

# 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](mailto: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

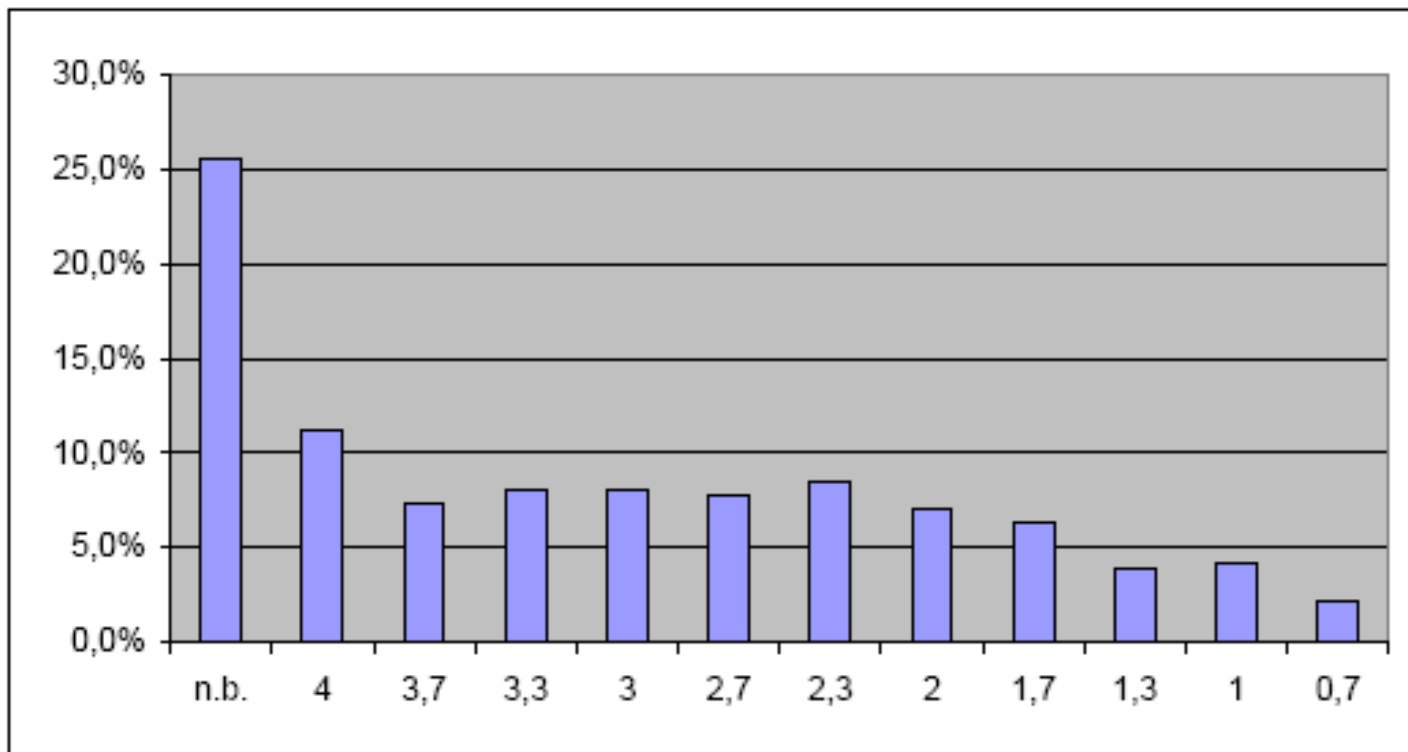
## Es gibt ein 4-tägiges Repetitorium!

- 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!**



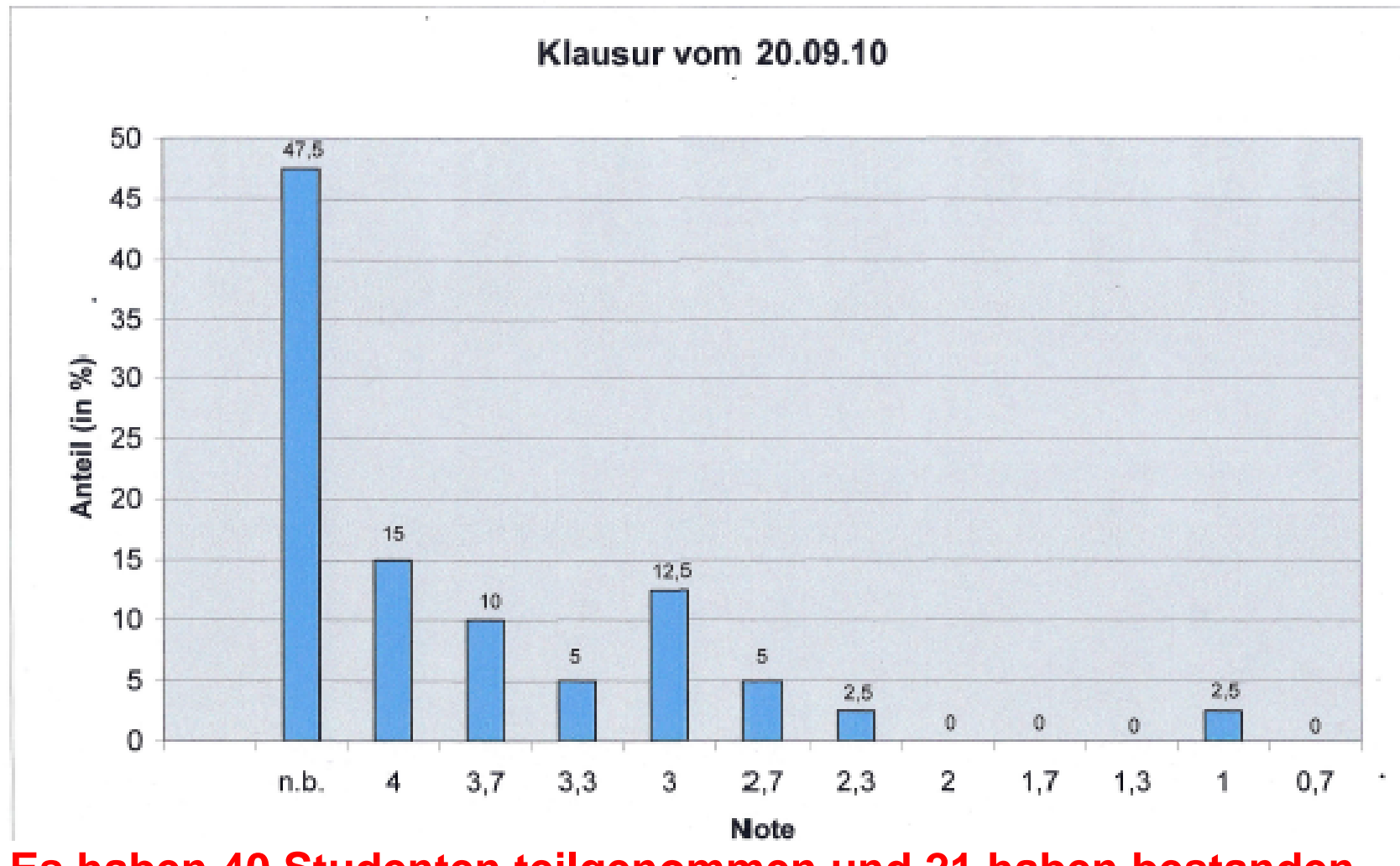
**Die meisten Studenten haben sich im letzten Jahr gut und fleißig vorbereitet!!**

