

Physik I für Ingenieure (Maschinenbauer)

PD. Dr. Dirk Reuter
Lehrstuhl für Angewandte Festkörperphysik
Ruhr-Universität Bochum
dirk.reuter@rub.de

**Aus verwaltungstechnischen Gründen müssen Sie sich in
VSPL innerhalb der nächsten **fünf** Tage zu dieser
Veranstaltung anmelden!!!**

Physik für Maschinenbauer: Dozent

Name: Dirk Reuter

Funktion: Privatdozent, stellv. Lehrstuhlleiter

Alter: 42 Jahre

Familienstand: verheiratet, 2 Kinder

Büro: NB03/34

e-mail: dirk.reuter@rub.de

Inhalt der Vorlesung (vorläufig)

Datum	Titel	Inhalt
13.10.08	Einführung	Einführung, mathematische Grundlagen
20.10.08	Mechanik I	Einheiten, Messen, Kinematik des Massepunktes
27.10.08	Mechanik II	Dynamik des Massepunktes, Energie, Impuls
03.11.08	Mechanik III	Rotationsbewegungen, Flüssigkeiten
10.11.08	Schwingungen	Schwingungen (harmonisch, gedämpft, erzwungen)
17.11.08	Wellen I	Wellengleichung, Interferenz, stehende Wellen
24.11.08	Wellen II	Beugung, Doppler-Effekt, Phasen- Gruppengeschwindigkeit
01.12.08	Optik I	Reflexion, Brechung, Abbildungen
8.12.08	Optik II	optische Geräte, Auflösungsvermögen
15.12.08	Relativität	spezielle Relativitätstheorie, Lorentztransformation
22.12.09	Quantenmechanik	Schrödinger-Gleichung, Kopenhagener Deutung
10.01.10	Atomphysik I	Bohrsches Atommodell, Spektren, Röntgenstrahlung
17.01.10	Atomphysik II	Periodensystem, Molekülbildung
24.01.10	Kernphysik I	Radioaktivität, Kernspaltung, Kernfusion
02.02.10	?	Festkörperphysik

Skript

- Es gibt kein Skript zur Vorlesung.
- Die Folien, die ich während der Vorlesung benutze, können Sie ab Dienstag als pdf runterladen (Blackboard).
- In den Folien fehlen die Teile, die ich in der Vorlesung handschriftlich ergänze
- Die heutigen Folien gibt es ab morgen komplett.

Lehrbücher

- Es gibt eine Vielzahl von guten Physikbüchern.
- Den Stoff durch Lesen von Büchern zu vertiefen ist sehr sinnvoll.
- „Physik für Ingenieure“ ist völlig okay
- Möglichkeiten:
 - Hering-Martin-Stohrer, „Physik für Ingenieure“, Springer, 44,95 €
 - Bohrmann-Pitka-Terlecki-Stöcker, „Physik für Ingenieure“, Harri Deutsch, 26 €
 - Dobrinski-Krakau-Vogel, „Physik für Ingenieure“, Teubner, 39.90 €
 - Stroppe-Langner-Streitenberger, „Physik für Studenten der Natur- und Ingenieurwissenschaften“, Hanser, ~30 €
 - Tipler, „Physik“, Spektrum, ~ 40-50 €
 - D. Meschede, „Gerthsen Physik“, Springer, 39,95 €
 - Halliday, Resnick, Walker, „Halliday Physik“, Vieweg, ~40 €
- Welcher Buchtyp sind Sie? Leihen Sie sich die Bücher vorher aus.

Übungen

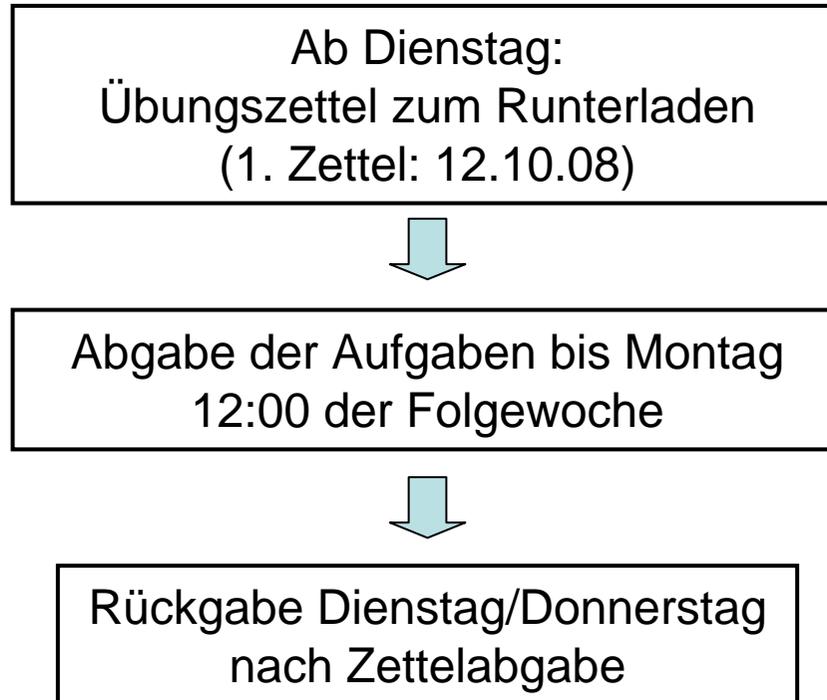
- Übungen in Kleingruppen
- Pro Woche ein Übungszettel
- Erfolgreiches Bearbeiten der Aufgaben bringt Übungspunkte
- Lösungen sind in festen Dreiergruppen abzugeben!
- Übungspunkte bringen Bonuspunkte für die Klausur
- Es gibt keine Musterlösungen! Fragen Sie Ihre Kommilitonen.
- Während der Übungsstunden gibt es Präsenzübungen (deren Besuch kann ich nur ganz massiv empfehlen!! Anwesenheitspflicht für den Erwerb der Bonuspunkte)

Termine Übungsgruppen

- Terminslot 1 (3. Semester, 1-2 Gruppen)
Di: 13:00-15:00 Uhr
Ort: NABF03/251
1. Termin: 19.10.10
- Terminslot 2 (1. Semester, 10-12 Gruppen)
Do: 14:00-15:00 Uhr
Do: 15:00-16:00 Uhr
Ort: Verschiedene Hörsäle in NB
1. Termin: 14.10.10

Anmeldung durch Eintragung in Listen am Ende der 1. Vorlesung. Bitte gleichgroße Gruppen bilden (maximal 30 pro Übungsgruppe).

Ablauf Übungsbetrieb



Abgabe der Übungszettel

- **Die Übungszettel sind bis Montag 12:00 in den Briefkasten neben NB03/58 einzuwerfen.**
- **Bitte den Namen des Übungsgruppenleiters und die Zeit der Übungsstunde deutlich auf den Zetteln vermerken! Zettel bei denen der Name fehlt können nicht zugeordnet werden und landen im Papierkorb!**
- **Bitte ordentlich und sauber antworten (Skizzen und Schrift). Was die Übungsgruppenleiter nicht lesen können, ist falsch!**
- **Bitte die Namen aller Gruppenmitglieder angeben!**

Hörsäle und Übungsgruppenleiter

- Es gibt 12 Übungsgruppen am Donnerstag (Studierende im 1. Semester):
 - a) Rüdiger Schott, NABF03/251: 14:00-14:45 und 15:00-15:45
 - b) Sascha Valentin, NB02/99: 14:00-14:45 und 15:00-15:45
 - c) Michael Kwiatek, NB2/158: 14:00-14:45 und 15:00-15:45
 - d) Patrick Labud, NB6/99: 14:00-14:45 und 15:00-15:45
 - e) Abdelhadi Chakir, NB5/99: 14:00-14:45 und 15:00-15:45
 - f) Tatjana Seizev, NB7/173: 14:00-14:45 und 15:00-15:45

- Es gibt eine/zwei Übungsgruppen am Dienstag (Studierende im 3. Semester):

Dirk Reuter, NABF03/251: 13:00-15:00

Empfehlungen zum Übungsbetrieb

- Rechnen Sie alle Aufgaben von dem Übungszettel!
- Versuchen Sie es zunächst **alleine!**
- Planen Sie mindestens ~ 2h Zeit jede Woche für Physikübungen ein!
- Kommen Sie zu den Übungsstunden. Dort werden noch einmal (einfache?) Aufgaben zur Vertiefung des Stoffs gerechnet.
- In den Übungsgruppen haben Sie einen kompetenten Ansprechpartner für Ihre Fragen!
- Die Übungen sind nicht einfach aber „no pain no gain“

Ohne regelmäßiges Rechnen der Übungsaufgaben sind die Scheinchancen ziemlich klein!

Ergänzungsübungen

- Zu fast jeder Vorlesung gibt es noch einen Übungszettel mit Ergänzungsaufgaben
- Versuchen Sie es zunächst **alleine!**
- Falls Sie im Semester keine Zeit finden (sollten Sie aber), heben Sie sich die Aufgaben als Klausurvorbereitung auf
- Auch zu den Ergänzungsübungen können Sie den Gruppenleitern Fragen stellen
- Denken Sie besonders über die Verständnisfragen nach

Die Ergänzungsübungen sind ein Service für Sie!

