

Formelsammlung Analytische Geometrie

<http://www.fersch.de>

©Klemens Fersch

14. Mai 2017

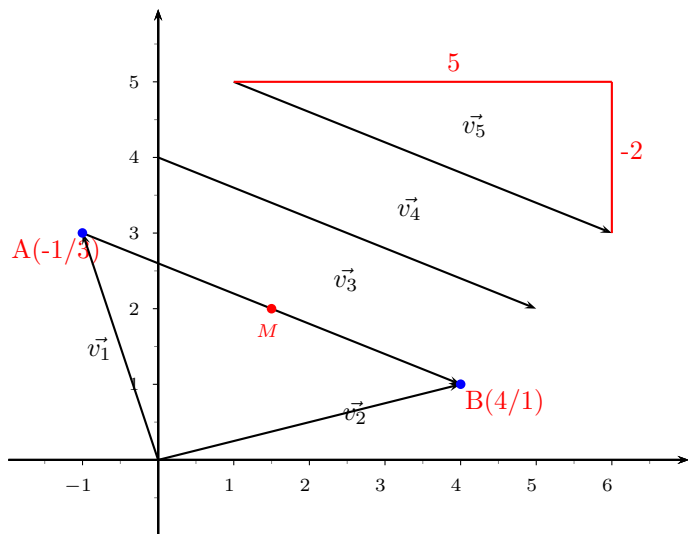
Inhaltsverzeichnis

6	Analytische Geometrie	3
6.1	Vektorrechnung in der Ebene	3
6.1.1	Vektor - Abstand - Steigung - Mittelpunkt	3
6.1.2	Skalarprodukt - Fläche - Winkel	4
6.1.3	Abbildungen	5
6.2	Vektor	9
6.2.1	Vektor - Abstand - Mittelpunkt	9
6.2.2	Winkel - Skalarprodukt - Vektorprodukt - Abhängigkeit	10
6.2.3	Spatprodukt - lineare Abhängigkeit - Basisvektoren - Komplanarität	11
6.3	Gerade	13
6.3.1	Gerade aus 2 Punkten	13
6.4	Ebene	14
6.4.1	Parameterform - Normalenform	14
6.4.2	Ebenengleichung aufstellen	15
6.4.3	Parameterform - Koordinatenform	17
6.4.4	Koordinatenform - Parameterform	18
6.4.5	Koordinatenform - Hessesche Normalenform	19
6.5	Kugel	20
6.5.1	Kugelgleichung	20
6.6	Lagebeziehung	21
6.6.1	Punkt - Gerade	21
6.6.2	Gerade - Gerade	22
6.6.3	Punkt - Ebene (Koordinatenform)	23
6.6.4	Gerade - Ebene (Koordinatenform)	23
6.6.5	Ebene - Ebene	24

6 Analytische Geometrie

6.1 Vektorrechnung in der Ebene

6.1.1 Vektor - Abstand - Steigung - Mittelpunkt



Vektor - Ortsvektor

- Vektor \vec{v} - Menge aller paralleler Pfeile

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

- Ortsvektor \vec{v} - Vektor zwischen einem Punkt und dem Koordinatenursprung

$A(x_a/y_a)$

$$\vec{A} = \vec{OA} = \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix}$$

- Gegenvektor \vec{v} - gleiche Länge und Richtung aber entgegengesetzte Orientierung

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} -x \\ -y \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} \text{Vektoren: } \vec{AB} = \vec{v}_3 = \vec{v}_4 = \vec{v}_5 \\ = \begin{pmatrix} 5 \\ -2 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

$$\text{Ortsvektor: } \vec{A} = \vec{v}_1 = \begin{pmatrix} -1 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$\text{Ortsvektor: } \vec{B} = \vec{v}_2 = \begin{pmatrix} 4 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Gegenvektor zu } \vec{v}_5 = \begin{pmatrix} -5 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Vektor zwischen 2 Punkten

2 Punkte: $A(x_a/y_a)$ $B(x_b/y_b)$

$$\vec{AB} = \begin{pmatrix} x_b - x_a \\ y_b - y_a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_c \\ y_c \end{pmatrix}$$

Punkte: $A(-1/3)$ $B(4/1)$
Vektor zwischen zwei Punkten

$$\vec{AB} = \begin{pmatrix} 4 + 1 \\ 1 - 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ -2 \end{pmatrix}$$

Länge des Vektors - Betrag des Vektors - Abstand zwischen zwei Punkten

$$\begin{aligned} \left| \vec{AB} \right| &= \sqrt{x_c^2 + y_c^2} \\ \left| \vec{AB} \right| &= \sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left| \vec{AB} \right| &= \left| \vec{AB} \right| = \sqrt{5^2 + (-2)^2} \\ \left| \vec{AB} \right| &= \sqrt{29} \\ \left| \vec{AB} \right| &= 5,39 \end{aligned}$$

Steigung der Geraden AB

$$\vec{AB} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

Steigung der Geraden AB

$$m = \frac{y}{x}$$

Winkel des Vektors mit der x-Achse

$$\tan \alpha = m$$

Steigung der Geraden AB

$$m = \frac{-2}{5}$$

Mittelpunkt der Strecke AB

$$\vec{M} = \frac{1}{2} (\vec{A} + \vec{B})$$

$$\vec{M} = \frac{1}{2} \left(\begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_b \\ y_b \end{pmatrix} \right)$$

$$M\left(\frac{x_a+x_b}{2} / \frac{y_a+y_b}{2}\right)$$

Mittelpunkt der Strecke AB

$$\vec{M} = \frac{1}{2} (\vec{A} + \vec{B})$$

$$\vec{M} = \frac{1}{2} \left(\begin{pmatrix} -1 \\ 3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ 1 \end{pmatrix} \right)$$

$$\vec{M} = \begin{pmatrix} 1\frac{1}{2} \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$M(1\frac{1}{2}/2)$$

VektorkettePunkt: $A(x_a/y_a)$

$$\text{Vektor: } \vec{v} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$\vec{OB} = \vec{OA} + \vec{v} \quad \vec{B} = \vec{A} + \vec{v}$$

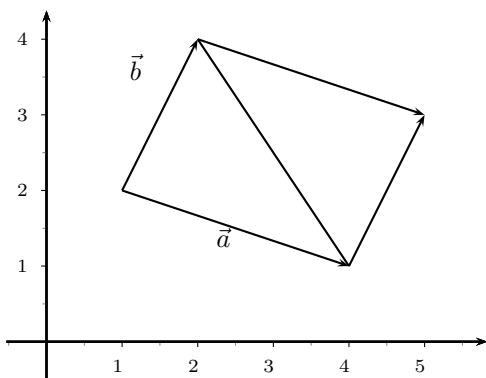
$$\begin{pmatrix} x_B \\ y_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_A \\ y_A \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$A(-1/3) \quad \vec{v} = \begin{pmatrix} 5 \\ -2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_B \\ y_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 5 \\ -2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_B \\ y_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$B(4/1)$$

Interaktive Inhalte: [hier klicken](#)**6.1.2 Skalarprodukt - Fläche - Winkel**

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} x_b \\ y_b \end{pmatrix}$$

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 3 \\ -1 \end{pmatrix} \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Steigung der Vektoren

$$m_a = \frac{y_a}{x_a} \quad m_b = \frac{y_b}{x_b}$$

$$m_a = m_b \Rightarrow \text{Vektoren sind parallel}$$

Steigung

$$m_s = \frac{y_a}{x_a} = \frac{-1}{3} = -\frac{1}{3}$$

$$m_b = \frac{y_b}{x_b} = \frac{2}{1} = 2$$

Skalarprodukt

$$\vec{a} \circ \vec{b} = \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} \circ \begin{pmatrix} x_b \\ y_b \end{pmatrix} = x_a \cdot x_b + y_a \cdot y_b$$

Senkrechte Vektoren:

$$\vec{a} \circ \vec{b} = 0 \Rightarrow \vec{a} \perp \vec{b}$$

$$\vec{a} \circ \vec{b} = \begin{pmatrix} 3 \\ -1 \end{pmatrix} \circ \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = 3 \cdot 1 + (-1) \cdot 2 = 1$$

Fläche aus 2 VektorenFläche des Parallelogramms aus \vec{a}, \vec{b}

$$A = \begin{vmatrix} x_a & x_b \\ y_a & y_b \end{vmatrix} = x_a \cdot y_b - y_a \cdot x_b$$

Fläche des Dreiecks aus \vec{a}, \vec{b}

$$A = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} x_a & x_b \\ y_a & y_b \end{vmatrix} = \frac{1}{2} (x_a \cdot y_b - y_a \cdot x_b)$$

Fläche des Parallelogramms aus \vec{a}, \vec{b}

$$A = \begin{vmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} = 3 \cdot 2 - (-1) \cdot 1 = 7$$

Fläche des Dreiecks aus \vec{a}, \vec{b}

$$A = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} = \frac{1}{2} (3 \cdot 2 - (-1) \cdot 1) = 3\frac{1}{2}$$

Winkel zwischen Vektoren

$$\cos \alpha = \frac{\vec{a} \circ \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|}$$

$$\cos \alpha = \frac{x_a \cdot x_b + y_a \cdot y_b}{\sqrt{x_a^2 + y_a^2} \cdot \sqrt{x_b^2 + y_b^2}}$$

