HOCHSCHULE DEGGENDORF
University of Applied Sciences

Mathematik 1 Infotronik (1)

Gerald Kupris

04.10.2012

Zur Person

Prof. Dr.-Ing. Gerald Kupris
geb. 1965

Lehrgebiet: Entwurf eingebetteter Systeme
Start an der HDU: 1.10.2009
Büro: Raum E 105 im ITC1
Ulrichsberger Str. 17
Gebäude: E
Sprechzeit: Donnerstags 13:00

Tel.: +49 (0)991-9913 0309
Fax: +49 (0)991-9913 2124
Handy: 0171 – 46 62 581

Email: gerald.kupris@hdu-deggendorf.de
Daten: V:\fakultaet-et\Vorlesungen\Kupris

Organisatorisches

Präsenzveranstaltung!

keine Benutzung von Handys etc.!

Aufmerksamkeit gefordert!

intensive Gespräche mit Nachbarn, Lesen von Zeitungen, Büchern etc., Lösen von Kreuzworträtseln, Sudokus etc. nicht zugelassen!

Fragen sehr erwünscht!

Zeitplan beachten!

Pünktlichkeit unbedingt erforderlich!

Mathematik im Stundenplan des 1. Semesters

VORLESUNGSPLAN ANGEWANDTE INFORMATIK / INFOTRONIK
Wintersemester 2012/13

Block 1: 08:00 - 09:30
Block 2: 09:45 - 11:15
Block 3: 12:00 - 13:30

1. Semester Bachelor AI (Stand: 18.09.2012)

Block 4: 14:00 - 15:30
Block 5: 15:45 - 17:15
Block 6: 17:30 - 19:00

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
1	Digitaltechnik 1 Bö E 101	Grundlagen der Informatik Jr ITC 1 – E 104	GET Ku E 101	Mathematik 1 Mathe1 Kupris Ku E 006	
2	Physik Ku E 001	Grundlagen der Informatik Jr ITC 1 – E 103	Mathematik 1 Mathe1 Kupris Ku E 101	Physik Ku E 006	
3	GET Bö E 001	Einführung in die Programmierung Jr ITC 1 – E 104			
4	Mathematik 1 Mathe1 Böhm LB Böhm E 001	Einführung in die Programmierung Jr ITC 1 – E 103			
5	Mathematik 1 Mathe1 Böhm LB Böhm E 001				

Vorlesungsinhalte Mathematik für Infotronik 1. und 2. Semester

LB Böhm 1. Semester 4 SWS:	Mengen Reihen Folgen Funktionen Differenzialrechnung Integralrechnung
Gerald Kupris 1. Semester 4 SWS:	Vektorrechnung Komplexe Zahlen Lineare Algebra
Gerald Kupris 2. Semester 5 SWS:	Differentialgleichungen Laplace-Transformation Fourier-Reihen Fourier-Transformation MATLAB

Einordnung Mathematik

Bachelor Angewandte Informatik/Infotronik														
			Semesterwochenstunden (SWS)											
Übersicht über die Modul-/KursNr., Modul- und Kursbezeichnung, SWS und ECTS			Modul	1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.	5. Sem.	6. Sem.	7. Sem.	ECTS	Gewichtung f. Modulnote	Art der Lehrveranstaltungen	Zulassungsvoraus-setzungen/ Prüfungsleistungen 1)
Modul Nr.	Kurs Nr.	**Modul**/Kurs												
0-01		**Mathematik**	**13**								**13**			
	01101	Mathematik I		8								8	S/SU/Ü	LN /schrP 90-120 Min
	02101	Mathematik II			5							5	S/SU/Ü	LN /schrP 90-120 Min
0-02		**Physik**	**4**								**5**		S/Ü/Pr	LN / schrP 90 Min
	01102	Physik		4								5		
0-03		**Grundlagen der Elektronik**	**6**								**7**		S/Ü/Pr	TN / schrP 90-120 Min
	01103	Grundlagen der Elektronik		6								7		
0-04		**Grundlagen der Informatik**	**8**								**10**			
	01104	Grundlagen der Informatik		4								5	S/SU/Ü	LN schrP 90 Min
	01105	Einführung in die Programmierung		4								5	S/SU/Ü	LN schrP 90 Min
0-05		**Grundlagen der Sensorik**	**4**								**5**		S/Ü/Pr	TN / schrP 90 Min
	02102	Grundlagen der Sensorik			4							5		
0-06		**Objektorientierte Programmierung**	**4**								**5**		S/Ü/Pr	TN / LN od. PStA

Weitere Informationen

Prüfung am Ende des Semesters

90 Minuten schriftliche Prüfung zu beiden Vorlesungsteilen
Hilfsmittel: Formelsammlung (4 Seiten), Taschenrechner

Übungsblätter

ca. 1x pro Woche ein Übungsblatt
Tutorium mit einem Studenten eines älteren Semesters

Planung des Semesters

Mi	Do
	04.10.2012
10.10.2012	11.10.2012
17.10.2012	**18.10.2012**
24.10.2012	25.10.2012
31.10.2012	**01.11.2012**
07.11.2012	08.11.2012
14.11.2012	**15.11.2012**
21.11.2012	22.11.2012
28.11.2012	29.11.2012
05.12.2012	06.12.2012
12.12.2012	13.12.2012
19.12.2012	20.12.2012
09.01.2013	10.01.2013
16.01.2013	17.01.2013
23.01.2013	24.01.2013

Achtung! Verschiebung GET vom 10. auf 9. Oktober!

