

HOCHWALD-GYMNASIUM WADERN

NOTIZEN UND HAUSAUFGABEN

Mathe

*Alexander Jacob*

Schuljahr 2024/2025

<b>1</b>	<b>Vektoren</b>	<b>1</b>
1.1	Spurpunkte berechnen . . . . .	1
1.2	Pyramide . . . . .	3
1.3	Schatten einer Plakatwand . . . . .	4
1.4	Lageuntersuchung von Geraden . . . . .	5
1.5	Flugzeugcrash . . . . .	6
1.6	Rathaus (Abituraufgabe) . . . . .	8



# 1 | VEKTOREN

## 1.1 SPURPUNKTE BERECHNEN

a) Bestimmen Sie die Spurpunkte der Geraden

$$\mathbf{g}: \vec{x} = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 7 \end{pmatrix} + \lambda \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 6 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \mathbf{h}: \vec{x} = \begin{pmatrix} -3 \\ 0 \\ -5 \end{pmatrix} + \mu \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix}. \quad (1.1.1)$$

zu  $\mathbf{g}$ :

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 + 6\lambda \\ 7 + 4\lambda \end{pmatrix} \quad (1.1.2)$$

Bedingung für Spurpunkt mit  $x_1$ - $x_2$ -Ebene:  $x_3 = 0$

Punkt von  $\mathbf{g}$  in der  $x_1$ - $x_2$ -Ebene:  $x_3 = 0 \Leftrightarrow 0 = 7 + 4\lambda \Leftrightarrow \lambda = -\frac{7}{4}$

Ortsvektor des Spurpunkts:

$$\vec{s}_{12} = \begin{pmatrix} 2 \\ -9,5 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1.1.3)$$

Spurpunkt:  $S_{12}(2|-9,5|0)$

Bedingung für Spurpunkt mit  $x_1$ - $x_3$ -Ebene:  $x_2 = 0$

Punkt von  $\mathbf{g}$  in der  $x_1$ - $x_3$ -Ebene:  $x_2 = 0 \Leftrightarrow 0 = 1 + 6\lambda \Leftrightarrow \lambda = -\frac{1}{6}$

Ortsvektor des Spurpunkts:

$$\vec{s}_{13} = \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ 6,\bar{3} \end{pmatrix} \quad (1.1.4)$$

Spurpunkt:  $S_{13}(2|0|6,\bar{3})$

Bedingung für Spurpunkt mit  $x_2$ - $x_3$ -Ebene:  $x_1 = 0$

Punkt von  $\mathbf{g}$  in der  $x_2$ - $x_3$ -Ebene:  $x_1 = 0 \Leftrightarrow 0 \neq 2 \nmid$

Es gibt keinen Spurpunkt von  $g$  in der  $x_2$ - $x_3$ -Ebene.

zu **h**:

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} -3 + \mu \\ 3\mu \\ -5 + 2\mu \end{pmatrix} \quad (1.1.5)$$

Bedingung für Spurpunkt mit  $x_1$ - $x_2$ -Ebene:  $x_3 = 0$

Punkt von **h** in der  $x_1$ - $x_2$ -Ebene:  $x_3 = 0 \Leftrightarrow 0 = -5 + 2\mu \Leftrightarrow \mu = \frac{5}{2}$

Ortsvektor des Spurpunkts:

$$\vec{s}_{12} = \begin{pmatrix} -0,5 \\ 7,5 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1.1.6)$$

Spurpunkt:  $S_{12}(-0,5|7,5|0)$

Bedingung für Spurpunkt mit  $x_1$ - $x_3$ -Ebene:  $x_2 = 0$

Punkt von **h** in der  $x_1$ - $x_3$ -Ebene:  $x_2 = 0 \Leftrightarrow 0 = 3\mu \Leftrightarrow \mu = 0$

Ortsvektor des Spurpunkts:

$$\vec{s}_{13} = \begin{pmatrix} -3 \\ 0 \\ -5 \end{pmatrix} \quad (1.1.7)$$

Spurpunkt:  $S_{13}(-3|0|-5)$

Bedingung für Spurpunkt mit  $x_2$ - $x_3$ -Ebene:  $x_1 = 0$

Punkt von **h** in der  $x_2$ - $x_3$ -Ebene:  $x_1 = 0 \Leftrightarrow 0 = -3 + \mu \Leftrightarrow \mu = 3$

Ortsvektor des Spurpunkts:

$$\vec{s}_{23} = \begin{pmatrix} 0 \\ 9 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1.1.8)$$

Spurpunkt:  $S_{23}(0|9|1)$

**b)** Von einer Geraden sind die Spurpunkte  $S_{12}(2|3|0)$  und  $S_{23}(0|-1|1)$  bekannt. Bestimmen Sie den Spurpunkt  $S_{13}$ .