# 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.**
- **.....**

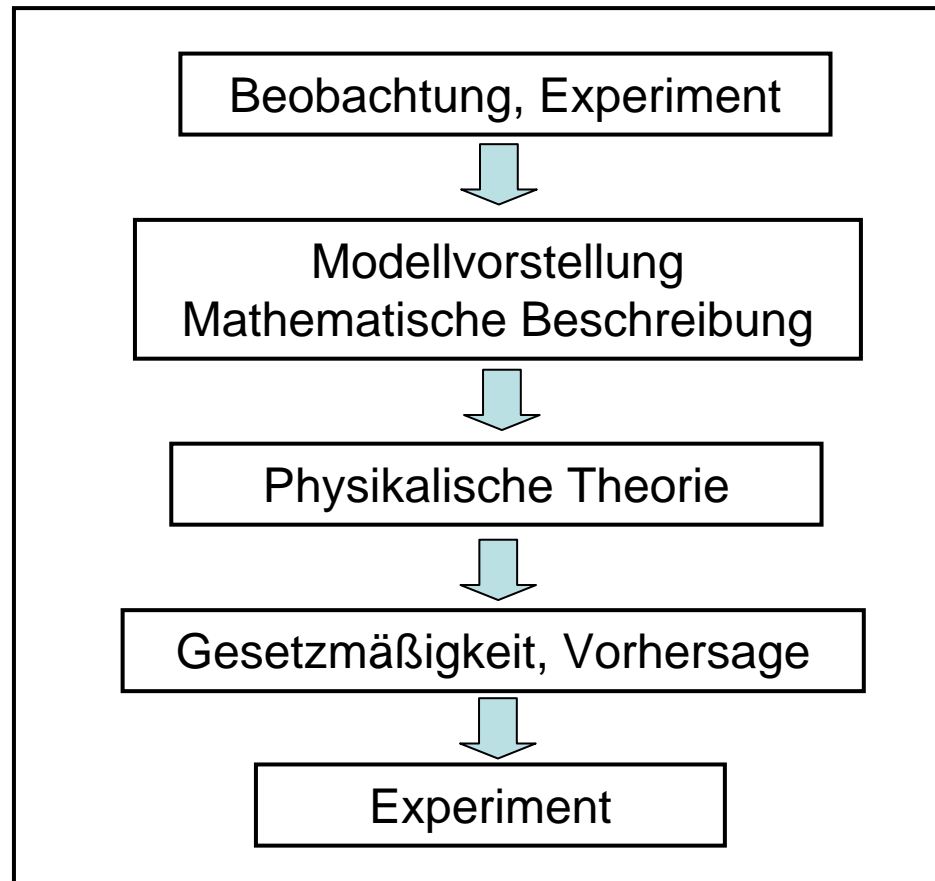
**Meine Meinung:**

- **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

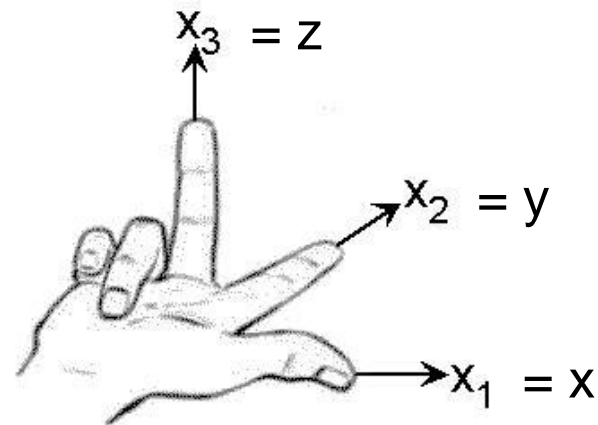
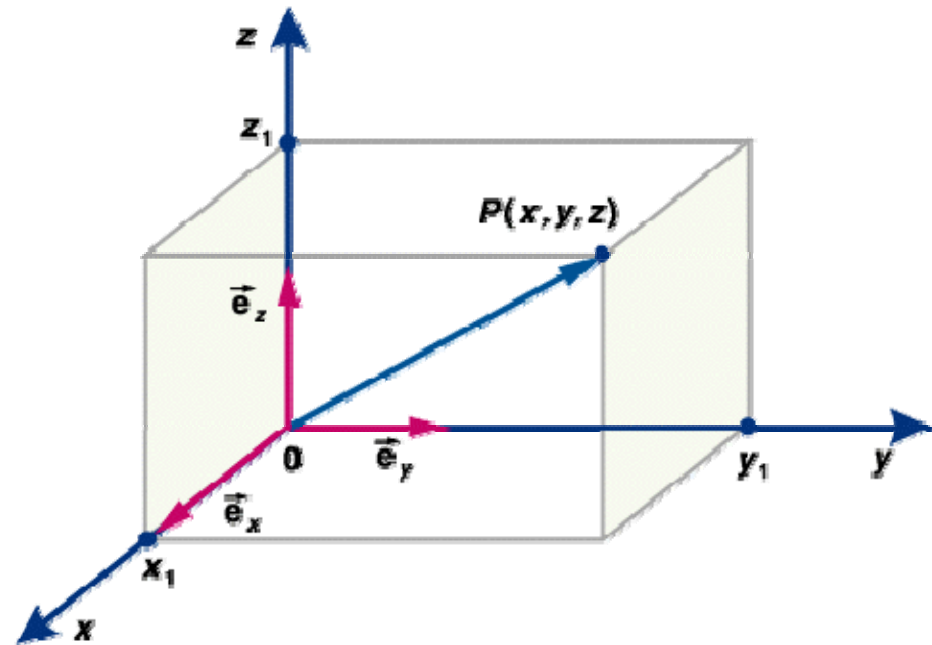
- Koordinatensysteme
- Vektoren
- Winkelfunktionen
  
