuche ist ein Taschenrechner mit wissenschaftlichen Funktionen. Sie benötigen ein **gebundenes** Praktikumsheft (Format DIN A4, kariertes Papier, ca. 100 Seiten; **kein** Ringheft!). Millimeterpapier oder andere Spezialpapiere (log-Papier)

werden - soweit es die Finanzen zulassen - zur Verfügung gestellt.

4.2 Durchführung

Vor der Versuchsdurchführung sollten Sie die Versuchsanleitung (inkl. Versuchsdurchführung und -auswertung) durchgelesen haben. Sonst könnte der Versuch schiefgehen, weil Sie möglicherweise Unsinn messen, oder weil Ihr Betreuer oder der Praktikumsleiter Ihre Unkenntnis bemerken.

Bitte lassen Sie besondere Vorsicht bei elektrischen Schaltungen walten. Die Versuche sind zwar so konstruiert, daß eigentlich nichts passieren kann. Wenn Sie z.B. Ihre Finger bewußt in die 230V-Steckdose stecken wollen, werden wir das wahrscheinlich nicht verhindern können. Generell gilt:

Elektrische Schaltungen sind grundsätzlich vor dem Anschluß der Spannungsquelle vom Betreuer zu überprüfen. !!!

Falls etwas kaputtgeht, teilen Sie das bitte Ihrem Betreuer **sofort** mit, damit eventuelle Haftungsfragen geklärt und für Reparatur oder Ersatz gesorgt werden kann.

Der Praktikumsplatz soll so verlassen werden, wie man ihn idealerweise zu Praktikumsbeginn vorzufinden wünscht.

IN DEN PRAKTIKUMSRÄUMEN BITTE NICHT RAUCHEN !

4.3 Protokoll

Das Protokoll enthält alle wesentlichen Bemerkungen (Meßwerte und weitere Aufzeichnungen), die für die Versuchsauswertung von Bedeutung sind.

Das Protokoll und die Auswertung müssen so vollständig, übersichtlich und verständlich sein, daß jemand, der die Versuchsanleitung kennt, es ohne größere Mühe lesen und verstehen können muß!

Zu Beginn des Protokolls soll die Versuchsbenennung und das Datum enthalten sein.

Einführung

Die Theorie zum Versuch, die in der Versuchsanleitung enthalten ist, soll nicht ins Praktikumsheft geschrieben werden. Ableitungen, Änderungen und Erweiterungen gehören aber unbedingt ins Praktikumsheft.

Alle Meßwerte und sonstigen Bemerkungen werden mit Tinte oder Kugelschreiber (nicht Bleistift) sofort ins Praktikumsheft (nicht auf fliegenden Schmierzetteln) eingetragen. Hat man einmal etwas Falsches notiert, streicht man es durch und notiert ggf. den Grund dazu. **Tipp-Ex, Tintentod oder ähnliche Utensilien sind nicht erlaubt.**

Vor einer Messung ist zu überlegen, wie der Meßwert am günstigsten notiert wird. Insbesondere das sinnvolle und übersichtliche Anlegen von Tabellen gehört mit zur Praktikumsleistung.

Die Kenndaten der verwendeten Apparaturen (Geräteklassen, Gerätenummer usw.) sind mit ins Protokoll aufzunehmen. Dies erleichtert eine eventuelle Nachkontrolle der Messungen und das Entdecken defekter Geräte.

Eine Zeichnung (Skizze, Schaltbild) des Versuchsaufbaus ist nur notwendig, wenn aus der Versuchsanleitung nicht hinreichend klar hervorgeht, wie der reale Versuchsaufbau aussieht.

Sie haben vielleicht schon bemerkt, daß vielfach Wörter wie sinnvoll, übersichtlich, hinreichend klar usw. verwendet wurden, die ihrerseits nicht näher erläutert sind. Was das bedeutet, wird Ihnen vom Praktikumsleiter oder den Betreuern an Beispielen erklärt und Ihnen im Verlauf des Praktikums selbst klarer werden.

4.4 Versuchsauswertung

Die Versuchsauswertung enthält in übersichtlicher Weise die aus den Meßwerten gewonnenen Ergebnisse inkl. der Wege dahin, die Fehlerbetrachtung und die Diskussion der Ergebnisse.