Zweipunktegleichung einer Geraden:

$$\mathbf{g}: \vec{x} = \vec{a} + \lambda \cdot (\vec{b} - \vec{a}) \quad (1.1.9)$$

Mit den eingesetzten Punkten  $S_{12}$  und  $S_{23}$  in 1.1.9 ergibt sich:

$$\mathbf{g}: \vec{x} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} + \lambda \cdot \begin{pmatrix} -2 \\ -4 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 - 2\lambda \\ 3 - 4\lambda \\ \lambda \end{pmatrix} \quad (1.1.10)$$

Bedingung für Spurpunkt mit  $x_1$ - $x_3$ -Ebene:  $x_2 = 0$

Punkt von  $\mathbf{g}$  in der  $x_1$ - $x_3$ -Ebene:  $x_2 = 0 \Leftrightarrow 0 = 3 - 4\lambda \Leftrightarrow \lambda = \frac{3}{4}$

Ortsvektor des Spurpunkts:

$$\vec{s}_{13} = \begin{pmatrix} 0,5 \\ 0 \\ 0,75 \end{pmatrix} \quad (1.1.11)$$

Spurpunkt:  $S_{12}(0,5|0|0,75)$

## 1.2 PYRAMIDE

Gegeben ist eine gerade Pyramide mit quadratischer Grundfläche. Die Seitenlänge des in der  $x_1$ - $x_2$ -Ebene liegenden Quadrates ABCD beträgt 80 m, die Pyramide hat eine Höhe von 60 m.

Die Richtung der einfallenden Sonnenstrahlen ist gegeben durch den Vektor  $\vec{u} = \begin{pmatrix} 2 \\ 4 \\ -3 \end{pmatrix}$ .

Der Schattenpunkt  $S'$  der Pyramidenspitze  $S$  liegt in der  $x_1$ - $x_2$ -Ebene. Berechnen Sie die Koordinaten von  $S'$ .

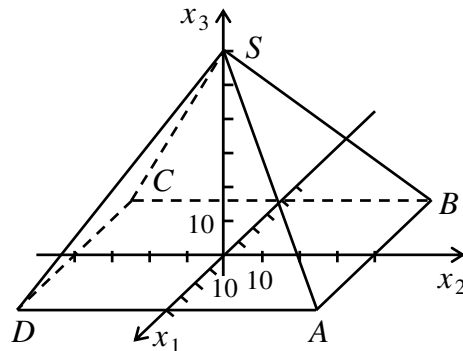


Abbildung 1.1: Skizze der Pyramide.

Vektor der auf Punkt  $S$  fallenden Sonnenstrahlen:

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 60 \end{pmatrix} + \lambda \cdot \begin{pmatrix} 2 \\ 4 \\ -3 \end{pmatrix} \quad (1.2.1)$$

Bedingung für Spurpunkt mit  $x_1$ - $x_2$ -Ebene:  $x_3 = 0$

Punkt in der  $x_1$ - $x_2$ -Ebene:  $0 = 60 - 3\lambda \Leftrightarrow 60 = 3\lambda \Leftrightarrow \lambda = 20$