VORLESUNGSPLAN ANGEWANDTE INFORMATIK / INFOTRONIK
Wintersemester 2012/13

Block 1: 08:00 - 09:30
Block 2: 09:45 - 11:15
Block 3: 12:00 - 13:30

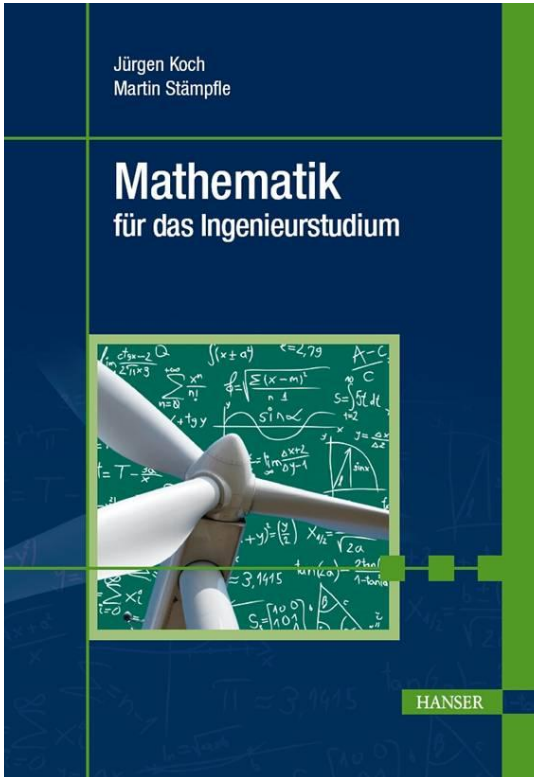
1. Semester Bachelor AI (Stand: 18.09.2012)

Mittwoch,
10. Oktober

Block 4: 14:00 - 15:30
Block 5: 15:45 - 17:15
Block 6: 17:30 - 19:00

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
1	Digitaltechnik 1 Bö E 101	Grundlagen der Informatik Jr ITC 1 – E 104	GET GET Kupris Ku E 101	Mathematik 1 Ku E 006	
2	Physik Ku E 001	Grundlagen der Informatik Jr ITC 1 – E 103	~~Mathematik 1~~ ~~Ku E 101~~	Physik Ku E 006	
3	GET Bö E 001	Einführung in die Programmierung Jr ITC 1 – E 104			
4	Mathematik 1 LB Böhm E 001	Einführung in die Programmierung Jr ITC 1 – E 103			
5	Mathematik 1 LB Böhm E 001	GET Kupris ITC 1 - E104			

Literaturempfehlung



Jürgen Koch, Martin Stämpfle:
Mathematik für das Ingenieurstudium,

Verlag: Hanser Verlag, München 2010
Sprache: Deutsch
ISBN-10: 3446422162

Literaturempfehlung

Rießinger:
Mathematik für Ingenieure: Eine anschauliche Einführung für das praxisorientierte Studium
Verlag: Springer, Berlin; Auflage: 7. Aufl. (März 2009)
Sprache: Deutsch
ISBN-10: 3540892052

Rießinger:
Übungsaufgaben zur Mathematik für Ingenieure: Mit durchgerechneten und erklärten Lösungen
Verlag: Springer, Berlin; Auflage: 4. Aufl. (Februar 2009)
Sprache: Deutsch
ISBN-10: 3540892095

Literaturempfehlung

Lothar Papula: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler 1 u. 2
Vieweg+Teubner Verlag, 12. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2009

Lothar Papula: Mathematische Formelsammlung: für Ingenieure und Naturwissenschaftler
Vieweg+Teubner Verlag, 10. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2009

Lothar Papula: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler – Klausur- und Übungsaufgaben
Vieweg+Teubner Verlag, 3. durchgesehene und erweiterte Auflage, 2008

Vorlesungsinhalte Vektorrechnung

1. Definition von Vektoren
2. Einfache Rechenregeln
3. Koordinatendarstellung von Vektoren
4. Beträge von Vektoren
5. Rechenregeln in der Koordinatendarstellung
6. Koordinatendarstellung mit Winkelfunktionen
7. Skalarprodukt
8. Vektorprodukt
9. Spatprodukt
10. Rechnen mit Vektoren

Wozu benötigen Sie die Vektorrechnung?

Definition Vektor (Physik)

Es seien A und B Punkte in der Ebene (2 Dimensionen) oder im Raum (3 Dimensionen). Unter einem Vektor $\overrightarrow{AB}$ versteht man eine gerichtete Strecke mit Anfangspunkt (Angriffspunkt) A und Endpunkt B.

Ein freier Vektor wird durch Richtung und Länge eindeutig bestimmt.

Die Länge des Pfeils entspricht dabei dem Betrag des Vektors.

Im Gegensatz dazu: Skalar

Ein Skalar ist eine Größe, die allein durch die Angabe eines Zahlenwertes charakterisiert ist.

Definition Vektor (Mathematik)

Ein **Vektor** (lat. *vector* „jemand, der trägt, zieht oder befördert“; zu lat. *vehere* = fahren) ist in der Mathematik ein Element eines Vektorraums. Das bedeutet unter anderem, dass sich beliebige zwei Vektoren durch Addition zu einem dritten Vektor des gleichen Vektorraums verknüpfen lassen.

Eine Multiplikation zwischen Vektoren kann definiert sein - muss aber nicht.

Damit ist der mathematische Begriff eine Verallgemeinerung der in der Physik benutzten geometrischen Vorstellung eines Vektors als Pfeil mit den Eigenschaften Länge und Richtung.

Vektorraum

Ein **Vektorraum** oder **linearer Raum** ist eine algebraische Struktur, die in fast allen Zweigen der Mathematik verwendet wird. Eingehend betrachtet werden Vektorräume in der Linearen Algebra. Die Elemente eines Vektorraums heißen Vektoren. Sie können addiert werden oder mit Skalaren multipliziert, das Ergebnis ist wieder ein Vektor desselben Vektorraums.

Die skalaren Zahlen, mit denen man einen Vektor multiplizieren kann, stammen aus einem Körper, deswegen ist ein Vektorraum immer ein Vektorraum „über" einem bestimmten Körper. Man spricht beispielsweise von einem Vektorraum über den reellen Zahlen. In den meisten Anwendungen legt man die reellen oder die komplexen Zahlen zugrunde.

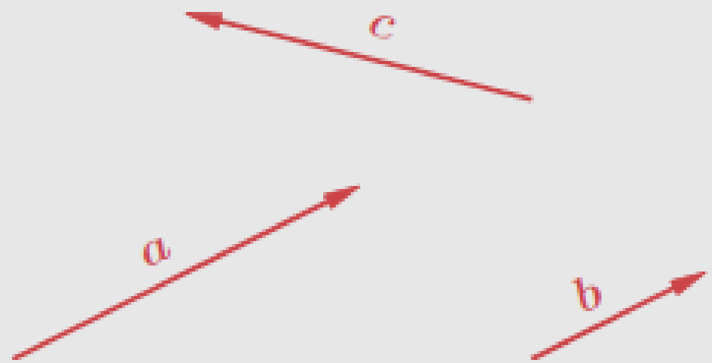
Eine Basis eines Vektorraums ist eine Menge von Vektoren, die es erlaubt, jeden Vektor durch eindeutige Koordinaten zu beschreiben. Wird mit Vektoren gerechnet, so wird mit deren Koordinaten gerechnet.
Die Anzahl der Basisvektoren wird Dimension des Vektorraums genannt. Sie ist unabhängig von der Wahl der Basis und kann auch unendlich sein.

