

# Experimente-Kartei: Statische Mechanik

von Peter Gebhardt-Seele, Mai 1998



## II. Rollen

übersetzt, etwas verändert und gestaltet von Thomas Helmle, 74535 Mainhardt, Juni 2004

# Experimente-Kartei: Statische Mechanik

von Peter Gebhardt-Seele, Mai 1998



## II. Rollen - Erklärungen -

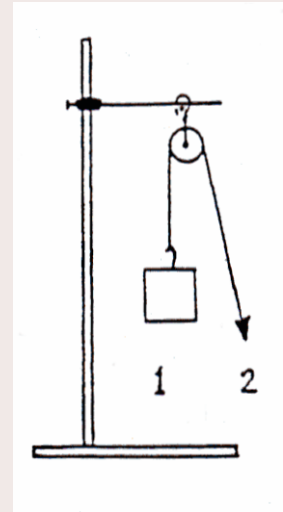
# Die einzelne feste Rolle

## Materialien:

Einzel-Rolle, Satz mit Haken-Gewichten, Schnur 60 cm, Ständer

## Arbeitsaufträge:

1. Baue den Versuch mit der Einzel-Rolle so auf, wie es in der Zeichnung dargestellt ist. Nimm ein 200 g-Gewicht und hänge es an das erste Ende der Schnur.
2. Ziehe am zweiten Ende!
3. Hänge ein Gewicht an das zweite Ende der Schnur, das die 200 g am ersten Ende genau im Gleichgewicht hält.
4. Arbeite in gleicher Weise mit anderen Gewichten am ersten Ende: 100 g, 500 g, ...



## Frage:

Brauchen die beiden Enden der Schnur gleiche oder unterschiedliche Gewichte?

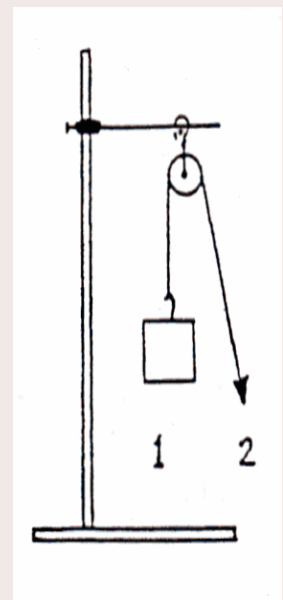
# Die einzelne feste Rolle

## Beobachtung:

Die beiden Enden der Schnur brauchen gleiche Gewichte.

## Beispiele:

Eine Flagge am Flaggenmast, ein Eimer am Ziehbrunnen



# Kräfte an der einzelnen festen Rolle

## Materialien:

einzelne Rolle, Satz mit Haken-Gewichten,  
2 Federwagen max. 5 N, Schnur mit 60 cm, Ständer

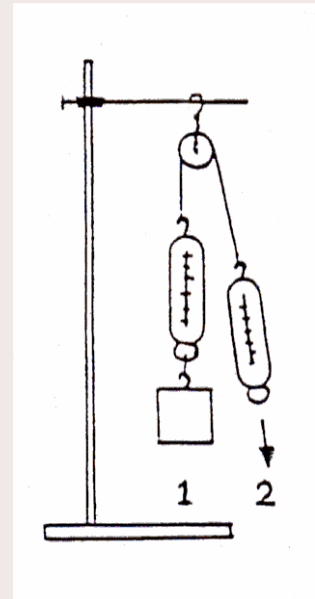
## Arbeitsaufträge:

1. Baue den Versuch mit der Einzel-Rolle wie in der Zeichnung auf, so dass die erste Kraft 2 N beträgt.  
Bedenke, dass die Federwaage selbst etwa 35 g wiegt.
2. Ziehe am Ende 2 und miss die Kraft 1 und die Kraft 2 an den beiden Federwaagen!
3. Arbeite in gleicher Weise mit verschiedenen Kräften am ersten Ende: 1 N, 2 N, 3 N, 4 N, 5 N.
4. Ersetze das Gewicht, indem du mit der Hand ziehst.

## Fragen:

Misst du an den beiden Enden der Schnur gleiche oder unterschiedliche Kräfte?

