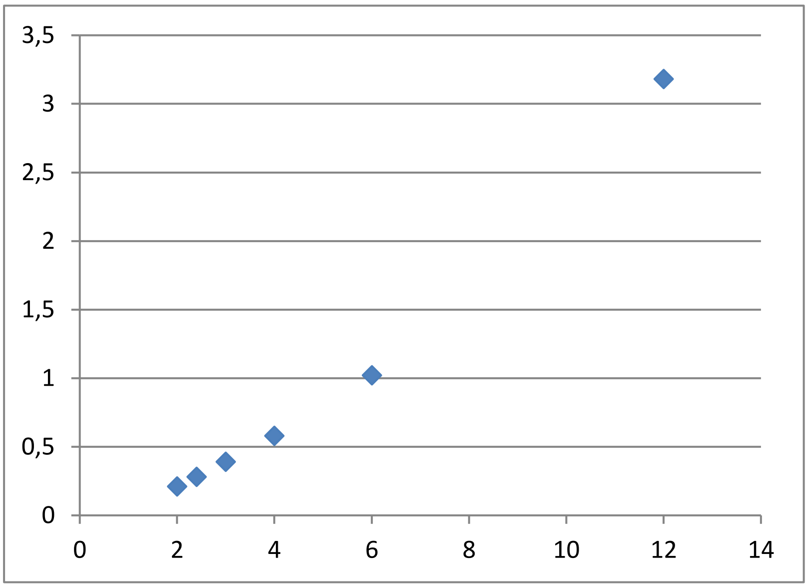
Lösungen Fortgeschrittene PW 25 2018/19

PW 25 F1 Glühlampen

- Wenn vorausgesetzt werden kann, dass die Glühlampen baugleich sind, lässt sich der Spannungsabfall an jeder der *n* Glühlampen durch U_L = 12V / *n* berechnen.
  Eine Messreihe mit 12V-3W-Glühlampen ergab:

n	U_L = 12 V / *n* (berechnet)	I_{ges} (gemessen)	$P_L = U \cdot I$	$P_{ges} = n \cdot P_L$
1	12 V	0,265 A	3,18 W	3,18 W
2	6 V	0,170 A	1,02 W	2,04 W
3	4 V	0,145 A	0,58 W	1,74 W
4	3 V	0,130 A	0,39 W	1,56 W
5	2,4 V	0,115 A	0,28 W	1,40 W
6	2 V	0,105 A	0,21 W	1,26 W

Das zugehörige Diagramm mit den Spannungswerten auf der Abszisse und den Leistungswerten auf der Ordinate sieht dann so aus:



- Beobachtung: Ab 4 V angelegter Spannung beginnen die Glühlampen zu glimmen, bei 6 V leuchten sie und bei 12 V leuchten sie mit voller Lichtstärke.
  Grundsätzlich enthält der Stromkreis mit steigender Zahl der Glühlampen eine steigende Zahl von Einzelwiderständen, die, da hintereinandergeschaltet, sich zum Gesamtwiderstand addieren.
  Die Gesamtleistung wäre nur dann konstant, wenn die Widerstände der Glühlampen im gleichen Maße abnehmen würden wie ihre Zahl zunimmt.
  Wären hingegen die Glühlampen ohmsche Widerstände, so würden Stromstärke und Gesamtleistung mit 1/*n* sinken.
  Beides ist ersichtlich nicht der Fall: Der Widerstand jeder Glühlampe steigt mit der

angelegten Spannung (Glühlampen sind bekanntlich nicht-ohmsch, sondern Heißleiter), aber nicht proportional.

PW 25 F 2 Ballons

Offensichtlich zeigt das Experiment, dass mit steigender Last auf dem Brett der Abstand vom Boden sinkt, sowohl bei luftgefüllten wie bei wassergefüllten Ballons.
Führt man das Experiment mit hinreichend steigenden Lasten aus (die Ballons tragen in beiden Fällen klaglos mindestens Lasten von 25 kg), so werden beide $h(F) - Kurven$ flacher werden, und die Kurve der wassergefüllten Ballons wird immer unter der Kurve der luftgefüllten Ballons verlaufen.
(Näherungsweise ergeben sich Kurven des Typs $h(F) \sim \frac{1}{F}$.)

Wie ist das zu erklären?

Klar ist zunächst, dass die Gewichtskraft des Bretts und der Gewichte auf dem Brett vollständig auf den Boden übertragen wird.