- Differentialgleichungen
- Exponentialdarstellung

# 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

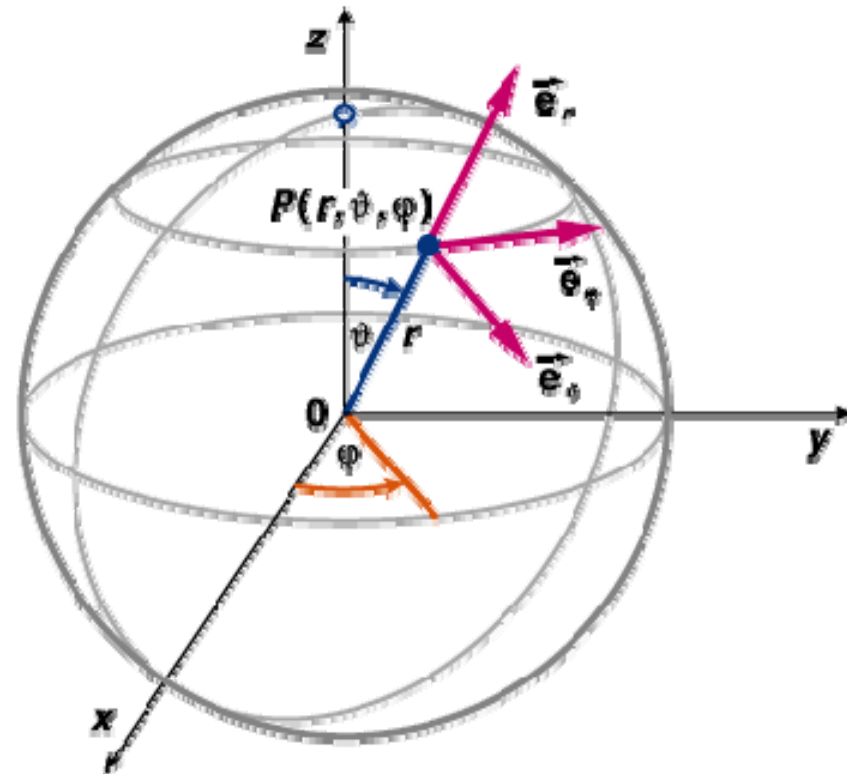
# Kartesische Koordinaten

- „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

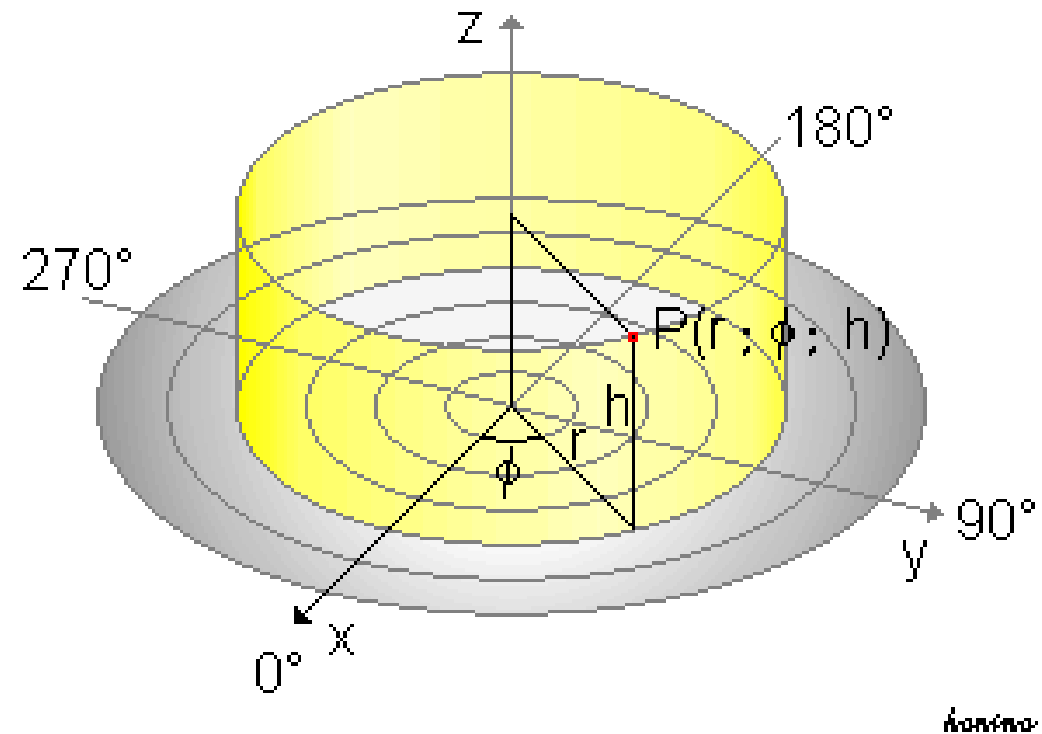
- geeignet bei Kugelsymmetrie des Problems
- eine Länge und zwei Winkel legen Punkt im Raum eindeutig fest
- Zahlentripel  $(r, \vartheta, \varphi)$  gibt Position im Raum eindeutig an



- 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  $(r, \phi, h)$  gibt Position im Raum eindeutig an