Schnittwinkel:

$$\cos \alpha = \frac{\vec{a} \circ \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|}$$

$$\cos \alpha = \frac{3 \cdot 1 + (-1) \cdot 2}{\sqrt{3^2 + (-1)^2} \cdot \sqrt{1^2 + 2^2}}$$

$$\cos \alpha = \left| \frac{1}{3, 16 \cdot 2, 24} \right|$$

$$\cos \alpha = |0, 141|$$

$$\alpha = 81,9$$

Interaktive Inhalte: [hier klicken](#)**6.1.3 Abbildungen****Lineare Abbildung in Matrixform - Koordinatenform**

Matrixform

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \odot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix}$$

Koordinatenform

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \cdot x + b \cdot y \\ c \cdot x + d \cdot y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \cdot x + b \cdot y + e \\ c \cdot x + d \cdot y + f \end{pmatrix}$$

$$x' = a \cdot x + b \cdot y + e \quad y' = c \cdot x + d \cdot y + f$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 5 \\ 4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \cdot 5 + 2 \cdot 4 \\ 3 \cdot 5 + 4 \cdot 4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 13 \\ 31 \end{bmatrix}$$

Verschiebung

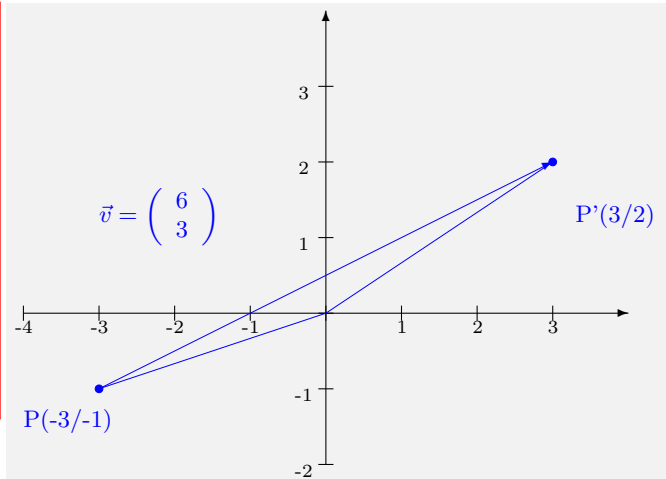
Punkt: $P(x_p/y_p)$ Vektor: $\vec{v} = \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \end{pmatrix}$

$$\begin{pmatrix} x_{P'} \\ y_{P'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \odot \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_{P'} \\ y_{P'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \end{pmatrix}$$

$$\vec{OP'} = \vec{OP} + \vec{v}$$

$$\vec{OP'} = \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \end{pmatrix}$$



$$P(-3/-1) \quad \vec{v} = \begin{pmatrix} 6 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$\vec{OP'} = \vec{OP} + \vec{v}$$

$$\vec{OP'} = \begin{pmatrix} -3 \\ -1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 6 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$\vec{OP'} = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$P'(3/2)$$

Spiegelung an den Koordinatenachsen

Spiegelung an der x-Achse

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \odot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ -y \end{pmatrix}$$

$$x' = x \quad y' = -y$$

Spiegelung an der y-Achse

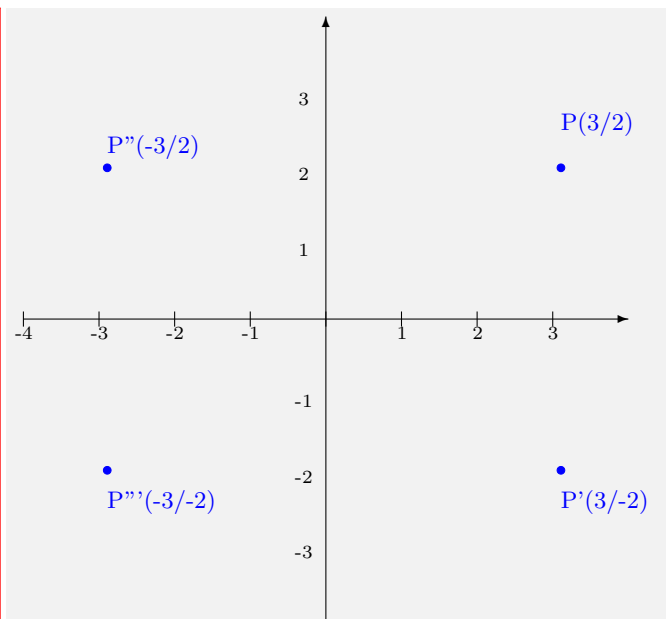
$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \odot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -x \\ y \end{pmatrix}$$

$$x' = -x \quad y' = y$$

Spiegelung am Ursprung

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \odot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -x \\ -y \end{pmatrix}$$

$$x' = -x \quad y' = -y$$



Spiegelung an der x-Achse
 $P(3/2) \mapsto P'(3/-2)$
 Spiegelung an der y-Achse
 $P(3/2) \mapsto P''(-3/2)$
 Spiegelung am Ursprung
 $P(3/2) \mapsto P'''(-3/-2)$

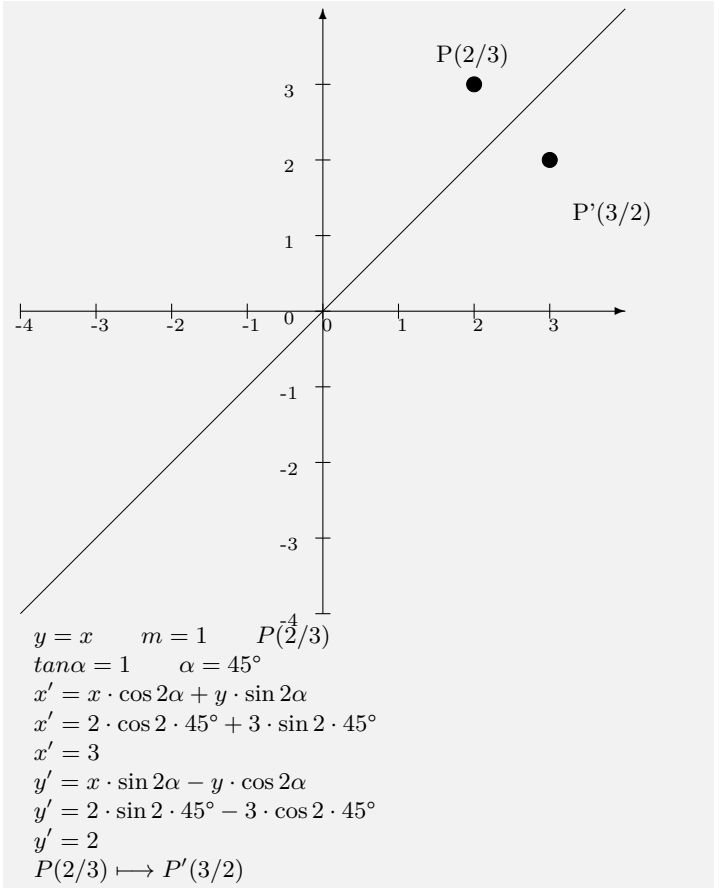
Spiegelung an der Ursprungsgerade

$$y = m \cdot x \quad \tan \alpha = m$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos 2\alpha & \sin 2\alpha \\ \sin 2\alpha & -\cos 2\alpha \end{pmatrix} \odot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x' = x \cdot \cos 2\alpha + y \cdot \sin 2\alpha \\ y' = x \cdot \sin 2\alpha - y \cdot \cos 2\alpha \end{pmatrix}$$

$$x' = x \cdot \cos 2\alpha + y \cdot \sin 2\alpha \quad y' = x \cdot \sin 2\alpha - y \cdot \cos 2\alpha$$



Zentrische StreckungStreckzentrum: $Z(0/0)$ Streckungsfaktor : k Urpunkt: $P(x_P/y_P)$ Bildpunkt: $P'(x_{P'}/y_{P'})$

$$\begin{pmatrix} x_{P'} \\ y_{P'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \odot \begin{pmatrix} x_P \\ y_P \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_{P'} \\ y_{P'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k \cdot x \\ k \cdot y \end{pmatrix}$$

Streckzentrum: $Z(x_Z/y_Z)$ Streckungsfaktor: k Urpunkt: $P(x_P/y_P)$ Bildpunkt: $P'(x_{P'}/y_{P'})$

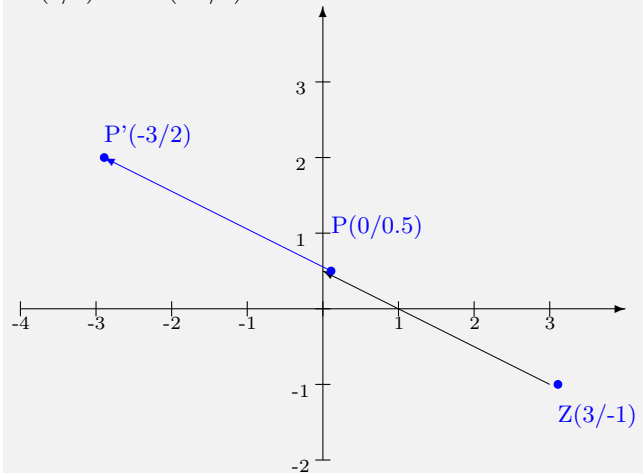
Vektorform

$$\vec{ZP'} = k \cdot \vec{ZP}$$

$$\begin{pmatrix} x_{P'} - x_Z \\ y_{P'} - y_Z \end{pmatrix} = k \cdot \begin{pmatrix} x_P - x_Z \\ y_P - y_Z \end{pmatrix}$$

$$\vec{OP'} = k \cdot \vec{ZP} + \vec{OZ}$$

$$\begin{pmatrix} x_{P'} \\ y_{P'} \end{pmatrix} = k \cdot \begin{pmatrix} x_P - x_Z \\ y_P - y_Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_Z \\ y_Z \end{pmatrix}$$

