Hydrostatik

104 Aufgaben und zwei Probeprüfungen, mit ausführlichen Lösungen





Welche Kraft wirkt hier auf welche Fläche?

> *«Ein Wunder ist kein Wunder.»*
>
> SIMON STEVIN, 1586 · «WONDER EN IS GHEEN WONDER»

Matura · Vorkurs · Passerelle
mit Lösungsteil

Physikstube
Physik mit Dominic Tschan

AUFGABENSAMMLUNG HYDROSTATIK

So arbeitest du mit diesem Band

Dieser Band enthält keine Theorie. Sie steht im Lehrmittel; zu Beginn jedes Teils findest du den Verweis dorthin mit Kapitel und Seite. Wo mein Kopf steht, sage ich etwas aus dem Unterricht. Hier wird gerechnet.

Die Sterne

ohne	**Grundaufgabe.** Direktes Einsetzen, ein Rechenschritt. Das ist Prüfungsstoff, diese Aufgaben musst du können.
★	**Anspruchsvoller.** Zwei Schritte, oder eine Formel muss zuerst umgestellt werden.
★★	**Knacknuss.** Für Zusatzpunkte; hier steckt eine Idee dahinter, nicht nur eine Formel.

So gehst du vor

1. Rechne die Aufgabe *ganz* durch, bevor du irgendwo nachschaust.
2. Vergleiche mit den *Ergebnissen* am Ende des Teils. Stimmt dein Ergebnis, bist du fertig.
3. Stimmt es nicht: Suche im Lösungsteil die Zeile, ab der dein Weg abweicht. Das ist lehrreicher, als die ganze Lösung zu lesen.
4. Kommst du gar nicht weiter: Die *Hilfe* verrät den ersten Schritt, nicht die Lösung.

DIE LEITIDEE DES GANZEN THEMAS

Druck ist Kraft pro Fläche.

$$p = \frac{F}{A}$$

Jede weitere Formel dieses Themas ist nur diese eine Beziehung, ein zweites Mal gelesen. Wenn du bei einer Aufgabe nicht weiterweisst, frag dich zuerst: *Welche Kraft wirkt hier auf welche Fläche?*

Der letzte Teil ist Prüfungstraining

Teil 9 enthält zwei vollständige Probeprüfungen im Format der echten Prüfung: gleiche Aufgabentypen, gleiche Punkteverteilung, gleiche Länge, 45 Minuten. Die Zahlen sind neu, damit die realen Serien nicht verbraucht werden.

Zwei Zahlen, die du auswendig können solltest. Der Luftdruck beträgt rund $100\,000\,\mathrm{Pa}$, das ist $1\,\mathrm{bar}$. Und Wasser hat die Dichte $1000\,\mathrm{kg/m^3}$, also genau ein Kilogramm pro Liter. Alle weiteren Dichten stehen im Lehrmittel, Anhang C.

INHALT

Neun Teile, ein Gedanke

1 **Druck** 4
Kraft pro Fläche, und warum ein Quadratzentimeter nicht ein Hundertstel Quadratmeter ist.

2 **Luftdruck und Vakuum** 10
Ein Vakuum zieht nie, es drückt immer die Seite mit dem höheren Druck.

3 **Die hydraulische Presse** 15
Zwei Kolben, ein Druck, und der Aufgabentyp, der in jeder einzelnen Prüfungsserie vorkommt.

4 **Der Schweredruck** 20
Zehn Meter Wasser tragen rund ein bar, und vor jeder Rechnung steht dieselbe Frage: mit oder ohne Luftdruck?

5 **Steighöhe, Barometer, Saugen** 28
Was ein bar tragen kann, und warum es völlig gleichgültig bleibt, wie kräftig du saugst.

6 **Die Auftriebskraft** 34
Zwei Wägungen ergeben eine Dichte, und vor jeder Halte-, Seil- oder Kettenkraft steht das Kräftebild.

7 **Schwimmen: Eintauchtiefe und Anteil** 42
Nicht wie gross die Auftriebskraft ist, sondern wie tief der Körper einsinkt, und was er dabei noch tragen kann.