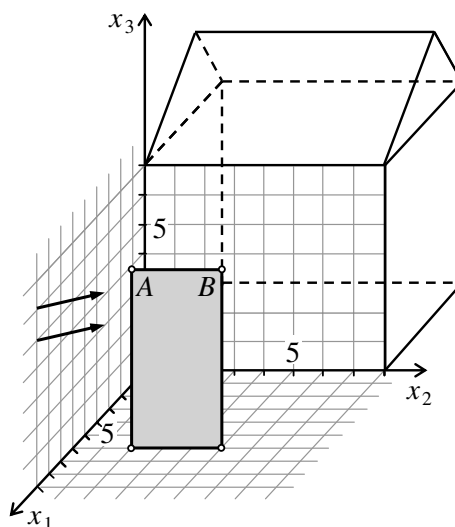
Schattenpunkt:  $S'(40|80|0)$

### 1.3 SCHATTEN EINER PLAKATWAND

Vor einem Haus steht eine Plakatwand, die 3 m breit und 6 m hoch ist. Ein Punkt der Wand ist  $A(6|2|6)$ . Auf die Plakatwand fällt paralleles Sonnenlicht. Die Richtung der Sonnenstrahlen ist gegeben durch den Vektor

$$\vec{u} = \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix}.$$

Bestimmen und beschreiben Sie den Verlauf des Schattens an der Hauswand und auf dem Boden.



**Abbildung 1.2:** Skizze der Plakatwand mit Hauswand.

Geraden in Richtung des Sonneneinfalls:

$$\mathbf{g}: \vec{x} = \begin{pmatrix} 6 \\ 2 \\ 6 \end{pmatrix} + \lambda \cdot \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 - 3\lambda \\ 2 + \lambda \\ 6 - \lambda \end{pmatrix} \quad (1.3.1)$$

$$\mathbf{h}: \vec{x} = \begin{pmatrix} 6 \\ 5 \\ 6 \end{pmatrix} + \mu \cdot \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 - 3\mu \\ 5 + \mu \\ 6 - \mu \end{pmatrix} \quad (1.3.2)$$

Gesucht sind jeweils die Spurpunkte von  $\mathbf{g}$  und  $\mathbf{h}$  mit der  $x_2$ - $x_3$ -Ebene (= Hauswand).

Bedingung für Spurpunkt mit  $x_2$ - $x_3$ -Ebene:  $x_1 = 0$

**Für  $\mathbf{g}$  gilt:** Punkt von  $\mathbf{g}$  in der  $x_2$ - $x_3$ -Ebene:  $x_1 = 0 \Leftrightarrow 0 = 6 - 3\lambda \Leftrightarrow \lambda = 2$

Ortsvektor des Spurpunkts:

$$\overrightarrow{s_{A23}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 4 \\ 4 \end{pmatrix} \quad (1.3.3)$$

Spurpunkt:  $S_{23}(0|4|4)$

**Für  $\mathbf{h}$  gilt:** Punkt von  $\mathbf{h}$  in der  $x_2$ - $x_3$ -Ebene:  $x_1 = 0 \Leftrightarrow 0 = 6 + -3\mu \Leftrightarrow \mu = 2$

Ortsvektor des Spurpunkts:

$$\overrightarrow{s_{B23}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 7 \\ 4 \end{pmatrix} \quad (1.3.4)$$

Spurpunkt:  $S_{B23}(0|7|4)$

Der Schatten der Plakatwand fällt also zum Teil auf die Hauswand bis auf eine Höhe von 4m mit einer Breite von 3m. Der andere Teil des Schattens fällt demnach auf den Boden vor der Hauswand zwischen den Punkten  $A_0$ ,  $B_0$ ,  $S_{A0}$  und  $S_{B0}$ . Für diese Punkte gilt, dass sie senkrecht unter den Punkten  $A$ ,  $B$ ,  $S_{A23}$  und  $S_{B23}$  auf der  $x_1$ - $x_2$ -Ebene liegen. Es gilt:  $A_0 = (6|2|0)$ ,  $B_0 = (6|5|0)$ ,  $S_{A0} = (0|4|0)$  und  $S_{B0} = (0|7|0)$ .

## 1.4 LAGEUNTERSUCHUNG VON GERADEN

Untersuchen Sie die Geraden  $\mathbf{g}$  und  $\mathbf{h}$  auf ihre gegenseitige Lage. Berechnen Sie gegebenenfalls den Schnittpunkt.

$$\mathbf{g}: \vec{x} = \begin{pmatrix} -11 \\ 9 \\ 1 \end{pmatrix} + \lambda \cdot \begin{pmatrix} -4 \\ 3 \\ -2 \end{pmatrix} \quad ; \quad \mathbf{h}: \vec{x} = \begin{pmatrix} -4 \\ 11 \\ 4 \end{pmatrix} + \mu \cdot \begin{pmatrix} 3 \\ 5 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1.4.1)$$

- *Test auf Parallelität*

Die Richtungsvektoren sind nicht kollinear, daher sind die Geraden nicht parallel.



