

Mathematikaufgaben

> Vektorrechnung

> Lagebeziehungen von Ebene und Gerade

Aufgabe: Gegeben sind die Gerade g und die Ebene E mit:

$$g: \vec{x} = \begin{pmatrix} -2 \\ -3 \\ -5 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 4 \end{pmatrix}, E: 2x_1 - 3x_2 - 4x_3 = 7.$$

Untersuche die Lagebeziehung zwischen der Geraden g und der Ebene E gegebenenfalls unter Angabe von Schnittpunkt S und -winkel φ bzw. des Abstands zwischen Gerade und Ebene.

Lösung: I. Eine Gerade g und eine Ebene E können im dreidimensionalen x_1 - x_2 - x_3 -Vektorraum wie folgt zueinander liegen: a) g und E schneiden sich in einem Schnittpunkt S; b) g und E sind parallel, ohne dass g auf/in E liegt; c) g liegt auf/in E. Feststellen lässt sich die jeweilige Lagebeziehung, indem die Koordinaten x_1, x_2, x_3 der Geradengleichung g in die Koordinatenform der Ebenengleichung E eingesetzt werden. Es entsteht eine lineare Gleichung (*) mit dem Geradenparameter t, für die eine der folgenden Aussagen bzw. Lagebeziehungen gültig ist:

- a) Die Gleichung (*) ist eindeutig lösbar mit Lösung $t = t_0$, Gerade g und Ebene E schneiden sich im Schnittpunkt S, der durch Einsetzen des Parameters $t = t_0$ in die Geradengleichung g berechnet wird.
- b) Bei der Berechnung der Gleichung (*) fällt der Parameter t weg, die Gleichung führt auf einen Widerspruch, Gerade g und Ebene E sind parallel, ohne dass g auf/in E liegt.
- c) Bei der Berechnung der Gleichung (*) fällt der Parameter t weg, die Gleichung führt auf eine allgemein gültige Aussage, die Gerade g liegt auf/in der Ebene E.

II. Zunächst wird die Parametergleichung der Geraden g in die einzelnen Koordinaten (Komponenten) x_1, x_2, x_3 zerlegt:

$$\text{Gerade g: } \vec{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 \\ -3 \\ -5 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 4 \end{pmatrix} \rightarrow x_1 = -2 + 2t, x_2 = -3 - t, x_3 = -5 + 4t.$$

Einsetzen der Koordinaten (Komponenten) x_1, x_2, x_3 der Geradengleichung g in die Koordinatenform der Ebenengleichung E ergibt die nachstehende lineare Gleichung bzw. Aussage mit bzw. ohne Parameter t:

$$\text{Ebene E: } 2x_1 - 3x_2 - 4x_3 = 7 \rightarrow 2(-2 + 2t) - 3(-3 - t) - 4(-5 + 4t) = 7 \quad (*).$$

Umformen der Gleichung (*) (etwa Ausmultiplizieren, Zusammenfassen) führt auf:

$$2(-2 + 2t) - 3(-3 - t) - 4(-5 + 4t) = 7 \Leftrightarrow 25 - 9t = 7 \Leftrightarrow -9t = -18 \Leftrightarrow t = 2.$$

Es folgt hinsichtlich der Lagebeziehung zwischen Gerade und Ebene: Die Gerade g und die Ebene schneiden sich in einem Schnittpunkt S. Der Schnittpunkt S lautet:

$$\text{Parameter } t = 2 \rightarrow \vec{OS} = \begin{pmatrix} -2 \\ -3 \\ -5 \end{pmatrix} + 2 \cdot \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -5 \\ 3 \end{pmatrix} \rightarrow \text{Schnittpunkt S}(2|-5|3).$$

III. Im Fall, dass sich eine Gerade g und eine Ebene E in einem Schnittpunkt S schneiden, lässt sich auch ein Schnittwinkel φ berechnen. Und zwar gilt:

$$\cos \varphi = \frac{|\vec{u} \cdot \vec{n}|}{|\vec{u}| \cdot |\vec{n}|}$$

mit $\vec{u}$ als Richtungsvektor der Geraden, $\vec{n}$ als Normalenvektor der Ebene.

IV. Wir berechnen auf Grund von $\vec{u} = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 4 \end{pmatrix}$, $\vec{n} = \begin{pmatrix} 2 \\ -3 \\ -4 \end{pmatrix}$ den Kosinus des Schnittwinkels und den Schnittwinkel φ :

$$\cos \varphi = \frac{\left| \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 2 \\ -3 \\ -4 \end{pmatrix} \right|}{\left| \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 4 \end{pmatrix} \right| \cdot \left| \begin{pmatrix} 2 \\ -3 \\ -4 \end{pmatrix} \right|} = \frac{|-9|}{\sqrt{21} \cdot \sqrt{29}} = 0.364698 \rightarrow \varphi = \cos^{-1}(0.364698) = 21.39^\circ.$$