

**THEMA:** Grundlagen der Mechanik, Einheiten, schiefe Ebene, Rollen

**AUSBILDUNGSZIELE:** Die Teilnehmenden sollen physikalische Grundlagen und Grundlagen der Mechanik kennen und im Feuerwehrdienst anwenden können.

**Teilziele:** Die Teilnehmenden sollen **wissen:**

- Die Maßeinheiten und deren unterschiedliche Bedeutung.
- Den Unterschied zwischen Masse, Gewicht/Gewichtskraft und spezifischem Gewicht.
- Wie ein Hebel funktioniert und wie das Hebelgesetz lautet.
- Welchen Nutzen eine schiefe Ebene bringt und wo sie anwendbar ist.
- Wo Keile ihren Einsatz finden und dass durch ihren Einsatz große Kräfte aufgebracht werden können.
- Welche Kräfte entlang einer schiefen Ebene wirken.
- Dass immer die „Goldene Regel der Mechanik“ gilt.

Die Teilnehmenden sollen **können:**

- Die wirkenden Kräfte beim Ziehen und Heben ermitteln.
- Einfache Berechnungen von Hebel, schiefer Ebene und Keil durchführen.
- Die Zugkraft durch Einscheren von Rollen erhöhen.
- Belastungen beim Einscheren von Rollen ermitteln, und Rollen gewinnbringend einsetzen.

**METHODE:** Lehrgespräch und Demonstration durch Versuche

**BITTE VORBEREITEN:**

**Unterlagen:** Dazugehörige Präsentation

**Geräte:** PC und Beamer zur Vorführung der Präsentation  
Modellfahrzeug (LKW oder ähnliches)  
Flipchart

**Sonstiges:** -

**HINWEISE:** -

**ZEIT:** mindestens 90 Minuten

**ORT:** Lehrsaal, Schulungsraum

## **EINLEITUNG**

- Erkläre, dass sich jeder im Laufe seiner Schulzeit Wissen über Maßeinheiten, physikalische Grundlagen und deren Zusammenhänge angeeignet hat.

## **HAUPTTEIL**

### **1. Maßeinheiten**

Zeige die Folie mit den Maßeinheiten und erläutere, dass nicht immer einheitliche Maßeinheiten verwendet wurden. Die gezeigten Maßeinheiten sind jene, welche aktuell verwendet werden und in der Feuerwehr relevant sind.

#### **1.1. Unterschied zwischen Masse und Kraft**

- Frage die Teilnehmenden, ob sie eine Einbauseilwinde bei ihrem Fahrzeug haben und falls ja, welche Leistung die Winde hat. Da die Frage fast immer mit der Aussage „...das Fahrzeug verfügt über eine 5 Tonnen Winde“ beantwortet wird, ist zu erläutern, dass es sich somit um ein ganz schön großes Fahrzeug handeln muss, wenn es eine 5 Tonnen schwere Winde eingebaut hat. Auf diese Art kann der Bezug zwischen Masse und Kraft hergestellt werden.
- Erkläre nun, dass Masse als Stoffmenge  $\times$  spezifisches Gewicht definiert ist und dass jeder Stoff sein zugehöriges, spezifisches Gewicht hat, welches sich nicht ändert.
- Nenne einige Beispiele!
  - Wasser  $\sim 1000 \text{ kg/m}^3$
  - Fichtenholz  $\sim 500 \text{ kg/m}^3$
  - Schotter  $\sim 1800 \text{ kg/m}^3$
  - Stahl  $\sim 7800 \text{ kg/m}^3$
  - Sand (trocken)  $\sim 1300 \text{ kg/m}^3$
- Zeige die Folie, bei welcher a) eine Last von einer Tonne gehoben wird und b) die gleiche Last am Boden gezogen wird. Frage die Teilnehmenden in welchem Fall mehr Zugkraft erforderlich ist bzw. wo Tonnen auch der Zugkraft von 1 kN entsprechen.