Was macht die Schnur mit den Kräften?



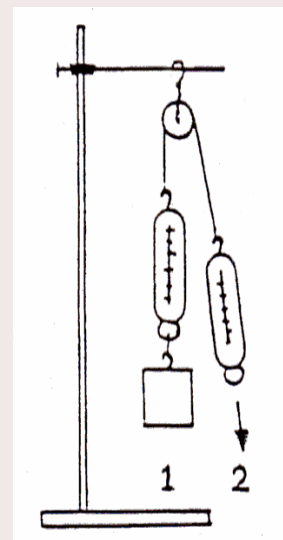
# Kräfte an der einzelnen festen Rolle

## Beobachtung:

Die Kräfte 1 und 2 sind immer gleich.

## Erklärung:

Eine einzelne feste Rolle spart keine Kraft ein, sie wird nur zu dem Zweck benutzt, die Richtung der Kraft umzuleiten.



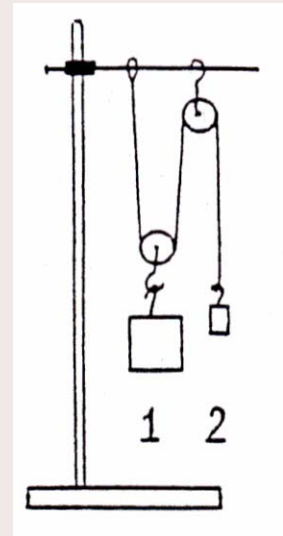
# Die einzelne feste und die einzelne bewegliche Rolle

## Materialien:

2 einzelne Rollen, Satz mit Haken-Gewichten,  
Schnur mit 130 cm, Ständer

## Arbeitsaufträge:

1. Baue den Versuch wie in der Zeichnung auf.
2. Hänge das 200 g-Gewicht an die Seite 1.
3. Ziehe am Ende 2.
4. Hänge ein Gewicht an das zweite Ende, so dass die 200 g an der ersten Seite im Gleichgewicht sind.
5. Arbeite in gleicher Weise mit anderen Gewichten an der Seite 1: 400 g, 800 g.



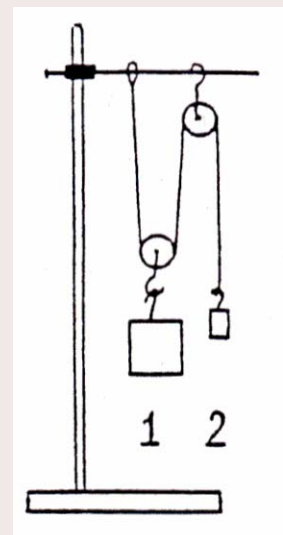
## Fragen:

Benötigst du an den beiden Seiten gleiche oder unterschiedliche Gewichte?  
Was machen die Rollen mit den Gewichten?

# Die einzelne feste und die einzelne bewegliche Rolle

## Beobachtung:

Das Gewicht 1 ist immer doppelt so groß wie das Gewicht 2.  
Gewicht 2 ist immer halb so groß wie Gewicht 1.



# Die einzelne bewegliche Rolle

## Materialien:

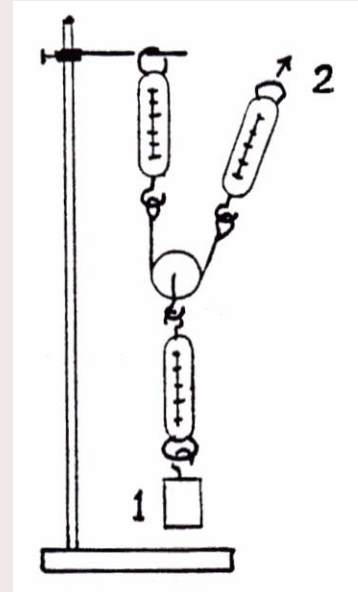
Einzel-Rolle, Satz mit Haken-Gewichten, 3 Federwagen max. 5 N,  
Schnur mit 60 cm, Ständer

## Arbeitsaufträge:

6. Baue den Versuch mit der Einzel-Rolle wie in der Zeichnung auf, so dass die erste Kraft 2 N beträgt.
7. Ziehe am Ende 2 nach oben.  
Lies die Kräfte 1 und 2 an den Federwaagen ab.
8. Arbeite in gleicher Weise mit verschiedenen Kräften am Ende 1: 1 N, 4 N, 6 N, 8 N.