 $P(2/3) \mapsto P'(-3/2)$ Streckzentrum: $Z(3/-1)$

Streckungsfaktor:2

Urpunkt: $P(0/0,5)$ Bildpunkt: $P'(x_{P'}/y_{P'})$

$$\vec{OP'} = k \cdot \vec{ZP} + \vec{OZ}$$

$$\begin{pmatrix} x_{P'} \\ y_{P'} \end{pmatrix} = 2 \cdot \begin{pmatrix} 0 - 3 \\ 0,5 - (-1) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 3 \\ -1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_{P'} \\ y_{P'} \end{pmatrix} = 2 \cdot \begin{pmatrix} -3 \\ 1,5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 3 \\ -1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_{P'} \\ y_{P'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -6 \\ 3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 3 \\ -1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_{P'} \\ y_{P'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3 \\ 2 \end{pmatrix}$$

 $P'(-3/2)$ **Drehung um den Ursprung**

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \odot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x' = x \cdot \cos \alpha - y \cdot \sin \alpha \\ y' = x \cdot \sin \alpha + y \cdot \cos \alpha \end{pmatrix}$$

$$x' = x \cdot \cos \alpha - y \cdot \sin \alpha \quad y' = x \cdot \sin \alpha + y \cdot \cos \alpha$$

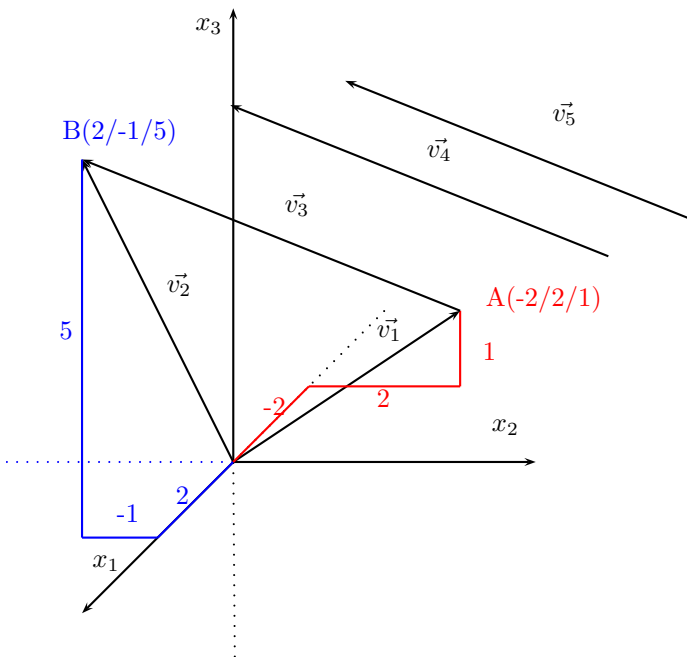
Orthogonale Affinität mit der x-Achse als Affinitätsachse

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & k \end{pmatrix} \odot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ k \cdot y \end{pmatrix}$$

$$x' = x \quad y' = k \cdot y$$

6.2 Vektor

6.2.1 Vektor - Abstand - Mittelpunkt



Vektor - Ortsvektor

- Vektor \vec{v} - Menge aller parallele gleicher Pfeile

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}$$

- Ortsvektor \vec{v} - Vektor zwischen einem Punkt und dem Koordinatenursprung

$A(x_a/y_a)$

$$\vec{A} = \vec{OA} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix}$$

- Gegenvektor \vec{v} - gleiche Länge und Richtung aber entgegengesetzte Orientierung

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} -x_1 \\ -x_2 \\ -x_3 \end{pmatrix}$$

Vektoren: $\vec{AB} = \vec{v}_3 = \vec{v}_4$

$$= \begin{pmatrix} 4 \\ -3 \\ 4 \end{pmatrix}$$

Ortsvektor: $\vec{A} = \vec{v}_1 = \begin{pmatrix} -2 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}$

Ortsvektor: $\vec{B} = \vec{v}_2 = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 5 \end{pmatrix}$

Gegenvektor zu $\vec{v}_5 = \begin{pmatrix} -4 \\ 3 \\ -4 \end{pmatrix}$

Vektor zwischen 2 Punkten

2 Punkte: $A(a_1/a_2/a_3)$ $B(b_1/b_2/b_3)$

$$\vec{AB} = \begin{pmatrix} b_1 - a_1 \\ b_2 - a_2 \\ b_3 - a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

Punkte: $A(-2/2/1)$ $B(2/-1/5)$

Vektor zwischen zwei Punkten

$$\vec{AB} = \begin{pmatrix} 2 + 2 \\ -1 - 2 \\ 5 - 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ -3 \\ 4 \end{pmatrix}$$

Länge des Vektors - Betrag des Vektors - Abstand zwischen zwei Punkten

$$\begin{aligned} |\vec{AB}| &= \sqrt{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2} \\ \vec{AB} &= \sqrt{(b_1 - a_1)^2 + (b_2 - a_2)^2 + (b_3 - a_3)^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} |\vec{AB}| &= \sqrt{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2} \\ \vec{AB} &= \sqrt{4^2 + (-3)^2 + 4^2} \\ |\vec{AB}| &= \sqrt{41} \\ |\vec{AB}| &= 6,4 \end{aligned}$$

Mittelpunkt der Strecke AB

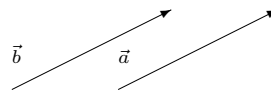
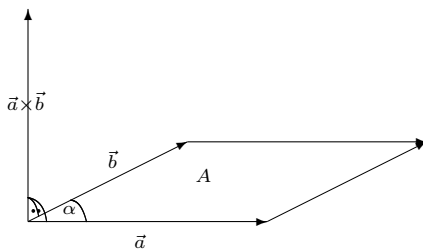
$$\begin{aligned} \vec{M} &= \frac{1}{2} (\vec{A} + \vec{B}) \\ \vec{M} &= \frac{1}{2} \left(\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \right) \\ M &= \left(\frac{a_1+b_1}{2} / \frac{a_2+b_2}{2} / \frac{a_3+b_3}{2} \right) \end{aligned}$$

Mittelpunkt der Strecke AB

$$\begin{aligned} \vec{M} &= \frac{1}{2} (\vec{A} + \vec{B}) \\ \vec{M} &= \frac{1}{2} \left(\begin{pmatrix} -2 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 5 \end{pmatrix} \right) \\ \vec{M} &= \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{1}{2} \\ 3 \end{pmatrix} \\ M &= (0 / \frac{1}{2} / 3) \end{aligned}$$

Interaktive Inhalte: [hier klicken](#)

6.2.2 Winkel - Skalarprodukt - Vektorprodukt - Abhängigkeit



$$\vec{a} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$$

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} -2 \\ 1 \\ -2 \end{pmatrix}$$

Länge der Vektoren

$$\begin{aligned} |\vec{a}| &= \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2} \\ |\vec{b}| &= \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2} \end{aligned}$$

Länge der Vektoren:

$$\begin{aligned} |\vec{a}| &= \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2} \\ |\vec{a}| &= \sqrt{2^2 + 1^2 + 2^2} \\ |\vec{a}| &= 3 \\ |\vec{b}| &= \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2} \\ |\vec{b}| &= \sqrt{(-2)^2 + 1^2 + (-2)^2} \\ |\vec{b}| &= 3 \end{aligned}$$

Skalarprodukt

$$\vec{a} \circ \vec{b} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} \circ \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} =$$

$$a_1 \cdot b_1 + a_2 \cdot b_2 + a_3 \cdot b_3$$

Senkrechte Vektoren:

$$\vec{a} \circ \vec{b} = 0 \Rightarrow \vec{a} \perp \vec{b}$$

Skalarprodukt:

$$\vec{a} \circ \vec{b} = 2 \cdot -2 + 1 \cdot 1 + 2 \cdot -2 = -7$$

Vektorprodukt - Fläche des Parallelogramms

$$\vec{c} \perp \vec{a} \text{ und } \vec{c} \perp \vec{b}$$

$$\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} a_2 \cdot b_3 - a_3 \cdot b_2 \\ a_3 \cdot b_1 - b_3 \cdot a_1 \\ a_1 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

Fläche des Parallelogramms:

$$A = |\vec{a} \times \vec{b}|$$

$$A = |\vec{c}| = \sqrt{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2}$$

Fläche des Dreiecks aus \vec{a}, \vec{b}

$$A = \frac{1}{2} |\vec{a} \times \vec{b}|$$

Vektorprodukt:

$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} 1 \cdot (-2) - 2 \cdot 1 \\ 2 \cdot (-2) - (-2) \cdot 2 \\ 2 \cdot 1 - 1 \cdot (-2) \end{pmatrix}$$

$$\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} -4 \\ 0 \\ 4 \end{pmatrix}$$