Zwischenrechnungen brauchen nicht alle ins Praktikumsheft eingetragen werden. Jede Rechnung muß aber prinzipiell nachvollziehbar sein; bei Verwendung fortgeschrittener Taschenrechner (z. B. für die Ermittlung der Steigung einer Regressionsgeraden) ist dies zu vermerken.

Wenn Meßwerte in Diagramme, Millimeterpapier o. ä. übertragen werden, muß vorher überlegt werden, wie die Einteilung von Abszisse und Ordinate am zweckmäßigsten gewählt wird. Prinzip: Das zur Verfügung stehende Format sollte optimal ausgenutzt werden. Auf die Abszisse gehören die Werte der unabhängigen Variablen! Die Bezeichnungen der Koordinatenachsen inkl. Einheiten dürfen nicht fehlen. Ferner sollte im Diagramm selbst oder unmittelbar darunter stehen, welche Abhängigkeit man aufgetragen hat. Diagramme ins Praktikumsheft fest einkleben oder einheften.

Die Diskussion des oder der Schlußergebnisse inkl. einer Fehlerbetrachtung ist besonders wichtig. Auch hier gilt Qualität vor Quantität. Das Aneinanderreihen beliebig wenig relevanter Bemerkungen ist für die Betreuer ermüdend zu lesen. Die Schlußergebnisse sollen deutlich hervorgehoben werden.

Vorstehende Hinweise können nicht so vollständig sein, daß damit jeder denkbare Fall erfaßt wird. Kritikfähigkeit und Selbständigkeit können zwar zum Teil vermittelt werden, müssen sich aber - jedenfalls zu Ende des Praktikums - von selbst zeigen.

6 Vorkenntnisse

Zu Beginn des Physikalischen Praktikums werden das griechische Alphabet und folgende mathematische und physikalische Formeln und Definitionen und der Umgang mit ihnen **auswendig** vorausgesetzt (noch elementarere Kenntnisse wie Dreisatz, Pythagoras, Rechnen mit Potenzen usw. sind hier nicht aufgeführt):

Griechische Buchstaben mit Lautwert:

In physikalischen Formeln kommen vielfach griechische Buchstaben vor und man sollte sie zumindest benennen und aussprechen können. Es ist ziemlich beschämend, wenn beispielweise in einer mündlichen Prüfung die einfache Formel $\lambda \cdot \nu = c$ von studentischer Seite als "mmh" mal "ööh" = c vorgelesen wird.

α	β	γ	δ	ϵ	ζ	η	θ	ι	κ	λ	μ	ν	ξ	\omicron	π	ρ	τ	υ	σ	ϕ	χ	ψ	ω
A	B	Γ	Δ	E	Z	H	Θ	I	K	Λ	M	N	Ξ	O	Π	ρ	T	Y	Σ	Φ	X	Ψ	Ω
alpha	beta	gamma	delta	epsilon	zeta	eta	theta	iota	kappa	lambda	my	ny	xi		pi	rho	tau	upsilon	sigma	phi	chi	psi	omega

Mathematik:

Näherungswert für $\pi = 3,14$

Kreis Fläche = πr^2 Umfang = $2\pi r$

Kugel Volumen = $4/3\pi r^3$ Oberfläche = $4\pi r^2$

Zylinder Volumen = $h\pi r^2$

Kegel Volumen = $h\pi r^2/3$

Definition der Winkelfunktionen (im rechtwinkligen Dreieck)

