

# Beispiele der Landeswettbewerbe zur Österreichischen Physikolympiade 1995

## Beispiel 1: Nebelwarnung

Eine Nebelwand ist 100 m lang, 20 m breit und 10 m hoch. Der Nebel besteht aus kugelförmigen Wassertröpfchen mit einem Radius von  $r = 1 \cdot 10^{-4}$  m.

- Wieviele Nebeltröpfchen befinden sich in der Nebelwand, wenn sie sich aus 8000 l Wasser gebildet hat?  
( $\rho_{\text{Wasser}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ )
- Wie groß ist die Dichte des Nebels  $\rho_{\text{Nebel}}$ ?
- Die Nebeltröpfchen sinken mit konstanter Geschwindigkeit  $v$  nach unten. Die Widerstandskraft aufgrund der Reibung ( $F_R$ ) ist der Sinkgeschwindigkeit  $v$  und dem Tröpfchenradius  $r$  proportional,  $F_R = 4rv$ . Wie lange dauert es, bis die gesamte Nebelbank zu Boden sinkt?
- Die Nebelbank wird von der Sonne aufgelöst. Wieviel Energie ist dazu nötig? (Spezifische Verdampfungswärme von Wasser  $c_D = 2250 \text{ kJ/kg}$ )
- Die Sonne scheint senkrecht von oben auf die Nebelwand. Wie lange würde es dauern, bis die Nebelwand allein durch die Sonnenstrahlung aufgelöst würde?  
(Solarkonstante  $S = 1,33 \text{ kW/m}^2$ )

## Beispiel 2

Ein geladenes Teilchen mit dem gleichen Verhältnis von Ladung zu Masse wie ein Elektron bewegt sich auf einer Kreisbahn mit Radius  $r = 20$  cm im Uhrzeigersinn, wenn ein konstantes Magnetfeld mit einer Induktion von  $B = 5 \cdot 10^{-4}$  T senkrecht von oben auf die Bahnebene wirkt.

- Ist das Teilchen ein Elektron oder ein Positron ("positiv geladenes Elektron")?
- Wie groß ist seine Geschwindigkeit?  
(Elementarladung  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  As, Masse des Elektrons  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg)

## Beispiel 3

Bei einer Compact Disc (CD) ist die innerste Rille  $r = 2$  cm und die äußerste  $R = 5$  cm vom Mittelpunkt entfernt. Die CD dreht sich mit 320 Umdrehungen pro Minute und hat eine Spieldauer von einer Stunde.

- Wie groß ist der Abstand zwischen zwei Rillen?
- Wie groß ist die Geschwindigkeit der Platte relativ zum Tonabnehmer im äußersten Bereich?
- Die Rillen der CD wirken bei Beleuchtung durch Reflexion ähnlich einem Beugungsgitter (der Rillenabstand entspricht dem Gitterabstand). Man bestrahlt die Platte senkrecht mit Laserlicht der Wellenlänge  $\lambda = 633 \cdot 10^{-9}$  m. Wie groß ist der Abstand zwischen den ersten zwei Maxima auf einer  $l = 0,5$  m entfernten Leinwand? (Für kleine Winkel  $\alpha$  gilt  $\sin \alpha \sim \alpha$ )
- Nun wird die CD aus einem Winkel von  $\phi = 20^\circ$  (gemessen zur Normalen auf die CD) bestrahlt. Wie groß ist der Abstand zwischen den ersten zwei Maxima nun, wenn die Leinwand normal auf dem reflektierten Strahl steht?

## Beispiel 4

Eine Batterie mit der Quellenspannung  $U = 12$  V und innerem Widerstand  $r$  wird an einen äußeren Widerstand  $R$  angeschlossen.

- Berechne die Wärmeleistung, die am äußeren Widerstand abgegeben wird, als Funktion der Widerstände im Stromkreis.
- Diese Wärmeleistung wird zu  $P = 10$  W gemessen. Wenn eine zweite gleichartige Batterie parallel zur ersten an diesen Widerstand angeschlossen wird, so verdoppelt sich die abgegebene Wärmeleistung. Wie groß sind der äußere Widerstand  $R$  und der innere Widerstand  $r$ ?
- Wie groß ist die am äußeren Widerstand  $R$  abgegebene Wärmeleistung, wenn eine dritte gleichartige Batterie auch wieder parallel dazugeschaltet wird?