Fläche des Parallelogramms:

$$|\vec{c}| = \sqrt{(-4)^2 + 0^2 + 4^2}$$

$$|\vec{c}| = 5,657$$

Winkel zwischen Vektoren

$$\cos \alpha = \frac{\vec{a} \circ \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|}$$

$$\cos \alpha = \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2} \cdot \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2}}$$

Schnittwinkel:

$$\cos \alpha = \frac{\vec{a} \circ \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|}$$

$$\cos \alpha = \frac{-7}{3 \cdot 3}$$

$$\cos \alpha = \left| \frac{-7}{9} \right|$$

$$\alpha = 38,942$$

Lineare Abhängigkeit von 2 Vektoren

$$a_1 = b_1 k \quad / : b_1 \Rightarrow k_1$$

$$a_2 = b_2 k \quad / : b_2 \Rightarrow k_2$$

$$a_3 = b_3 k \quad / : b_3 \Rightarrow k_3$$

$$k_1 = k_2 = k_3 \Rightarrow$$

Vektoren sind linear abhängig - parallel

nicht alle k gleich \Rightarrow

Vektoren sind linear unabhängig - nicht parallel

Lineare Abhängigkeit von 2 Vektoren

$$\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} = k \cdot \begin{pmatrix} -2 \\ 1 \\ -2 \end{pmatrix}$$

$$2 = -2k \quad / : -2 \Rightarrow k = -1$$

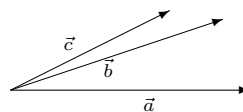
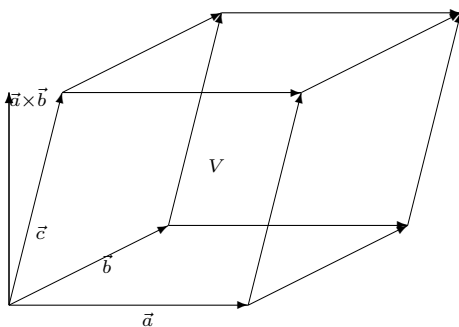
$$1 = 1k \quad / : 1 \Rightarrow k = 1$$

$$2 = -2k \quad / : -2 \Rightarrow k = -1$$

\Rightarrow Vektoren sind linear unabhängig - nicht parallel

Interaktive Inhalte: [hier klicken](#)

6.2.3 Spatprodukt - lineare Abhängigkeit - Basisvektoren - Komplanarität



$$\vec{a} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \quad \vec{c} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

Spatprodukt: $(\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}) = (\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c} =$

$$\left(\left(\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \right) \right) \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

Vektorprodukt von \vec{a}, \vec{b} skalar multipliziert mit \vec{c}

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 3 \\ -3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} -4 \\ -7 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \vec{c} = \begin{pmatrix} 7 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$\left(\left(\begin{pmatrix} 3 \\ -3 \\ 4 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} -4 \\ -7 \\ 2 \end{pmatrix} \right) \right) \cdot \begin{pmatrix} 7 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} -3 \cdot 2 - 4 \cdot (-7) \\ 4 \cdot (-4) - 2 \cdot 3 \\ 3 \cdot (-7) - (-3) \cdot (-4) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 7 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix} 22 \\ -22 \\ -33 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 7 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix} = 44$$

Spatprodukt = Wert der Determinante

Spatprodukt: $(\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}) =$

$$(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c} = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c} = a_1 \cdot b_2 \cdot c_3 + b_1 \cdot c_2 \cdot a_3 + c_1 \cdot a_2 \cdot b_3 - c_1 \cdot b_2 \cdot a_3 - a_1 \cdot c_2 \cdot b_3 - b_1 \cdot a_2 \cdot c_3$$

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 3 \\ -3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} -4 \\ -7 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \vec{c} = \begin{pmatrix} 7 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} 3 & -4 & 7 \\ -3 & -7 & 2 \\ 4 & 2 & 2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 3 & -4 \\ -3 & -7 \\ 4 & 2 \end{vmatrix}$$

$$D = 3 \cdot (-7) \cdot 2 + (-4) \cdot 2 \cdot 4 + 7 \cdot (-3) \cdot 2 - 7 \cdot (-7) \cdot 4 - 3 \cdot 2 \cdot 2 - (-4) \cdot (-3) \cdot 2$$

$$D = 44$$

Spatprodukt - Volumen

- Volumen von Prisma oder Spat

$$V = (\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c}$$

- Volumen einer Pyramide mit den Grundflächen:

Quadrat, Rechteck, Parallelogramm

$$V = \frac{1}{3} (\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c}$$

- Volumen ein dreiseitigen Pyramide

$$V = \frac{1}{6} (\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c}$$

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 3 \\ -3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} -4 \\ -7 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \vec{c} = \begin{pmatrix} 7 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$V = \begin{vmatrix} 3 & -4 & 7 \\ -3 & -7 & 2 \\ 4 & 2 & 2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 3 & -4 \\ -3 & -7 \\ 4 & 2 \end{vmatrix}$$

$$V = 3 \cdot (-7) \cdot 2 + (-4) \cdot 2 \cdot 4 + 7 \cdot (-3) \cdot 2 - 7 \cdot (-7) \cdot 4 - 3 \cdot 2 \cdot 2 - (-4) \cdot (-3) \cdot 2$$

$$V = 44$$

Eigenschaften von 3 Vektoren

- $(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c} = 0 \Rightarrow$ die drei Vektoren $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$
 - sind linear abhängig
 - liegen in einer Ebene (komplanar)
 - sind keine Basisvektoren
- $(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c} \neq 0 \Rightarrow$ die drei Vektoren $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$
 - sind linear unabhängig
 - liegen nicht in einer Ebene
 - sind Basisvektoren

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 3 \\ -3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} -4 \\ -7 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \vec{c} = \begin{pmatrix} 7 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c} = 44$$

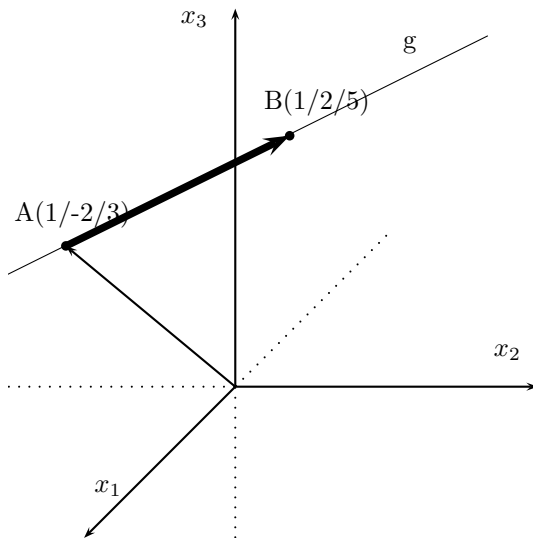
$$(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c} \neq 0 \Rightarrow$$
 die drei Vektoren $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$

- sind linear unabhängig
- liegen nicht in einer Ebene
- sind Basisvektoren

Interaktive Inhalte: [hier klicken](#)

6.3 Gerade

6.3.1 Gerade aus 2 Punkten



Punkte: $A(a_1/a_2/a_3)$ $B(b_1/b_2/b_3)$

Richtungsvektor

$$\vec{AB} = \begin{pmatrix} b_1 - a_1 \\ b_2 - a_2 \\ b_3 - a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

Punkt A oder B als Aufpunkt wählen

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

Punkte: $A(1/-3/3)$ $B(1/2/5)$

Gerade aus zwei Punkten:

$$\vec{AB} = \begin{pmatrix} 1 - 1 \\ 2 + 3 \\ 5 - 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 5 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \\ 3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 0 \\ 5 \\ 2 \end{pmatrix}$$

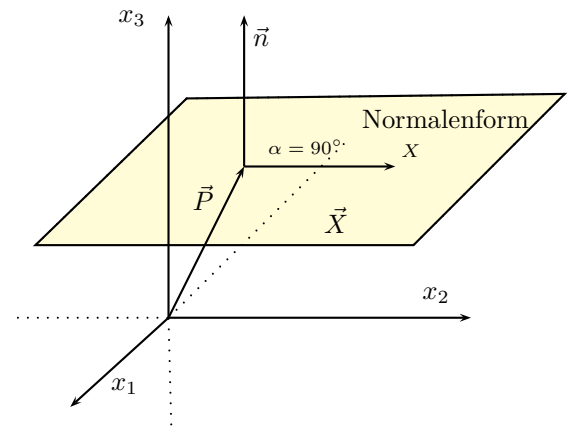
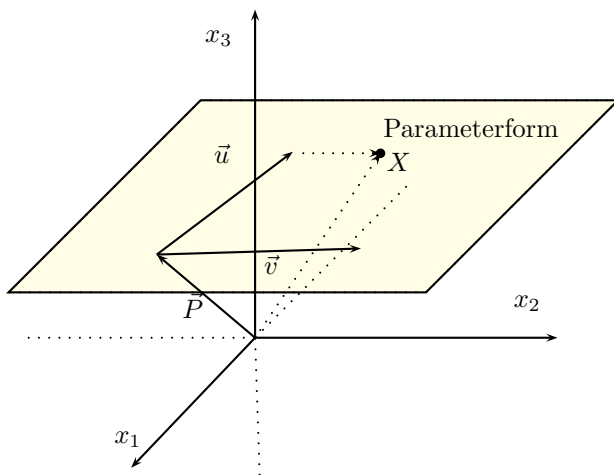
Besondere Geraden

x_1 - Achse	x_2 - Achse	x_3 - Achse
$\vec{x} = \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\vec{x} = \lambda \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\vec{x} = \lambda \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$