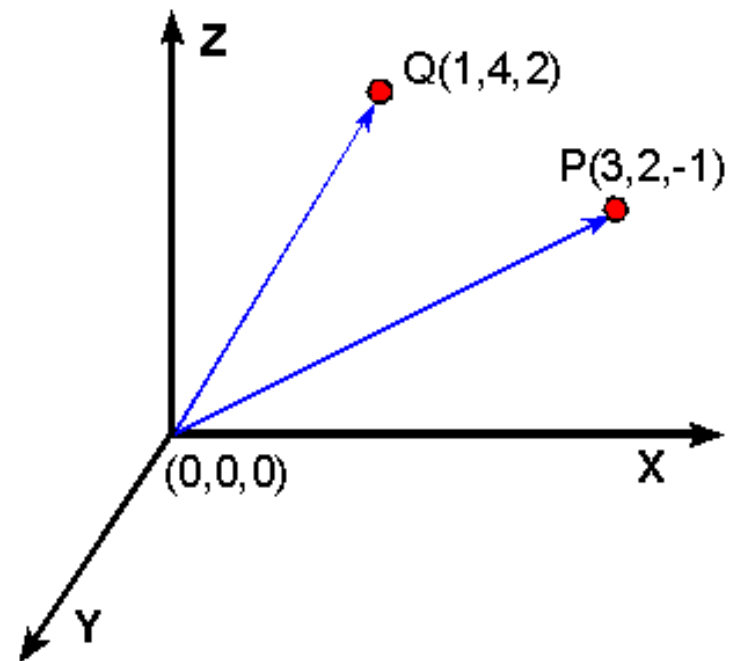
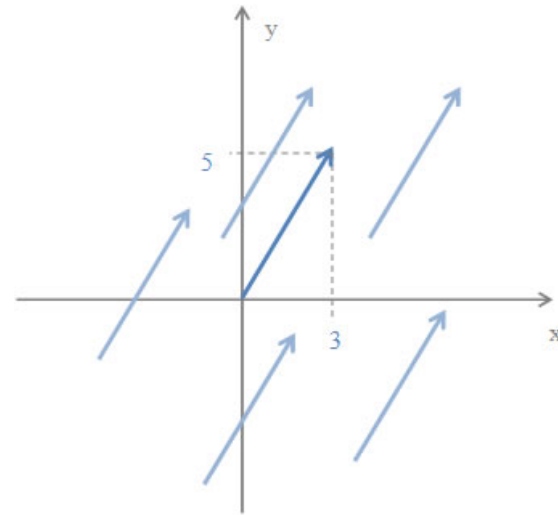


- Zylinderkoordinaten lassen sich natürlich in kartesische Koordinaten umrechnen (Übungen)



# Vektoren I

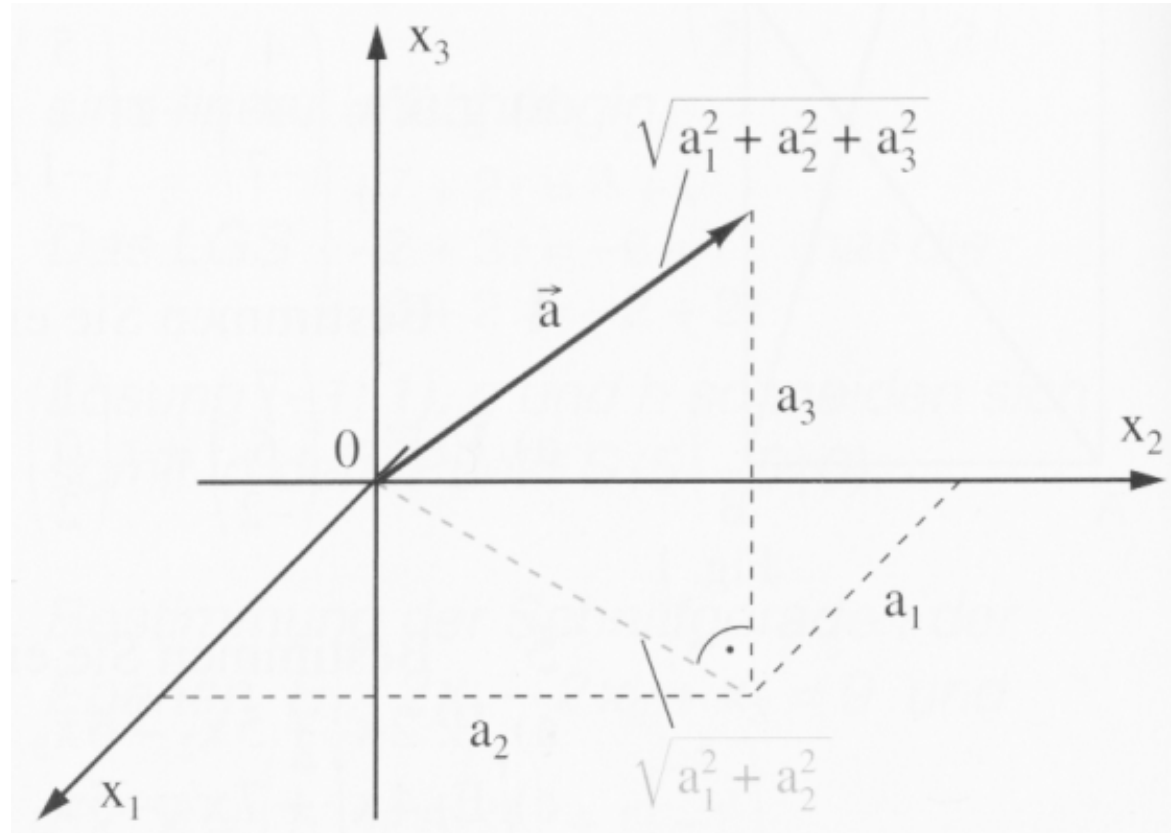
- Vektoren beschreiben die Verschiebung zwischen zwei Punkten
- Repräsentation durch einen Pfeil mit Start am Anfangspunkt und Spitze am Endpunkt
- Alle parallelen Vektoren entsprechen dem Vektor mit dem Anfang im Ursprung des Koordinatensystems
- Vektoren lassen sich in 3 Dimensionen auch durch Zahlentripel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



