Dynamik

96 Aufgaben und zwei Probeprüfungen, mit ausführlichen Lösungen





Welche Kräfte wirken auf welchen Körper?

> *«Die Wirkung ist stets der Gegenwirkung gleich.»*
>
> ISAAC NEWTON · PRINCIPIA, 1687 · DRITTES GESETZ

Matura · Vorkurs · Passerelle
mit Lösungsteil

Physikstube
Physik mit Dominic Tschan

AUFGABENSAMMLUNG DYNAMIK

So arbeitest du mit diesem Band

Die Aufgaben sind nach Themen geordnet und innerhalb eines Teils nach Schwierigkeit. Du musst nicht alle rechnen, aber die Grundaufgaben ohne Stern solltest du sicher beherrschen.

Die Sterne

ohne	**Grundaufgabe.** Direktes Einsetzen, ein Rechenschritt. Das ist Prüfungsstoff, diese Aufgaben musst du können.
★	**Anspruchsvoller.** Zwei Schritte, oder du musst eine Formel zuerst umstellen. Kommt an Prüfungen als mittlere Aufgabe vor.
★★	**Knacknuss.** Für Zusatzpunkte. Hier steckt eine Idee dahinter, nicht nur eine Formel.

Das Kräftebild kommt zuerst

Fast jede Aufgabe dieses Bandes beginnt mit derselben Handbewegung: Zeichne alle Kräfte ein, die auf den Körper wirken. Erst danach wird gerechnet, und beim Rechnen zählt dann nur eine einzige Grösse, die **resultierende** Kraft. Wo eine Abbildung dabei ist, kannst du direkt hineinzeichnen.

Tipp: Erst zeichnen, dann rechnen. Das spart mehr Zeit, als es kostet.

Die Hinweise im Text

Am Kopf jedes Teils stehen die passenden Rezepte aus dem Lehrmittel, mit Seite, und wo die Theorie dazu steht. Wenn eine Aufgabe klemmt, ist das die schnellste Adresse; dieser Band enthält bewusst keine Theorie. Wo mein Kopf steht, sage ich dir etwas aus dem Unterricht: was an der Prüfung wirklich drankommt.

Die Lösungen

Ab Seite 63 steht zu jeder Aufgabe der *ganze* Rechenweg, nicht nur das Ergebnis: gegeben, gesucht, Formel, einsetzen, Plausibilitätscheck. Bei den Diagrammaufgaben ist die Musterlösung **grün** eingezeichnet. Am Ende jedes Teils stehen ausserdem die *Ergebnisse zum Sofortvergleich*; in den Lösungsteil gehst du nur, wenn etwas nicht stimmt.

DER WICHTIGSTE RAT VORWEG

Fang nie mit der Formelsuche an. Fang mit dem Kräftebild an.

Welche Kräfte wirken auf welchen Körper? Heben sie sich auf oder nicht? Erst dann die Formel. Wer diesen Reflex hat, löst auch Aufgaben, die er noch nie gesehen hat, und erkennt sofort, wenn eine Angabe gar nicht gebraucht wird.

INHALT

Neun Teile, ein Kräftebild

1 Kräfte als Pfeile 4
Zeichnen, zusammensetzen, ausrechnen, der Aufgabentyp, mit dem fünf von sechs Prüfungen beginnen.

2 Gewichtskraft, Normalkraft, Federkraft 11
Drei Kräfte, die überall vorkommen, und was deine Waage wirklich misst.

3 Reibung 18
Haften, gleiten, rollen, und warum in der Reibungsformel niemals die Gewichtskraft steht.

4 Das 2. Gesetz von Newton 25
$F=m\,a$, in allen Verkleidungen: vom Kräftebild über die Vollbremsung bis zur Kupplung im Zug.