Blackboard-Begleitung

- „blackboard“ findet sich unter: <http://e-learning.ruhr-uni-bochum.de/>
- Kurs unter Maschinenbau
- Anmeldung erforderlich
- Passwort: Physik
- Es gibt: Ankündigungen (!!), Übungszettel, Kursunterlagen

Scheinkriterien

**Sie brauchen nur die Klausur zu bestehen!
Das wird allerdings nicht einfach!!**

- Klausurtermin: 21.3.2011
- Thematik: **alles** was in der Vorlesung besprochen wird
- Aufgabentyp: Aufgaben zum Rechnen + Verständnisfragen
- Übungen und Ergänzungsübungen sind die ideale Klausurvorbereitung
- Es gibt „alte“ Klausuren zur Vorbereitung.
- Bonuspunkte helfen beim Bestehen der Klausur
- **Sie müssen sich für die Klausur aktiv anmelden!!!**

Probeklausur

Es gibt eine Probeklausur!

- Soll Sie an den Ablauf der Klausur gewöhnen.
- Gibt Ihnen in etwa eine Vorstellung von der Schwierigkeit
- Service für Sie! Es besteht keine Verpflichtung mitzuschreiben!
- Termin: nach Absprache

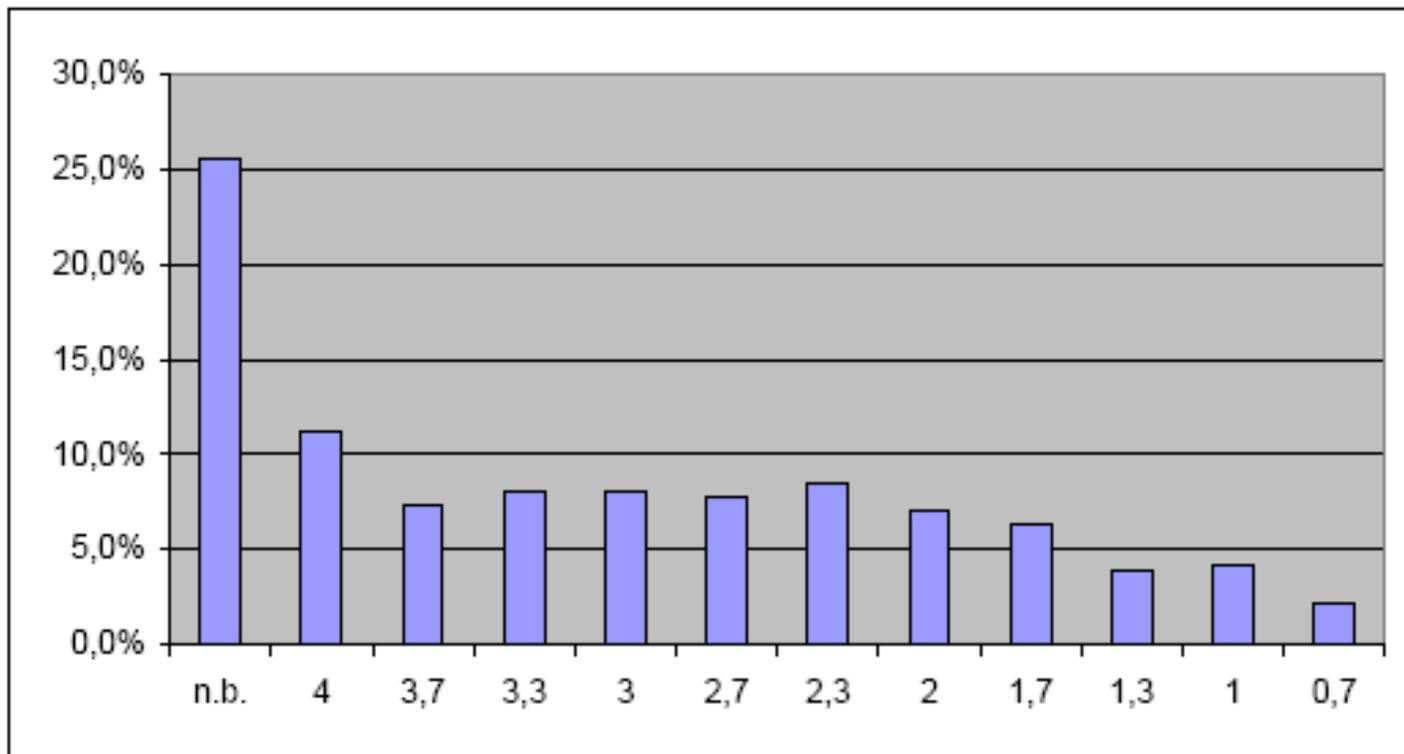
Repetitorium

Es gibt ein 4-tägiges Repetitorium!

- genauer Termin wird noch bekannt gegeben
- wohl zwei Wochen vor der Klausur
- Service für Sie! Es besteht keine Verpflichtung teilzunehmen!
- Es scheint den Studenten aber zu helfen
- Wiederholen des Vorlesungsstoffs (komprimiert) und Anwendung auf Aufgaben

Klausurergebnisse 09/10

Die Klausur ist im Prinzip relativ einfach! Für einige von Ihnen jedoch nicht!



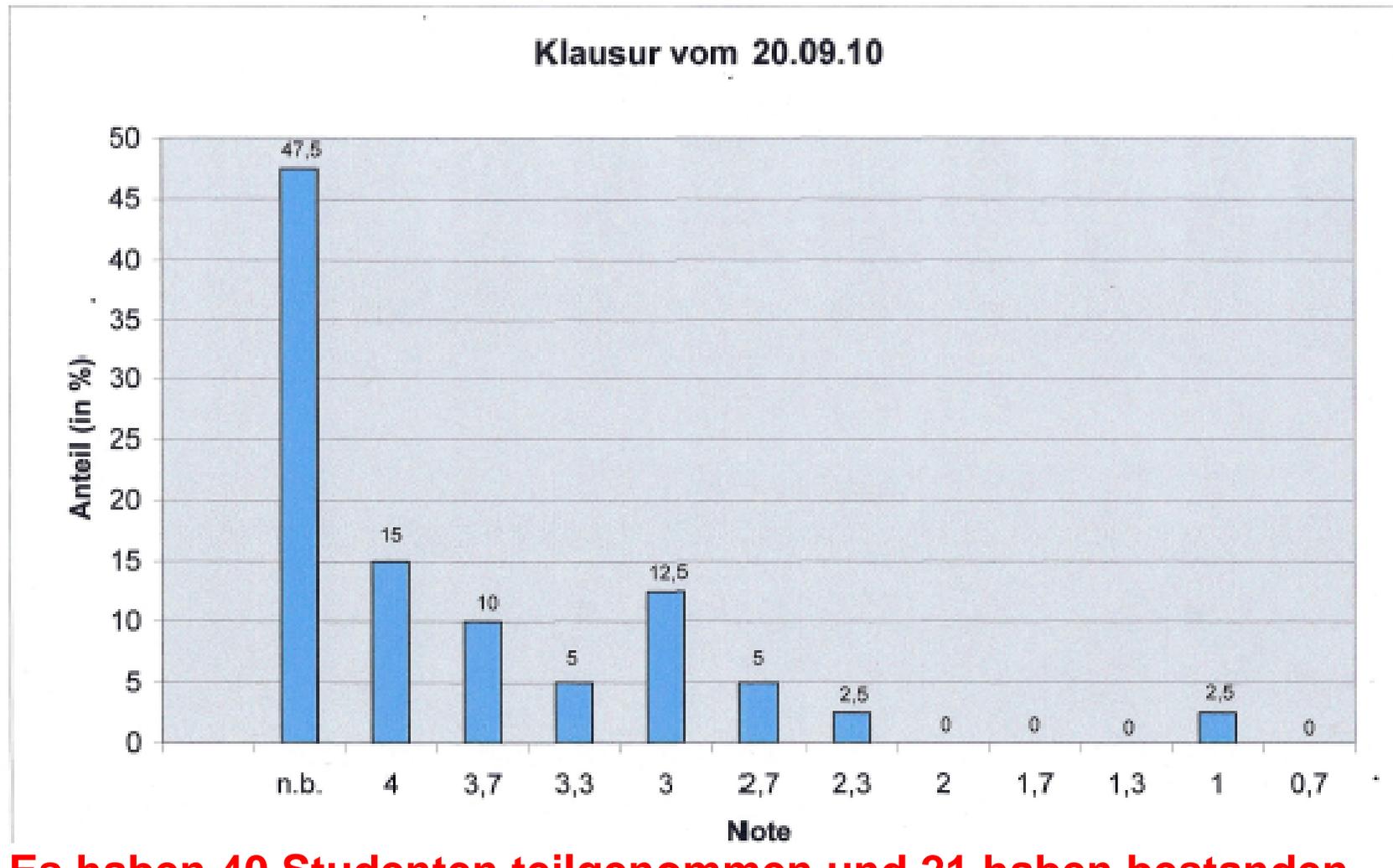
Die meisten Studenten haben sich im letzten Jahr gut und fleißig vorbereitet!!

Zweite Chance

Es gibt noch eine Nachholklausur!