# Vektoren in der Physik

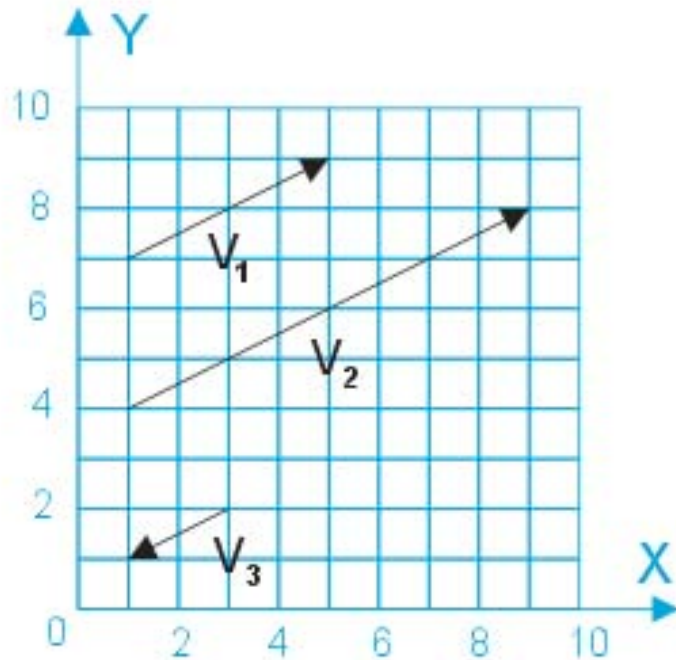
- Viele Physikalische Größen werden nicht allein durch Ihren Betrag sondern erst durch Angabe einer Richtung vollständig beschrieben. Dazu braucht man einen Vektor!
- Beispiele sind Weg, Geschwindigkeit, Kraft, Drehmoment,.....
- Man spricht in diesem Fall von vektoriellen Größen.
- NB: Es gibt auch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



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

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

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

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

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

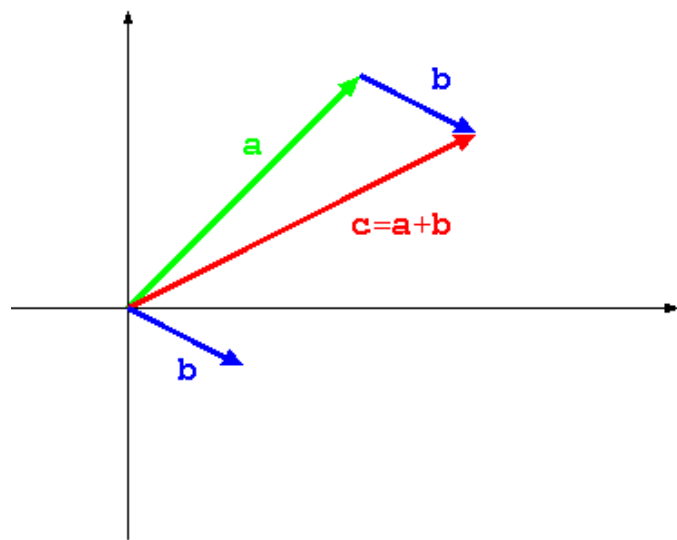
# Vektoren: Multiplikation mit einem Skalar

## Physikalisches Beispiel

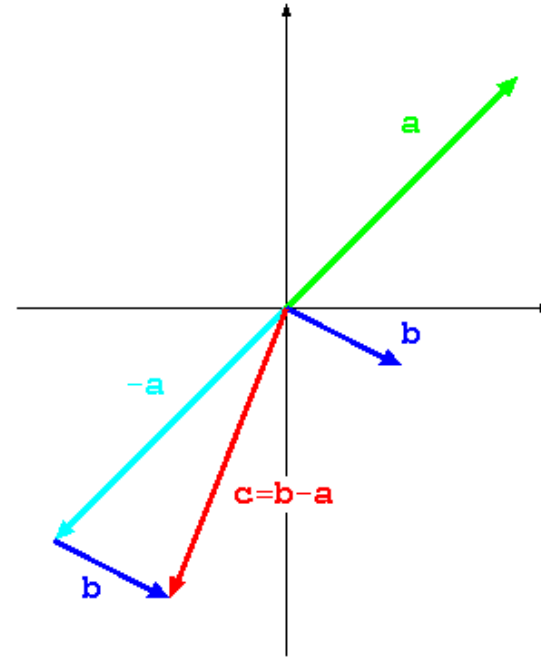
Für eine gleichförmige Bewegung (konstante Geschwindigkeit) ergibt sich der Weg (Vektor) als Produkt aus Zeit (Skalar) und Geschwindigkeit (Vektor)

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

## Vektoren: Addition und Subtraktion



„Aneinanderlegen“ der Pfeile



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

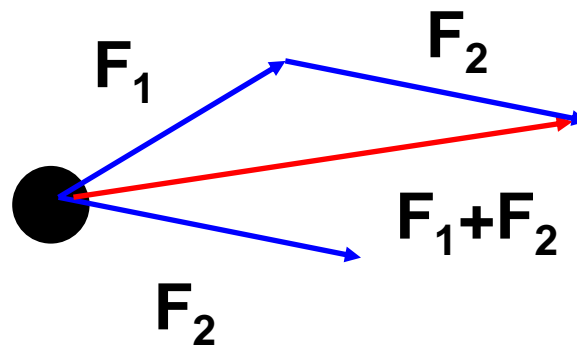
$$\vec{b} - \vec{a} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 - a_1 \\ b_2 - a_2 \\ b_3 - a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