5 Schräge Kräfte 33
Die punktreichste Aufgabe der Prüfung, in sechs von sechs ausgewerteten Serien kommt sie vor.

6 Luftwiderstand 40
Schneller geht nicht, warum jeder fallende Körper irgendwann aufhört, schneller zu werden.

7 Verbundene Körper, Lift und das 3. Gesetz 45
Wenn mehrere Körper aneinanderhängen, und warum sich Kraft und Gegenkraft dabei nie aufheben.

8 Zusatz: Die schiefe Ebene 52
Für später, und für die Nachprüfung: drei Aufgaben, in denen sich die Masse jedes Mal von selbst wegkürzt.

9 Prüfungstraining 56
Zwei vollständige Probeprüfungen im Format der echten Prüfung, gleiche Aufgabentypen, gleiche Punkteverteilung, gleiche Länge, gleiche Zeit.

Lösungen

L Ausführliche Lösungen 63

TEIL 1

Kräfte als Pfeile

Zeichnen, zusammensetzen, ausrechnen, der Aufgabentyp, mit dem fünf von sechs Prüfungen beginnen.

Passende Rezepte im Skript Klemmt eine Aufgabe, lies zuerst das Rezept nach.

REZEPT 1 Die resultierende Kraft zweier Kräfte S. 13

REZEPT 8 Eine schräge Kraft zerlegen S. 64



MUHTONS KNIFF

Die 3-4-5-Probe

Stehen zwei Kräfte rechtwinklig zueinander, hilft der Satz von Pythagoras, und ein Zahlenpaar merkst du dir leicht: 3, 4 und 5. Zwei Kräfte von $30\,\mathrm{N}$ und $40\,\mathrm{N}$ im rechten Winkel ergeben genau $50\,\mathrm{N}$, $60\,\mathrm{N}$ und $80\,\mathrm{N}$ ergeben $100\,\mathrm{N}$. Mit diesem Paar prüfst du in Sekunden, ob deine Zeichnung im richtigen Massstab ist.

Im Skript: Kapitel 1, Seite 8

Eine Kraft ist keine blosse Zahl, sondern ein Pfeil, und Pfeile addiert man nicht wie Zahlen. In diesem Teil übst du beides, was an der Prüfung verlangt wird: die resultierende Kraft *konstruieren* und sie *berechnen*. Fast alle Aufgaben lassen sich auf einem Karoraster lösen, ganz ohne Winkelmesser.

So gehst du bei einer Konstruktionsaufgabe vor

1. **Massstab festlegen und hinschreiben**, $1\,\mathrm{cm} \mathrel{\widehat{=}} 100\,\mathrm{N}$ oder 1 Kästchen $\mathrel{\widehat{=}} 10\,\mathrm{N}$. Ohne Massstab ist eine Konstruktion wertlos.
2. **Alle Pfeile vom selben Angriffspunkt aus** zeichnen, in der richtigen Länge und der richtigen Richtung.
3. **Spitze an Fuss** aneinanderhängen: Der Pfeil vom Fuss des ersten bis zur Spitze des letzten ist $\vec{F}_{\mathrm{res}}$.
4. **Nachrechnen und vergleichen.** Zeichnung und Rechnung müssen dasselbe Ergebnis liefern, sonst steckt in einem von beiden ein Fehler.

Zur Kontrolle bei jeder Aufgabe: Der Betrag der Resultierenden liegt immer zwischen der *Differenz* und der *Summe* der Einzelbeträge.



Prüfungstipp

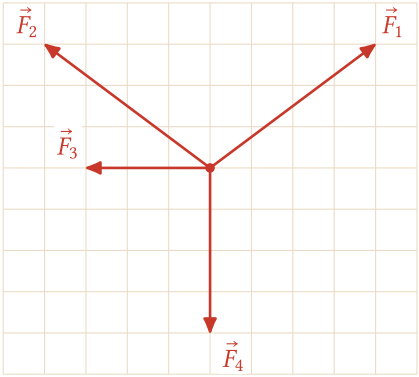
In fünf von sechs Prüfungen ist das die erste Aufgabe, und sie verlangt immer beides: konstruieren *und* rechnen. Die halbe Punktzahl steckt in der Zeichnung, also in Massstab, Pfeillängen und Beschriftung. Wer nur das Ergebnis hinschreibt, verschenkt sie.