## Beispiel 5: Abschätzung des Moleküldurchmessers, des Atombereichs und der Loschmidtschen Konstanten mit dem Ölfleckversuch

### Allgemeines

Zum Experiment benötigt man eine Mischung aus Ölsäureester und Benzin im Volumenverhältnis 1:1999. In einen Pappteller wird destilliertes Wasser eingefüllt (maximal 1 cm hoch). Kurz vor der Versuchsdurchführung wird die Wasseroberfläche gleichmäßig mit Bärlappsporen bestreut. Um eine Behinderung der sich auf der Wasseroberfläche ausbreitenden Flüssigkeit zu vermeiden, sollte die Sporenschicht so dünn wie möglich sein. Würde man nun einen Benzintropfen auf die Wasseroberfläche fallen lassen, dann würde das Benzin sich zu einer dünnen Schicht auf der Wasseroberfläche ausbreiten und würde die Bärlappsporen zurückdrängen. Nach dem Verdunsten des Benzins wäre der so entstandene Fleck fast wieder verschwunden.

Wird ein Tropfen des Benzin-Öl-Gemischs auf die Wasseroberfläche gebracht, so wird der durch das Gemisch entstehende Fleck nach dem vollständigen Verdunsten des Benzins nur etwas kleiner. Sein Durchmesser wird bestimmt. Eine Wiederholung des Versuches führt zu einem gleich großen Ölfleck.

Die Tatsache, daß sich für gleiche Ölmengen immer wieder gleich große Ölflecke ergeben, ist ein Beleg für die diskontinuierliche Struktur der Stoffe. Sie legt die Annahme nahe, daß sich die Ölteilchen bis zur Grenze ihrer Möglichkeit ausbreiten, d. h. solange, bis nur noch Ölmoleküle nebeneinander, aber nicht mehr übereinanderliegen. Das Experiment zeigt, daß die Teilung der Stoffe soweit fortgesetzt werden kann, daß eine Schicht von etwa  $10^{-7}$  cm Dicke entsteht. Dabei handelt es sich bei der Ölschicht um eine monomolekulare Schicht und die Schichtdicke ist gleich dem Moleküldurchmesser.

### Aufgabenstellung

- Füllen Sie eine 2 ml Spritze mit dem Gemisch aus Ölsäureester und Benzin im Volumenverhältnis 1:1999 (beim Betreuer erhältlich). Messen Sie das Volumen von 100 Tropfen, indem Sie 100 Tropfen aus der Spritze mit der aufgesetzten Nadel

vorsichtig auf ein Papier tropfen. Ermitteln Sie das Volumen eines Tropfens und bestimmen Sie das darin enthaltene Ölvolumen. Bitten Sie Ihren Betreuer, daß nun gut gelüftet wird.

2) Führen Sie den Versuch mit 1 Tropfen auf der mit Bärlappsporen bestreuten Wasseroberfläche, wie oben beschrieben, mehrmals durch (jedesmal neuen Teller nehmen!) und bestimmen Sie den Durchmesser des Ölflecks.

### Herleitungen und Berechnungen

3) Berechnen Sie die Dicke der Ölschicht unter Annahme eines zylindrischen Ölflecks mit der Höhe  $d_M$ . Unter der vereinfachenden Annahme, daß das Ölmolekül die Form eines Würfels besitzt, entspricht die berechnete Schichtdicke dem Moleküldurchmesser.

4) Der Ölsäureester  $C_{20}H_{38}O_2$  hat 60 Atome im Molekül. Unter der vereinfachenden Annahme, daß das Ölmolekül die Form eines Würfels besitzt und alle Atome gleich groß sind, berechnen Sie einen mittleren Atomdurchmesser  $d_A$ .