Definition Vektor

Vektoren $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$, $\boldsymbol{c}$, ... werden durch Länge und Richtung festgelegt. Die Länge eines Vektors bezeichnet man auch als Betrag des Vektors und verwendet die Schreibweise

$$|\boldsymbol{a}|\,,\ |\boldsymbol{b}|\,,\ |\boldsymbol{c}|\,,\ldots$$

Der Betrag eines Vektors ist niemals negativ.



Vektor oder Skalar?

Vektorielle Größen in der Physik besitzen einen Betrag und eine Richtung.

Geschwindigkeit

Masse

Impuls

Dichte

Kraft

Temperatur

Zeit

Beispiele von Vektoren und Skalaren

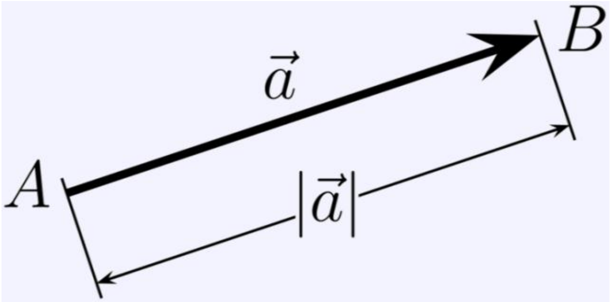
Vektoren:

Bewegung (Verschiebung)
Geschwindigkeit
Impuls
Kraft

Skalare:

Masse
Dichte
Farbe
Struktur

Darstellung von Vektoren



Vektoren werden häufig als Pfeile dargestellt:
A wird in diesem Fall als Ausgangs- oder Startpunkt und B als Spitze oder Endpunkt des Vektors bezeichnet. Die Lage der Pfeilspitze gibt die **Orientierung** des Vektors, die Länge seinen **Betrag** und der Pfeilschaft seine **Richtung** an.
Dieser Vektor kann auch als $\overrightarrow{AB}$ bezeichnet werden und sein Betrag als $\overline{AB}$ bzw. $|\overrightarrow{AB}|$

Variablen, die für Vektoren stehen, werden vor allem in der Schulmathematik und in der Physik häufig mit einem Pfeil gekennzeichnet ($\vec{a}$) oder, vor allem im englischsprachigen Raum, fett geschrieben (**a**). In englischen Handschriften wird dies häufig durch Unterstreichung ($\underline{a}$) oder ähnliches repräsentiert.
Wie alle Variablen werden auch Vektoren allgemein kursiv gesetzt, unabhängig davon, ob sie fett (englisch) oder mit Pfeil (deutsch) gekennzeichnet sind. Früher war teilweise auch die Schreibweise mit Frakturbuchstaben ($\mathfrak{a}, \mathfrak{A}$) üblich.

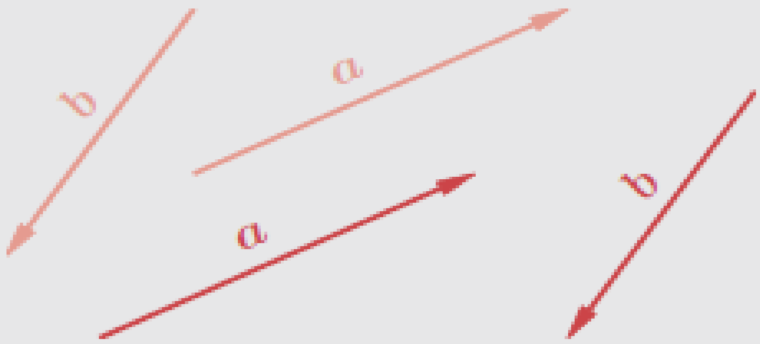
Gleichheit von Vektoren

Ein freier Vektor wird durch Richtung und Länge eindeutig bestimmt;

d.h. zwei Vektoren sind gleich, wenn sie
die gleiche Richtung und
die gleiche Länge haben.

Folgerung: Vektoren sind beliebig parallel verschiebbar.

Zwei Vektoren sind genau dann gleich, wenn sie dieselbe Richtung und denselben Betrag haben. Vektoren dürfen beliebig parallel verschoben werden, ohne dass sich ihr Wert ändert.

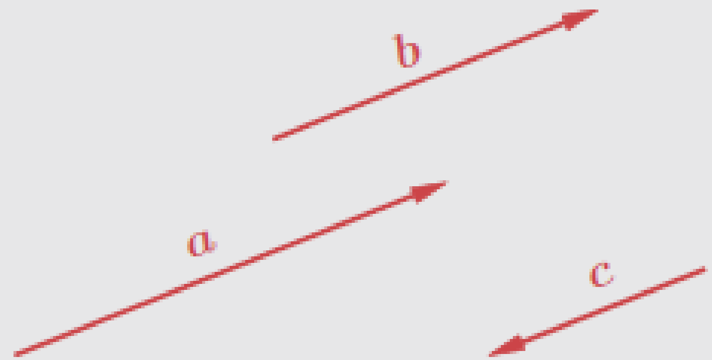


Definitionen

Parallele und antiparallele Vektoren

Zwei Vektoren

- $\boldsymbol{a}$ und $\boldsymbol{b}$ mit derselben Richtung nennt man parallel: $\boldsymbol{a} \upuparrows \boldsymbol{b}$,
- $\boldsymbol{a}$ und $\boldsymbol{c}$ mit entgegengesetzter Richtung nennt man antiparallel: $\boldsymbol{a} \uparrow\downarrow \boldsymbol{c}$.