A 1.1 Was der Pfeil verrät

Rechenweg S. 63

Tipp: Zähle die Kästchen, statt mit dem Lineal zu messen, das ist schneller und genauer.

An einem Körper greifen vier Kräfte an. Ein Kästchen entspricht $10\,\mathrm{N}$.



1 Kästchen $\widehat{=}\ 10\,\mathrm{N}$

a) Wie gross ist jede der vier Kräfte? Zähle die Kästchen und rechne mit dem Pythagoras.

b) Welche beiden Kräfte sind gleich stark? Bewirken sie deshalb dasselbe?

c) Zeichne die Kraft $\vec{F}_5$ ein, die $\vec{F}_3$ genau aufhebt. Wie gross ist sie, und wohin zeigt sie?

A 1.2 Zwei Kräfte an einem Körper

Rechenweg S. 63

An einem Körper greifen jeweils zwei Kräfte an. Bestimme Betrag *und* Richtung der resultierenden Kraft. Gib jedes Mal an, welcher der drei Sonderfälle vorliegt.

a) $45\,\mathrm{N}$ und $30\,\mathrm{N}$, beide nach rechts.

b) $40\,\mathrm{N}$ nach links und $25\,\mathrm{N}$ nach rechts.

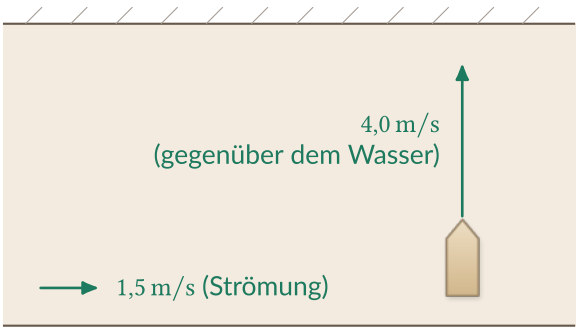
c) $12\,\mathrm{N}$ nach rechts und $5\,\mathrm{N}$ nach oben.

A 1.3 Das Boot auf dem Fluss

Rechenweg S. 63

Schon gehabt: Auch Geschwindigkeiten sind Vektoren, es gelten dieselben drei Sonderfälle.

Ein Boot fährt mit $4{,}0\,\mathrm{m/s}$ gegenüber dem Wasser. Der Fluss strömt mit $1{,}5\,\mathrm{m/s}$.



gezeichnet ist Fall c): der Bug zeigt quer zum Fluss

a) Wie schnell bewegt sich das Boot gegenüber dem Ufer, wenn es flussabwärts fährt?

b) Wie schnell, wenn es flussaufwärts fährt?

c) Wie schnell, wenn der Bug genau quer zum Fluss zeigt?

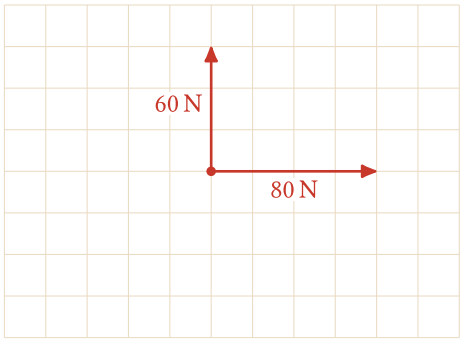
d) Ordne a), b) und c) den drei Sonderfällen zu.

A 1.4 Zwei Seile im rechten Winkel

Rechenweg S. 63

Video Folge 1 zeigt das Verfahren Spitze an Fuss. youtu.be/kmprJzYPgjs

An einem Handwagen ziehen zwei Personen. Die eine zieht mit $80\,\mathrm{N}$ nach rechts, die andere mit $60\,\mathrm{N}$ senkrecht dazu. Ein Kästchen entspricht $20\,\mathrm{N}$.