8 **Auftrieb in Gasen** 51
Dieselbe Formel wie im Wasser, nur wiegt hier die Hülle mit.

9 **Prüfungstraining** 55
Zwei vollständige Probeprüfungen im Format der echten Serie, gleiche Aufgabentypen, gleiche Punkteverteilung, gleiche Länge, gleiche Zeit.

Lösungen

L **Ausführliche Lösungen** 63

TEIL 1

Druck

Kraft pro Fläche, und warum ein Quadratzentimeter nicht ein Hundertstel Quadratmeter ist.



MUHTON WEISS MEHR

Der Eisbär robbt

Ein Eisbär wiegt bis zu 700 Kilogramm, etwa so viel wie ich. Wird das Eis dünn, legt er sich flach auf den Bauch, spreizt die Beine und robbt weiter. So verteilt er seine Gewichtskraft auf eine viel grössere Fläche, und der Druck auf das Eis sinkt. Die Kraft ist dieselbe geblieben, nur die Fläche nicht. Ich habe es auf dem Weiher ausprobiert. Flach liegen kann ich. Robben nicht.

Im Skript: Kapitel 1, Seite 8

Alle achtzehn Aufgaben dieses Teils gehen auf dieselbe Zeile zurück: $p = F/A$. Was sie voneinander unterscheidet, ist nicht die Physik, sondern die Frage, welche der drei Grössen gesucht ist und in welchen Einheiten die beiden anderen dastehen. Geordnet sind sie nach Schwierigkeit, zuerst die Grundaufgaben, wie sie in jeder Prüfung vorkommen, danach die mit dem Stern.

Druck ist Kraft pro Fläche, so gehst du bei jeder Druckaufgabe vor

1. **Welche Kraft, welche Fläche?** Diese Doppelfrage steht vor jeder Rechnung. Sie beantwortet sich aus dem Text, nicht aus der Formel.
2. **Beides in Grundeinheiten.** Kraft in Newton, Fläche in Quadratmeter, dann kommt Pascal von selbst heraus. Und Flächen rechnet man mit dem *Quadrat* um: $1\,\mathrm{cm^2} = 10^{-4}\,\mathrm{m^2}$, $1\,\mathrm{mm^2} = 10^{-6}\,\mathrm{m^2}$.
3. **Eine Masse ist noch keine Kraft.** Steht in der Angabe ein Kilogramm oder eine Tonne, so kommt zuerst $F_G = m\,g$ mit $g = 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}$.
4. **Kreisfläche:** $A = \pi r^2$ mit $r = d/2$. Angegeben ist fast immer der Durchmesser, weil man ihn messen kann.
5. **Ist die Kraft gesucht,** so heisst die Formel $F = p \cdot A$, und wenn es von beiden Seiten drückt, $F = \Delta p \cdot A$.
6. **Zum Schluss der Vergleich:** $1\,\mathrm{bar} = 100\,000\,\mathrm{Pa}$. An dieser einen Zahl merkst du sofort, ob dein Ergebnis in der richtigen Grössenordnung liegt.

A 1.1 Rechne um

Rechenweg S. 63

Einheit: Der sichere Weg führt bei jeder Umrechnung über das Pascal.

Wandle die folgenden Druckangaben um.

a) $1035\,\mathrm{mbar}$ in Pascal und in Hektopascal.

b) $380\,\mathrm{hPa}$ in bar.

c) $25\,\mathrm{N/cm^2}$ in Hektopascal und in bar.

A 1.2 Aus einer Prüfung: von Millibar nach Pascal

Rechenweg S. 63

Rechne $850\,\mathrm{mbar}$ in Pascal um. *(Diese Aufgabe stammt aus einer früheren Prüfung.)*