Nullvektor, Einheitsvektor

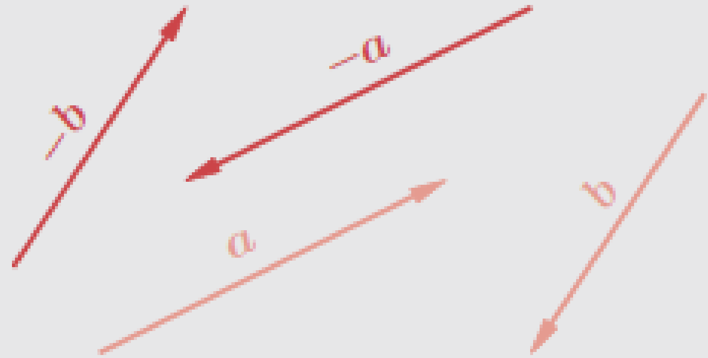
Den Vektor mit der Länge 0 bezeichnet man als Nullvektor $\boldsymbol{0}$, es ist $|\boldsymbol{0}| = 0$. Alle Vektoren mit der Länge 1 bezeichnet man als Einheitsvektoren $\boldsymbol{e}$, für sie gilt $|\boldsymbol{e}| = 1$.

Definitionen

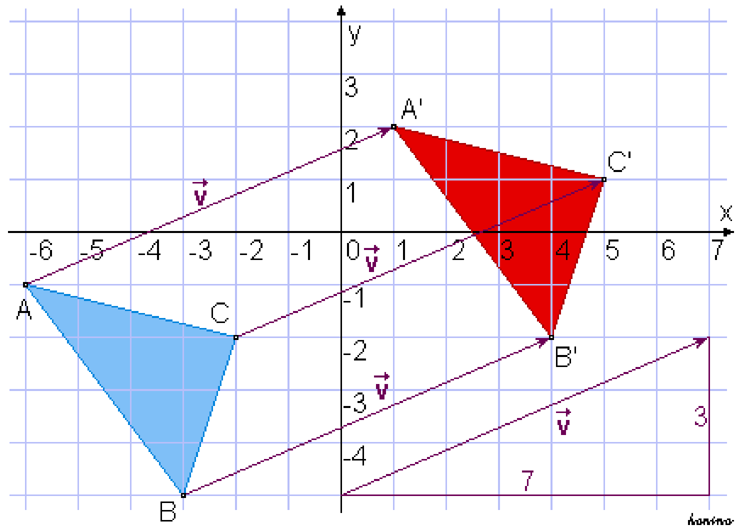
Gegenvektor

Der Gegenvektor zum Vektor $\boldsymbol{a}$ ist derjenige Vektor, der antiparallel zu $\boldsymbol{a}$ ist und dieselbe Länge wie $\boldsymbol{a}$ besitzt. Für den Gegenvektor verwendet man die Bezeichnung $-\boldsymbol{a}$:

$$-\boldsymbol{a} \uparrow\downarrow \boldsymbol{a}, \quad |-\boldsymbol{a}| = |\boldsymbol{a}|.$$



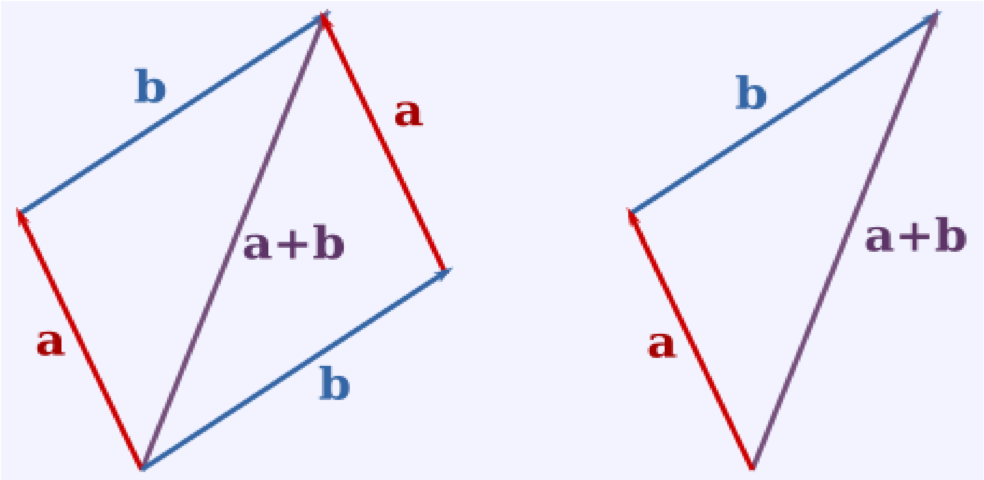
Vektorklassen



Um beispielsweise das Dreieck ABC in der Abbildung an die Position A'B'C' zu verschieben, muss jeder Punkt um 7 Einheiten nach rechts und 3 nach oben verschoben werden. Er bewegt sich dabei längs eines Pfeils $\vec{v}$.
Da diese Pfeile in Länge, Richtung und Orientierung übereinstimmen, fasst man sie zu einer Klasse (Vektorklasse) zusammen, die man ebenfalls kurz mit $\vec{v}$ bezeichnet. Jeder Pfeil ist ein Repräsentant dieser Klasse. Man beschreibt die Klasse durch die Verschiebung, die ihre Pfeile bewirken, im Beispiel:

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} 7 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Einfache Rechenregeln für Vektoren: Addition



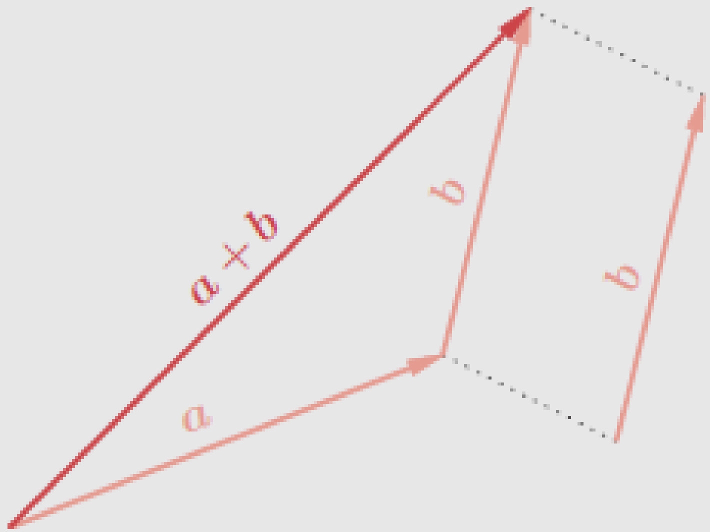
Die Vektoraddition kann man graphisch interpretieren, indem man den Startpunkt des zweiten Vektors mittels Parallelverschiebung auf den Endpunkt des ersten Vektors verschiebt.
Der Pfeil vom Startpunkt des ersten Vektors bis zum Endpunkt des zweiten Vektors repräsentiert den Ergebnisvektor.