1 Kästchen $\widehat{=}$ $20\,\mathrm{N}$

a) Konstruiere die resultierende Kraft im Raster.

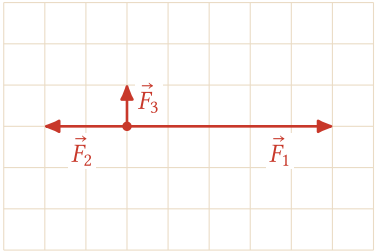
b) Berechne ihren Betrag und vergleiche mit deiner Zeichnung.

c) Eine dritte Person soll den Wagen an Ort festhalten. Wie gross ist ihre Kraft, und wohin zeigt sie? Zeichne sie ein.

A 1.5 ★ Drei Pfeile, welcher ist welcher?

Rechenweg S. 63

An einem Körper greifen drei Kräfte an: $10\,\mathrm{N}$, $4\,\mathrm{N}$ und $2\,\mathrm{N}$. Ein Kästchen entspricht $2\,\mathrm{N}$. *(Diese Aufgabe stammt aus einer früheren Prüfung.)*



1 Kästchen $\widehat{=}$ $2\,\mathrm{N}$

a) Ordne den drei Pfeilen die drei Beträge zu. Woran erkennst du das?

b) Konstruiere $\vec{F}_{\mathrm{res}}$ im Raster.

c) Berechne den Betrag von $\vec{F}_{\text{res}}$.

d) Der Körper hat die Masse $2{,}0\,\text{kg}$. Wie gross ist seine Beschleunigung? *Diese Teilaufgabe brauchst du erst nach Kapitel 5, du darfst sie später nachholen.*

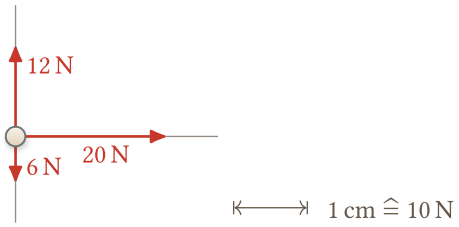
HILFE Nimm dir zuerst die beiden waagrechten Kräfte vor: Sie zeigen in entgegengesetzte Richtungen, ihre Beträge werden also subtrahiert. Erst was davon übrig bleibt, kommt mit der dritten Kraft in den Pythagoras.

A 1.6 ★ Drei Seile an einem Haken

Rechenweg S. 63

Tipp: Zwei der drei Kräfte liegen auf derselben Geraden, fasse sie zuerst zusammen.

An einem Haken ziehen drei Seile: $20\,\text{N}$ waagrecht nach rechts, $12\,\text{N}$ senkrecht nach oben und $6\,\text{N}$ senkrecht nach unten. *(Diese Aufgabe stammt aus einer früheren Prüfung.)*



a) Konstruiere $\vec{F}_{\text{res}}$ (Massstab $1\,\text{cm} \mathrel{\widehat{=}} 10\,\text{N}$).

b) Berechne den Betrag von $\vec{F}_{\text{res}}$.

c) Unter welchem Winkel zur Waagrechten zeigt $\vec{F}_{\text{res}}$?

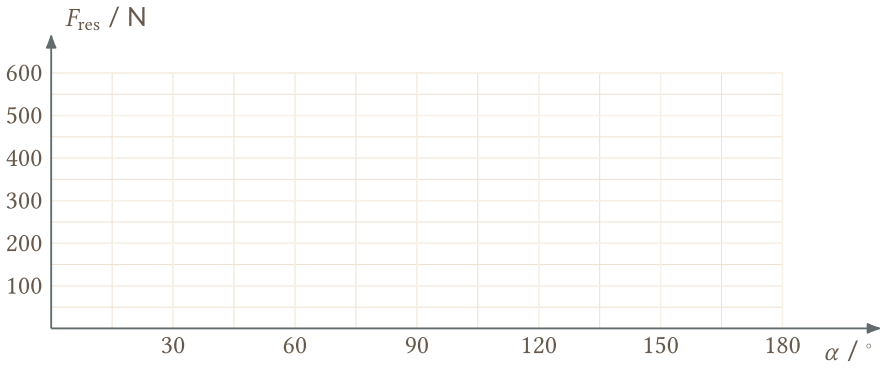
A 1.7 ★ Die Schräge kostet Kraft

Rechenweg S. 63

Merke dir: Je weiter zwei Kräfte auseinanderzeigen, desto weniger bleibt von ihnen übrig.