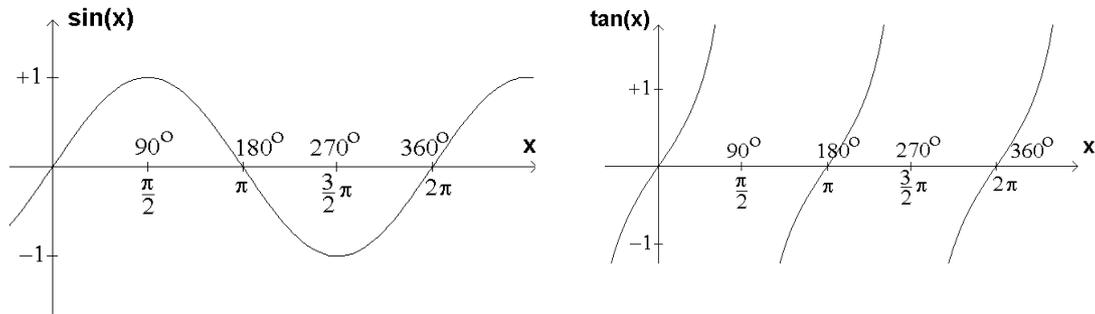
$$\sin = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypothenuse}} \quad \cos = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypothenuse}} \quad \tan = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} \quad \cot = \frac{1}{\tan}$$

Quantitative Berechnung der Winkelfunktionswerte (in Grad oder Radiant) auf einem Taschenrechner

Die Bedeutung und Umrechnung der Winkeleinheit im Bogenmaß Radiant ($1\text{rad} = 57,3^\circ$; $2\pi\text{rad} = 360^\circ$)

Einführung

Qualitativer Verlauf der Winkelfunktionen muß aufgezeichnet werden können, z.B.



Der Umgang mit den Umkehrfunktionen (arcsin, arctan usw.) auf dem Taschenrechner muß gekonnt werden.

Die Geradengleichung $y = m \cdot x + b$ muß interpretiert und angewendet werden können (m = Steigung; b = Achsenabschnitt)

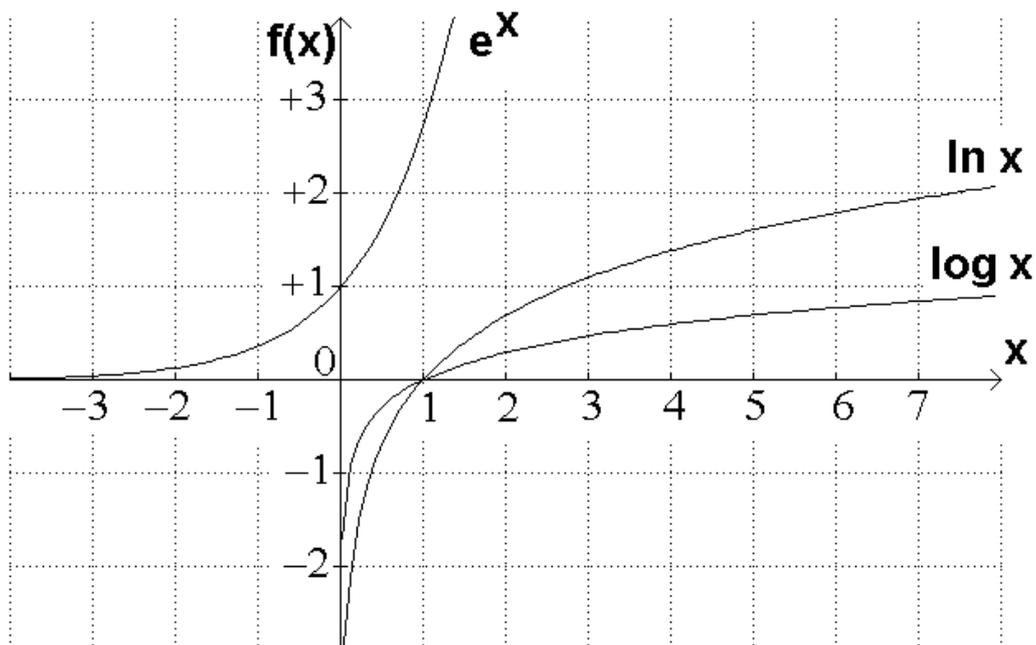
Aus vorliegenden Grafiken mit linearer Darstellung muß die Gleichung der zugrundeliegenden Geraden (inklusive physikalischer Einheit!) entnommen werden können.