Addition bzw. Subtraktion der einzelnen Komponenten

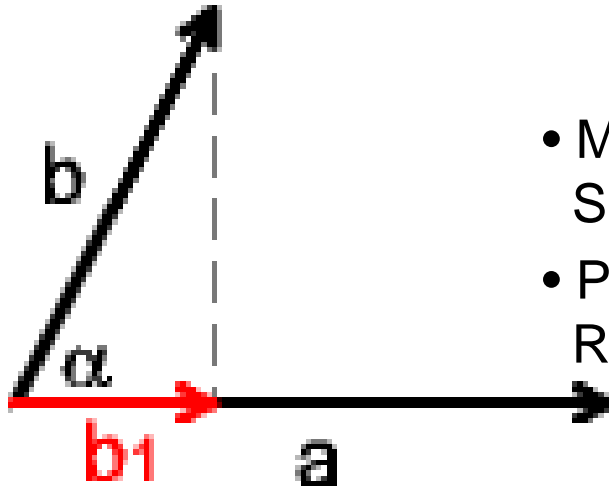
# Vektoren: Addition und Subtraktion

## 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

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

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

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

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

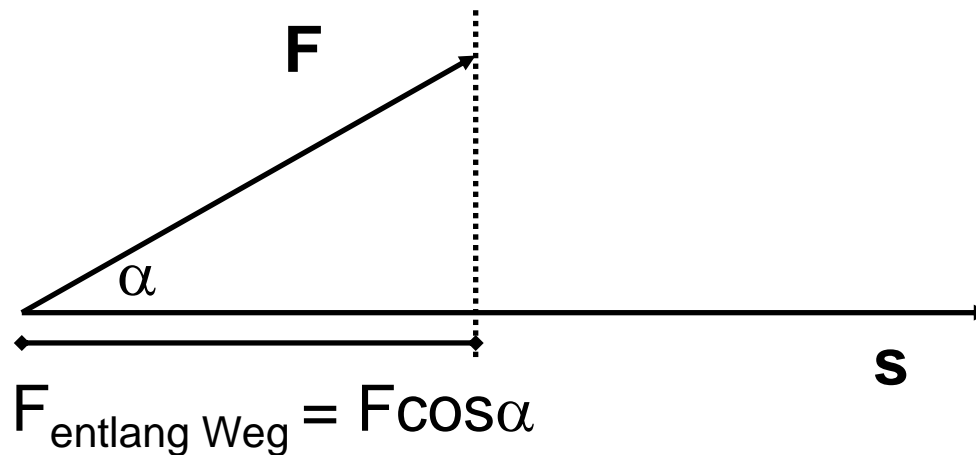
$$\vec{a} \perp \vec{b} \Rightarrow \vec{a}\vec{b} = 0$$

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



## Physikalisches Beispiel: Skalarprodukt

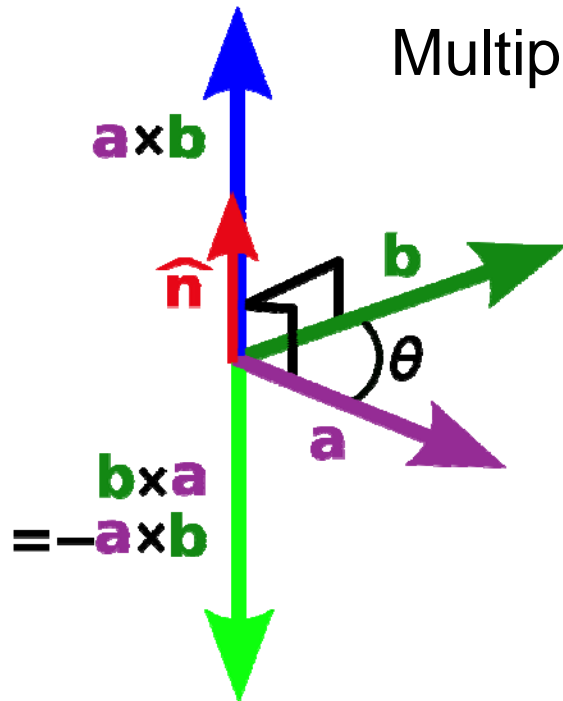
Die Arbeit  $W$  ist definiert als Kraft  $\mathbf{F}$  entlang eines Weges  $\mathbf{s}$ .



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

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

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

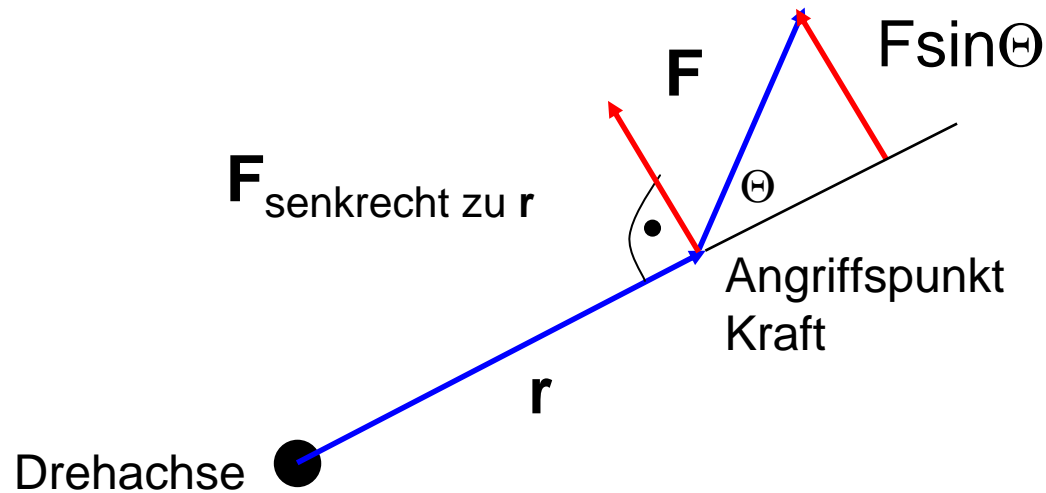
$$\vec{a} \parallel \vec{b} \Rightarrow \vec{a} \times \vec{b} = \mathbf{0}$$