Zwei Personen ziehen einen Wagen an zwei Seilen, jede mit $250\,\text{N}$. Der Winkel α zwischen den beiden Seilen lässt sich verändern. Berechne den Betrag der resultierenden Kraft für die vier Winkel der Tabelle und trage deine Werte anschliessend in das vorbereitete Feld ein.

Winkel α	F_{res}	Weg zum Ergebnis
$0\,°$		beide Kräfte zeigen gleich, der Sonderfall parallel
$60\,°$		gleichseitiges Dreieck: der seitliche Anteil ist die Hälfte
$90\,°$		der Sonderfall senkrecht
$120\,°$		siehe Hilfe unten



a) Fülle die Tabelle aus.

b) Trage die vier Werte in das Feld ein und verbinde sie mit einer weichen Kurve.

c) Um wie viel Prozent ist F_{res} bei $90\,°$ kleiner als bei $0\,°$?

d) Bei welchem Winkel ist F_{res} genau so gross wie eine *einzelne* der beiden Kräfte?

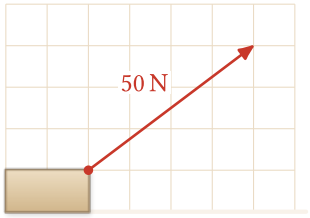
HILFE Für $120\,°$ hilft dasselbe Dreieck wie für $60\,°$, nur andersherum: Jede Kraft schliesst mit der Winkelhalbierenden $60\,°$ ein. In einem rechtwinkligen Dreieck mit den Winkeln $30\,°$ und $60\,°$ ist die kurze Kathete halb so lang wie die Hypotenuse, der Anteil jeder Kraft in Zugrichtung ist also genau die Hälfte.

A 1.8 ★ Rückwärts: eine Kraft in zwei zerlegen

Rechenweg S. 63

Im Skript: Kapitel 6, Seite 62

Ein Kind zieht einen Schlitten an einer schrägen Schnur mit $50\,\text{N}$. Die Schnur steigt auf 4 Kästchen nach vorn um 3 Kästchen an. Ein Kästchen entspricht $10\,\text{N}$.



1 Kästchen $\widehat{=}$ $10\,\text{N}$

a) Zerlege die Zugkraft in einen waagrechten und einen senkrechten Anteil. Zeichne beide ein; zusammen mit der Zugkraft entsteht ein Rechteck.

b) Wie gross sind die beiden Anteile?

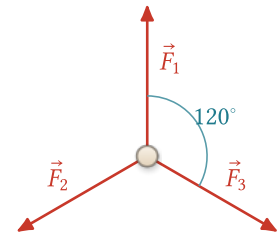
c) Warum darf man die beiden Anteile *nicht* zu $70\,\text{N}$ zusammenzählen? Mach die Probe.

d) Nur der waagrechte Anteil zieht den Schlitten vorwärts. Wozu ist der senkrechte gut?

A 1.9 ★★ Drei Kräfte, die sich aufheben

Rechenweg S. 63

An einem Ring ziehen drei Seile mit je $200\,\mathrm{N}$. Die drei Seile stehen jeweils $120\,^\circ$ auseinander.



$1\,\mathrm{cm} \mathrel{\widehat{=}} 100\,\mathrm{N}$

a) Zeige durch eine Konstruktion, dass die resultierende Kraft null ist. Was heisst das für den Ring?

b) Nun reisst das obere Seil. Wie gross ist die resultierende Kraft danach, und wohin zeigt sie? Zeichne sie ein.