A 1.3 Aus einer Prüfung: von Pascal nach Millibar

Rechenweg S. 63

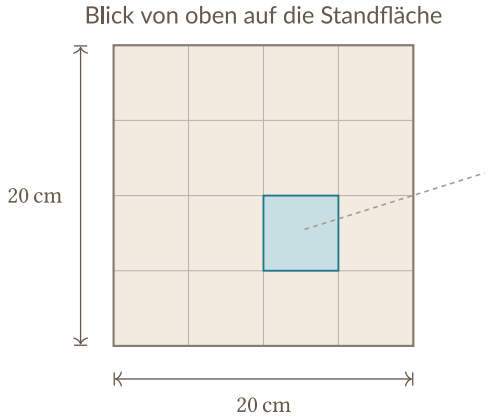
Rechne $80\,200\,\mathrm{Pa}$ in Millibar um. *(Diese Aufgabe stammt aus einer früheren Prüfung.)*

A 1.4 Der Karton auf dem Regalbrett

Rechenweg S. 63

Formel: $p = F/A$ und $F = p \cdot A$, in dieser Aufgabe brauchst du beide Formen.

Ein Karton steht auf einem Regalbrett. Er drückt mit $120\,\mathrm{N}$ auf eine quadratische Standfläche von $20\,\mathrm{cm} \times 20\,\mathrm{cm}$. Auf dem Brett ist ein Raster aus Feldern von $5\,\mathrm{cm} \times 5\,\mathrm{cm}$ aufgezeichnet.



ein Rasterfeld: $5\,\mathrm{cm} \times 5\,\mathrm{cm} = 25\,\mathrm{cm^2}$

a) Wie gross ist der Druck auf das Brett, in $\mathrm{N/cm^2}$ und in Pascal?

b) Mit welcher Kraft drückt der Karton auf ein einzelnes Rasterfeld?

Wenn du a) nicht lösen konntest, rechne mit $p = 0{,}25\,\mathrm{N/cm^2}$ weiter.

A 1.5 Barfuss oder mit Schneeschuh

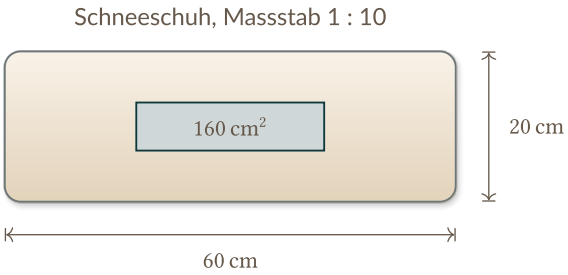
Rechenweg S. 63

Eine Person mit $m = 64\,\mathrm{kg}$ steht im Schnee, jeweils auf einem Bein.

a) Barfuss beträgt die Auflagefläche des Fusses $160\,\mathrm{cm^2}$. Berechne den Druck auf den Schnee in Grundeinheiten.

b) Nun trägt sie einen Schneeschuh von $20\,\mathrm{cm} \times 60\,\mathrm{cm}$. Wie gross ist der Druck jetzt?

c) Um welchen Faktor unterscheiden sich die beiden Ergebnisse, und weshalb genau um diesen?



Die getönte Fläche ist die Auflage des blossen Fusses, flächengleich gezeichnet.

A 1.6 Die Eisläuferin

Rechenweg S. 63

Video Die Einheitenfalle, an der die meisten scheitern, ab 12:18. youtu.be/sZx9MARn8Is?t=738

Eine Eisläuferin mit $m = 52\,\mathrm{kg}$ steht auf einer Kufe. Die Kufe berührt das Eis auf einer Fläche von $3{,}0\,\mathrm{cm}^2$. Wie gross ist der Druck auf das Eis? Gib ihn auch in bar an und vergleiche ihn mit dem Luftdruck.

A 1.7 Der Melkschemel

Rechenweg S. 63

Ein einbeiniger Melkschemel steht auf dem Stallboden. Sein Fuss ist kreisförmig und hat $2\,\mathrm{cm}$ Durchmesser; belastet wird er mit $85\,\mathrm{kg}$. Welchen Druck erzeugt er auf dem Boden? *(Diese Aufgabe stammt aus einer früheren Prüfung.)*

A 1.8 Das Nashorn auf einem Fuss

Rechenweg S. 63

Ein Breitmaulnashorn mit $m = 2{,}3\,\mathrm{t}$ steht auf einem Fuss. Die Standfläche ist kreisförmig mit dem Durchmesser $d = 24\,\mathrm{cm}$.

a) Wie gross ist der Druck auf den Boden?

b) Wie gross ist er, wenn das Tier auf allen vier Füssen steht?