## 1.2. Die Kraft

- Nimm ein Modellfahrzeug und stelle es auf den Tisch. Frage die Teilnehmenden, was mit dem Fahrzeug passiert, wenn kein Gang eingelegt und keine Bremse angezogen ist.
- Frage weiters, was getan werden muss, damit sich das Fahrzeug zu bewegen beginnt. Nun ist klar, dass die Kraft, die Ursache für eine Bewegung/Bewegungsänderung ist.
- Nimm ein Blatt Papier und lege es auf die flache Hand. Verbiege bzw. zerknülle anschließend das Blatt Papier und erkläre, dass Kraft auch die Ursache für eine Formänderung ist.
- Erkläre die Einheit der Kraft und erläutere die Formel:  
**KRAFT = MASSE x BESCHLEUNIGUNG**
- Bringe jetzt die Gewichtskraft bzw. die Erdanziehung/Erdbeschleunigung ins Spiel und frage, wie stark angehoben werden muss um z.B.: eine Last von 2000 kg anzuheben.
- Erkläre nochmals, dass die Masse immer gleichbleibt, die Kraft sich aber ändern kann. Stelle dazu den Bezug der Anziehungskraft auf dem Mond her (siehe Folie).
- Beispiel mit einer Waage: Wenn ich wissen möchte, wie schwer ich bin stelle ich mich auf eine Waage. Diese zeigt jedoch nicht mein Gewicht an, sondern mit wie viel Kraft mich die Erde anzieht. Wenn ich wissen möchte was meine tatsächliche Masse ist, muss ich meine Dichte und mein Volumen berechnen.

## 1.3. Der Druck

- Erkläre die physikalische Formel des Drucks:  
**DRUCK = KRAFT / FLÄCHE**
- Lasse von einer\*m Teilnehmer\*in ein Blatt Papier in den Händen halten, straff spannen und stelle das Modellfahrzeug darauf – erkläre dabei, dass sich die Kraft auf alle 4 Räder, also eine relativ große Fläche, verteilt. Ändere die Situation in dem du das Modellfahrzeug auf eine Kugelschreiberspitze stellst und erkläre, dass die Fläche, auf welche sich die Kraft verteilt nun extrem klein geworden ist. Frage die Teilnehmenden: „In welcher der beiden Situationen ist der Druck höher?“.

- Erkläre die Einheit des Drucks und weise darauf hin, dass die Grundeinheit „Pascal“ wenig gebräuchlich ist, weil sie sehr klein ist.

#### 1.4. Die Arbeit

Erkläre die Physikalische Formel der Arbeit: **ARBEIT = KRAFT x WEG**

Weise darauf hin, dass es sich hierbei nur um eine Form von Arbeit handelt (weitere Formen von Arbeit: Beschleunigungsarbeit, Elektrische Arbeit, Reibungsarbeit, ...). Nimm das Modellfahrzeug in die Hand und trage es in gleicher Höhe einige Meter. Frage nun, ob Arbeit im Sinne der vorher angeführten Formel verrichtet wurde. Erkläre, wie die Einheit für die Arbeit lautet.

#### 1.5. Die Leistung

Erkläre, dass **LEISTUNG = ARBEIT / ZEIT** ist.

Die Leistung wird bei der Feuerwehr nie absolut berechnet. Erkläre die Einheit der Leistung (Watt) und verweise auf die „alte“ Einheit „PS“.

### 2. Hebel

Erkläre, dass der Hebel eines der einfachsten Hilfsmittel zur Bewegung von Lasten ist. Frage in die Runde, wer heute schon einen Hebel betätigt hat! Erkläre daraufhin, dass ohne Anwendung des Hebels unser ganzes Leben nicht möglich wäre.

- Erkläre das Hebelgesetz: **LAST x LASTARM = KRAFT x KRAFTARM**  
Ziehe dabei die Parallele zum Begriff der Arbeit (**ARBEIT = KRAFT x WEG**).
- Skizziere einen einarmigen und einen zweiarmigen Hebel und erkläre die Unterschiede.
- Besprich die Folie und frage die Teilnehmenden, bei welchem Hebel mehr bzw. weniger Kraft zum Bewegen der Last benötigt wird. Lasse die Teilnehmenden abstimmen. Berechne erst nach der Abstimmung die Kräfte der beiden Hebel!
- Erkläre nach der Berechnung warum beim einarmigen Hebel weniger Kraft benötigt wird und dass Menschen bei der praktischen Arbeit intuitiv den einarmigen Hebel bevorzugen.
- Gehe im speziellen darauf ein, dass zwar weniger Kraft zum Bewegen der Last benötigt wird, dieser Kraftgewinn allerdings zu Lasten des Weges geht. Es gilt die sogenannte „Goldene Regel der Mechanik“: Was an Kraft gewonnen wird, geht an Weg verloren!