5) Die Loschmidtsche Zahl  $N_L$  ist der Quotient aus dem molaren Volumen und dem Volumen eines Moleküls. Die Dichte des Ölsäureesters beträgt  $0,87 \text{ g/cm}^3$ , das Atomgewicht von Kohlenstoff ist  $12 \text{ g/mol}$ , von Wasserstoff  $1 \text{ g/mol}$  und von Sauerstoff  $16 \text{ g/mol}$ . Berechnen Sie aus diesen Angaben und dem von Ihnen bestimmten Moleküldurchmesser die Loschmidtsche Zahl. (Tabellenwert  $6,02 \cdot 10^{23}$  Teilchen/mol)

---

## Nachbemerkung

An den diesjährigen Landeswettbewerben haben sich über 200 Schülerinnen und Schüler beteiligt, die sich zuvor in den freiwilligen Olympiadekursen intensiver als vom Lehrplan und der Studententafel gefordert mit Physik beschäftigt haben. Dieses freiwillige Engagement, das ebenfalls hoch motivierte Lehrer erfordert, ist sehr erfreulich.

Seit über 10 Jahren werden die Beispiele des Landeswettbewerbs von einem Team an der Universität Graz zusammengestellt. Diesem Team, Univ.-Prof. Dr. H. Latal, Univ.-Prof. Dr. L. Mathelitsch, Ass.-Prof. Dr. G. Pottlacher (TU Graz) und Prof. Dr. A. Hohenester, sei hier Dank gesagt. In der Zwischenzeit hat auch der Bundeswettbewerb stattgefunden. Die fünf Besten dieses Bewerbes dürfen zur Internationalen Physikolympiade in Australien fahren.

Den Teilnehmern Wolfgang Gatterbauer (BGRG Linz-Auhof), Marcus Lang (BGRG Graz Carnerigasse), Manuel Mörtelmaier (BGRG Wels Schauerstraße), Martin Puchwein (BRG Linz Feuerbachstraße) und Stefan Dorner (BGRG Villach) und ihren altbewährten Betreuern Prof. Mag. Günther Lechner und Prof. Mag. Ing. H. Mayr soll an dieser Stelle der bestmögliche Erfolg gewünscht werden.

Die verschiedenen Olympiaden sind eine Form der Begabtenförderung, die nicht der Sparwelle zum Opfer fallen dürfen. Die Leistungen der Teilnehmer sollten daher in der Öffentlichkeit stärker präsentiert werden.

H. Kühnelt

## Zweite Nachbemerkung

So dankenswert die Arbeit ist, die vom Grazer Team in die Formulierung der Olympiadebeispiele gesteckt wird, so notwendig ist auch eine offene Diskussion über die Beispiele. Beispiel 5 wird in einem separaten Artikel von Eibler und Mayr detaillierter als Lehrer- und Schülerversuch besprochen., in diesem Beispiel ist für mich die lokalpatriotische Verwendung der Loschmidtschen Zahl statt der Avogadroschen Konstanten und noch mehr der überholte Begriff "Atomgewicht" ein kleiner Kritikpunkt. An dem aus dem Alltag gegriffenen Beispiel 1 hat sich eine kleine Diskussion entzündet, die über Electronic Mail geführt wurde und die im folgenden auszugsweise wiedergegeben werden soll.

6. Mai 1995, Kühnelt an Mathelitsch:

... Sind die Verfasser der Beispiele mit einem Abdruck in PLUS LUCIS einverstanden? In einem Kommentar werde ... ich zum 1. Beispiel Stellung nehmen, da ich das Gefühl habe, daß da [etwas schiefgegangen ist]. Ich bitte um Gegenäußerung.

1) Nebel bildet sich bei niedrigen Temperaturen (unter etwa 5 Grad Celsius). Wie groß ist der Sättigungsdampfdruck, wieviel  $H_2O$  enthält ein [Luft]Volumen von  $20000 \text{ m}^3$ ? Wirklich nur  $8 \text{ m}^3$ ??

2) "Verdampfungswärme" von Wasser ist bei 100 Grad definiert, um  $H_2O$  bei 5 Grad in den gasförmigen Zustand überzuführen, braucht man etwas mehr. Es geht mir nicht um den Zahlenwert, sondern um den dahinter liegenden Mechanismus [und um begriffliche Klarheit].