- nur wer erste Klausur nicht bestanden hat, kann mitschreiben!
- Etwa 10 % schwerer als die Originalklausur
(Frühschreiberbonus)
- Einige bekommen den Schein auch da noch!
- Termin: steht noch nicht fest (etwa September 2011)

Ergebnisse Nachholklausur 09/10



Es haben 40 Studenten teilgenommen und 21 haben bestanden.

Studium: allgemeine Bemerkungen

- erfolgreiches Studium => Job mit massig Kohle (wahrscheinlich)
- Spannungsfeld „Lernen fürs Leben“/“Lerne für die Prüfungen“
- Rat „Vermeiden Sie ein reines Scheinstudium“!!!
- Bestehen Sie Ihre Klausuren und arbeiten Sie hart dafür aber lernen Sie auch was, was Sie später brauchen können

Vorlesung: allgemeine Bemerkungen

- durch Hören einer Vorlesung lernen Sie (fast) nichts
- 10´ nachdem Sie den Hörsaal verlassen haben, haben Sie 80-90% vergessen, selbst wenn Sie alles verstanden haben!
- aktive Beteiligung erhöht den Lernerfolg:
 - ich werde Fragen stellen
 - ich werde Abstimmen lassen
 - wir machen Brainstorming
 - Sie sollen Fragen stellen
 -
- 90 Minuten sind zu lang => nach etwa 45 Minuten gibt es 5 Minuten Pause, in denen Sie sich bewegen => ich erwarte Disziplin (nach 5 Minuten sitzen alle wieder)
- Sie müssen den Stoff nachbearbeiten!

Vorlesung: allgemeine Bemerkungen

- Sie brauchen nicht zur Vorlesung zu kommen, aber
 - Sie können was lernen.
 - Sie sehen interessante Experimente.
 - Sie können den ein oder anderen Tipp aufschnappen, der Ihnen bei der Klausur hilft.
- Wenn Sie zur Vorlesung kommen, freue Ich mich sehr, aber
 - wenn Sie nicht mitkommen oder sich langweilen, stören Sie Ihre Kommilitonen nicht, z. B. seien Sie leise und werfen Sie keine Papierflieger.
 - die Vorlesung ist auch für die guten Studenten.
 - falls Sie es nicht mehr aushalten, gehen Sie einfach leise hinaus.
- Zum Abschluss jeder Vorlesung gibt es eine schriftliche Zusammenfassung. Diese ordnet den Stoff für Sie etwas ein. Müssen Sie auch lernen!!

Mottos für Ihr Studium

!!Qualität kommt von Qual!!

**!!Erfolg ist 1% Inspiration und
99% Transpiration!!**

!!Pain is temporary but proud is for ever!!

!!No pain no brain!!

.....

Wieso macht man Physik?

Warum machen Physiker Physik?

Physics is like sex. It might have some practical results but that is not why we do it.

Richard P. Feynmann (Nobelpreisträger)

Warum machen Ingenieure Physik?

- nicht unbedingt freiwillig (Stundenplan)
- Physik bildet die Grundlage aller Ingenieurwissenschaften
- Ingenieurwissenschaften nutzen diese Grundlagen um sinnvolle Anwendungen für die Gesellschaft herzustellen.

Können Sie Physik lernen?

Physik ist ja nicht ganz einfach. Können Sie Physik lernen?

Laut Presse:

- **Generation Pisa, kann kaum einen Beipackzettel lesen**
- **Die Studenten werden immer dümmer.**
- **.....**

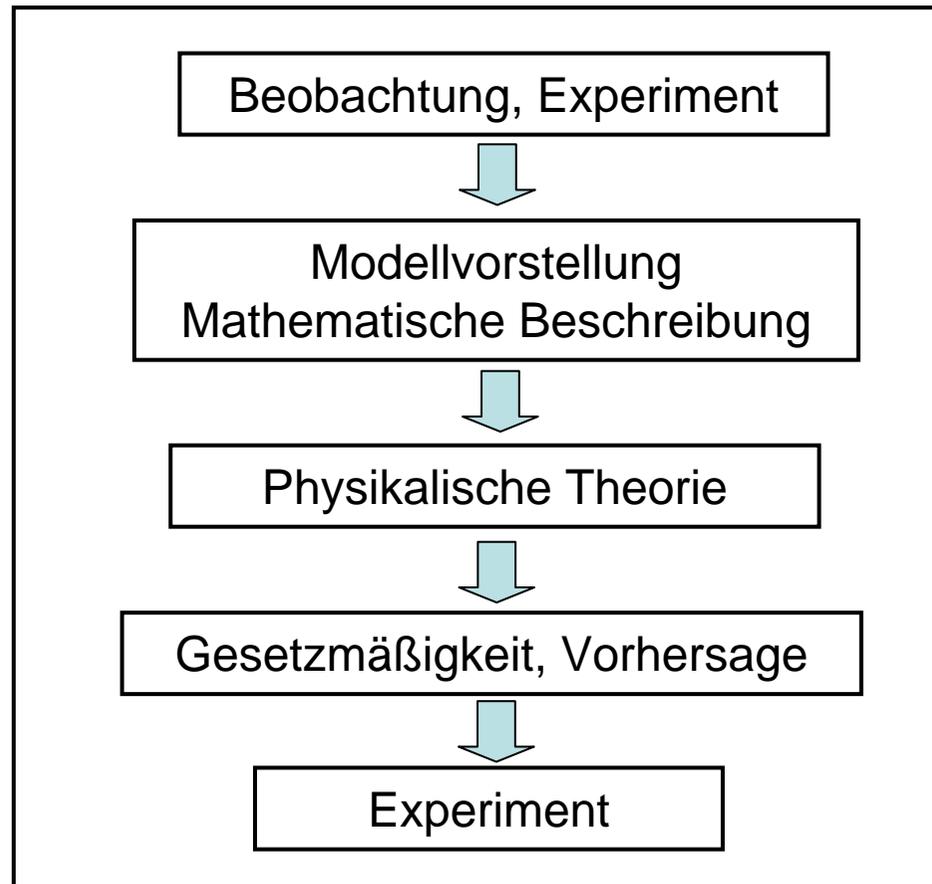
Meine Meinung:

- **Früher war nicht alles besser sondern nur früher.**
- **Ich versuche es gerne mit Ihnen und das ist der Deal:**
 - **Sie arbeiten hart!**
 - **Ich fordere und fördere Sie!**

Was ist Physik ?

Die Physik versucht Vorgänge in der Natur zu beschreiben.

Erkenntnisprozess



Experiment und Theorie

- Experimente sind gezielte Fragen an die Natur
- **Wiederholbarkeit** muss gelten!!
- Formulierung der Modelle in mathematischer Form (Mathematik ist die Sprache der Physik).
- Experimente testen den Gültigkeitsbereich von Theorien! Es gilt: Physikalische Theorien sind nicht beweisbar sondern können nur falsifiziert werden!!
- Das ultimative Ziel ist es, alle Gesetze in einem Universalgesetz zusammen zufassen (bisher noch nicht gelungen).

„Das Experiment ist das zentrale Ereignis der Wissenschaft“

Mathematische Methoden: sehr kurze Einführung

- Koordinatensysteme
- Vektoren
- Winkelfunktionen

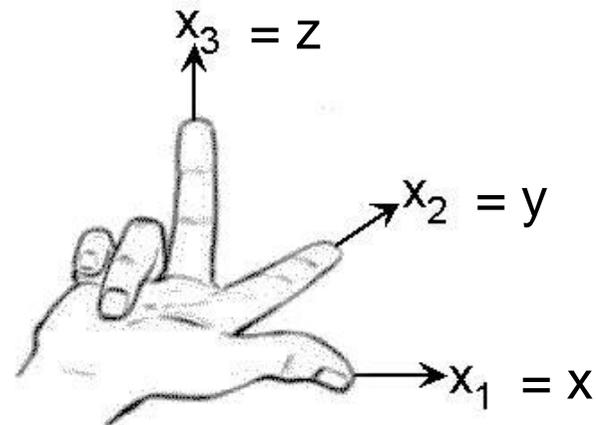
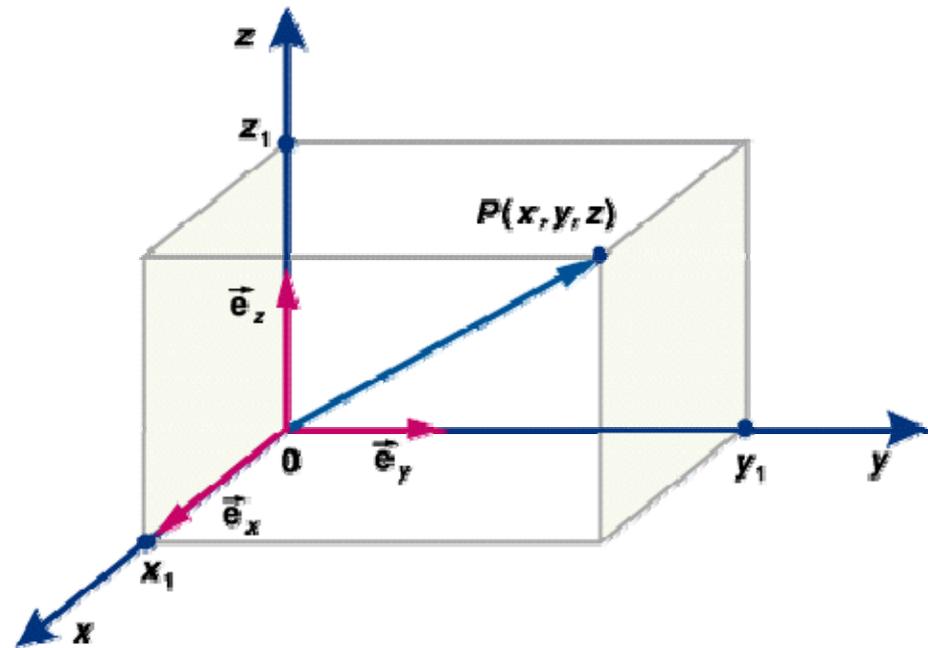
- Differentialgleichungen
- Exponentialdarstellung