### 3. Schiefe Ebene/ Keil/ Schraube

#### 3.1. Schiefe Ebene

- Definition: Eine schiefe, schräge oder geneigte Ebene ist in der Mechanik eine ebene Fläche, die gegen die Horizontale geneigt ist. Sie wird verwendet, um den Kraftaufwand zur Höhenveränderung einer Masse zu verringern. Der Arbeitsaufwand bleibt jedoch gleich.
- Führe einige Beispiele für die Verwendung der schiefen Ebene an (Treppe, Rampe für Rollstühle bzw. Fahrräder oder Schrauben bzw. ein Keil) und erkläre den dabei erreichten Nutzen. Stelle nun den Bezug zu einer Fahrzeugbergung her und frage die Teilnehmenden, in welchem Fall ein Fahrzeug leichter zu bewegen ist – auf einer ebenen Fläche oder an einer Steigung.
- Erkläre, dass selbst im täglichen Leben immer wieder die schiefe Ebene zur Anwendung kommt und dieses Hilfsmittel bereits in der frühen Geschichte ausreichend Verwendung fand (z.B.: beim Bau der Pyramiden).
- Stelle anhand der projizierten Folie den Bezug zwischen HEBEN einer Last und BEWEGEN EINER LAST ENTLANG DER SCHIEFEN EBENE her. Weise darauf hin, dass versucht wird, die Reibung zwischen Last und Untergrund möglichst gering zu halten
- Erläutere, wie man die Kräfte entlang der schiefen Ebene berechnen kann:  
$$\text{LAST} \times \text{HUBHÖHE} = \text{KRAFT entlang der schiefen Ebene} \times \text{WEG entlang der schiefen EBENE}$$

#### 3.2. Der Keil

- Definition: Ein Keil ist ein Körper, bei dem zwei Seitenflächen unter einem spitzen Winkel zusammenlaufen. Keile werden als Werkzeug zum Spalten und zur Kraftübertragung verwendet, wobei das mechanische Prinzip der schiefen Ebene genutzt wird.
- Zeichne einige verschiedene Keile auf ein Flip Chart. Achte darauf, dass einer der Keile so gezeichnet ist, dass er sinnvoll eingesetzt werden kann und ein weiterer so gezeichnet ist (steil), dass er nicht verwendbar ist.

- Frage die Teilnehmenden nun, welcher Keil für sie günstiger erscheint und bringe dabei das Keilverhältnis ins Spiel, welches idealerweise im Verhältnis 1:7 (oder größer) sein sollte. Erkläre die günstigste Beschaffenheit des Keils und die ideale Werkstoffart.
- Lasse einige Beispiele aufzählen bei denen Keile ihre Anwendung finden und erläutere ein Beispiel aus der Praxis, bei dem mit Keilen große Kräfte aufgebracht werden.

### **3.3. Die Schraube**

Erkläre, dass die Schraube eigentlich ein Keil ist, welcher auf einem Bolzen aufgewickelt ist.

### **3.4. Rollen und Flaschenzug**

Erkläre, dass zum Erhöhen der Zugkraft einer Zugeinrichtung (Greifzug, Seilwinde, etc.) Rollen eingesichert werden müssen. Für eine zweckmäßige Umsetzung ist Wissen darüber, wie Rollen möglichst gewinnbringend eingesetzt werden, erforderlich. Mit Einscheren wird sowohl der Vorgang als auch die Art und Weise bezeichnet, ein Seil in Rollenblöcke einzufädeln.

### 3.5. Feste Rolle

Definition: Eine feste Rolle ist so befestigt, dass sie ihre Position während der Benutzung nicht ändert.

Erkläre die Kräfte, welche an der „Festen Rolle“ wirken. Die Zugkraft, die aufgebracht wird, bleibt unverändert, nur die Zugrichtung wird beeinflusst. Eine feste Rolle nennt man auch Umlenkrolle, da sie dazu dient die Kraft umzulenken. Stelle den Querbezug zum zweiarmigen Hebel her und erkläre diesen. Frage nach den Kräften an den einzelnen Stellen und weise besonders auf die Kraft im Festpunkt - wo die Rolle befestigt ist - hin.

- Erläutere nachstehendes Beispiel für ein besseres Verständnis: Ein Meister und ein Lehrling arbeiten auf einer Baustelle - der Meister im 1. OG und der Lehrling im Freien. Um den Mörtel in den 1. Stock befördern zu können, wurde eine Rolle montiert. Der Kübel mit Mörtel wiegt 20 kg. Dies bedeutet, dass der Lehrling diese Kraft aufbringen muss, um den Kübel nach oben zu hieven. Jede Bewegung, welche auf einer Seite der Rolle passiert, ist gleichgesetzt mit jener auf der anderen Seite.

