

Da könnt ihr noch so ziehen,
waagrecht wird das nie!
Warum nicht, lesen Sie im
folgenden Bericht

KRÄFTE AN SEILEN

Statik für den Hausgebrauch

Befestigungen sind jeden Tag Thema im SHK-Beruf. Nicht immer wird einem bewusst, wie sehr man mit den wirksamen Kräften des Arbeitsalltages fertig wird. Aber letztlich kriegt man für die meisten Fälle den notwendigen Halt und Sitz.

Meist laufen Entscheidungen in diesem Bereich intuitiv ab. Man stellt beispielsweise die Thermoskanne während des Frühstücks nicht kippelig auf eine Stuhlkante. Sicherlich könnte man einen Punkt ermitteln, an dem eine gewisse Ruhe ins System Kanne/Stuhl einkehrt. Aber besser aufgehoben ist der Kaffeebehälter sicherlich auf dem flachen Tisch. Bereits Kleinkinder sind in der Lage diese Erfahrungen, nach einigen, mehr oder weniger provozierten Missgeschicken, umzusetzen. In jedem Menschen steckt daher ein Statiker.

GLEICHGEWICHT DER KRÄFTE

Statik ist ein Teilgebiet der Physik und der Mechanik. Sie beschäftigt sich mit unbewegten Systemen. Und hier gilt eine goldene Regel, die als Gedankenmodell eine sehr einfache Übung darstellt. Als Gleichgewichtsbedingung gilt, dass die resultierenden Kräfte, die auf einen Körper wirken, gleich Null sein müssen. Im einfachsten Fall hängt also ein Gewicht mit einem Kilogramm Masse an einem Faden und befindet sich erst dann in Ruhe, wenn dieser Faden der Gewichtskraft eine gleiche große Gegenkraft entgegensetzt. Die Gewichtskraft der Masse von einem Kilogramm entspricht ungefähr zehn Newton. Der dünne, fast masselose Faden wird also ein wenig in die Länge gezogen und hält dann irgendwann das Gleichgewicht. Der Massekörper kommt zur Ruhe. Am anderen Ende des Fadens würde man nur feststellen, dass dieser mit 10 Newton nach unten zieht, in Richtung Erdmittelpunkt. Die Zugkraft des Fadens und die Gewichtskraft der Kugel halten sich die Waage.

KOMPONENTEN EINER KRAFT

Befestigt man das Ein-Kilo-Gewicht in der Mitte eines Fadens, können noch weitere Phänomene im Gedankenexperiment nachvollzogen werden. Nimmt man beide Fadenenden

ISAAC NEWTON

Sir Isaac Newton (* 1642, † 1726) war ein englischer Naturforscher. Mit seinem Gravitationsgesetz beschrieb er die universelle Gravitation und die Bewegungsgesetze und legte damit den Grundstein für die klassische Mechanik.

zusammen in eine Hand und würde jetzt die Kraft an jedem Fadenende ermitteln, würde man dort nur noch die Hälfte der ehemals an dem einen Faden ermittelten Kraft feststellen. Logisch, trägt doch jeder der beiden Fäden jeweils die Hälfte der Gewichtskraft. Jedes Ende würde also mit fünf Newton nach unten ziehen. Drei Fäden würden die wirksame Kraft also dritteln - und so weiter. Ein logischer Vorgang aber langweilig. Interessanter wird dieses Experiment erst dann, wenn man das Ende des Fadens jeweils in eine Hand nimmt. Das angehängte Gewicht bleibt mit seiner Masse von einem Kilogramm natürlich konstant und in der Mitte des Fadens. Damit bleibt die Art des Ziehens in Richtung Erdmittelpunkt von gleicher Größe wie bisher. An beiden Schnurenden wirken fünf Newton senkrecht nach unten. Aber je weiter man die beiden Schnurenden voneinander entfernt, desto größer wird eine neue Kraft, die vorher nicht da war. Eine waagerechte Komponente schleicht sich gewissermaßen dazu. Und je weiter man den Faden spannt, um ihn in eine waagerechte Position zu bringen, umso größer wird die waagerechte Komponente der Kraft. Ab einem Winkel der beiden Fäden von mehr als 45 Grad überwiegt sogar die Komponente zur Seite. Wer dieses Experiment in Natur nachvollzieht, spürt diese waagerechten Kräfte deutlich.