Koordinatensysteme

- Koordinatensysteme erlauben die eindeutige Festlegung eines Punktes in drei Dimensionen
- zeitliche Entwicklung der Koordinaten beschreibt Bahnkurve des Punktes
- pro Dimension eine Koordinate erforderlich (d. h. 2 im Zweidimensionalen, 3 im Dreidimensionalen)
- Kartesische und Polarkoordinaten vielleicht die wichtigsten
- gibt auch andere Systeme: Längen- und Breitengerade

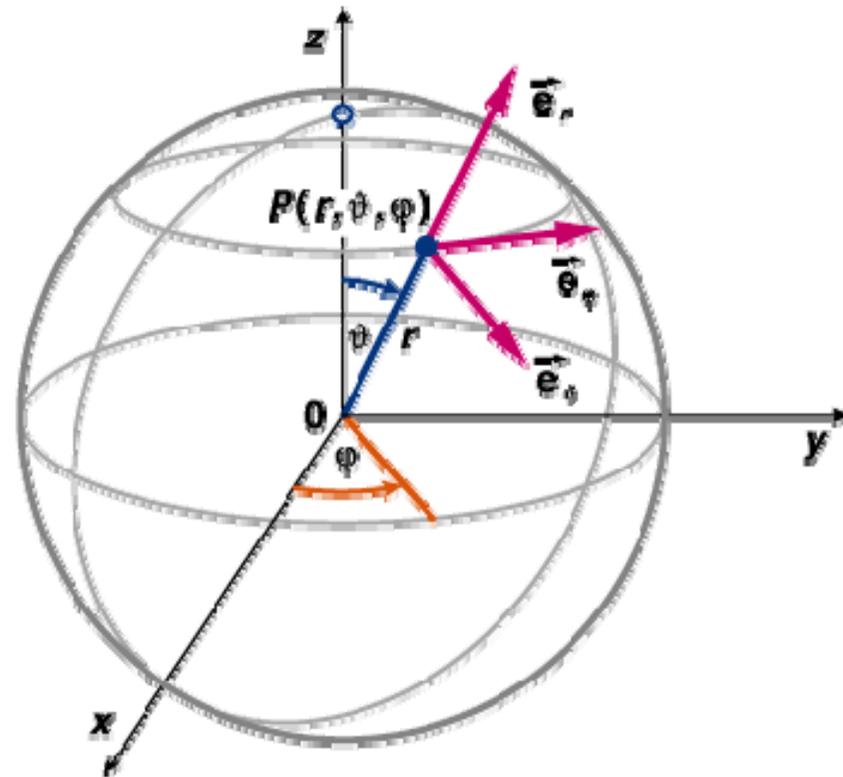
Kartesische Koordinaten

- „normales“ Koordinatensystem
- Achsen stehen auf einander senkrecht
- In der Regel werden rechtshändige Koordinatensysteme verwendet (alles andere führt nur zu unnützen Schwierigkeiten)
- Zahlentripel (x_1, y_1, z_1) gibt Position im Raum eindeutig an



Kugelkoordinaten, Polarkoordinaten

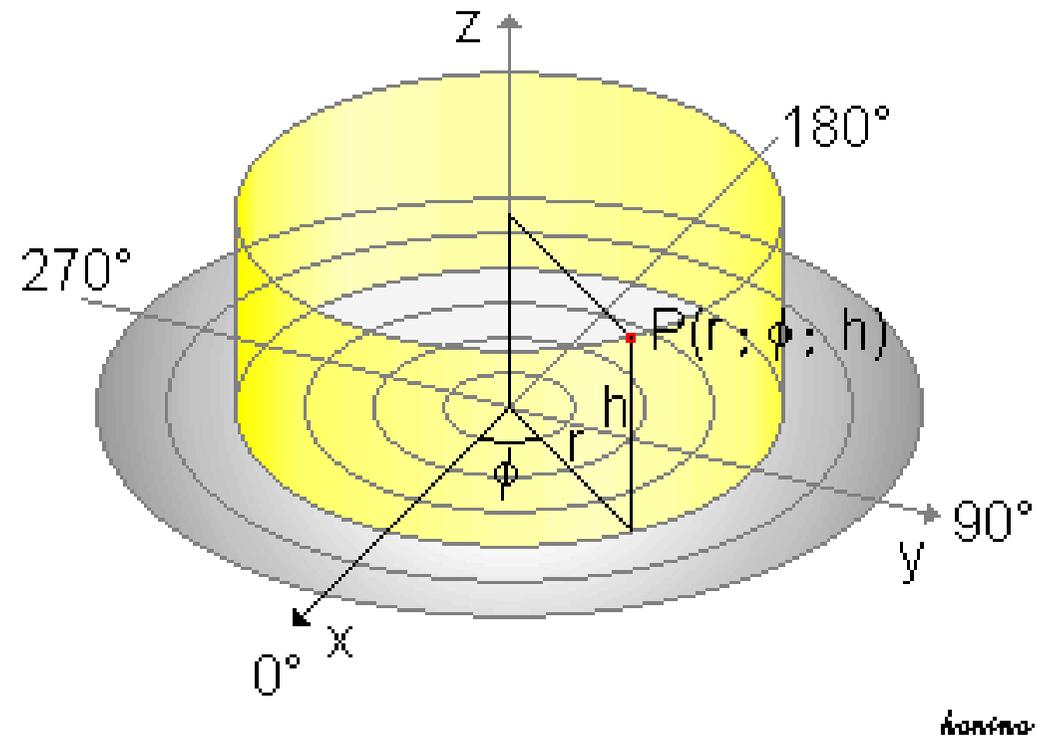
- geeignet bei Kugelsymmetrie des Problems
- eine Länge und zwei Winkel legen Punkt im Raum eindeutig fest
- Zahlentripel (r, ϑ, φ) gibt Position im Raum eindeutig an



- Polarkoordinaten lassen sich natürlich in kartesische Koordinaten umrechnen (Übungen)

Zylinderkoordinaten

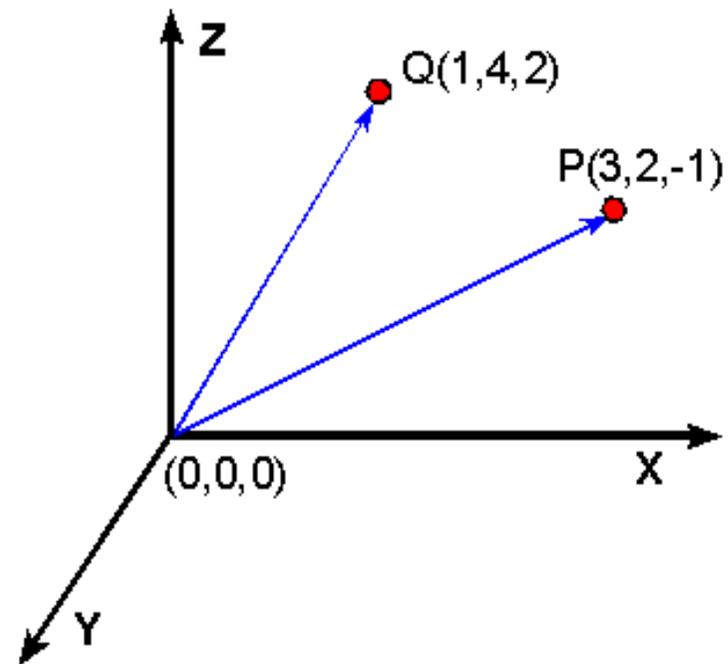
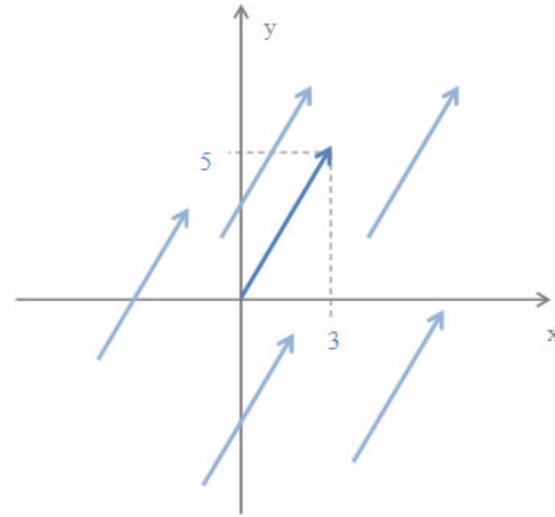
- geeignet bei Zylindersymmetrie des Problems
- zwei Längen und ein Winkel legen Punkt im Raum eindeutig fest
- Zahlentripel (r, ϕ, h) gibt Position im Raum eindeutig an