- *Lageentscheidung (Gleichsetzungsverfahren)*

$$\begin{pmatrix} -11 \\ 9 \\ 1 \end{pmatrix} + \lambda \cdot \begin{pmatrix} -4 \\ 3 \\ -2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -4 \\ 11 \\ 4 \end{pmatrix} + \mu \cdot \begin{pmatrix} 3 \\ 5 \\ 1 \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{cases} -4\lambda - 3\mu = 7 & \text{(I)} \\ 3\lambda - 5\mu = 2 & \text{(II)} \\ -2\lambda - 1\mu = 3 & \text{(III)} \end{cases} \quad (1.4.2)$$

$$3 \cdot \text{(III)} - \text{(I)} : -2\lambda = 2 \Leftrightarrow \lambda = -1$$

$$\text{Lösung: Einsetzen in (III)} : 2 - \mu = 3 \Leftrightarrow \mu = -1$$

$$\text{Probe in (I)} : -4 \cdot (-1) - 3 \cdot (-1) = 7 \checkmark$$

Das Gleichungssystem ist für  $\lambda = -1$  und  $\mu = -1$  erfüllt, somit gibt es einen Schnittpunkt.

- *Schnittpunktberechnung*

$\lambda$  in  $g$  eingesetzt gibt:

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} -11 \\ 9 \\ 1 \end{pmatrix} - 1 \cdot \begin{pmatrix} -4 \\ 3 \\ -2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -7 \\ 6 \\ 3 \end{pmatrix} \quad (1.4.3)$$

Die Geraden scheiden sich im Punkt  $S(-7|6|3)$ .

## 1.5 FLUGZEUGCRASH

Ein Passagierflugzeug  $F_1$  befindet sich im Punkt  $A(10|30|2)$  und fliegt geradlinig in Richtung des Punktes  $B(40|90|2)$ . Ein Sportflugzeug  $F_2$  befindet sich zum gleichen Zeitpunkt im Punkt  $C(70|90|11)$  und nimmt Kurs auf den Punkt  $D(70|110|8)$  (alle Angaben in km).



**Abbildung 1.3:** Skizze der Flugzeuge.

- a) Begründen Sie, dass sich die beiden Flugzeuge auf Kollisionskurs befinden.

**zu  $F_1$ :** Mit den eingesetzten Punkten  $A$  und  $B$  in die Zweipunktgleichung 1.1.9 ergibt sich:

$$F_1 : \vec{x} = \begin{pmatrix} 10 \\ 30 \\ 2 \end{pmatrix} + \lambda \cdot \begin{pmatrix} 30 \\ 60 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1.5.1)$$

**zu  $F_2$ :** Mit den eingesetzten Punkten  $C$  und  $D$  in die Zweipunktgleichung 1.1.9 ergibt sich:

$$F_2 : \vec{x} = \begin{pmatrix} 70 \\ 90 \\ 11 \end{pmatrix} + \mu \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 20 \\ -3 \end{pmatrix} \quad (1.5.2)$$

- *Test auf Parallelität*

Die Richtungsvektoren sind nicht kollinear, daher sind die Geraden nicht parallel.

- *Lageentscheidung (Gleichsetzungsverfahren)*

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} 10 \\ 30 \\ 2 \end{pmatrix} + \lambda \cdot \begin{pmatrix} 30 \\ 60 \\ 0 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 70 \\ 90 \\ 11 \end{pmatrix} + \mu \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 20 \\ -3 \end{pmatrix} \\ &\iff \begin{cases} 30\lambda = 60 & \text{(I)} \\ 60\lambda - 20\mu = 60 & \text{(II)} \\ -3\mu = 9 & \text{(III)} \end{cases} \end{aligned} \quad (1.5.3)$$

$$\text{(I) nach } \lambda: \quad 30\lambda = 60 \iff \lambda = 2$$

$$\text{Lösung: (III) nach } \mu: \quad 3\mu = 9 \iff \mu = 3$$

$$\text{Probe in (II):} \quad 60 \cdot 2 - 20 \cdot 3 = 60 \checkmark$$

Das Gleichungssystem ist für  $\lambda = 2$  und  $\mu = 3$  erfüllt, somit gibt es einen Schnittpunkt.