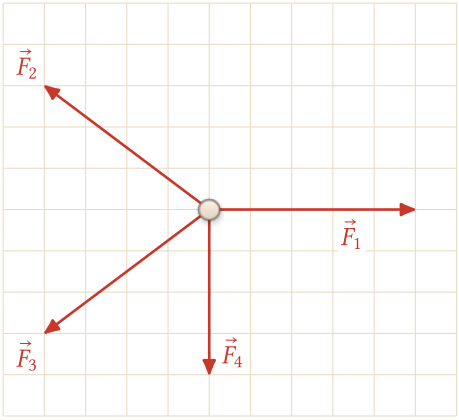
c) Formuliere in einem Satz, warum das Ergebnis von b) auch ohne Rechnung klar ist.

HILFE Für a) genügt der Kräftezug: Hängst du die drei Pfeile Spitze an Fuss aneinander, entsteht eine geschlossene Figur, und eine geschlossene Figur hat keinen Schlussvektor. Für b) hilft die Antwort aus a).

A 1.10 ★★ Welche Kraft fehlt?

Rechenweg S. 63

An einem Ring ziehen fünf Seile, aber nur vier davon sind eingezeichnet. Der Ring bleibt trotzdem in Ruhe, die fünf Kräfte ergeben zusammen also null. Ein Kästchen entspricht $10\,\mathrm{N}$.



1 Kästchen $\mathrel{\widehat{=}}$ $10\,\mathrm{N}$

a) Konstruiere die fehlende Kraft $\vec{F}_5$. Zeichne sie am Ring ein.

b) Wie gross ist sie?

c) Nun reisst das Seil mit $\vec{F}_4$. Wie gross ist die resultierende Kraft am Ring danach, und wohin zeigt sie?

HILFE Häng die vier gezeichneten Pfeile Spitze an Fuss aneinander. Der Kräftezug schliesst sich nicht, es bleibt eine Lücke von der letzten Spitze zurück zum Anfang. Genau diese Lücke ist die fehlende Kraft.

Ergebnisse Teil 1, zum Sofortvergleich

A 1.1	a) 50; 50; 30; $40\,\mathrm{N}$ b) $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$, nein c) $30\,\mathrm{N}$ nach rechts	A 1.2	a) $75\,\mathrm{N}$ nach rechts b) $15\,\mathrm{N}$ nach links c) $13\,\mathrm{N}$, schräg nach rechts oben
A 1.3	a) $5{,}5\,\mathrm{m/s}$ b) $2{,}5\,\mathrm{m/s}$ c) $4{,}27\,\mathrm{m/s}$ d) parallel, antiparallel, senkrecht	A 1.4	b) $100\,\mathrm{N}$ c) $100\,\mathrm{N}$, genau entgegengesetzt zu $\vec{F}_{\mathrm{res}}$
A 1.5	a) $F_1 = 10\,\mathrm{N}$, $F_2 = 4\,\mathrm{N}$, $F_3 = 2\,\mathrm{N}$ c) $6{,}32\,\mathrm{N}$ d) $3{,}16\,\mathrm{m/s^2}$	A 1.6	b) $20{,}9\,\mathrm{N}$ c) $16{,}7^\circ$ über der Waagrechten
A 1.7	a) 500; 433; 354; $250\,\mathrm{N}$ c) $29{,}3\,\%$ d) bei 120°	A 1.8	b) $40\,\mathrm{N}$ waagrecht, $30\,\mathrm{N}$ senkrecht c) $40^2 + 30^2 = 50^2$, aber $40 + 30 \neq 50$
A 1.9	a) $F_{\mathrm{res}} = 0\,\mathrm{N}$ b) $200\,\mathrm{N}$, entgegengesetzt zum gerissenen Seil	A 1.10	b) $50\,\mathrm{N}$ (3 Kästchen nach rechts, 4 nach oben) c) $40\,\mathrm{N}$ nach oben