## Fragen:

Misst du an den beiden Enden der Schnur gleiche oder unterschiedliche Kräfte?  
Was macht die bewegliche Rolle mit den Kräften?



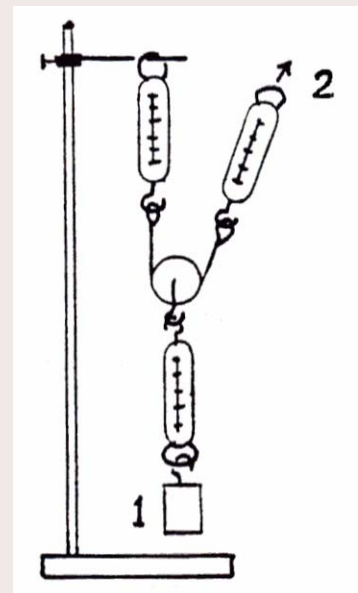
# Die einzelne bewegliche Rolle

## Beobachtung:

Die Kraft 1 ist immer doppelt so groß wie Kraft 2.  
Kraft 2 ist immer halb so groß wie Kraft 1.

## Erklärung:

Mit der einzelnen beweglichen Rolle wird das Gewicht von zwei Strängen der Schnur getragen, die das Gewicht unter sich aufteilen. Deshalb beträgt die Kraft, die man aufwenden muss um das Gewicht hochzuheben, nur die Hälfte des Gewichts.



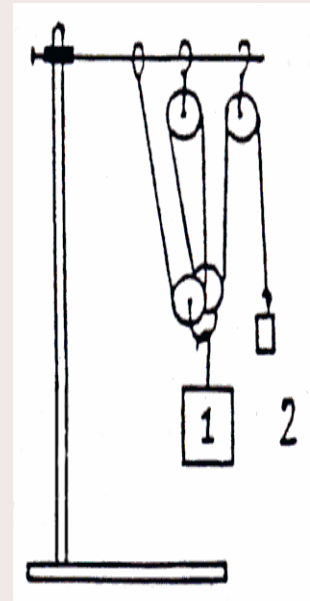
# Die doppelte feste und die doppelte bewegliche Rolle

## Materialien:

1 doppelte Rolle, 2 einzelne Rollen, Satz mit Haken-Gewichten, Schnur mit 240 cm, Ständer

## Arbeitsaufträge:

1. Baue den Versuch wie in der Zeichnung auf.
2. Das Gewicht an der Seite 1 soll 400 g betragen.
3. Ziehe am Ende 2 nach unten.
4. Hänge ein Gewicht an das Ende 2, so dass die 400g an Seite 1 im Gleichgewicht sind.
5. Arbeite in gleicher Weise mit anderen Gewichten an der Seite 1: 200 g, 800 g, andere.



## Fragen:

Misst du an den beiden Enden der Schnur gleiche oder unterschiedliche Kräfte? Was macht die bewegliche Rolle mit den Kräften?

# Die doppelte feste und die doppelte bewegliche Rolle

## Beobachtung:

Das Gewicht 1 ist immer vier Mal so groß wie das Gewicht 2.  
Gewicht 2 beträgt immer  $\frac{1}{4}$  von Gewicht 1.

## Erklärung:

Mit den zwei festen und den zwei beweglichen Rollen wird das Gewicht von vier Schnursträngen getragen, die das Gewicht unter sich aufteilen. Deshalb beträgt die Kraft, die man aufwenden muss um das Gewicht 1 hochzuheben, nur ein Viertel des Gewichts 1.

## Weiterer Arbeitsauftrag:

Beobachte die Bewegungen deiner Hand und der Gewichte an den beiden Seiten, wenn du das Gewicht 2 hoch und runter ziehst.

## Beobachtung:

Die bewegte Wegstrecke an Seite 1 ist viel kleiner als die an Seite 2.