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

# Multiplikation von Vektoren: Kreuzprodukt

## Physikalisches Beispiel

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



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

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

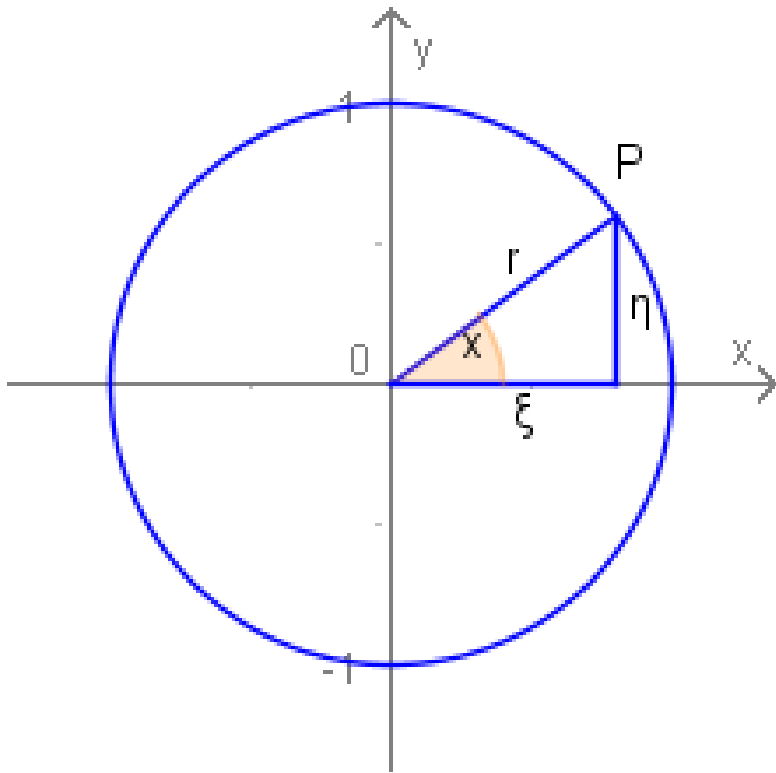
- $M$  zeigt aus der Ebene
- Enthält Richtungsinformation
- Rechte-Hand-Schraube

# Winkel

- Winkel können in verschiedenen Einheiten gemessen werden
- Radiant, Grad und Neugrad
- Vollkreis  $\Leftrightarrow 2\pi$  [Radiant] =  $360^\circ$  [Grad] =  $400^\circ$  [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



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

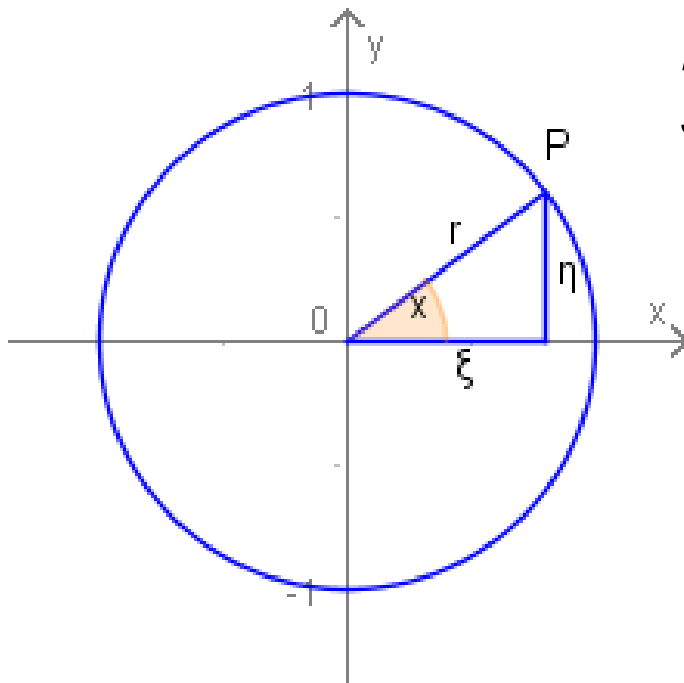
$$\cos x = \frac{\xi}{r}$$

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

## Winkelfunktionen: Physikalisches Beispiel

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

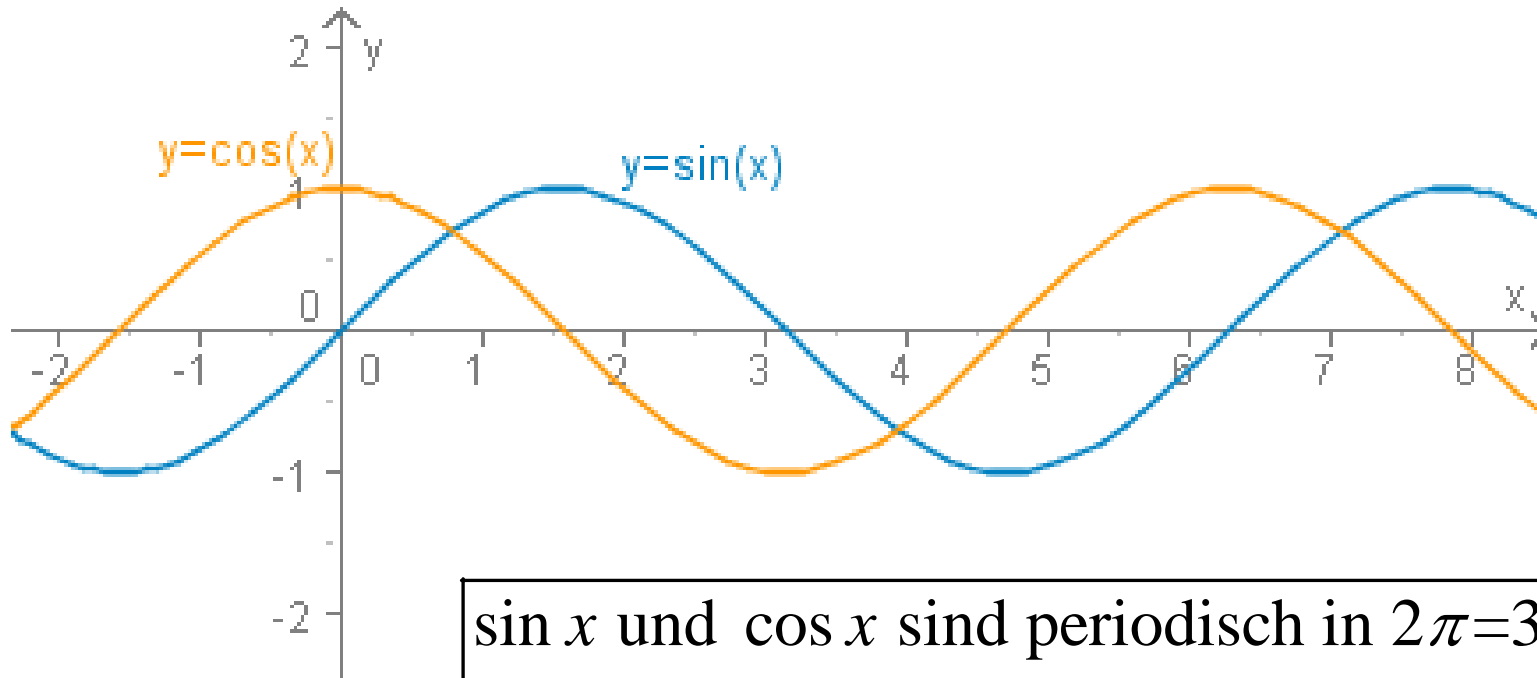
*Eine Kanonenkugel wird unter  $45^\circ$  mit  $100 \text{ km/h}$  abgeschossen.  
Welche Höhe erreicht Sie?*