Interaktive Inhalte: [hier klicken](#)

6.4 Ebene

6.4.1 Parameterform - Normalenform



Parameterform

\vec{x} - Ortsvektor zu einem Punkt X in der Ebene

\vec{P} - Aufpunkt (Stützvektor, Ortsvektor)

\vec{u}, \vec{v} - Richtungsvektoren

λ, σ -Parameter

$$\vec{x} = \vec{P} + \lambda \cdot \vec{u} + \sigma \cdot \vec{v}$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix}$$

Normalenform - Koordinatenform

\vec{x} - Ortsvektor zu einem Punkt X in der Ebene

\vec{n} - Normalenvektor

\vec{P} - Aufpunkt (Stützvektor, Ortsvektor)

$$\vec{n} \cdot (\vec{x} - \vec{p}) = 0$$

$$\begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{pmatrix} \cdot \left(\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{pmatrix} \right) = 0$$

Koordinatenform:

$$n_1(x_1 - p_1) + n_2(x_2 - p_2) + n_3(x_3 - p_3) = 0$$

$$n_1x_1 - n_1p_1 + n_2x_2 - n_2p_2 + n_3x_3 - n_3p_3 = 0$$

$$c = -(n_1p_1 + n_2p_2 + n_3p_3)$$

$$n_1x_1 + n_2x_2 + n_3x_3 + c = 0$$

Normalenvektor: $\vec{n} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ -3 \end{pmatrix}$

Punkt in der Ebene $P(2/-1/1)$

Normalenform:

$$\vec{n} \cdot (\vec{x} - \vec{p}) = 0$$

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ -3 \end{pmatrix} \cdot \left(\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \right) = 0$$

Koordinatenform:

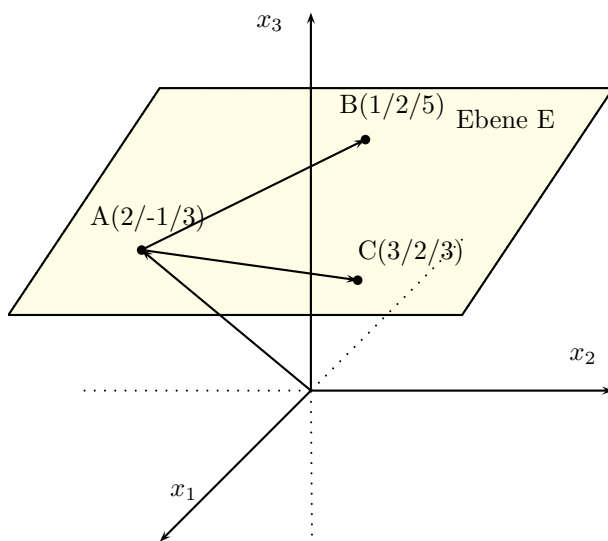
$$1(x_1 - 2) + 2(x_2 + 1) + 3(x_3 - 1) = 0$$

$$x_1 + 2x_2 + 3x_3 - 3 = 0$$

Besondere Ebenen

Ebene	Parameterform	Koordinatenform
$x_1 - x_2$	$\vec{x} = \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$	$x_3 = 0$
$x_1 - x_3$	$\vec{x} = \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$	$x_2 = 0$
$x_2 - x_3$	$\vec{x} = \lambda \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$	$x_1 = 0$

6.4.2 Ebenengleichung aufstellen



Ebene aus 3 Punkten

Punkte: $A(a_1/a_2/a_3)$ $B(b_1/b_2/b_3)$ $C(c_1/c_2/c_3)$

Die 3 Punkte dürfen nicht auf einer Geraden liegen.

Ebene aus drei Punkten:

$$\text{Richtungsvektor: } \vec{AB} = \begin{pmatrix} b_1 - a_1 \\ b_2 - a_2 \\ b_3 - a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{pmatrix}$$

$$\text{Richtungsvektor: } \vec{AC} = \begin{pmatrix} c_1 - a_1 \\ c_2 - a_2 \\ c_3 - a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{pmatrix}$$

Ebenengleichung aus Aufpunkt und den Richtungsvektoren.

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{pmatrix}$$

Punkte: $A(2/-1/3)$ $B(1/2/5)$ $C(3/2/3)$

Ebene aus drei Punkten:

$$\vec{AB} = \begin{pmatrix} 1 - 2 \\ 2 + 1 \\ 5 - 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$\vec{AC} = \begin{pmatrix} 3 - 2 \\ 2 + 1 \\ 3 - 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} -1 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Ebene aus Gerade und Punkt

Der Punkte darf nicht auf der Geraden liegen.

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$$

Punkt: $C(c_1/c_2/c_3)$

Richtungsvektor zwischen Aufpunkt A und dem Punkt C

$$\vec{AC} = \begin{pmatrix} c_1 - a_1 \\ c_2 - a_2 \\ c_3 - a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{pmatrix}$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{pmatrix}$$

$$\text{Gerade: } \vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ -4 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ -3 \end{pmatrix}$$

Punkt: $C(2/0/1)$

$$\vec{AC} = \begin{pmatrix} 2-1 \\ 0-3 \\ 1+4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \\ 5 \end{pmatrix}$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ -4 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ -3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \\ 5 \end{pmatrix}$$

Ebene aus zwei parallelen Geraden

$$\text{Gerade 1: } \vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$$

$$\text{Gerade 2: } \vec{x} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{pmatrix}$$

Bei parallelen Geraden sind Richtungsvektoren linear abhängig. Für die Ebenengleichung muß ein 2. Richtungsvektor erstellt werden. 2. Richtungsvektor zwischen den Aufpunkten A und C.

Ebenengleichung in Parameterform

$$\vec{AC} = \begin{pmatrix} c_1 - a_1 \\ c_2 - a_2 \\ c_3 - a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{pmatrix}$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{pmatrix}$$

$$\text{Gerade 1: } \vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Gerade 2: } \vec{x} = \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ -2 \end{pmatrix}$$

Richtungsvektoren:

$$\begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} = k \cdot \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ -2 \end{pmatrix}$$

$$2 = +4k \quad / : 4 \Rightarrow k = \frac{1}{2}$$

$$0 = +0k \quad / : 0 \Rightarrow k = \text{beliebig}$$

$$-1 = -2k \quad / : -2 \Rightarrow k = \frac{1}{2}$$

\Rightarrow Geraden sind parallel

Aufpunkt von Gerade 2 in Gerade 1

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}$$

Punkt: $A(3/4/5)$

$$3 = 1 + 2\lambda \quad / -1$$

$$4 = 3 + 0\lambda \quad / -3$$

$$5 = 0 - 1\lambda \quad / -0$$

$$2 = 2\lambda \quad / : 2 \Rightarrow \lambda = 1$$

$$1 = 0\lambda \quad \Rightarrow \text{falsch}$$

$$5 = -1\lambda \quad / : -1 \Rightarrow \lambda = -5$$

\Rightarrow

Geraden sind echt parallel

2. Richtungsvektor zwischen den Aufpunkten A und C

$$\vec{AC} = \begin{pmatrix} 3-1 \\ 4-3 \\ 5-0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 5 \end{pmatrix}$$

Ebenengleichung in Parameterform

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 5 \end{pmatrix}$$

Ebene aus zwei sich schneidenden Geraden

Gerade 1: $\vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$

Gerade 2: $\vec{x} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{pmatrix}$

Bei sich schneidenden Geraden sind Richtungsvektoren linear unabhängig.

Ebenengleichung in Parameterform

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{pmatrix}$$

Gerade 1: $\vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 8 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 4 \\ -7 \\ -8 \end{pmatrix}$

Gerade 2: $\vec{x} = \begin{pmatrix} 9 \\ -5 \\ 3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} -4 \\ -4 \\ -3 \end{pmatrix}$

Die Geraden schneiden sich im Punkt $S(5, -9, 0)$

Ebenengleichung in Parameterform

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 8 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 4 \\ -7 \\ -8 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} -4 \\ -4 \\ -3 \end{pmatrix}$$

Interaktive Inhalte: [3 Punkte](#) - [Punkt und Gerade](#) - [Parallele Geraden](#) -

6.4.3 Parameterform - Koordinatenform

1. Methode: Determinante

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} x_1 - a_1 & b_1 & c_1 \\ x_2 - a_2 & b_2 & c_2 \\ x_3 - a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 - a_1 & b_1 \\ x_2 - a_2 & b_2 \\ x_3 - a_3 & b_3 \end{vmatrix} = 0$$

$$(x_1 - a_1) \cdot b_2 \cdot c_3 + b_1 \cdot c_2 \cdot (x_3 - a_3) + c_1 \cdot (x_2 - a_2) \cdot b_3 - c_1 \cdot b_2 \cdot (x_3 - a_3) - (x_1 - a_1) \cdot c_2 \cdot b_3 - b_1 \cdot (x_2 - a_2) \cdot c_3 = 0$$