3)  $F_R = 4rv$  ist ungünstig, da "4" als dimensionsbehaftete Größe unschön ist. Schüler dürften so etwas nicht anschreiben.

4) Die Solarkonstante beträgt am oberen Rand der Atmosphäre  $1,3 \text{ kW/m}^2$ , am Boden wesentlich weniger.

Tut mir leid, daß ich so pingelig bin. ... die Beispiele sind gut gewählt: Auch die Schwächeren können Punkte sammeln und werden nicht ganz enttäuscht, die Guten müssen sich durchaus anstrengen...

15. Mai 1995: Mathelitsch an Kühnelt:

... sind wir natürlich mit einem Abdruck in PLUS LUCIS einverstanden. Bezüglich einer Statistik wäre es meiner Meinung ganz interessant zu sehen, wie die Schüler die einzelnen Beispiele (1 a, b,...) bewältigt haben. Dies aber nur österreichweit, ich glaube, es wäre nicht gut, dies bundesländerweise zu tun.

Nun zu Deiner Kritik: Auch wir haben beim 1. Beispiel ein bißchen Bauchweh gehabt, aber aus einem anderen Grund, den ich unten anführen werde.

Der Ausgangspunkt des Beispiels war eine Aufgabenstellung in *Quantum* (Heft Mai/Juni 1993, p. 16). Allerdings ist die Lösung dort unrealistisch, weil eine Tropfengröße von  $r = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  rauskommt. Wir haben die Zahlenwerte dann geändert und eine Tröpfchengröße von  $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}$  angenommen. Genauere Recherchen nach Deiner Anfrage (einen guten Artikel gab es im *Scientific American*, Dec. 1968) haben ergeben, daß wir damit immer noch um einen Faktor 4 - 10 zu hoch liegen, was sich auch in einer unrealistischen Nebeldichte auswirkt.

Doch nun der Reihe nach zu Deinen Fragen:

ad 1) Die Dichte eines feuchten Nebels beträgt etwa  $1 \text{ g/m}^3$ !! In  $20000 \text{ m}^3$  ist also nicht mehr Wasser enthalten, wie Du vermutet hast, sondern es sind nur 20 l Wasser. Aufgrund der fal-

schen Tropfengröße sind wir mit unserem Wert von 8000 kg leider auch sehr daneben.

ad 2) Die Verdampfungswärme von Wasser ist bei Zimmertemperatur etwa 8 % höher als bei 100 °C. Quantitativ ist der Effekt also nicht wichtig. Den Effekt qualitativ in einem (im Prinzip Rechen-) Beispiel unterzubringen, ist nicht einfach. Die Beispiele werden viel voluminöser, und es besteht die Gefahr, daß die Schüler den Wald vor lauter Bäumen nicht mehr sehen.

ad 3) Hier hast Du völlig recht. Diese Schreibweise ist zu schlampig. Wir wollten nur nicht eine neue Größe einführen, die die Schüler vorher in dieser Form sicher noch nie gesehen haben.

ad 4) Die Solarkonstante ist am Boden nicht wesentlich geringer, wie Du meinst: Bei senkrechtem Auftreffen der Strahlen verringert sie sich von 1,33 auf 0,9 kW/m<sup>2</sup>, in unseren Breiten auf 0,8 kW/m<sup>2</sup>.

Warum wir Bauchweh gehabt haben, war ein anderer Grund. Dieser Effekt ist nicht der Hauptgrund des Auflösens des Nebels. Die Effizienz der Strahlung ist nämlich sehr gering: Bei dichtem Nebel wird bis zu 80 % der Strahlung reflektiert und von diesen 20 % wird auch nur ein Teil direkt von den Tropfen aufgenommen, der andere Teil geht in die Erwärmung von Luft

und Boden. Der Hauptmechanismus des Nebelauflösens besteht darin, daß die Luft (hauptsächlich ober dem Nebel) erwärmt wird, sich mit dem Nebel mischt, es kommt zu Turbulenzen, die die Vermischung von warmer und kalter Luft begünstigen usw. Aus diesem Grund haben wir so vorsichtig formuliert: "Wie lange würde aufgelöst würde".