### 3.6. Lose Rolle

Lose Rollen liegen in der Seilführung und werden vom Seil getragen.

Erkläre die Kräfte an der „Losen Rolle“. Jeder der beiden Teile des Seiles, die die lose Rolle einschließen, nimmt 50% der Kraft auf. Auf diese Weise lässt sich eine Last mit dem halben Kraftaufwand heben. Stelle den Querbezug zum einarmigen Hebel her und erkläre diesen. Frage nach den Kräften an den einzelnen Stellen und weise besonders auf die Kraft im Festpunkt - dort wo die Rolle befestigt ist - hin. Erkläre die „lose Rolle“ mit einem praktischen Beispiel. Gehe darauf ein, dass zwar die Last mit der halben Kraft gezogen werden kann, aber der doppelte Weg zurückgelegt werden muss.

- Zum besseren Verständnis erkläre weiterführend anhand des oben genannten Beispiels: Während der Mittagspause wurde vom Lehrling die feste Rolle durch eine lose Rolle ersetzt. Frage die Teilnehmenden, wie sich dies nun auswirkt? Anstatt 20kg sind nur noch 10 kg zu ziehen, da laut Hebelgesetz der gesamte Kraftarm wieder genutzt werden kann. Nun muss der Meister jedoch selbst ziehen - und das bei längerem Weg. Es gilt die goldene Regel der Mechanik: Was ich an Kraft gewinne, geht an Weg verloren.



### 3.7. Flaschenzug

Ein Flaschenzug ist eine Vorrichtung, die die aufzubringende Kraft zum Bewegen von Lasten verringert. Dieser besteht aus losen und festen Rollen sowie einem Seil.

Zeige das Bild eines Flaschenzuges und frage, wie hoch die Zugkraft sein muss. Gehe nacheinander die Belastungen in den einzelnen Punkten durch. Weise darauf hin, dass theoretisch endlos viele Rollen aneinander gekettet werden können, dies aber praktisch keinen Sinn ergibt.

## 4. Fahrzeugbergung

Bei der Bergung von Kraftfahrzeugen (aber auch von sonstigen Gütern) ist es zweckmäßig, sich eine geeignete Vorgehensweise zurechtzulegen. So sollte nach eingehender Erkundung der Lage und der Durchführung von Erstmaßnahmen (z.B.: Absichern der Einsatzstelle, Aufbau eines Brandschutzes, Betreuung von Verletzten, ...) unbedingt eine genaue Überlegung angestellt werden, wie die „Last“ am Sichersten und Schonendsten geborgen werden kann.

- In die Überlegung müssen folgende sechs Punkte unbedingt miteinbezogen werden:
  - Wie schwer ist das Fahrzeug? Wie kann ich das Gewicht abschätzen bzw. woher bekomme ich entsprechende Informationen?
  - Welchen Untergrund habe ich (Schlamm, Wiese, Asphalt etc.)?
  - Muss ich das Fahrzeug über eine Böschung ziehen?
  - Habe ich Verankerungspunkte wo ich a) anhängen b) eine Rolle einscheren c) eine Erdverankerung einschlagen kann (Untergrund)?
  - Welche Anschlagmittel habe ich zur Verfügung? Was halten diese aus?
  - Muss ich einscheren, um weniger Kraft aufwenden zu müssen bzw. um überhaupt ziehen zu können?

#### 4.1. Fahrzeuggewicht/Last

Das Gewicht des zu bergenden Fahrzeuges nimmt großen Einfluss auf die zu erwartende Zugkraft und ist möglichst genau zu ermitteln (im Zweifelsfall den höheren Wert annehmen).

Die Möglichkeiten zur Ermittlung des Fahrzeuggewichtes sind:

- Befragung des Fahrers
  - Ablesen aus dem Zulassungsschein
  - Ablesen des Typenschildes bei LKW
  - Ablesen der Typenbezeichnung
  - Als letzte Möglichkeit können Schätzungen angestellt werden.
- Beispiele für Fahrzeuggewichte

PKW:	1000 – 1500kg
Van/Kleinbusse:	~1700kg
Geländewagen:	~2000kg
LKW 2-Achsen:	max. 18.000 kg
LKW 3-Achsen:	max. 26.000 kg
LKW 4-Achsen:	max. 32.000 kg

Bei sonstigen Gütern ist, wenn nicht anders möglich, auf Grund der Größe und des Materials das Gewicht abzuschätzen.