Allerdings wird diese Kraft nicht durch starre Hebel oder ähnliches weitergeleitet, sondern eben durch die Ballons.
Das bedeutet, dass die Kraft in den Ballons durch **Druck** in den Ballons vermittelt wird:
In den Ballons ist überall der Druck gleich. Da der Druck gleich Kraft pro Fläche ist (also $p = \frac{F}{A}$), bestimmt sich der Innendruck der Ballons durch die aufliegende Gewichtskraft und durch die Kontaktfläche mit dem Brett.
Ausgeglichen wird dieser Druck durch die Spannung, die die Ballonhülle liefert, denn die Hülle versucht, den Ballon zu verkleinern. Einen Ballon auszudehnen bedeutet also, Kraft aufzuwenden, die aus dem Innendruck kommt. Steigt der Innendruck, so steigt die Oberfläche des Ballons. Die Spannung wirkt im Wesentlichen auf die Teile des Ballons, die nicht mit Brett oder Boden in Kontakt sind.
Weiterhin gilt, dass bei herkömmlichen Ballons über einen weiten Bereich die Spannung proportional zum Innendruck ist.

Befindet sich Luft in dem Ballon, so führt eine Druckerhöhung dazu, dass das eingeschlossene Luftvolumen komprimiert wird, also kleiner wird. Man kann also sagen, dass ein Teil der Volumenerhöhung durch die höhere Dichte aufgefangen wird.

Befindet sich Wasser im Ballon, so wird das eingeschlossene Volumen nicht kleiner, denn Wasser ist inkompressibel.

Bis hierhin könnte man meinen, dass die luftgefüllten Ballons sich mit steigendem aufliegenden Gewicht zwar zusammendrücken lassen, aber weniger an Höhe verlieren und dass daher die $h(F) - Kurve$ flacher als bei den wassergefüllten Ballons verlaufen müsste.

Zwei wesentliche Punkte sind aber noch nicht berücksichtigt:
Zum Einen sind die wassergefüllten Ballons aufgrund des in ihnen vorhandenen Wassers von Anfang an „flacher“ als die luftgefüllten Ballons. Die Kontaktfläche mit dem Brett ist größer als bei den luftgefüllten Ballons. Die $h(F) - Kurve$ dieser Ballons beginnt also mit einem geringeren Abstand zum Boden.

Da die Ballons „flacher“ sind, ist freie Fläche zwischen Brett und Boden kleiner als bei den luftgefüllten Ballons, das heißt, der Innendruck wird beim wassergefüllten Ballon von einer kleineren Ballonfläche aufgefangen, die Spannung in diesen Bereichen ist höher als im luftgefüllten Fall. Eine weitere Belastung des Brettes führt deswegen – und auch aus dem Grund, dass die Kontaktfläche größer ist – zu einer kleineren Spannungszunahme und damit zu einer kleineren Höhenabnahme.

Zusammengefasst heißt dies:

Die $h(F) - Kurve$ im luftgefüllten Fall beginnt bei einer größeren Ausgangshöhe über dem Boden und sinkt dann schneller als im wassergefüllten Fall.

PW 25 F 3 Eisenzylinder

Unter der Annahme, dass keine Wärmeverluste auftreten, wird der Zylinder Wärme ausschließlich an das Eis abgeben. Da der Eisblock hinreichend groß ist und keine Wärme durch das Eis abgeleitet wird, führt die Wärme des Zylinders zur Erwärmung des Eises und zum Schmelzen desselben in seiner unmittelbaren Nähe. Folglich kühlt sich der Zylinder auf 0°C ab und das Eis erwärmt sich auf diese Temperatur, bevor es schmilzt. Es gilt:

$$Q_{ab} = Q_{auf}c$$

$$Q_{Eisen} = Q_{Eis}$$

$$c_{Eisen} m_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen} = c_{Eis} m_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis} m_{Eis}$$

$$c_{Eisen} m_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen} = m_{Eis}(c_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis})$$

$$m_{Eis} = \frac{c_{Eisen} m_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen}}{(c_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis})}$$

$$\rho_{Eis} V_{Eis} = \frac{c_{Eisen} \rho_{Eisen} V_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen}}{(c_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis})}$$

$$\rho_{Eis} A_{Eis} h_{Eis} = \frac{c_{Eisen} \rho_{Eisen} h_{Eisen} A_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen}}{(c_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis})}$$

$$\rho_{Eis} h_{Eis} = \frac{c_{Eisen} \rho_{Eisen} h_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen}}{(c_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis})}$$

$$h_{Eis} = \frac{\rho_{Eisen}}{\rho_{Eis}} \cdot \frac{c_{Eisen} \Delta\vartheta_{Eisen}}{(c_{Eis} \Delta\vartheta_{Eis} + q_{Eis})} \cdot h_{Eisen}$$

$$h_{Eis} \approx 1{,}02 \cdot h_{Eisen}$$

$$\boldsymbol{h_{Eis} \approx 4{,}08\ cm}$$

c_{Eisen}= 0,439 kJ/(kgK)

c_{Eis}= 2,09 kJ/(kgK)

q_{Eis} = 333,5 kJ/kg

ρ_{Eisen}= 7,86 g/cm^3

ρ_{Eis}= 0,917 g/cm^3