Koordinatenform:

$$n_1x_1 + n_2x_2 + n_3x_3 + k = 0$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \\ 2 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} -2 \\ 4 \\ 3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 2 \\ -5 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} x_1 - 1 & -2 & 2 \\ x_2 + 3 & 4 & -5 \\ x_3 - 2 & 3 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 - 1 & -2 \\ x_2 + 3 & 4 \\ x_3 - 2 & 3 \end{vmatrix} = 0$$

$$(x_1 - 1) \cdot 4 \cdot 0 + (-2) \cdot (-5) \cdot (x_3 - 2) + 2 \cdot (x_2 + 3) \cdot 3 - 2 \cdot 4 \cdot (x_3 - 2) - (x_1 - 1) \cdot (-5) \cdot 3 - (-2) \cdot (x_2 + 3) \cdot 0 = 0$$

$$15x_1 + 6x_2 + 2x_3 - 1 = 0$$

Koordinatenform:

$$15x_1 + 6x_2 + 2x_3 - 1 = 0$$

2. Methode: Vektorprodukt

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

Normalenvektor der Ebene mit dem Vektorprodukt

$$\vec{n} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_2 \cdot c_3 - b_3 \cdot c_2 \\ b_3 \cdot c_1 - c_3 \cdot b_1 \\ b_1 \cdot c_2 - b_2 \cdot c_1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{n} = \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{pmatrix}$$

Normalenvektor der Ebene und Aufpunkt in die Koordinatenform einsetzen.

$$n_1a_1 + n_2a_2 + n_3a_3 + k = 0$$

k berechnen

$$n_1x_1 + n_2x_2 + n_3x_3 + k = 0$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ -7 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Vektorprodukt:

$$\vec{n} = \vec{b} \times \vec{c} = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} -1 \cdot 1 - 0 \cdot 0 \\ 0 \cdot (-1) - 1 \cdot 1 \\ 1 \cdot 0 - (-1) \cdot (-1) \end{pmatrix}$$

$$\vec{n} = \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

Normalenvektor in die Koordinatenform einsetzen.

$$-1x_1 - 1x_2 - 1x_3 + k = 0$$

Aufpunkt in die Koordinatenform einsetzen.

$$-1 \cdot 1 - 1 \cdot 2 - 1 \cdot 1 + k = 0$$

$$k = -4$$

Koordinatenform

$$-1x_1 - 1x_2 - 1x_3 - 4 = 0$$

Interaktive Inhalte: [Determinante](#) - [Vektorprodukt](#) -

6.4.4 Koordinatenform - Parameterform

1. Methode

$$n_1x_1 + n_2x_2 + n_3x_3 + k = 0$$

- x_1 durch einen Parameter ersetzen

$$x_1 = \lambda$$

- x_2 durch einen Parameter σ ersetzen

$$x_2 = \sigma$$

- Koordinatenform nach x_3 auflösen

$$x_3 = -\frac{k}{n_3} - \frac{n_1}{n_3}x_1 - \frac{n_2}{n_3}x_2$$

- Ebene in Punktdarstellung :

$$x_1 = 0 + 1 \cdot \lambda + 0 \cdot \sigma$$

$$x_2 = 0 + 0 \cdot \lambda + 1 \cdot \sigma$$

$$x_3 = -\frac{k}{n_3} - \frac{n_1}{n_3}\lambda - \frac{n_2}{n_3}\sigma$$

- Parameterform der Ebene

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -\frac{k}{n_3} \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -\frac{n_1}{n_3} \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -\frac{n_2}{n_3} \end{pmatrix}$$

$$4x_1 + 8x_2 + 2x_3 - 2 = 0$$

- x_1 durch einen Parameter ersetzen

$$x_1 = \lambda$$

- x_2 durch einen Parameter σ ersetzen

$$x_2 = \sigma$$

- Koordinatenform nach x_3 auflösen

$$x_3 = -\frac{2}{2} - \frac{4}{2}x_1 - \frac{8}{2}x_2$$

$$x_3 = 1 - 2x_1 - 4x_2$$

- Ebene in Punktdarstellung :

$$x_1 = 0 + 1 \cdot \lambda + 0 \cdot \sigma$$

$$x_2 = 0 + 0 \cdot \lambda + 1 \cdot \sigma$$

$$x_3 = 1 - 2\lambda - 4\sigma$$

- Parameterform der Ebene

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -2 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -4 \end{pmatrix}$$

$$4x_1 - 2 = 0$$

- x_2 durch einen Parameter ersetzen

$$x_2 = \lambda$$

- x_3 durch einen Parameter σ ersetzen

$$x_3 = \sigma$$

- Koordinatenform nach x_1 auflösen

$$x_1 = \frac{1}{2}$$

- Ebene in Punktdarstellung :

$$x_1 = \frac{1}{2} + 0 \cdot \lambda + 0 \cdot \sigma$$

$$x_2 = 0 + 1 \cdot \lambda + 0 \cdot \sigma$$

$$x_3 = 0 + 0 \cdot \lambda + 1 \cdot \sigma$$

- Parameterform der Ebene

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

2. Methode

- Drei beliebige Punkte, die in der Ebene liegen ermitteln.
- Die Richtungsvektoren müssen linear unabhängig sein.
- Ebenengleichung aus 3 Punkten aufstellen.

$$4x_1 + 8x_2 + 2x_3 - 2 = 0$$

- $x_1 = 0$ $x_2 = 0$ frei wählen und in die Ebenengleichung einsetzen. $\Rightarrow x_3 = 1$ und $P_1(0/0/1)$

- 2 weitere Punkte ermitteln: $P_2(1/0/-1)$ $P_3(0/1/-3)$

- Die Richtungsvektoren sind linear unabhängig:

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -4 \end{pmatrix}$$

- Parameterform der Ebene

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -2 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -4 \end{pmatrix}$$

6.4.5 Koordinatenform - Hessesche Normalenform

Koordinatenform:

$$n_1x_1 + n_2x_2 + n_3x_3 + k_1 = 0$$

Normalenvektor

$$\vec{n} = \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{pmatrix}$$

Länge des Normalenvektors:

$$|\vec{n}| = \sqrt{n_1^2 + n_2^2 + n_3^2}$$

Hessesche Normalenform:

$$k_1 < 0$$

$$\text{HNF: } \frac{n_1x_1 + n_2x_2 + n_3x_3 + k_1}{\sqrt{n_1^2 + n_2^2 + n_3^2}} = 0$$

$$k_1 > 0$$

$$\text{HNF: } \frac{n_1x_1 + n_2x_2 + n_3x_3 + k_1}{-\sqrt{n_1^2 + n_2^2 + n_3^2}} = 0$$

Koordinatenform:

$$15x_1 + 6x_2 + 2x_3 - 1 = 0$$

$$\vec{n} = \begin{pmatrix} 15 \\ 6 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Länge des Normalenvektors:

$$|\vec{n}| = \sqrt{15^2 + 6^2 + 2^2}$$

$$|\vec{n}| = \sqrt{15^2 + 6^2 + 2^2}$$

$$|\vec{n}| = 16,3$$

Hessesche Normalenform:

$$\text{HNF: } \frac{15x_1 + 6x_2 + 2x_3 - 1}{16,3} = 0$$

Interaktive Inhalte: [hier klicken](#)

6.5 Kugel

6.5.1 Kugelgleichung

$M(m_1/m_2/m_3)$ - Mittelpunkt der Kugel

r - Radius der Kugel

$X(x_1/x_2/x_3)$ - beliebiger Punkt auf der Kugel

Kugelgleichung:

$$(x_1 - m_1)^2 + (x_2 - m_2)^2 + (x_2 - m_2)^2 = r^2$$

$M(3/2/-4)$ - Mittelpunkt der Kugel

$r = 6$ - Radius der Kugel

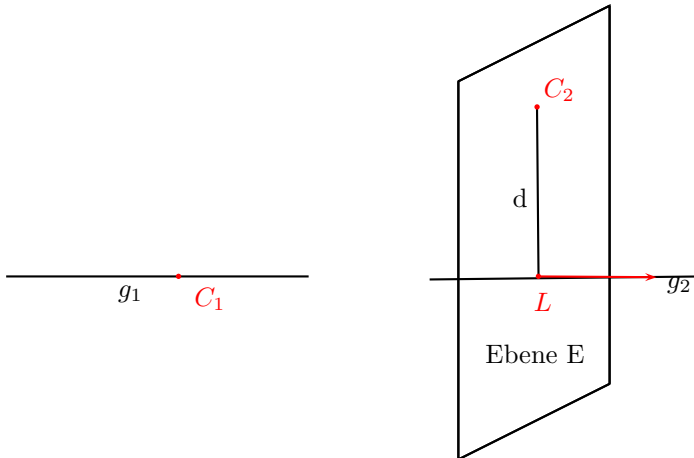
$X(x_1/x_2/x_3)$ - beliebiger Punkt auf der Kugel

Kugelgleichung:

$$(x_1 - 3)^2 + (x_2 - 2)^2 + (x_2 + 4)^2 = 6^2$$

6.6 Lagebeziehung

6.6.1 Punkt - Gerade



Punkt C_1 liegt auf der Geraden g_1

Abstand d des Punktes C_2 von der Geraden g_2

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$$

Punkt: $C(c_1/c_2/c_3)$

$$c_1 = a_1 + b_1\lambda_1 \Rightarrow \lambda_1$$

$$c_1 = a_2 + b_2\lambda_2 \Rightarrow \lambda_2$$

$$c_1 = a_3 + b_3\lambda_3 \Rightarrow \lambda_3$$

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 \Rightarrow$$

Punkt liegt auf der Geraden

nicht alle λ gleich \Rightarrow

Punkt liegt nicht auf der Geraden

Lotfußpunkt und Abstand des Punktes berechnen.