- Zylinderkoordinaten lassen sich natürlich in kartesische Koordinaten umrechnen (Übungen)

Vektoren I

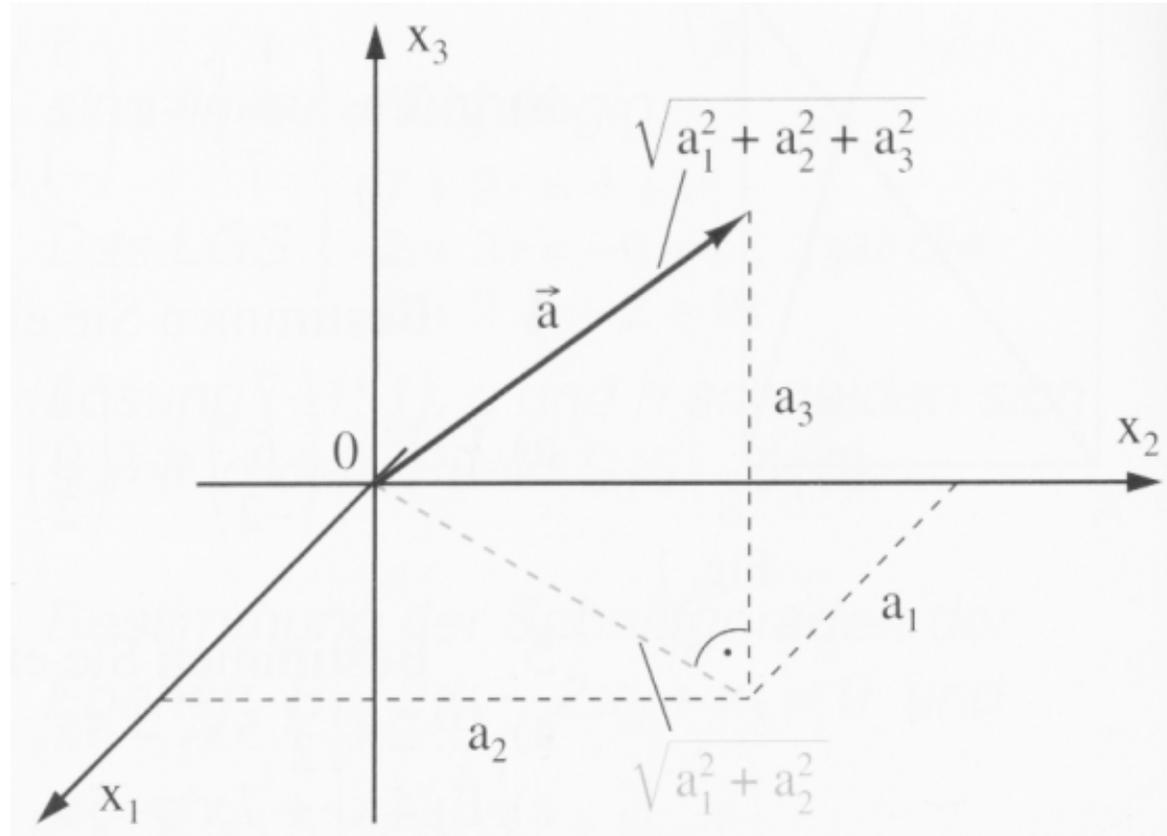
- Vektoren beschreiben die Verschiebung zwischen zwei Punkten
- Repräsentation durch einen Pfeil mit Start am Anfangspunkt und Spitze am Endpunkt
- Alle parallelen Vektoren entsprechen dem Vektor mit dem Anfang im Ursprung des Koordinatensystems
- Vektoren lassen sich in 3 Dimensionen auch durch Zahlentripel darstellen
- Symbol: Buchstabe mit Pfeil drüber oder fetter Buchstabe



Vektoren in der Physik

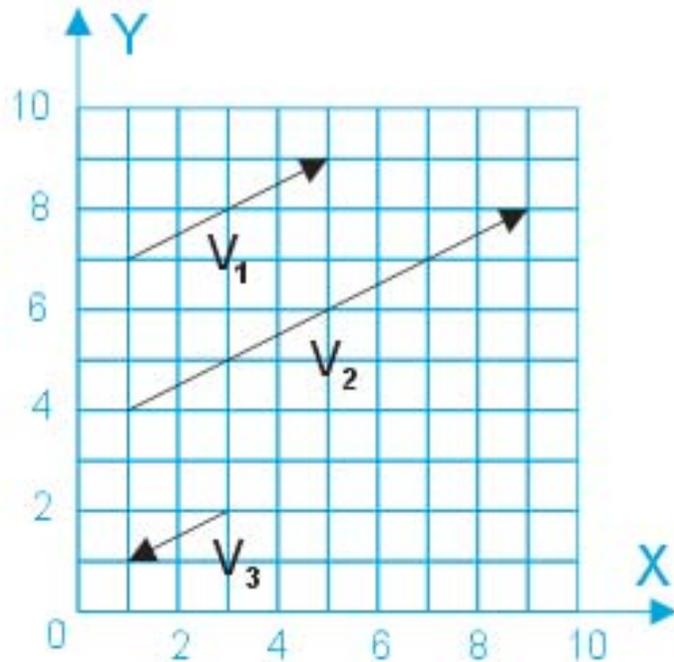
- Viele Physikalische Größen werden nicht allein durch Ihren Betrag sondern erst durch Angabe einer Richtung vollständig beschrieben. Dazu braucht man einen Vektor!
- Beispiele sind Weg, Geschwindigkeit, Kraft, Drehmoment,.....
- Man spricht in diesem Fall von vektoriellen Größen.
- NB: Es gibt auch skalare Größen, die nur durch Ihren Betrag beschrieben werden, z. B. Arbeit, Masse, Temperatur,...

Vektoren: Betrag



- Betrag in 3dim \Leftrightarrow Länge des Pfeils (Pythagoras)
- Betrag auch über Skalarprodukt darstellbar

Vektoren: Multiplikation mit einem Skalar



$$\mathbf{V}_1 = \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{V}_2 = \mathbf{V}_1 \cdot 2 = \begin{pmatrix} 8 \\ 4 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{V}_3 = \mathbf{V}_1 \cdot (-0.5) = \begin{pmatrix} -2 \\ -1 \end{pmatrix}$$

$$d\vec{a} = \begin{pmatrix} da_1 \\ da_2 \\ da_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

- Multiplikation mit $d \Rightarrow$ Vektor mit d -facher Länge
- $d > 0 \Rightarrow$ gleiche Richtung , $d < 0 \Rightarrow$ entgegen gesetzte Richtung

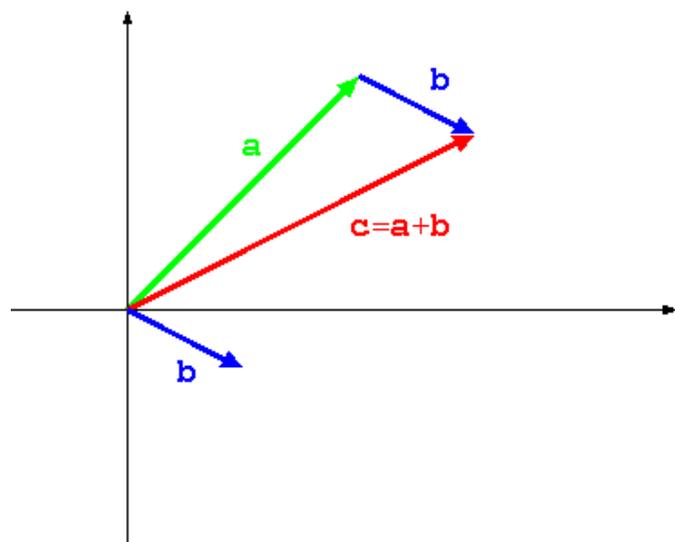
Vektoren: Multiplikation mit einem Skalar

Physikalisches Beispiel

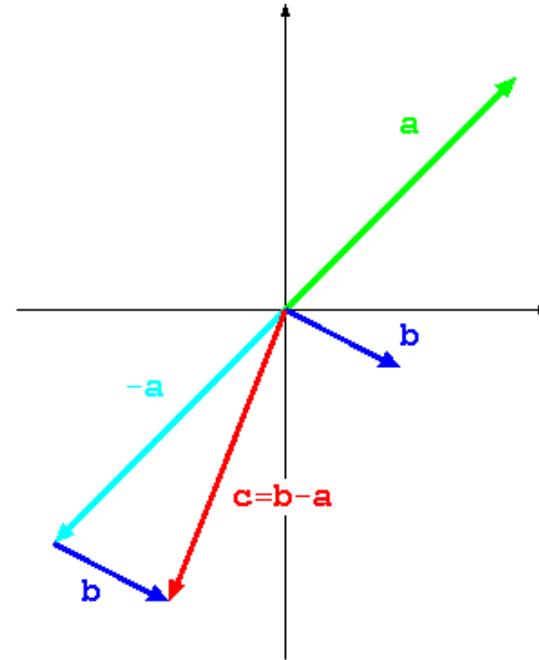
Für eine gleichförmige Bewegung (konstante Geschwindigkeit) ergibt sich der Weg (Vektor) als Produkt aus Zeit (Skalar) und Geschwindigkeit (Vektor)

$$\boxed{\vec{s} = \vec{v}t}$$

Vektoren: Addition und Subtraktion



„Aneinanderlegen“ der Pfeile



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

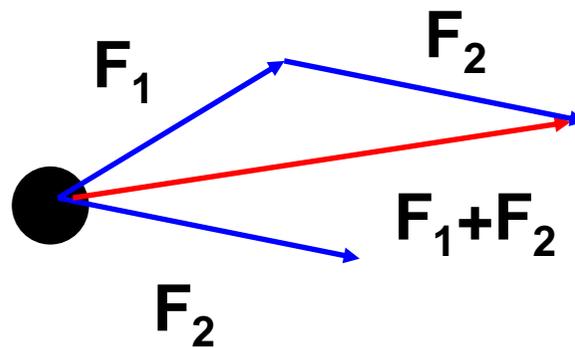
$$\vec{b} - \vec{a} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 - a_1 \\ b_2 - a_2 \\ b_3 - a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

