Lösungen: Schwingungen im Fahrstuhl

Aufgabe 1:

- Die Periodendauer der Fahrstuhlschwingung nimmt mit der Etagenzahl ab.
- In den oberen Etagen ist das Fahrstuhlseil kürzer als unten.
- Für die Schwingungsdauer eines Fadenpendels gilt

  $$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

- Die Fallbeschleunigung g beträgt 9,81 m/s^2.
- Der Aufzug lässt sich als Federpendel betrachten, dessen Periodendauer $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$ ist.
- Die Federkonstante ist proportional zur reziproken Seillänge $\left(D \sim \frac{1}{l}\right)$.
- Betrachtet man ein Seil als Federpendel, ist das Quadrat der Periodendauer proportional zur Seillänge ($T^2 \sim l$).
- Neben der Seillänge hat auch das Dämpfungssystem des Aufzugs einen Einfluss auf die Periodendauer.

Aufgabe 2:

Michi1182 wohnt im 17. Stock, d. h., das Hochhaus hat mindestens 17 Etagen. Bei einer Etagenhöhe von ca. 3 m beträgt die Seillänge somit mindestens 51 m.
Mit $g = 9{,}81$ m/s^2 und $l = 51$ m ergibt sich die Periodendauer T zu

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{51\,\mathrm{m}}{9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}} \approx 14\,\mathrm{s}.$$

Die Periodendauer der vertikalen Aufzugsschwingung ist deutlich geringer. Darüber hinaus wäre bei den kleinen Auslenkungen des Seils eine Schwingung mit $T = 14$ s mit dem Körper wohl gar nicht wahrnehmbar.

Aufgabe 3:

Die Periodendauer ist abhängig von der Federkonstanten, und die Federkonstante wird ihrerseits von der Seillänge mitbestimmt. Somit hat die Seillänge auch einen Einfluss auf die Periodendauer.

$$\left.\begin{aligned} T &= 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}} \\ D &= \frac{E \cdot A}{l} \end{aligned}\right\} T = 2\pi\sqrt{\frac{m \cdot l}{E \cdot A}} \Rightarrow T^2 \sim l$$

(mit E Elastizitätsmodul des Seils, A Seilquerschnitt).

Aufgabe 4:

b) **Tabelle 1** bzw. **Abbildung 1** geben das Ergebnis einer Beispielmessung wieder; diese wurde an mehreren Fahrstühlen wiederholt.
Zur näherungsweisen Bestimmung der Seillänge wurde die Etagenhöhe zu 3 m ermittelt und die Seillänge l_0 (Seillänge im obersten Stock) zu 0,5 m abgeschätzt. Das berechnete Bestimmtheitsmaß von 0,95 bestätigt den vermuteten linearen Zusammenhang.

c) Ja. Würde nur die geschätzte Seillänge zur Schwingung beitragen, müsste sich eine Ursprungsgerade ergeben; der Ordinatenabschnitt weicht jedoch signifikant von Null ab. Denkbar wäre auch, dass das Seil über eine feste Rolle umgelenkt wird und dadurch die geschätzte Seillänge den tatsächlichen Wert unterschreitet.

Etagen-zahl	**Etagenzahl N von oben**	**T in s**	**T^2 in s^2**	**$l = n \cdot h + l_0$ in m**
11	0	0,15	0,02	0,50
10	1	0,16	0,03	3,50
9	2	0,20	0,04	6,50
8	3	0,22	0,05	9,50
7	4	0,22	0,05	12,50
6	5	0,24	0,06	15,50
5	6	0,26	0,07	18,50
4	7	0,26	0,07	21,50
3	8	0,27	0,07	24,50
2	9	0,27	0,07	27,50
1	10	0,28	0,08	30,50

Tab. 1: Versuchsbeispiel mit der gemessenen Etagenhöhe $h = 3$ m und der geschätzten Seillänge in der obersten Etage $l_0 = 0{,}5$ m

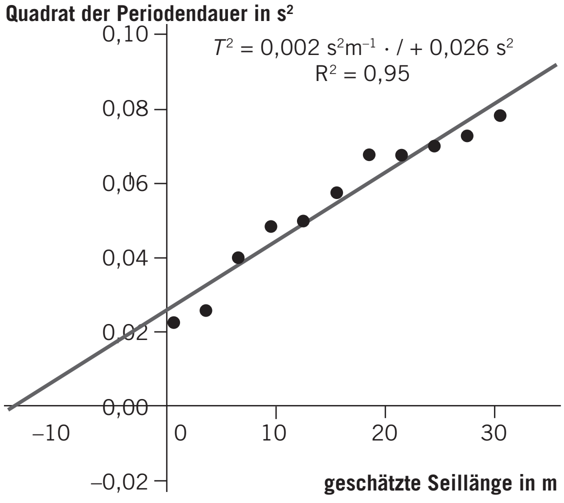

Abb. 1: Grafische Darstellung der Messwerte