Die Definition des dekadischen (\log) und natürlichen (\ln) Logarithmus und der Umgang mit ihnen muß gekonnt werden, insbesondere die Gleichungen

$$\log(a \cdot b) = \log a + \log b \quad ; \quad \log(a/b) = \log a - \log b \quad ; \quad \log 10^x = x \quad ; \quad \ln(e^x) = x$$

speziell: $\log 1 = 0$; $\ln 1 = 0$; $\ln x = 2,30 \cdot \log x$; $\log x = 0,434 \cdot \ln x$;
Näherungswert $e = 2,72$

Qualitative Darstellung des Verlaufs von $\log x$, $\ln x$, e^x



Einführung

Der Umgang mit halb- und doppeltlogarithmischem Papier muß gekonnt werden, insbesondere auch das Entnehmen der funktionellen Beziehung aus diesen Papieren (vgl. Abschnitt II Hinweise zur Fehlerbetrachtung).

Mit einem Taschenrechner, der die Funktionen sin, cos, tan, arc (bzw. inv), log, ln, 10^x , e^x , y^x , rad besitzt, muß der Umgang gekonnt werden, d.h. konkrete Berechnung von Werten.

Nicht auswendig gekonnt werden braucht:

Auflösung der quadratischen Gleichung, Sinussatz, Cosinussatz, Additionstheoreme der Winkelfunktionen.

Differential- und Integralrechnung sind nicht notwendig für dieses Praktikum, können aber in manchen Fällen nützlich sein.

Physik: (auswendig!)

Die Bezeichnungen eines dezimalen Teils oder Vielfachen einer Einheit:

Vor- satz	Vorsatz- zeichen	Faktor	Vor- satz	Vorsatz- zeichen	Faktor
Deci	d	10^{-1}	Deka	da	10^1
Zenti	c	10^{-2}	Hekto	h	10^2
Milli	m	10^{-3}	Kilo	k	10^3
Mikro	μ	10^{-6}	Mega	M	10^6
Nano	n	10^{-9}	Giga	G	10^9
Piko	p	10^{-12}	Tera	T	10^{12}
Femto	f	10^{-15}			

Folgende Einheitenumrechnungen:

1 Joule = 1 Newtonmeter = 1 Wattsekunde (J bzw. Ws sind aber nicht zulässig als Einheit für Drehmoment)

1 cal = 4,2 J; 1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J

1 mmHg = 1 Torr = 133,3 Pa ; 1 bar = 10^5 Pa ; 1 mbar = 1 hPa

Einführung

Einige Konstanten und Meßwerte

(Näherungswerte, meist jedoch auf 1% genau)

auswendig!
zu jedem Versuch
alle diese Werte!



Fallbeschleunigung g	$g = 10 \text{ m s}^{-2}$
Dichte des Wassers	$\rho_w = 1 \text{ g cm}^{-3}$
Dichte der Luft	$\rho_L = 1,3 \text{ g l}^{-1}$
Absoluter Nullpunkt	$= 0 \text{ K} = -273^{\circ}\text{C}$
Faraday-Konstante F	$= 96500 \text{ C mol}^{-1}$
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c = 300000 \text{ km s}^{-1}$
Schallgeschwindigkeit in Luft	$= 330 \text{ m s}^{-1}$
" " Wasser	$= 1500 \text{ m s}^{-1}$
Avogadro-Konstante	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Molvolumen (bei 0°C und 1013 hPa)	$V_m = 22,4 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$
spezifische Wärmekapazität von Wasser	$= 4,2 \text{ J g}^{-1}\text{K}^{-1}$
spezif. Verdampfungsenthalpie Wasser (bei 100°C)	$= 2260 \text{ J g}^{-1}$
Brechzahl von Luft ($\lambda = 600 \text{ nm}$)	$n = 1,00$
" " Wasser "	$n = 1,33$
" " Brillenglas "	$n = 1,52$
sichtbares Spektrum	400 nm (violett) 550 nm (grün) 800 nm (rot)
hörbarer Frequenzbereich	20 Hz bis 20 kHz
Elementarladung e	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
tödliche Strahlungsdosis für den Menschen	ca. 7 Sv
Halbwertszeit von Co-60	ca. 5 Jahre
Kenndaten des normalen elektrischen Netzes:	
Wechselspannung $U = 230 \text{ V}$; Frequenz $f = 50 \text{ Hz}$	