Addition von Vektoren

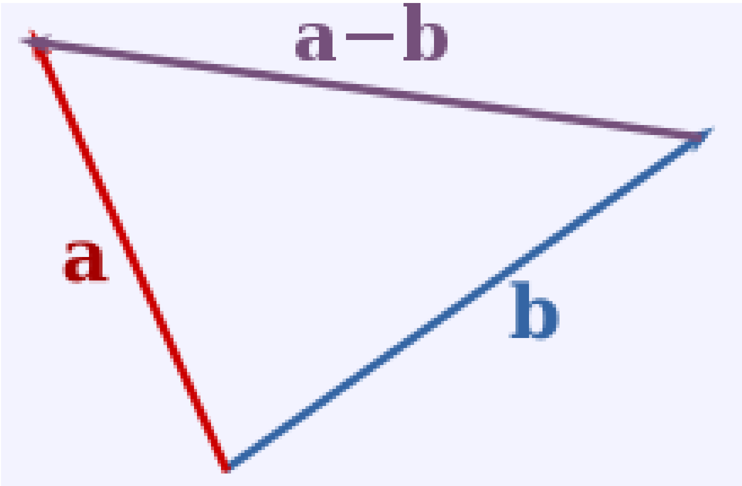
Die Addition der Vektoren $\boldsymbol{a}$ und $\boldsymbol{b}$ ist durch folgendes Konstruktionsprinzip definiert:

(1) Verschiebe den Vektor $\boldsymbol{b}$ parallel so, dass der Anfangspunkt von $\boldsymbol{b}$ mit dem Endpunkt von $\boldsymbol{a}$ zusammenfällt.

(2) Der Summenvektor $\boldsymbol{a}+\boldsymbol{b}$ startet im Anfangspunkt von $\boldsymbol{a}$ und endet im Endpunkt von $\boldsymbol{b}$.



Einfache Rechenregeln für Vektoren: Subtraktion



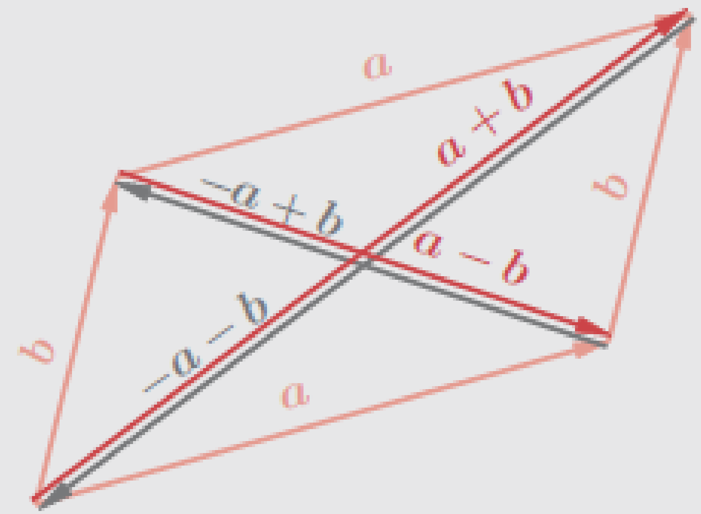
Die geometrische Interpretation der Subtraktion von zwei Vektoren ist:
Zwei Vektoren werden subtrahiert, indem man den Startpunkt des Gegenvektors des zweiten Vektors an den Endpunkt des ersten Vektors anschließt.
Geometrisch entspricht die Differenz dem Verbindungsvektor zwischen den Endpunkten des zweiten und des ersten Vektors.

Diagonalen im Parallelogramm

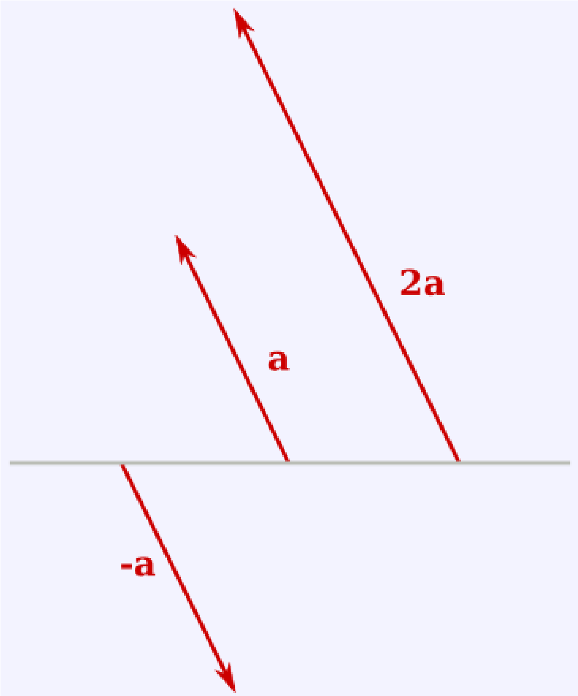
Diagonalen im Parallelogramm

Das Parallelogramm aus den Vektoren $\boldsymbol{a}$ und $\boldsymbol{b}$ besitzt folgende gerichtete Diagonalen:

- $\boldsymbol{a} + \boldsymbol{b}$
- $\boldsymbol{a} - \boldsymbol{b}$
- $-\boldsymbol{a} + \boldsymbol{b}$
- $-\boldsymbol{a} - \boldsymbol{b}$