Die Koordinatenform der Ebenengleichung aufstellen, die senkrecht zur Geraden ist und den Punkt C enthält.

Richtungsvektor der Geraden = Normalenvektor der Ebene. Der Lotfußpunkt ist der Schnittpunkt zwischen Gerade und Ebene.

Abstand des Punktes, ist die Länge des Vektors \vec{LC}

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ -3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} -2 \\ -2 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \text{Punkt: } C(7, 9, -6)$$

$$7 = 1 - 2\lambda \quad / -1$$

$$9 = 3 - 2\lambda \quad / -3$$

$$-6 = -3 + 2\lambda \quad / +3$$

$$6 = -2\lambda \quad / : -2 \Rightarrow \lambda = -3$$

$$6 = -2\lambda \quad / : -2 \Rightarrow \lambda = -3$$

$$-3 = 2\lambda \quad / : 2 \Rightarrow \lambda = -1\frac{1}{2}$$

\Rightarrow Punkt liegt nicht auf der Geraden

Lotfußpunkt und Abstand des Punktes berechnen.

Richtungsvektor der Geraden = Normalenvektor der Ebene.

$$-2x_1 - 2x_2 + 2x_3 + k = 0$$

$$C \text{ ist Punkt in der Ebene}$$

$$-2 \cdot 7 - 2 \cdot 9 + 2 \cdot 7 + k = 0$$

$$k = 44$$

$$-2x_1 - 2x_2 + 2x_3 + 44 = 0$$

Lotfußpunkt ist der Schnittpunkt zwischen Gerade und Ebene.

$$x_1 = 1 - 2\lambda$$

$$x_2 = 3 - 2\lambda$$

$$x_3 = -3 + 2\lambda$$

$$-2(1 - 2\lambda) - 2(3 - 2\lambda) + 2(-3 + 2\lambda) + 44 = 0$$

$$12\lambda + 30 = 0$$

$$\lambda = \frac{-30}{12}$$

$$\lambda = -2\frac{1}{2}$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ -3 \end{pmatrix} - 2\frac{1}{2} \cdot \begin{pmatrix} -2 \\ -2 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$\text{Lotfußpunkt: } L(6, 8, -8)$$

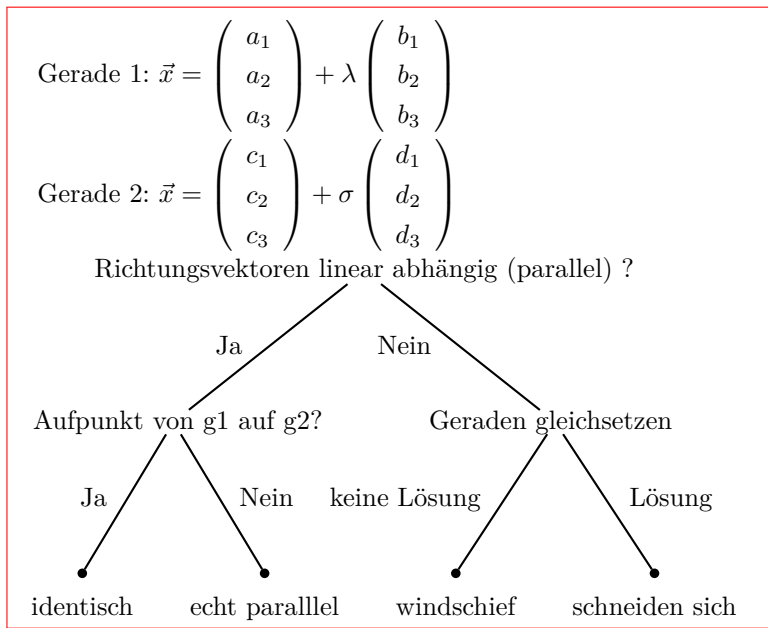
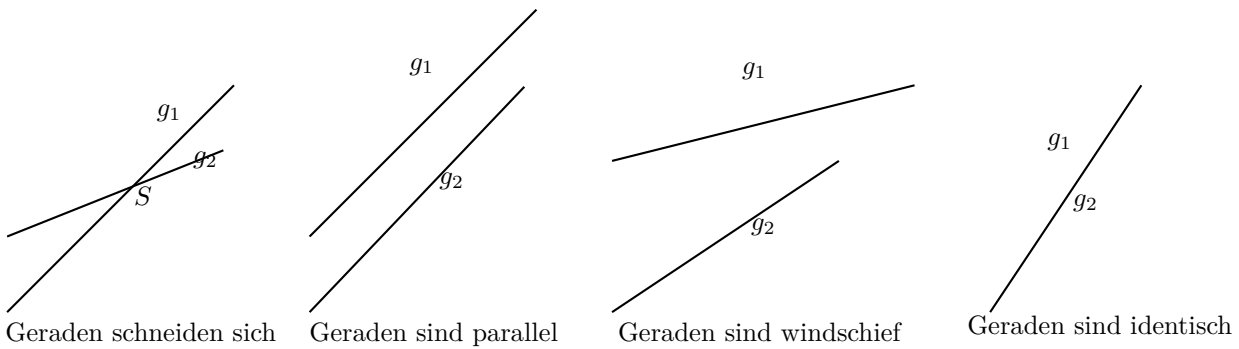
$$\vec{CL} = \begin{pmatrix} 12 - 7 \\ 30 - 9 \\ -2\frac{1}{2} + 6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ -2 \end{pmatrix}$$

Abstand Punkt Gerade

$$|\vec{CL}| = \sqrt{(-1)^2 + (-1)^2 + (-2)^2}$$

Interaktive Inhalte: [hier klicken](#)

6.6.2 Gerade - Gerade



Gerade 1: $\vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 8 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 4 \\ -7 \\ -8 \end{pmatrix}$
 Gerade 2: $\vec{x} = \begin{pmatrix} 9 \\ -5 \\ 3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} -4 \\ -4 \\ -3 \end{pmatrix}$

Richtungsvektoren:

$$\begin{pmatrix} 4 \\ -7 \\ -8 \end{pmatrix} = k \cdot \begin{pmatrix} -4 \\ -4 \\ -3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} 4 &= -4k & /: -4 &\Rightarrow k = -1 \\ -7 &= -4k & /: -4 &\Rightarrow k = 1\frac{3}{4} \\ -8 &= -3k & /: -3 &\Rightarrow k = 2\frac{2}{3} \end{aligned}$$

\Rightarrow Geraden sind nicht parallel

$$\begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 8 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 4 \\ -7 \\ -8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 9 \\ -5 \\ 3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} -4 \\ -4 \\ -3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} 1 + 4\lambda &= 9 - 4\sigma & /: -1 & /+ 4\sigma \\ -2 - 7\lambda &= -5 - 4\sigma & /: +2 & /+ 4\sigma \\ 8 - 8\lambda &= 3 - 3\sigma & /: -8 & /+ 3\sigma \end{aligned}$$

I $4\lambda + 4\sigma = 8$
 II $-7\lambda + 4\sigma = -3$
 III $-8\lambda - 3\sigma = -5$

Aus den Gleichungen I und II λ und σ berechnen

$$\sigma = 1$$

$$\lambda = 1$$

λ und σ in die verbleibende Gleichung einsetzen

$$III \quad 8 + 1 \cdot (-8) = 3 + 1 \cdot (-3)$$

$$0 = 0$$

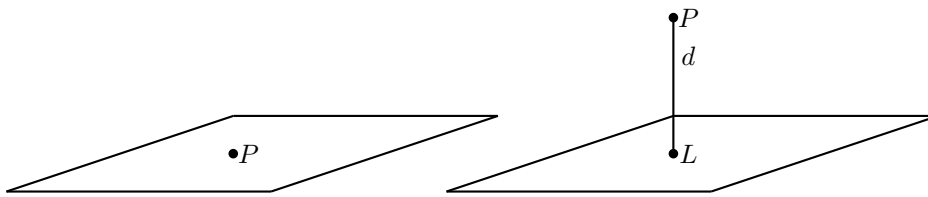
λ oder σ in die Geradengleichung einsetzen

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 8 \end{pmatrix} + 1 \cdot \begin{pmatrix} 4 \\ -7 \\ -8 \end{pmatrix}$$

Schnittpunkt: $S(5, -9, 0)$

Interaktive Inhalte: [hier klicken](#)