Addition bzw. Subtraktion der einzelnen Komponenten

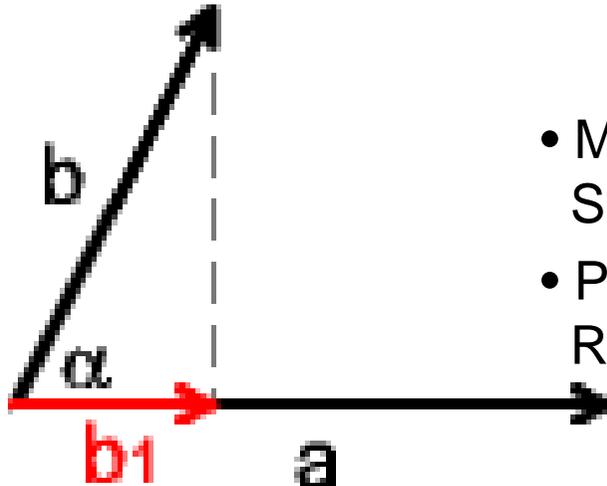
Vektoren: Addition und Subtraktion

Physikalisches Beispiel

Wenn zwei Kräfte an einem Körper angreifen, ergibt sich die resultierende Kraft durch Vektoraddition!



Multiplikation von Vektoren: Skalarprodukt



- Multiplikation zweier Vektoren als Skalarprodukt ergibt einen Skalar
- Projektion des einen Vektors auf die Richtung des Anderen

$$\vec{a}\vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \alpha = |\vec{a}| |\vec{b}_1| = c$$

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

$$\vec{a}\vec{a} > 0$$

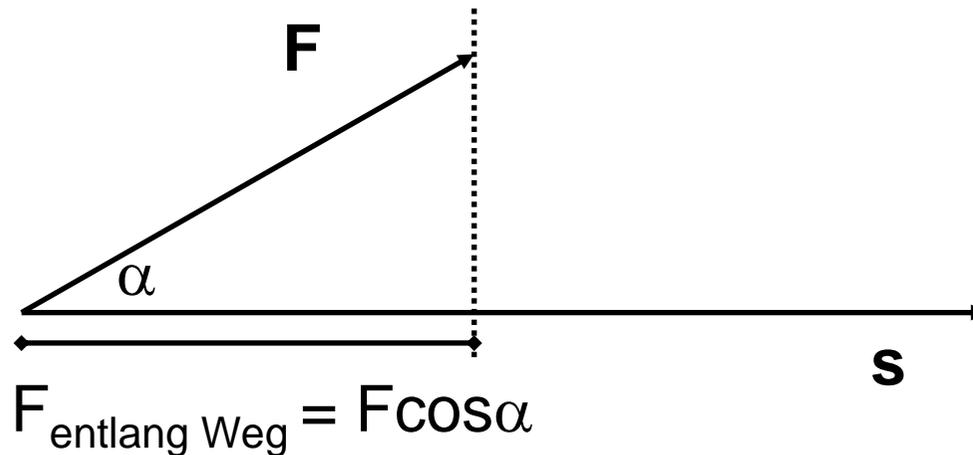
$$\sqrt{\vec{a}\vec{a}} = |\vec{a}|$$

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

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

Physikalisches Beispiel: Skalarprodukt

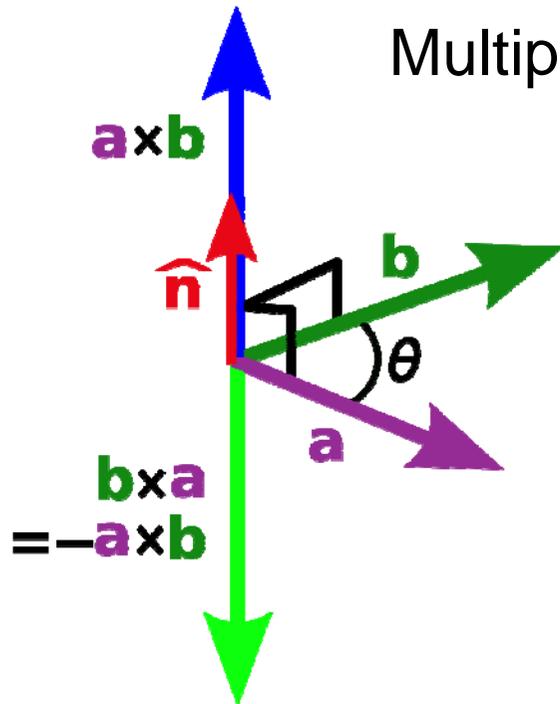
Die Arbeit W ist definiert als Kraft \mathbf{F} entlang eines Weges \mathbf{s} .



$$W = s F_{\text{entlang Weg}} = s F \cos \alpha = \mathbf{F} \mathbf{s}$$

Skalarprodukt wird also immer dann wichtig, wenn nur die Komponente eines Vektors entlang eines Anderen zählt.

Multiplikation von Vektoren: Kreuzprodukt



- Multiplikation zweier Vektoren als Kreuzprodukt ergibt einen Vektor \mathbf{c}
- Länge von \mathbf{c} entspricht der Fläche die von \mathbf{a} und \mathbf{b} aufgespannt wird
- „Rechte-Hand-Regel“ gilt für Orientierung

$$\vec{a} \times \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin \Theta = \vec{c}$$

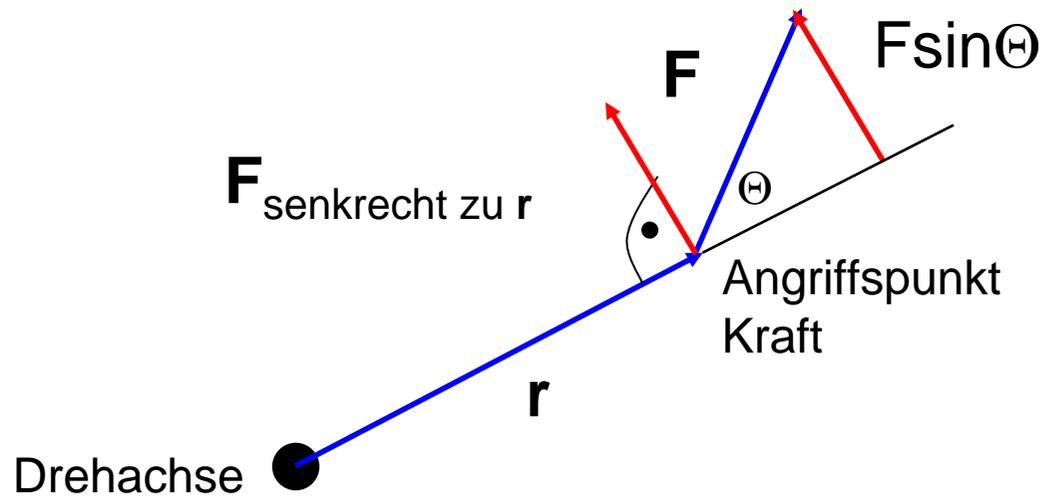
$$\vec{a} \parallel \vec{b} \Rightarrow \vec{a} \times \vec{b} = \mathbf{0}$$

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

Multiplikation von Vektoren: Kreuzprodukt

Physikalisches Beispiel

Das Drehmoment ist definiert als Abstand von der Drehachse multipliziert mit der Kraft senkrecht zur Drehachse!