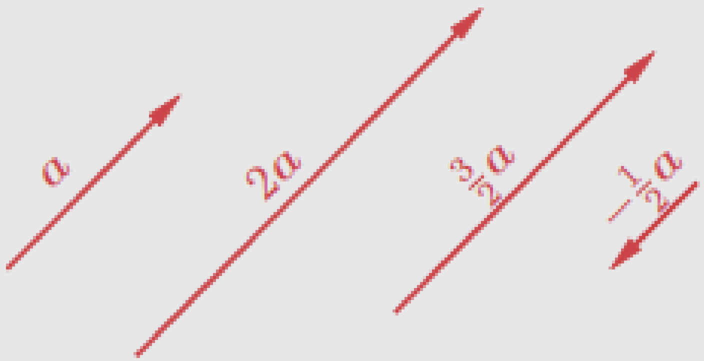
Einfache Rechenregeln für Vektoren: Skalare Multiplikation



Vektoren können mit reellen Zahlen (Skalaren) multipliziert werden (Skalare Multiplikation).
Die Länge des resultierenden Vektors ist daher $|r| \cdot |\vec{a}|$.
Wenn der Skalar positiv ist, zeigt der resultierende Vektor in dieselbe Richtung, ist er negativ, in die Gegenrichtung.

Multiplikation eines Skalars mit einem Vektor

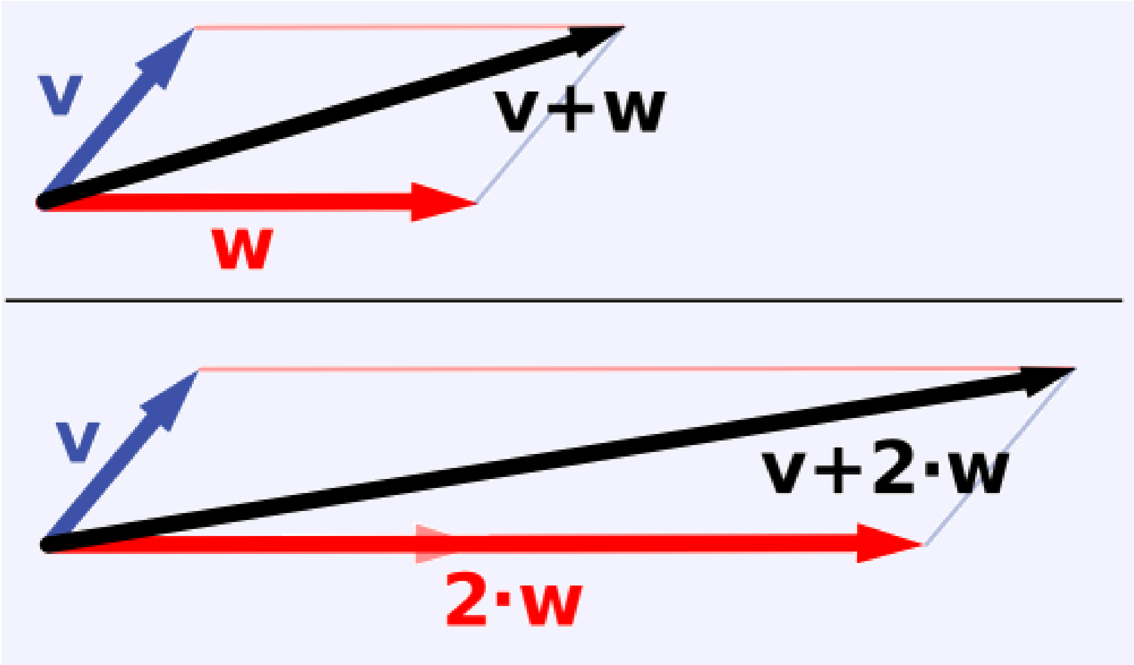
Durch Multiplikation eines Vektors $\boldsymbol{a}$ mit einem Skalar λ wird die Länge des Vektors um den Faktor λ skaliert. Bei positiven Faktoren λ haben $\boldsymbol{a}$ und $\lambda \cdot \boldsymbol{a}$ dieselbe Richtung und bei negativen Faktoren λ haben $\boldsymbol{a}$ und $\lambda \cdot \boldsymbol{a}$ entgegengesetzte Richtungen.



Für beliebige Vektoren $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$ und Skalare λ, μ gilt:

- $(\lambda + \mu)\,\boldsymbol{a} = \lambda\boldsymbol{a} + \mu\boldsymbol{a}$
- $\lambda\,(\boldsymbol{a} + \boldsymbol{b}) = \lambda\boldsymbol{a} + \lambda\boldsymbol{b}$

Kombinierte Mathematik von Vektoren



Vektoraddition und Skalarmultiplikation:

Ein Vektor **v** (blau) wird zu einem anderen Vektor **w** addiert (rot, oben). Unten wird **w** um einen Faktor 2 gestreckt, das Ergebnis ist die Summe **v** + 2·**w**.

Einfache Rechenregeln für Vektoren: Kommutativgesetz

Vertauschungsgesetz

$$a + b = b + a$$
$$a \cdot b = b \cdot a$$

Anwendung auf Vektoren:

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a}$$

Einfache Rechenregeln für Vektoren: Assoziativgesetz

Verknüpfungsgesetz oder auch **Verbindungsgesetz**

$$a + (b + c) = (a + b) + c$$

$$a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$$

Anwendung auf Vektoren:

$$\vec{a} + (\vec{b} + \vec{c}) = (\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c}$$

Einfache Rechenregeln für Vektoren: Distributivgesetz

Verteilungsgesetz

$$\lambda \cdot (a + b) = (\lambda \cdot a) + (\lambda \cdot b)$$

Punktrechnung geht vor Strichrechnung!