6.6.3 Punkt - Ebene (Koordinatenform)



Punkt liegt in der Ebene

Punkt liegt nicht in der Ebene

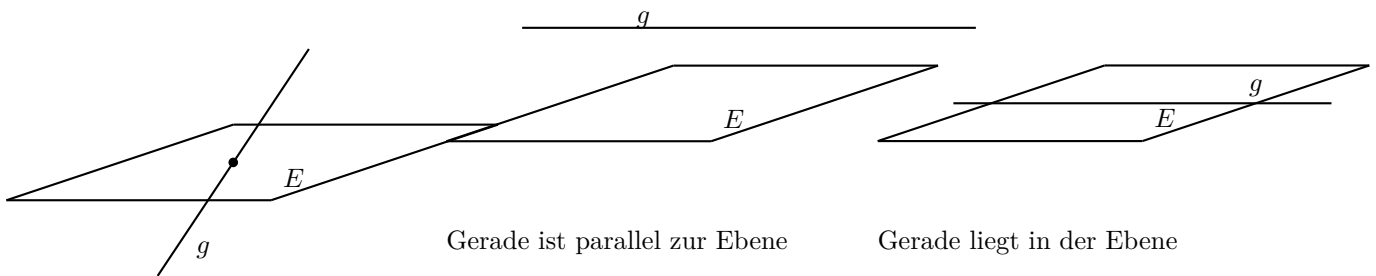
Punkt: $A(a_1/a_2/a_3)$
 Ebene: $n_1x_1 + n_2x_2 + n_3x_3 + c_1 = 0$
 $n_1 \cdot a_1 + n_2 \cdot a_2 + n_3 \cdot a_3 + c_1 = 0$
 • Liegt der Punkt in der Ebene?
 Punkt in die Ebene einsetzen.
 Gleichung nach Umformung: $0 = 0 \Rightarrow$ Punkt liegt in der Ebene
 • Abstand Punkt - Ebene
 Punkt in die HNF einsetzen.

Punkt: $A(1/2/0)$
 Ebene: $-1x_1 - 3x_2 + 1x_3 + 7 = 0$
 $-1 \cdot 1 - 3 \cdot 2 + 1 \cdot 0 + 7 = 0$
 $0 = 0$
 Punkt liegt in der Ebene

Punkt: $A(2/ -4/3)$
 Ebene: $-1x_1 - 3x_2 + 1x_3 + 7 = 0$
 $-1 \cdot 2 - 3 \cdot (-4) + 1 \cdot 3 + 7 = 0$
 $20 = 0$
 Punkt liegt nicht in der Ebene
 Abstand des Punktes von der Ebene
 Koordinatenform in Hessesche Normalenform HNF
 $-1x_1 - 3x_2 + 1x_3 + 7 = 0$
 $\vec{n} = \begin{pmatrix} -1 \\ -3 \\ 1 \end{pmatrix}$
 Länge des Normalenvektors:
 $|\vec{n}| = \sqrt{n_1^2 + n_2^2 + n_3^2}$
 $|\vec{n}| = \sqrt{(-1)^2 + (-3)^2 + 1^2}$
 $|\vec{n}| = 3,32$
 HNF:
 $\frac{-1x_1 - 3x_2 + 1x_3 + 7}{-3,32} = 0$
 Punkt in HNF:
 $d = \left| \frac{-1 \cdot 2 - 3 \cdot (-4) + 1 \cdot 3 + 7}{-3,32} \right|$
 $d = |-6,03|$
 $d = 6,03$

Interaktive Inhalte: [hier klicken](#)

6.6.4 Gerade - Ebene (Koordinatenform)



Gerade schneidet Ebene

Gerade ist parallel zur Ebene

Gerade liegt in der Ebene

$$\text{Gerade: } \vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$$

$$\text{Ebene: } n_1x_1 + n_2x_2 + n_3x_3 + c_1 = 0$$

Gerade in Punktdarstellung

$$x_1 = a_1 + b_1\lambda$$

$$x_2 = a_2 + b_2\lambda$$

$$x_3 = a_3 + b_3\lambda$$

x_1, x_2, x_3 in die Ebenengleichung einsetzen

$$n_1(a_1 + b_1\lambda) + n_2(a_2 + b_2\lambda) + n_3(a_3 + b_3\lambda) + c_1 = 0$$

Die Gleichung nach der Variablen auflösen.

- Schnittpunkt zwischen Gerade und Ebene

Auflösung nach einer Variablen ist möglich. Variable in die Gerade einsetzen

- Geraden und Ebene sind parallel

Auflösung nach der Variablen ist nicht möglich. λ heben sich auf.

Gleichung nach Umformung: *Konstante* = 0

- Gerade liegt in der Ebene

Auflösung nach der Variablen ist nicht möglich. λ heben sich auf.

Gleichung nach Umformung: $0 = 0$

$$\text{Gerade: } \vec{x} = \begin{pmatrix} 3 \\ 5 \\ 7 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \\ 5 \end{pmatrix}$$

$$\text{Ebene: } 1x_1 - 2x_2 + 5x_3 + 10 = 0$$

$$x_1 = 3 + 4\lambda$$

$$x_2 = 5 + 5\lambda$$

$$x_3 = 7 + 5\lambda$$

$$1(3 + 4\lambda) - 2(5 + 5\lambda) + 5(7 + 5\lambda) + 10 = 0$$

$$19\lambda + 38 = 0$$

$$\lambda = \frac{-38}{19}$$

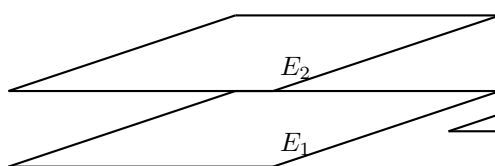
$$\lambda = -2$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 3 \\ 5 \\ 7 \end{pmatrix} - 2 \cdot \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \\ 5 \end{pmatrix}$$

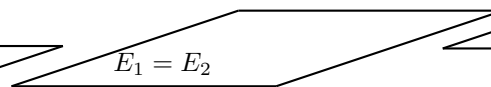
$$\text{Schnittpunkt: } S(-5, -5, -3)$$

Interaktive Inhalte: [hier klicken](#)

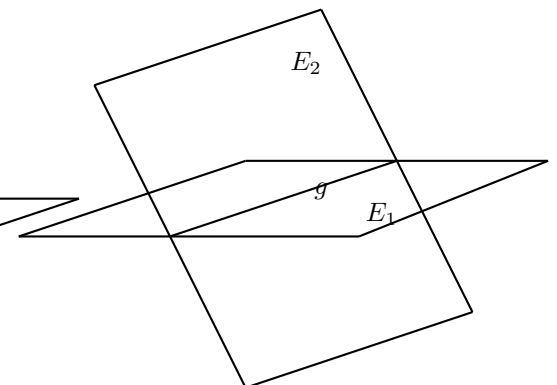
6.6.5 Ebene - Ebene



Ebenen sind parallel



Ebenen sind identisch



Ebenen schneiden sich

Parameterform - Koordinatenform

Parameterform - Ebene1

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

Koordinatenform - Ebene2

$$n_1x_1 + n_2x_2 + n_3x_3 + k_1 = 0$$

Ebene1 in Punktdarstellung

$$x_1 = a_1 + b_1\lambda + c_1\sigma$$

$$x_2 = a_2 + b_2\lambda + c_2\sigma$$

$$x_3 = a_3 + b_3\lambda + c_2\sigma$$

 x_1, x_2, x_3 in die Ebenengleichung einsetzen

$$n_1(a_1 + b_1\lambda + c_1\sigma) +$$

$$n_2(a_2 + b_2\lambda + c_2\sigma) +$$

$$n_3(a_3 + b_3\lambda + c_2\sigma) + k_1 = 0$$

Die Gleichung nach einer Variablen auflösen

- Schnittgerade zwischen den Ebenen

Auflösung nach einer Variablen ist möglich. λ oder σ in die Parameterform einsetzen

- Ebenen sind parallel

Auflösung nach einer Variablen ist nicht möglich. λ und σ heben sich aufGleichung nach Umformung: *Konstante* = 0

- Ebenen sind identisch

Auflösung nach einer Variablen ist nicht möglich. λ und σ heben sich auf

Gleichung nach Umformung: 0 = 0

$$\text{Ebene: } \vec{x} = \begin{pmatrix} -2 \\ -4 \\ 2 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix} + \sigma \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ -2 \end{pmatrix}$$

$$\text{Ebene: } 1x_1 + 1x_2 + 0x_3 + 0 = 0$$

$$x_1 = -2 + 1\lambda + 0\sigma$$

$$x_2 = -4 + 2\lambda - 1\sigma$$

$$x_3 = 2 + 2\lambda - 1\sigma$$

$$1(-2 + 1\lambda + 0\sigma) + 1(-4 + 2\lambda - 1\sigma) + 0(2 + 2\lambda - 2\sigma) + 0 = 0$$

$$3\lambda - 1\sigma - 6 = 0$$

$$\sigma = \frac{-3\lambda + 6}{-1}$$

$$\sigma = 3\lambda - 6$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} -2 \\ -4 \\ 2 \end{pmatrix} + \lambda \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix} + (3\lambda - 6) \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ -2 \end{pmatrix}$$

$$\text{Schnittgerade: } \vec{x} = \begin{pmatrix} -2 \\ 2 \\ 14 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ -4 \end{pmatrix}$$

Parameterform - Parameterform

Eine Ebene in die Koordinatenform umrechnen. Danach die Lösung mit Parameterform - Koordinatenform berechnen.

Koordinatenform - Koordinatenform

Eine Ebene in die Parameterform umrechnen. Danach die Lösung mit Parameterform - Koordinatenform berechnen.

Interaktive Inhalte: [hier klicken](#)