## Erklärung:

Deine Hand, die sich auf der Seite 2 abwärts bewegt, legt eine längere Wegstrecke zurück als das Gewicht auf der Seite 1 und sie bewegt sich auch schneller. Was wir an Kraft einsparung gewonnen haben, verlieren wir wieder beim Weg und bei der Geschwindigkeit.

# Verhältnis der Kräfte an Rollen

**Materialien:**

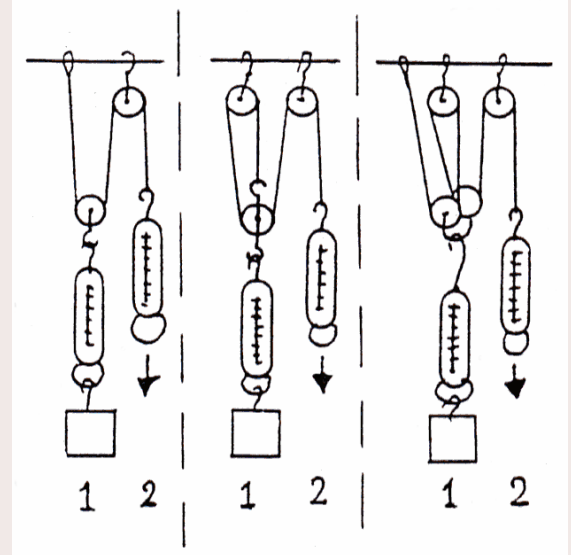
einzelne und doppelte Rollen, Satz mit Haken-Gewichten, 2 Federwagen max.5 N, Schnüre mit 60 cm, 130 cm und 240 cm, Ständer

**Arbeitsaufträge:**

1. Baue die verschiedenen Versuche wie in der Zeichnung auf.
2. Miss bei jedem Versuch die Kräfte an den Seiten 1 und 2 ( $F_1$  und  $F_2$ ) mit unterschiedlichen Gewichten an der Seite 2!
3. Berechne für jeden Fall das Verhältnis von  $F_1 : F_2$ .
4. Schreibe jeweils die Anzahl der Fäden auf, die das Gewicht tragen.

**Frage:**

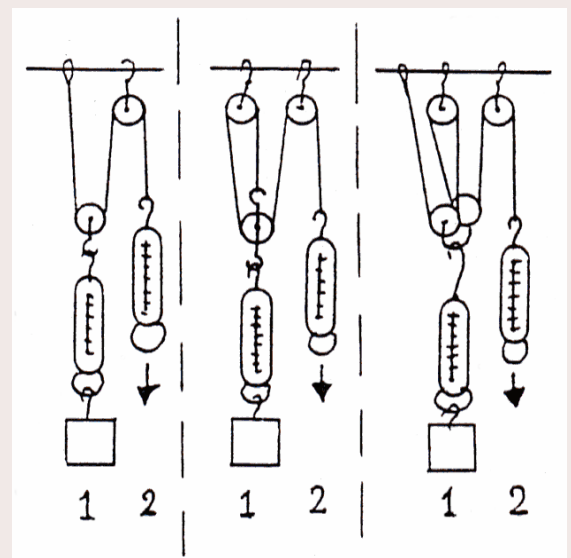
Ist das Verhältnis  $F_1 : F_2$  gleich oder verschieden zur Anzahl der Fäden, die das Gewicht tragen?  
Was machen die Rollen mit den Gewichten?



# Verhältnis der Kräfte an Rollen

**Beobachtung:**

Das Verhältnis  $F_1 : F_2$  ist gleich der Anzahl der Schnur-Stränge, die das Gewicht tragen.