Anwendung auf Vektoren:

$$\lambda \cdot (\vec{a} + \vec{b}) = (\lambda \cdot \vec{a}) + (\lambda \cdot \vec{b})$$

λ :	Skalar
a, b:	Vektoren

Einheitsvektor in Richtung eines Vektors

Zu jedem beliebigen Vektor $\boldsymbol{a} \neq 0$ kann man durch Multiplikation mit dem Kehrwert des Betrags des Vektors einen Einheitsvektor in Richtung dieses Vektors $\boldsymbol{a}$ erzeugen:

$$\boldsymbol{e}_{\boldsymbol{a}} = \frac{1}{|\boldsymbol{a}|}\boldsymbol{a} = \frac{\boldsymbol{a}}{|\boldsymbol{a}|}.$$

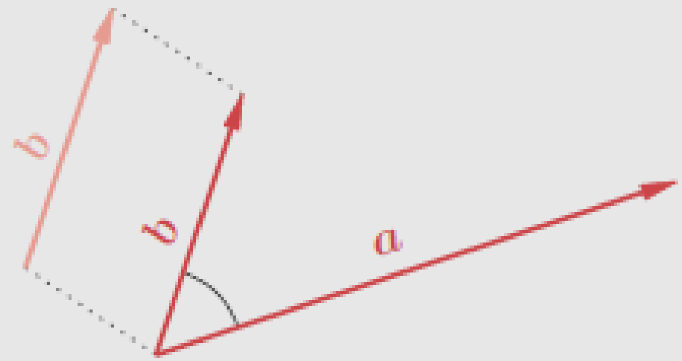
Der Einheitsvektor in Richtung $\boldsymbol{a}$ hat dieselbe Richtung wie $\boldsymbol{a}$ und die Länge 1.

Winkel zwischen zwei Vektoren

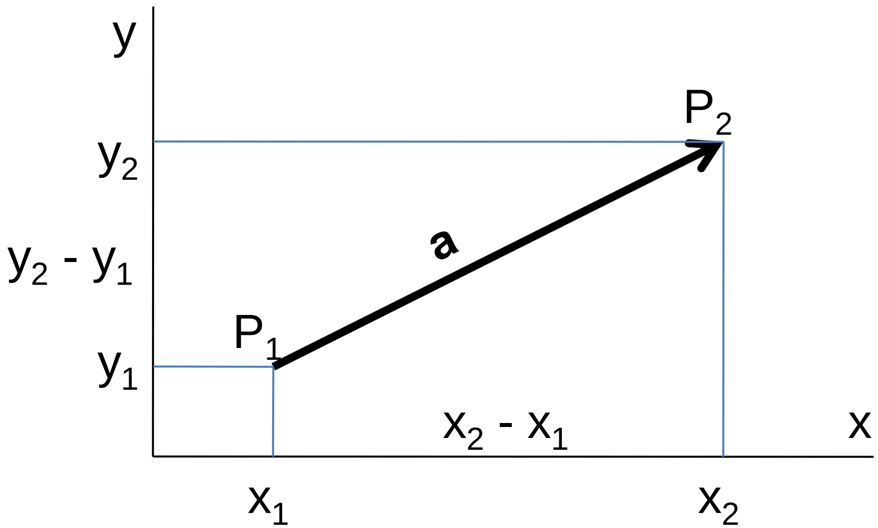
Für den Winkel zwischen zwei Vektoren spielt die Reihenfolge der Vektoren keine Rolle:

$$\angle(\boldsymbol{a}, \boldsymbol{b}) = \angle(\boldsymbol{b}, \boldsymbol{a}).$$

Vektoren haben Winkel zwischen 0° und 180°, also zwischen 0 und π.

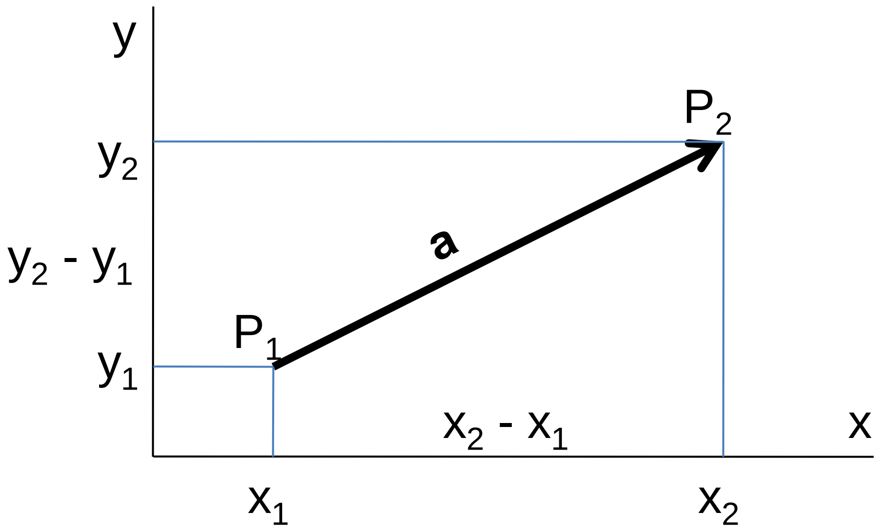


Koordinatendarstellung von Vektoren: 2D



Vektor **a** verbindet die Punkte P_1 und P_2.

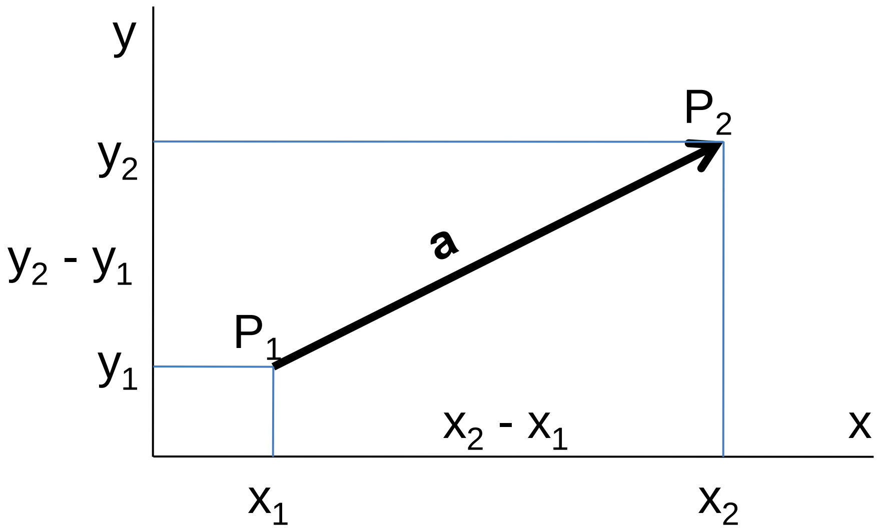
Koordinatendarstellung von Vektoren: 2D



Vektor **a** verbindet die Punkte P_1 und P_2.

Um von zu P_1 zu P_2 gelangen, muss man
$x_2 - x_1$ Einheiten nach rechts und
$y_2 - y_1$ Einheiten nach oben.