$$|\vec{M}| = |\vec{r}| |\vec{F}| \sin \Theta = |\vec{r} \times \vec{F}|$$

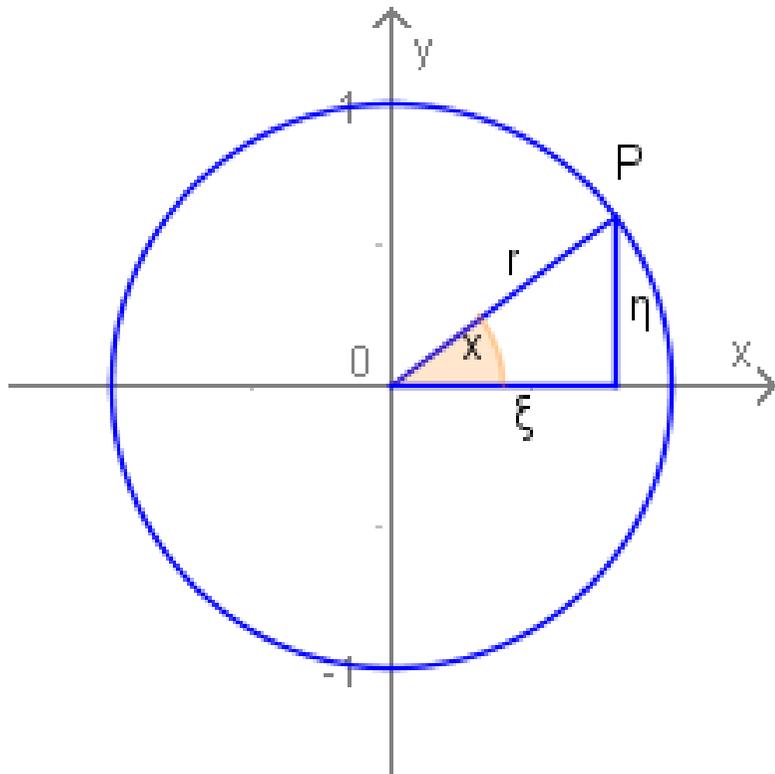
$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

- \vec{M} zeigt aus der Ebene
- Enthält Richtungsinformation
- Rechte-Hand-Schraube

Winkel

- Winkel können in verschiedenen Einheiten gemessen werden
- Radiant, Grad und Neugrad
- Vollkreis $\Leftrightarrow 2\pi$ [Radiant] = 360° [Grad] = 400° [Neugrad]
- Grad und Radiant sind gebräuchlich
(Vorsicht: Ihr Taschenrechner kann auch Neugrad)
- $\pi = 3,14\dots$

Winkelfunktionen



- Beschreiben die Beziehung zwischen eingeschlossenem Winkel und den Kantenlängen in einem **rechtwinkligen** Dreieck

$$\sin x = \frac{\eta}{r}$$

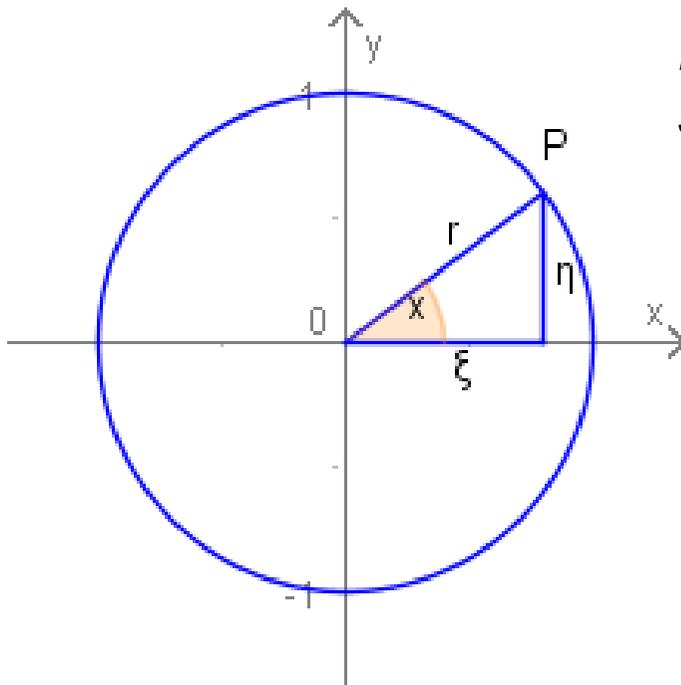
$$\cos x = \frac{\xi}{r}$$

$$\tan x = \frac{\sin x}{\cos x} = \frac{\eta}{\xi}$$

Winkelfunktionen: Physikalisches Beispiel

Die Definitionseigenschaften der Winkelfunktionen werden z. B. dann wichtig, wenn Vektoren in Ihre Komponenten zerlegt werden sollen.

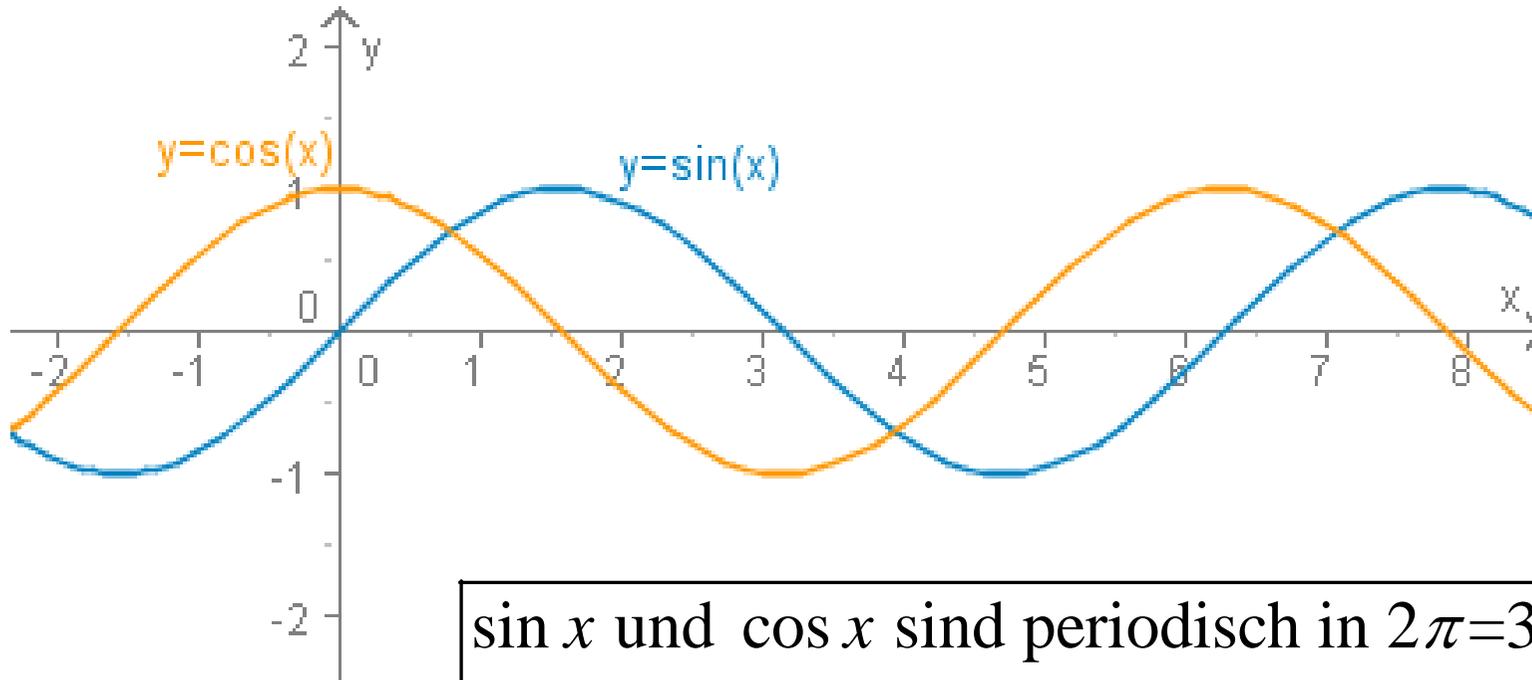
*Eine Kanonenkugel wird unter 45° mit 100 km/h abgeschossen.
Welche Höhe erreicht Sie?*



Dazu braucht man den Betrag der senkrechten Geschwindigkeitskomponente.

$$v_{\perp} = v \sin x$$

Winkelfunktionen: Sinus und Kosinus



$\sin x$ und $\cos x$ sind periodisch in $2\pi = 360^\circ$

$$\sin x = \cos\left(x - \frac{\pi}{2}\right) \quad , \quad \cos x = \sin\left(x + \frac{\pi}{2}\right)$$

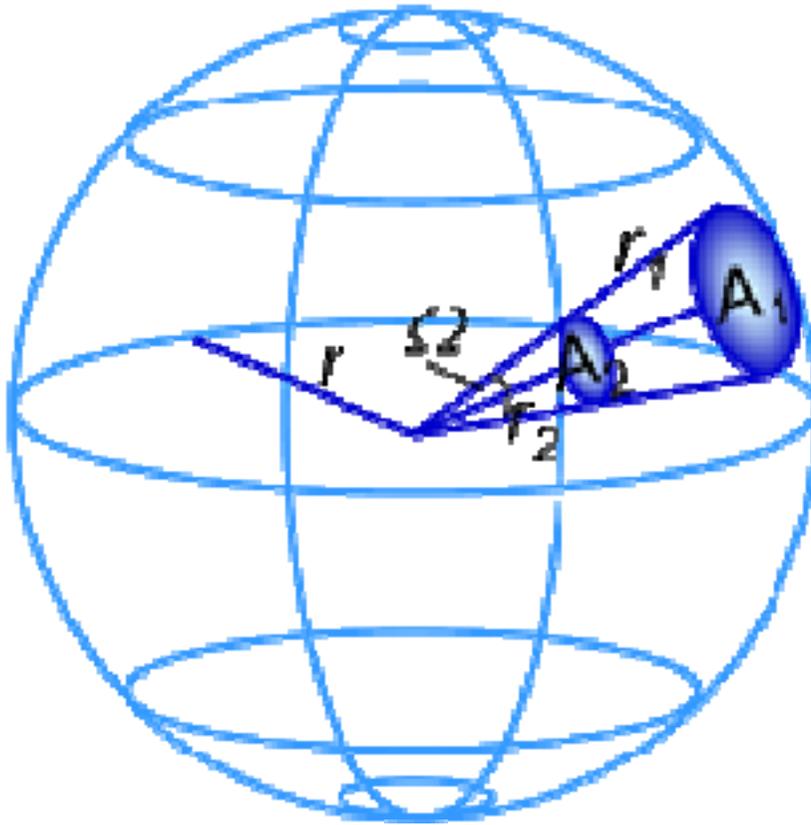
$$\frac{d}{dx} \sin x = \cos x \quad , \quad \frac{d}{dx} \cos x = -\sin x$$