A 1.9 Den Wasserhahn zuhalten

Rechenweg S. 63

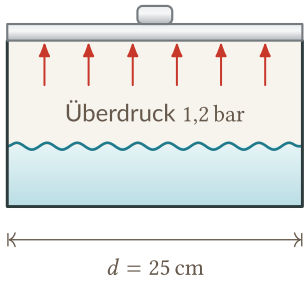
Tipp: Ein Überdruck ist bereits eine Differenz, der Luftdruck kommt hier nicht mehr dazu.

Im Leitungswasser herrscht ein Überdruck von $6\,\mathrm{bar}$. Du hältst die Öffnung eines Wasserhahns mit dem Daumen zu; sie hat $1{,}5\,\mathrm{cm}^2$. Welche Kraft ist dafür mindestens nötig? *(Diese Aufgabe stammt aus einer früheren Prüfung.)*

A 1.10 Der Dampfkochtopf

Rechenweg S. 63

In einem Dampfkochtopf steht der Dampf unter einem Überdruck von $1{,}2\,\mathrm{bar}$. Der Deckel ist rund und hat $25\,\mathrm{cm}$ Durchmesser. Mit welcher Kraft wird er von innen nach oben gedrückt? Welcher Masse entspricht diese Kraft?



Der Dampf drückt den Deckel von innen nach oben, überall gleich stark.

A 1.11 Die Mineralwasserflasche

Rechenweg S. 63

Achtung: Gegeben ist der Durchmesser der Mündung, gebraucht wird der Radius.

In einer ungeöffneten Mineralwasserflasche herrscht ein Überdruck von $600\,\mathrm{hPa}$. Die Mündung hat einen Durchmesser von $18\,\mathrm{mm}$. Mit welcher Kraft drückt das Gas von innen gegen den Verschluss?

A 1.12 ★ Der Konzertflügel auf drei Rollen

Rechenweg S. 63

Ein Konzertflügel mit $m = 320\,\mathrm{kg}$ steht auf drei Rollen. Jede Rolle drückt auf eine Fläche, die wir vereinfacht als Kreis mit $3{,}0\,\mathrm{cm}$ Durchmesser annehmen.

a) Wie gross ist der Druck auf den Boden?

b) Unter jede Rolle wird ein runder Untersetzer gelegt. Welchen Durchmesser muss er haben, damit der Druck auf einen Zehntel des Werts aus a) sinkt?

HILFE Für b) brauchst du keine neue Rechnung: Ein Zehntel des Drucks bedeutet bei gleicher Kraft die zehnfache Fläche. Und wenn die Fläche zehnmal so gross wird, wächst der Durchmesser nur um den Faktor $\sqrt{10}$.

A 1.13 ★ Der vierbeinige Tisch

Rechenweg S. 63

Ein vierbeiniger Tisch mit $m = 32\,\mathrm{kg}$ hat runde Beine von $40\,\mathrm{mm}$ Durchmesser. Wie gross ist der Bodendruck, wenn alle vier Beine gleichmässig belastet sind? *(Diese Aufgabe stammt aus einer früheren Prüfung.)*

A 1.14 ★ Der kleine Holzwürfel

Rechenweg S. 63

Dichte: $\rho = m/V$, also $m = \rho\,V$, mehr brauchst du von der Dichte hier noch nicht.

Ein Holzwürfel mit der Kantenlänge $1{,}5\,\mathrm{cm}$ hat die Dichte $\rho = 670\,\mathrm{kg/m^3}$. Er liegt auf einer waagrechten Tischplatte.

a) Wie gross ist seine Masse?

b) Welchen Druck erzeugt er auf der Tischplatte?

(Diese Aufgabe stammt aus einer früheren Prüfung.)