Koordinatendarstellung von Vektoren: 2D



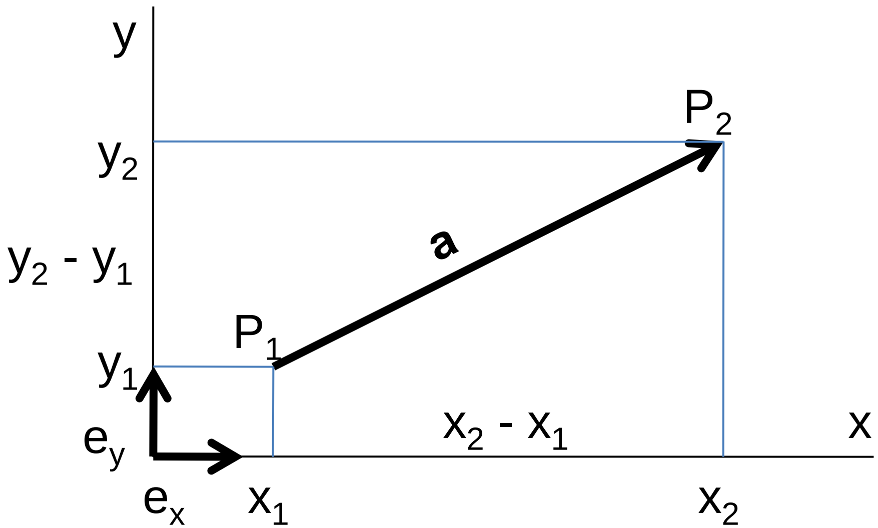
Vektor **a** verbindet die Punkte P_1 und P_2.

Um von zu P_1 zu P_2 gelangen, muss man
x_2 - x_1 Einheiten nach rechts und
y_2 - y_1 Einheiten nach oben.

Somit kann man die Koordinaten des Vektors a darstellen als:

$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} x_2 - x_1 \\ y_2 - y_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

Einheitsvektoren



$$\mathbf{e_x} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{e_y} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

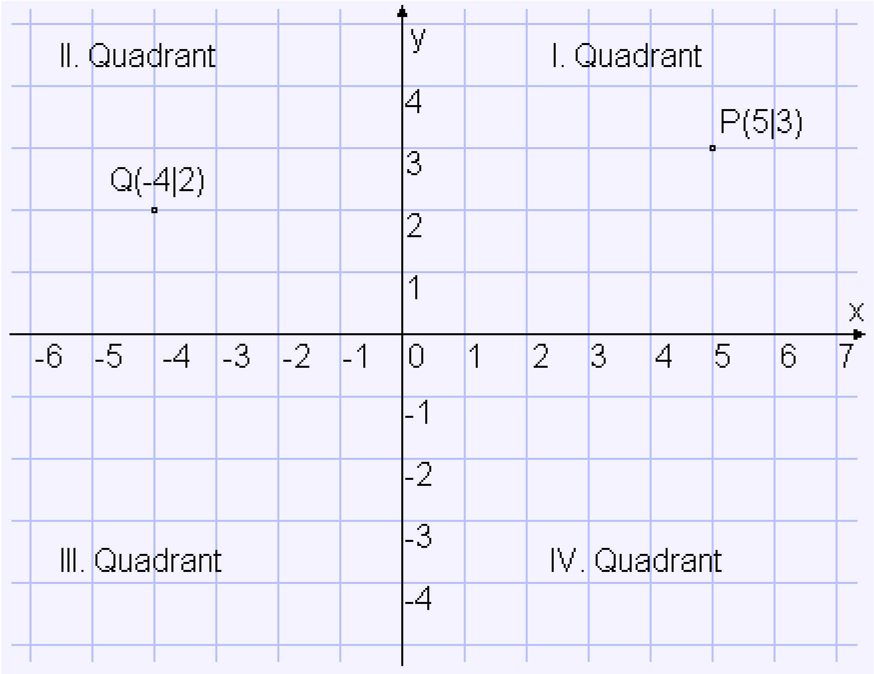
Um eine Normierung für die absolute Länge zu bekommen, werden so genannte **Einheitsvektoren** festgelegt.

Das sind Grundvektoren der **Länge 1**. Sie zeigen in die Richtung der jeweiligen Koordinatenachsen.

In der linearen Algebra ist ein Einheitsvektor oder normierter Vektor ein Vektor mit der Norm (anschaulich: der Länge) Eins. Einheitsvektoren gibt es also nur in einem normierten Vektorraum.

Kartesisches Koordinatensystem

Ein kartesisches Koordinatensystem ist ein orthogonales Koordinatensystem. Es ist nach dem latinisierten Namen Cartesius seines Erfinders René Descartes benannt. Im zwei- und dreidimensionalen Raum handelt es sich um das am häufigsten verwendete Koordinatensystem, da sich viele geometrische Sachverhalte in diesem am besten beschreiben lassen.



Aufgaben

1. Nennen Sie zwei vektorielle und zwei skalare physikalische Größen!

2. Was passiert, wenn Sie diese Größen jeweils mit zwei multiplizieren?

3. Was passiert, wenn Sie diese Größen jeweils mit minus zwei multiplizieren?

4. Welche Entsprechungen haben die folgenden Vektorräume?
   1. eindimensional:
   2. zweidimensional:
   3. dreidimensional:
   4. vierdimensional:
   5. fünfdimensional:

5. Addieren Sie geometrisch zwei Vektoren <u>a</u> und <u>b</u>.
   (nach Zeichnung)

Quellen

Peter Hartmann: Mathematik für Informatiker, Vieweg Verlag, Wiesbaden 2006

Manfred Brill: Mathematik für Informatiker, Hanser Verlag, München 2005

Thomas Rießinger: Mathematik für Ingenieure, Springer Verlag, Berlin 2009

Lothar Papula: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Vieweg+Teubner Verlag, 2009

Jürgen Koch, Martin Stämpfle: Mathematik für das Ingenieurstudium, Hanser Verlag, München 2010

HOCHSCHULE DEGGENDORF
University of Applied Sciences
HDU

Hochschule Deggendorf – Edlmairstr. 6 und 8 – 94469 Deggendorf