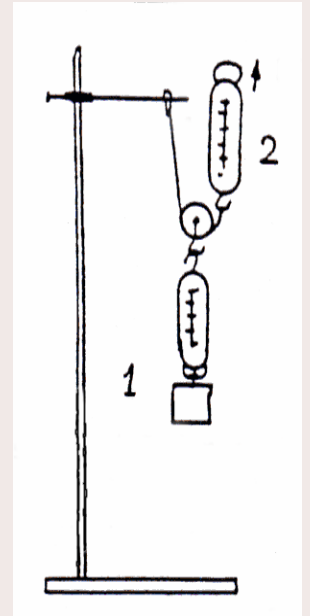
# Arbeit

## Materialien:

- einzelne Rolle, Satz mit Haken-Gewichten,  
2 Federwagen max. 5 N, Schnur mit 60 cm, Ständer

## Arbeitsaufträge:

1. Baue den Versuch mit der Einzel-Rolle wie in der Zeichnung auf, so dass  $F_1 = 2\text{ N}$ ,  $4\text{ N}$ ,  $6\text{ N}$ ,  $8\text{ N}$  wird.
2. Miss die Kräfte  $F_1$  und  $F_2$ .  
Notiere die Ergebnisse in einer Tabelle.
3. Miss und notiere die zurückgelegten Wege  $s_1$  und  $s_2$  an den Seiten 1 und 2 für jeden Versuchsaufbau.  
(Benutze dafür eine Korktafel.)
4. Berechne die Produkte von Kraft mal Weg auf Seite 1 ( $F_1 \cdot s_1$ ) und Kraft mal Weg auf Seite 2 ( $F_2 \cdot s_2$ ) für jeden Versuchsaufbau.



## Frage:

Ist das Produkt  $F \cdot s$  auf beiden Seiten immer gleich oder ist es unterschiedlich?

# Arbeit

## Beobachtung:

Für jede Bewegung ist das Produkt auf Seite 1 gleich zu dem auf Seite 2.

## Erklärung:

Wir sagen: „**Kraft · Weg = Arbeit**“. „Arbeit“ kürzen wir mit dem Buchstaben „W“ ab: W für englisch „work“. Also:  $\mathbf{F \cdot s = W}$ . Dieses Produkt beschreibt die Arbeit, die von den Kräften getan wird, die an den Rollen auftreten. Weil die Rollen ihrerseits die Arbeit nicht aufbrauchen, wird die Arbeit dazu verwendet, die Gewichte hoch zu heben. Die Arbeit, die durch das Ziehen an der Seite 2 verrichtet wird, wird durch das Produkt  $F_2 \cdot s_2$  dargestellt. Die Arbeit, die das Gewicht an der Seite 1 hoch zieht, wird mit  $F_1 \cdot s_1$  beschrieben. Beide Produkte sind gleich:  $F_1 \cdot s_1 = W_1$ ;  $F_2 \cdot s_2 = W_2$ ;  $W_1 = W_2$ . Die Rollen wandeln die Arbeit nur um. Du kannst mit den Rollen keine Arbeit einsparen. Die Maßeinheit für Arbeit ist Ncm (Newton-Zentimeter). Eine andere Maßeinheit ist ein Joule (J):  $100\text{ Ncm} = 1\text{ J}$ .

## Weiterer Arbeitsauftrag:

Wiederhole die Messungen und Berechnungen mit anderen Versuchsaufbauten wie in Karte „Messen und Rechnen 1“. Sei dir aber darüber im Klaren, dass deine Messungen durch mehr Reibung ungenauer werden.



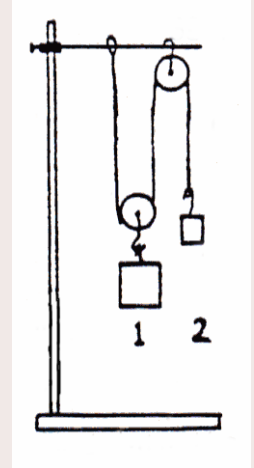
# Energie

## Materialien:

2 einzelne Rollen, Satz mit Haken-Gewichten, Schnur mit 130 cm, Ständer

## Arbeitsaufträge:

1. Baue den Versuch wie in der Zeichnung auf, so dass  $F_1 = 2 \text{ N}$  wird.
2. Miss und notiere die zurückgelegten Wege auf den Seiten 1 und 2, wenn die Seite 1 um 10 cm, 20 cm und 30 cm hochgehoben wird.
3. Berechne und notiere den Wert der Arbeit, die vom Gewicht 1 aufgenommen wird ( $F_1 \cdot s_1 = W_1$ ).
4. Berechne und notiere den Wert der Arbeit, die vom Gewicht 2 abgegeben wird ( $F_2 \cdot s_2 = W_2$ ).