A 1.15 ★ Zehn Räder für zwanzig Tonnen

Rechenweg S. 63

Ein Lastwagen mit der Masse $20\,\mathrm{t}$ steht auf zehn Rädern. Jeder Reifen berührt die Strasse auf einer Fläche von $80\,\mathrm{mm} \times 30\,\mathrm{cm}$.

a) Wie gross ist der Druck, den die Reifen auf die Strasse ausüben?

b) In Lastwagenreifen werden $7\ \mathrm{bis}\ 9\,\mathrm{bar}$ eingefüllt. Passt dein Ergebnis dazu? Begründe in einem Satz, weshalb die beiden Zahlen überhaupt etwas miteinander zu tun haben.

A 1.16 ★ Die Nadelspitze

Rechenweg S. 63

Tipp: Rechne den Durchmesser zuerst in Meter um und quadriere erst danach.

Eine Nähnadel wird mit $50\,\mathrm{N}$ gegen ein Werkstück gedrückt. Ihre Spitze ist kreisrund und hat $0{,}050\,\mathrm{mm}$ Durchmesser. Wie gross ist der Druck an der Spitze? Wie viele Luftdrucke sind das?

A 1.17 ★ Die Türe im Treppenhaus

Rechenweg S. 63

Eine Türe hat eine Fläche von $2{,}0\,\mathrm{m}^2$. Weil die Lüftung läuft, braucht man zum Öffnen zusätzlich $100\,\mathrm{N}$. Wie gross ist die Druckdifferenz zwischen den beiden Seiten der Türe? Gib sie in Pascal und in Hektopascal an und vergleiche sie mit dem Luftdruck.

A 1.18 ★ Die Tiefkühltüre

Rechenweg S. 63

Formel: Nur die Differenz zählt: $F = \Delta p \cdot A$.

Die Türe eines Tiefkühlschranks ist $120\,\mathrm{cm}$ hoch und $55\,\mathrm{cm}$ breit. Kurz nach dem Schliessen herrscht im Innern ein Druck von $985\,\mathrm{hPa}$, aussen einer von $1008\,\mathrm{hPa}$.

a) Wie gross ist die Druckdifferenz in Pascal?

b) Mit welcher Kraft wird die Türe zugedrückt?

c) Der Hersteller verlangt, dass sich die Türe mit höchstens $60\,\mathrm{N}$ öffnen lässt. Um wie viel Pascal darf sich der Innendruck höchstens vom Aussendruck unterscheiden?

(Diese Aufgabe stammt aus einer früheren Prüfung, hier mit anderen Zahlen.)

Wenn du a) nicht lösen konntest, rechne mit $\Delta p = 2000\,\mathrm{Pa}$ weiter.

Ergebnisse Teil 1, zum Sofortvergleich

A 1.1	a) 103 500 Pa = 1035 hPa b) 0,38 bar c) 2500 hPa = 2,5 bar	A 1.2	85 000 Pa
A 1.3	802 mbar	A 1.4	a) $0{,}3\,\mathrm{N/cm^2}$ = 3000 Pa b) 7,5 N
A 1.5	a) 39 240 Pa b) 5232 Pa c) Faktor 7,5	A 1.6	$1{,}70 \cdot 10^6$ Pa = 17,0 bar
A 1.7	$2{,}65 \cdot 10^6$ Pa = 26,5 bar	A 1.8	a) $4{,}99 \cdot 10^5$ Pa = 4,99 bar b) $1{,}25 \cdot 10^5$ Pa
A 1.9	90 N	A 1.10	5,89 kN ≙ der Gewichtskraft von 600 kg
A 1.11	15,3 N	A 1.12	a) $1{,}48 \cdot 10^6$ Pa = 1,48 MPa b) 9,5 cm
A 1.13	$6{,}25 \cdot 10^4$ Pa	A 1.14	a) 2,26 g b) 98,6 Pa
A 1.15	a) $8{,}18 \cdot 10^5$ Pa = 8,2 bar b) ja, das passt	A 1.16	$2{,}55 \cdot 10^{10}$ Pa = 25,5 GPa, rund 250 000 Luftdrucke
A 1.17	50 Pa = 0,5 hPa	A 1.18	a) 2300 Pa b) 1518 N c) 90,9 Pa