- *Schnittpunktberechnung*

$\lambda$  in  $F_1$  eingesetzt gibt:

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 10 \\ 30 \\ 2 \end{pmatrix} + 2 \cdot \begin{pmatrix} 30 \\ 60 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 70 \\ 150 \\ 2 \end{pmatrix} \quad (1.5.4)$$

Die Flugzeuge fliegen beide durch den Punkt  $S(70|150|2)$ .

b) Prüfen Sie, ob es tatsächlich zum Crash kommt, wenn sich  $F_1$  mit der Geschwindigkeit 800 km/h,  $F_2$  mit 350 km/h bewegt.

Verbindungsvektor zwischen  $A$  und  $S$ :

$$\vec{f}_1 = \begin{pmatrix} 70 - 10 \\ 150 - 30 \\ 2 - 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60 \\ 120 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1.5.5)$$

Länge des Verbindungsvektors zwischen  $A$  und  $S$ :

$$|\vec{f}_1| = \sqrt{60^2 + 120^2 + 0^2} \approx 134,16 \text{ km} \quad (1.5.6)$$

Zeit bis zum Eintreffen:

$$\frac{134,16 \text{ km}}{800 \frac{\text{km}}{\text{h}}} \approx 0,1677 \text{ h} \quad (1.5.7)$$

Verbindungsvektor zwischen  $C$  und  $S$ :

$$\vec{f}_2 = \begin{pmatrix} 70 - 70 \\ 150 - 90 \\ 2 - 11 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 60 \\ -9 \end{pmatrix} \quad (1.5.8)$$

Länge des Verbindungsvektors zwischen  $C$  und  $S$ :

$$|\vec{f}_2| = \sqrt{0^2 + 60^2 + (-9)^2} \approx 60,67 \text{ km} \quad (1.5.9)$$

Zeit bis zum Eintreffen:

$$t_2 = \frac{60,67 \text{ km}}{350 \frac{\text{km}}{\text{h}}} \approx 0,1733 \text{ h} \quad (1.5.10)$$

Es kommt vermutlich zum Crash, weil beide Flugzeuge zu einem sehr ähnlichen Zeitpunkt im Punkt  $S$  eintreffen werden.

## 1.6 RATHAUS (ABITURAUFGABE)

Ein Rathaus besteht aus einem Quader mit aufgesetztem Walmdach (siehe 1.4; Maße in Meter).

Gegeben sind die Punkte  $D(0|0|15)$ ,  $E(8|0|15)$ ,  $F(8|20|15)$ ,  $G(0|20|15)$  und  $T(4|17|21)$ .

Neben dem Rathaus steht im Punkt  $F_1(4|37|0)$  ein 13 m hoher senkrechter Fahnenmast mit der Spitze  $F_2$ .

Der Vektor  $\vec{v} = \begin{pmatrix} 1 \\ -17 \\ -11 \end{pmatrix}$  gibt die Richtung des einfallenden Sonnenlichts an.

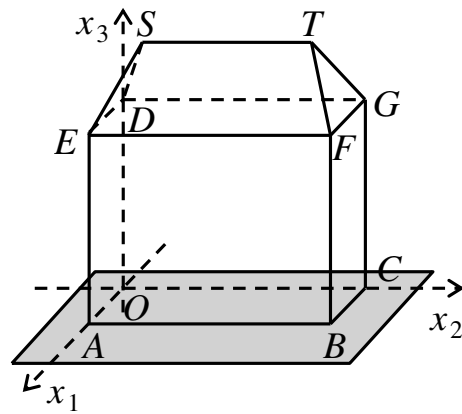


Abbildung 1.4: Skizze des Rathauses.

- a) Zeigen Sie, dass der Schatten des Mastes  $\overline{F_1F_2}$  eine Rathauswand trifft.
- b) Berechnen Sie die gesamte Länge des Schattens.