*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  $2\pi = 360^\circ$

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

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

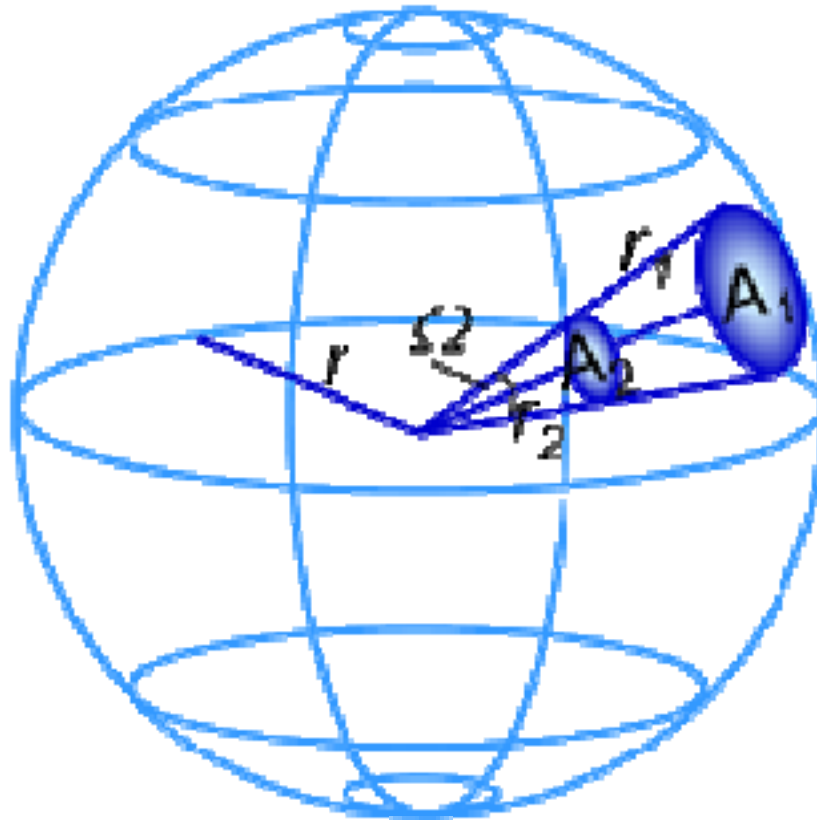
## Winkelfunktionen: Sinus und Kosinus

- 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

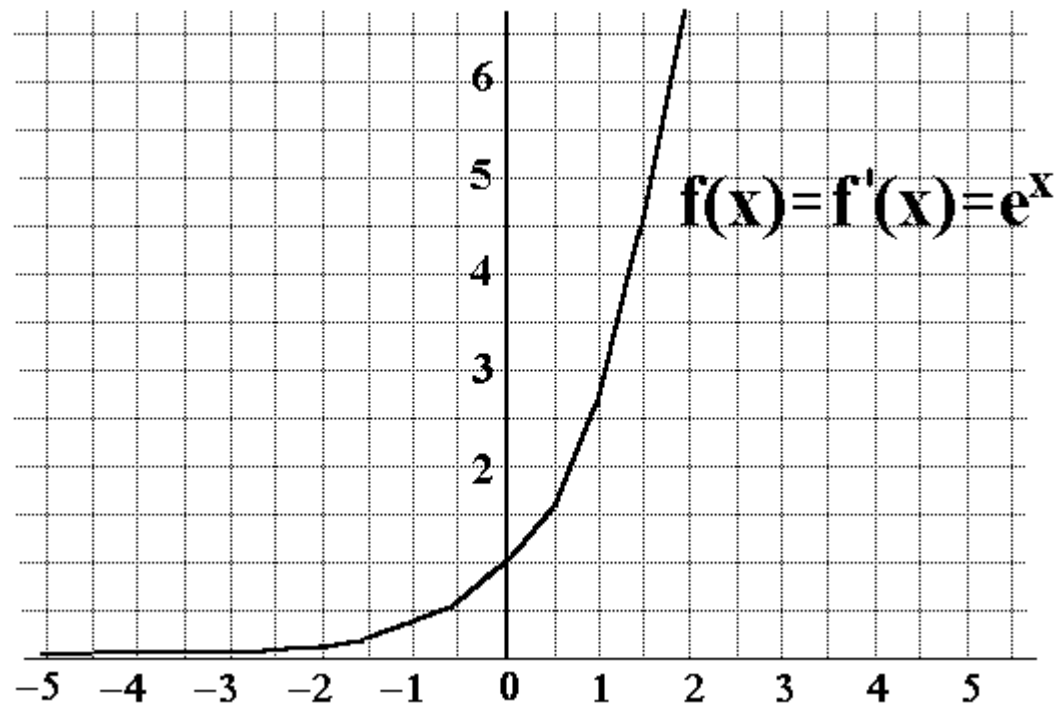


$$\Omega = \frac{A_1}{r_1^2} = \frac{A_2}{r_2^2}$$

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

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

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

## 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