## Frage:

Ist die Arbeit, die vom Gewicht 2 abgegeben wird, gleich der Arbeit, die vom Gewicht 1 aufgenommen wird, oder sind sie unterschiedlich? (Bedenke, dass wegen der Reibung immer ein kleiner Unterschied sein wird.)

# Energie

## Beobachtung:

Die Arbeit, die vom Gewicht 2 abgegeben wird, ist der aufgenommenen Arbeit von Gewicht 1 gleich (mit einem kleinen Unterschied, der durch die Reibung verursacht wird.)

## Erklärung:

Die Arbeit, die am Gewicht 1 durch das Hochheben verrichtet wurde, wird in die Möglichkeit umgewandelt, dass diese Arbeit durch das gerade hoch gehobene Gewicht später wieder verrichtet wird.

Du kannst von dieser Möglichkeit (Potential) Gebrauch machen, indem du das Gewicht 1 so anstößt, dass es sich abwärts bewegt. Durch sein Potential hebt es das Gewicht 2 hoch.

Die Möglichkeit eine Arbeit auszuführen, nennt man **Energie**. Wenn das Gewicht hoch gezogen ist, besitzt es **potentielle Energie**, hier: Lage-Energie. Wenn sich das Gewicht abwärts bewegt, wird seine **Energie** in **Arbeit** umgewandelt, die dann zu dem anderen Gewicht gebracht wird und dort wieder als **potentielle Energie** gespeichert ist.

Die Maßeinheit für **Energie** ist die gleiche wie für die **Arbeit**: **Ncm** oder **Joule (J)**.

## Weitere Arbeitsaufträge:

1. Bewege verschiedene Gewichte langsam auf und ab. Denke darüber nach, wie die Energie von einem Gewicht zum anderen fließt und wieder zurück zum ersten.
2. Nimm das Gewicht 2 ab und ziehe mit deiner Hand. Woher kommt die gespeicherte Energie im Gewicht 1 jetzt?

# Leistung

## Materialien:

ein Versuchsaufbau mit mehreren Rollen, die ein schweres Gewicht tragen können: 10 kg - Gewicht, Eimer mit Sand oder Wassersack

## Arbeitsaufträge:

1. Ziehe das Gewicht in 10 Sekunden einen Meter hoch.
2. Ziehe das Gewicht in 2 Sekunden einen Meter hoch.

## Frage:

Ist die Kraft unterschiedlich?

## Weitere Arbeitsaufträge:

Berechne für die Aufträge 1 und 2 die Arbeit.

## Frage:

Ist die Arbeit unterschiedlich?



# Leistung

## Beobachtungen:

Die Kraft bleibt gleich: Es war das gleiche Gewicht und die gleiche Rolle. Auch die berechnete Arbeit bleibt gleich, es war das gleiche Gewicht und der gleiche Weg.

## Erklärung:

Auch wenn die Arbeit die gleiche ist, gibt es einen Unterschied: Dieselbe Arbeit in einer kürzeren Zeit erfordert mehr Leistung.

Die Formel für Leistung ist:

$$\text{Arbeit} : \text{Zeit} = \text{Leistung}$$

$$W : t = P$$

„P“ von englisch „Power“ ist die Abkürzung für „Leistung“.

Die Maßeinheit für Leistung ist Nm/s. Andere Maßeinheiten sind J/s oder Watt (W):

$$100 \text{ Nm/s} = 1 \text{ Nm/s} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$$

## Weitere Arbeitsaufträge:

Berechne die Leistung für die Aufträge 1. und 2.

# Statische Mechanik – Rollen

## – Übersicht –

( **E** bedeutet Erklärungsseite)

weiterführend	
1. Die einzelne feste Rolle	+ E
2. Kräfte an der einzelnen festen Rolle	+ E
3. Die einzelne feste und die einzelne bewegliche Rolle	+ E
4. Die einzelne bewegliche Rolle	+ E
5. Die doppelte feste und die doppelte bewegliche Rolle	+ E
Messen und Rechnen	
1. Verhältnis der Kräfte an Rollen	+ E
2. Arbeit	+ E
3. Energie	+ E
4. Leistung	+ E