Bei diesen "Beispielen aus der Praxis" ist es, im Gegensatz zu den eher akademischen (wie z.B. die elektrischen Beispiele 2 und 4) immer eine Gradwanderung zwischen Vereinfachung und Realismus. (Die falsche Tropfengröße war zuwenig Recherche, aber uns schien 10<sup>-4</sup> sehr realistisch).

### Dritte Nachbemerkung - eine Frage des Prinzips

Beispiel 1 sollte in Form von Rechenbeispielen die Fähigkeit testen, einige Grundbegriffe anzuwenden - so weit, so gut. Bei einem Beispiel aus der Erfahrungswelt sollte jedoch wenigstens in einem beigefügten Kommentar der richtige Mechanismus (z.B. der Nebelauflösung) beschrieben werden, da keine falschen Vorstellungen in die Köpfe der Schüler gepflanzt werden dürfen. Auch der Einschub eines Satzes wie "Untersuchen Sie die folgenden Möglichkeiten zur Nebelauflösung. Wie realistisch erscheinen sie Ihnen?" wäre m.E. angebracht.

## Programm der Haupttagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft, 20. - 22. 9. 1995

**Kongreßzentrum Altes Rathaus, Hauptplatz 1, 8700 Leoben**

**Mittwoch, 20. September 1995**

- 08.30 Anmeldung
- 10.00 Eröffnungsvortrag: D. Widmann - Siemens AG, München: "Physik und 1-Gbit-Speicher"
- 11.00 Offizielle Eröffnung und Verleihung der Preise der ÖPG
- 11.45 Preisträgervortrag: Ludwig Boltzmann-Preis
- 15.00 G. Blatter- ETH Hönggerberg, Zürich: "Hochtemperatur-Supraleiter: Von den Grundlagen zur Anwendung"
- 16.00 Preisträgervortrag: Festkörperphysik-Preis
- 16.15 H. Schmieden - Univ. Mainz: "Elektromagnetische Formfaktoren des Neutrons"
- 17.15 Jahreshauptversammlung
- 20.00 Öffentlicher Abendvortrag: K. Wogram - PTB, Braunschweig: "Musikalische Akustik"

**Donnerstag, 21. September 1995**

- 09.00 S. Hofmann - Ges. f. Schwerionenforschung, Darmstadt: "Die Entdeckung der Elemente 110 und 111"
- 09.40 Prämierung der besten Fachbereichsarbeiten aus Physik; Auszeichnung der österreichischen Teilnehmer an der Internationalen Physikolympiade
- 10.00 G. Börner - MPI für Astrophysik, Garching bei München: "Die Astrophysik schwarzer Löcher"

- 11.10 R. Wiesendanger - Angew. Physik, Univ. Hamburg: "Rastersondenmikroskopie und Spektroskopie: Zugang zur Physik auf der Nanometerskala"
- 11.50 M. Wendel - Univ. München: "Nanolithographie mit einem Rasterkraftmikroskop"
- 14.00 Exkursionen für Lehrer: Schienenwalzwerk Donawitz, Erzberg
- 15.30 F. G. Rüdener - Forschungszentrum Seibersdorf: "Flüssigmetall-Feldionemitter für Weltraum-Applikationen"
- 16.10 Preisträgervortrag: Viktor Hess-Preis
- 16.50 F. Heller- ETH Hönggerberg, Zürich: "Lössmagnetismus"
- 17.30 P. Rödhammer- Plansee AG, Reutte "Hochtemperaturwerkstoffe"
- 19.00 Empfang des Bürgermeisters

**Freitag, 22. September 1995**

- 09.00 E.F. Wassermann - Univ. Duisburg: "Martensitische Phasenübergänge"
- 09.40 A. Zeilinger- Univ. Innsbruck: "Meßprozeß in der Quantenoptik"
- 10.50 K. Lackner- MPI für Plasmaphysik Garching: "Aktueller Stand der Fusionsforschung"
- 11.50 Posterprämierung und Tagungsende
- 13.30 Institutsbesichtigung

Wir sollten jede Gelegenheit zum Lernen nutzen. (Für mich war dieses Beispiel in vielerlei Hinsicht lehrreich.)

H.K.