## 4.2. Untergrund

- Ausschlaggebend für die Ermittlung der tatsächlich zu erwartenden Zugkraft, ist die Beurteilung des Untergrundes und weiter die Unterscheidung, ob es sich um Rollreibung (Fahrzeuge mit sich drehenden Rädern) oder um Haftreibung (Fahrzeuge mit blockierten Rädern bzw. sonstige Lasten ohne Räder) handelt.
- Reibungswerte bei Haftreibung (Reibungszahlen zwischen Reifen und Fahrbahn bei blockierenden Rädern):

Die Haftreibung gilt streng genommen nur zu dem Zeitpunkt, in dem sich die Last gerade in Bewegung setzt. Sobald sie jedoch in Bewegung ist, müsste man mit dem Gleitreibungsfaktor (Gleitreibung liegt vor, wenn ein Körper auf einem anderen gleitet, sich also beide Körper gegeneinander bewegen. Dabei wirkt auf den Körper eine Kraft, die als Gleitreibungskraft bezeichnet wird. Sie ist immer so gerichtet, dass sie die Bewegung des Körpers relativ zur Unterlage hemmt) rechnen. Dies wird jedoch in unseren Feuerwehreberechnungen nicht berücksichtigt, da der Gleitreibungsfaktor immer kleiner ist als der Haftreibungsfaktor → somit ist man mit der Haftreibung immer auf der sicheren Seite.

- Wird ein Fahrzeug als Verankerungspunkt verwendet oder mit einer Einbauseilwinde gezogen, ist ebenfalls die Haftreibung zu berücksichtigen. Beim Zugfahrzeug ist die Haftreibung erwünscht und soll dieses vor einem Wegrutschen bewahren. Um die Haftreibung zu erhöhen können sogenannte Windenkeile beim Zugfahrzeug eingesetzt werden.

### 4.3. Steigung

- Ist zusätzlich zum Rollwiderstand/Haftreibung auch noch eine Steigung zu überwinden, so ist auch dies in die Berechnungen mit einzubeziehen.
- Der Steigungswiderstand ist jener durch das Gesamtgewicht der Last hervorgerufene Widerstand, welcher beim Befahren einer Steigung entsteht. Die Ermittlung des Steigungswiderstandes erfolgt entweder mit Hilfe der Faustformel oder mittels Bergetabelle. In beiden Fällen muss zuerst der Steigungswinkel ermittelt werden.
- Berechne mit den Teilnehmenden anhand eines Beispiels oder des LKW-Modelles den Steigungswiderstand bzw. ermittle diesen mit der Bergetabelle. Weise darauf hin, dass die Tabelle ein Werkzeug für den Einsatzfall ist, um schnell und einfach die, für eine Fahrzeugbergung aufzuwendende Kraft, ermitteln zu können.

#### 4.4. Anschlagmittel

- Gib den Teilnehmenden einen kurzen Überblick über die Anschlagmittel, welche im Feuerwehrdienst verwendet werden. Anschlagmittel für den Feuerwehrdienst sind Arbeitsbehelfe wie Stahldrahtseile, Ketten, Rundschlingen und Hebebänder mit welchen in Kombination mit Verbindungselementen wie Lasthaken, Lastringe, Schäkel, Conexglieder und Endbeschläge, durchwegs formschlüssige, lösbare Verbindungen zwischen Last und Hebe- bzw. Zuggerät durch Umschlingen oder Einhängen hergestellt werden.
- Kontrolle und Prüfung
  - Kontrolle:

Anschlagmittel sind nach jeder Verwendung einer Sichtkontrolle (= augenscheinliche Feststellung äußerer Fehler) zu unterziehen. Werden Fehler festgestellt, so ist das Anschlagmittel abzulegen (auszuscheiden) oder durch eine fachkundige Person zu überprüfen. Jede\*r Anwender\*in ist für die Sichtkontrolle verantwortlich.
  - Prüfung:

In Gebrauch befindliche Anschlagmittel sind mindestens einmal jährlich durch eine fachkundige Person (ausgebildeter Gerätewart) zu prüfen. Über die jährlichen Prüfungen sind Aufzeichnungen zu führen.
- Kennzeichnung der Tragfähigkeit

Jedes Anschlagmittel muss direkt am Gerät eine Kennzeichnung der Tragfähigkeit aufweisen. Sollte diese Kennzeichnung unleserlich werden oder verloren gegangen sein, darf das Anschlagmittel nicht weiterverwendet werden.

#### SCHLUSS

- Fasse das Gelernte nochmals kurz zusammen.
- Gib den Teilnehmenden die Möglichkeit Fragen zu stellen.
- Theoretischer Input für die Praxis.