Winkelfunktionen: Sinus und Kosinus

- Winkelfunktionen lösen eine bestimmte Klasse von Differentialgleichungen! Kommt gleich genauer!
- Sinus und Kosinus sind linear unabhängig, d. h. $A\sin x + B\cos x = 0$ für alle x nicht möglich

=> falls $A\sin x + B\sin x + C\cos x + D\cos x = 0$ gelten soll, muss gelten $A\sin x + B\sin x = 0$ und $C\cos x + D\cos x = 0$!

Raumwinkel

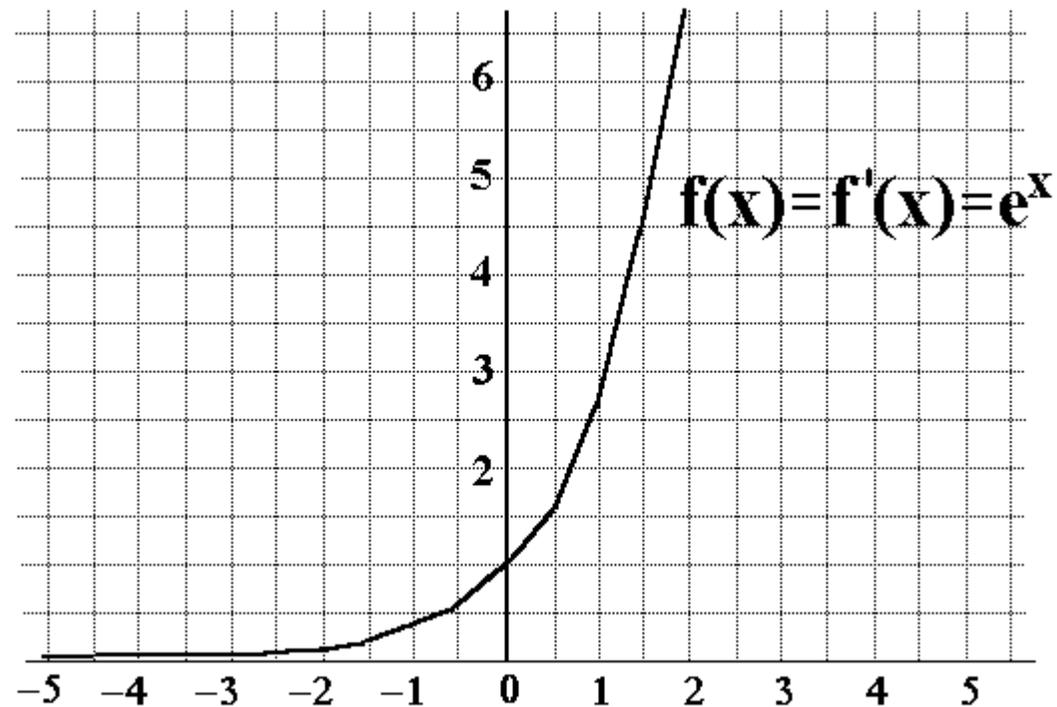


$$\Omega = \frac{A_1}{r_1^2} = \frac{A_2}{r_2^2}$$

$[\Omega] = \text{sr}$ (Steradian)

- 1 sr entspricht auf einer Kugel mit $r = 1 \text{ m}$ einer Fläche von 1 m^2
- Raumwinkel gesamte Kugel?

(natürliche) Exponentialfunktion



$$\frac{d}{dx} e^x = e^x, \quad e \approx 2,718281 \text{ (eulersche Zahl)}$$

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x \quad \text{mit } i^2 = -1$$

$$\ln x = c \iff e^c = x \quad \text{(natürlicher Logarithmus)}$$

Exponentialdarstellung von Zahlen

sehr große und sehr kleine Zahlen werden
nicht mehr "ausgeschrieben"

$$\text{z.B. } 1000 = 10 \times 10 \times 10 = 10^3$$

$$1 = 10^0, 1000000 = 10^6, \dots$$

$$0,001 = \frac{1}{10} \frac{1}{10} \frac{1}{10} = \left(\frac{1}{10}\right)^3 = \frac{1}{10^3} = 10^{-3}$$

$$0,1 = 10^{-1}, \quad 0,00001 = 10^{-5}, \quad \dots$$

$$1450000 = 1,45 \times 10^6, \quad 0,00234 = 2,34 \times 10^{-3}$$

Rechenregeln für Zahlen in Exponentialdarstellung

$$10^3 \times 10^5 = 10^8$$

$$2 \times 10^3 \times 1,5 \times 10^5 = 2 \times 1,5 \times 10^3 \times 10^5 = 3 \times 10^8$$

$$10^3 \times 10^{-5} = 10^{-2}$$

$$2 \times 10^3 \times 1,5 \times 10^{-5} = 2 \times 1,5 \times 10^3 \times 10^{-5} = 3 \times 10^{-2}$$

$$\frac{10^5}{10^3} = 10^5 \times 10^{-3} = 10^2$$

$$\frac{10^5}{10^{-3}} = 10^5 \times 10^3 = 10^8$$

$$\frac{2 \times 10^5}{3 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^5 \times \frac{1}{3} \times 10^3 = 2 \times \frac{1}{3} \times 10^5 \times 10^3 = \frac{2}{3} \times 10^2$$

Differentialgleichungen

- Differentialgleichungen kommen in der Physik häufig vor
- In der Gleichung kommt nicht nur die Funktion sondern auch Ableitungen nach einer (oder mehrerer) Variablen vor
- In dieser Vorlesung nur relativ einfache DGL, für die sich die Lösung durch Integration oder Raten ermitteln lässt
- Konstanten in den Ansätzen sind oft durch die physikalischen Anfangsbedingungen gegeben (Anfangswertproblem)

Differentialgleichungen: Beispiele

$$\frac{df}{dt} = f' = b \Rightarrow df = bdt \Rightarrow f = bt + c$$

$$\frac{d^2 f}{dt^2} = f'' = b \Rightarrow \frac{d}{dt} \frac{df}{dt} = b \Rightarrow d\left(\frac{df}{dt}\right) = bdt$$

$$\Rightarrow \frac{df}{dt} = bt + c \Rightarrow df = (bt + c)dt \Rightarrow f = \frac{1}{2}bt^2 + ct + d$$

Pro Integration eine Konstante!

Differentialgleichungen: Beispiele

$$\begin{aligned} \frac{df}{dx} = af &\Rightarrow \text{Lösungsansatz } f(x) = Ae^{bx} \Rightarrow \frac{df}{dx} = Abe^{bx} \\ \Rightarrow Abe^{bx} = aAe^{bx} &\Rightarrow A \text{ beliebig aber } a = b \text{ muss gelten} \\ \Rightarrow f(x) = Ae^{ax} &\text{ A wird durch Anfangsbedingung gegeben} \end{aligned}$$

Differentialgleichungen: Beispiele

$$\frac{d^2 f}{dy^2} + bf = 0 \quad \Rightarrow \text{Lösungsansatz } f(y) = A \cos(ay) + B \sin(ay)$$

$$\Rightarrow \frac{d^2 f}{dy^2} = -Aa^2 \cos(ay) - Ba^2 \sin(ay)$$

$$\Rightarrow -Aa^2 \cos(ay) - Ba^2 \sin(ay) + Ab \cos(ay) + Bb \sin(ay) = 0$$

wird gelöst für A, B beliebig (Anfangsbedingungen) und $a^2 = b$

ist auch die einzige Lösung, da Sinus und Kosinus linear unabhängig sind

Beliebte Fehler laut Orear

Einige häufig auftretende Fehler

1 $(a + b)^2 = a^2 + b^2$

2 $\frac{1}{a + b} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$

3 Die Hälfte von 10^{-10} ist 10^{-5}

4 $\frac{A}{B} + \frac{X}{Y} = \frac{A + X}{B + Y}$

5 4 dividiert durch $\frac{1}{2}$ ist 2

6 $\sqrt{16ab} = 4ab$

7 $\frac{1}{2}$ von $10^{-8} = 5^{-8}$

8 $\frac{10^{-10}}{10^{-5}} = 10^{-15}$

9 $\log AB = \log A \log B$

10 $\sin(A + B) = \sin A + \sin B$

„Wer mit diesen Rechnungen Schwierigkeiten hat, der wird wahrscheinlich auch Schwierigkeiten haben Physik zu lernen.“

Orear, Physik