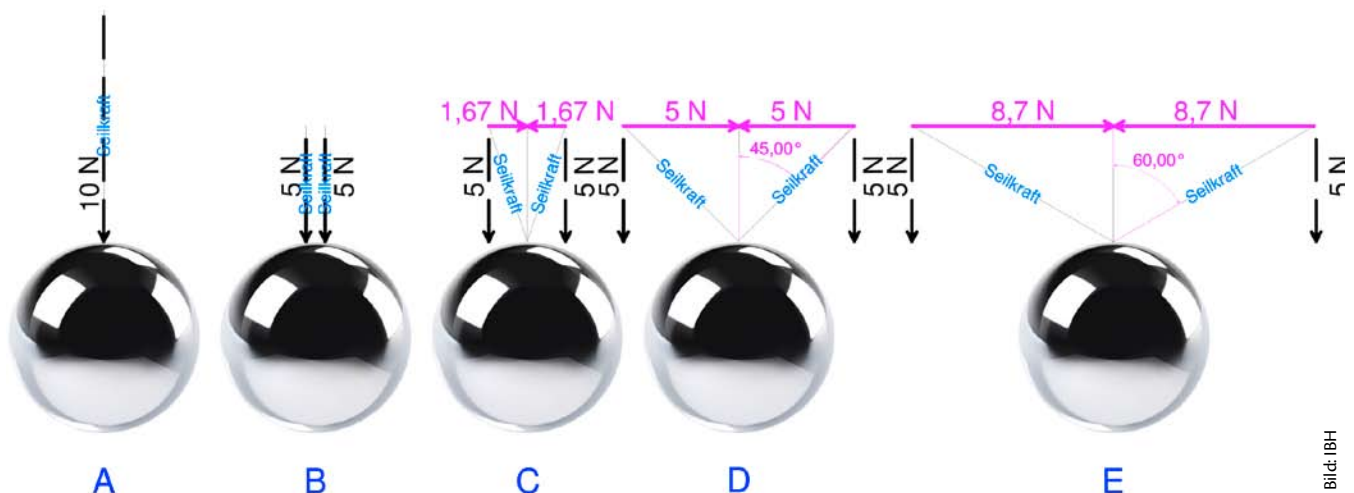
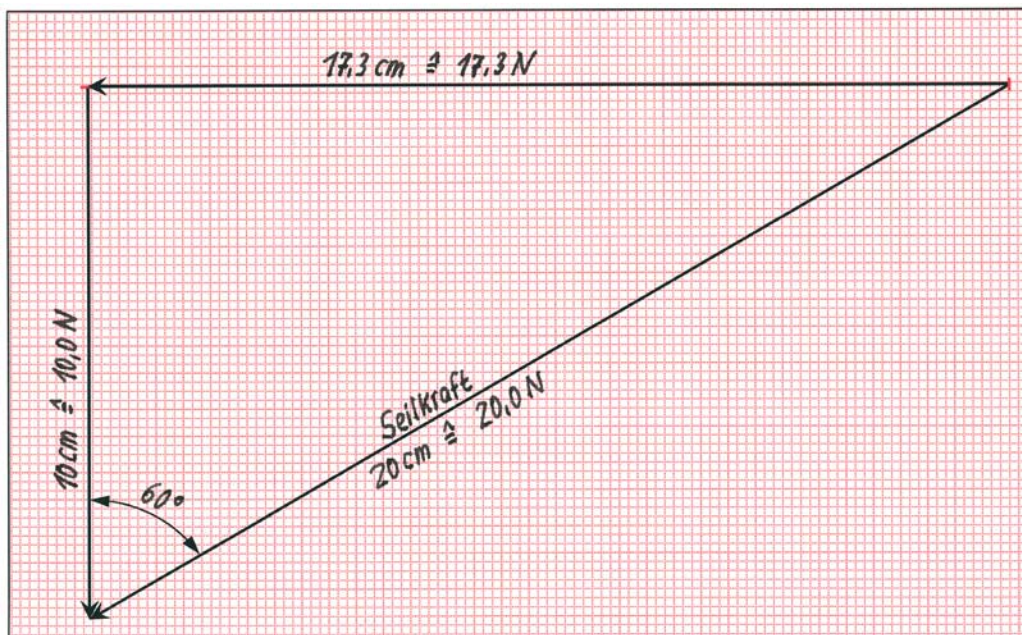


Bild: IBH

Nur durch unterschiedliches Abspannen eines Fadens, kann eine Kugel mit einem Kilogramm Masse die unterschiedlichsten Seilkräfte auslösen



So werden die ersten Berechnungen zum Thema Statik an der Uni angegangen. Alles lösbar, wenn man weiß, wie es geht

UNENDLICHE WEITEN

Hat man einen entsprechend stabilen Faden für dieses Experiment benutzt, kann es soweit getrieben werden, dass man ein Fadenende an der Wand befestigt und das andere mit aller Kraft von dieser Wand wegzieht. Ziel soll es sein, den Faden absolut in die Waage zu bringen. Der Faden soll also durch das Gewicht von einem Kilogramm nicht die kleinste Beule aufweisen. Es stellt sich dann die Frage nach der Machbarkeit – und vor allem nach der dazu notwendigen Kraft. Nach unten bleibt die Gewichtskraft, die ein Kilogramm Gewicht verursacht und sich auf zwei Fäden aufteilt. Zu den Seiten jedoch ergeben sich gänzlich andere Größen. Diese Größen wachsen

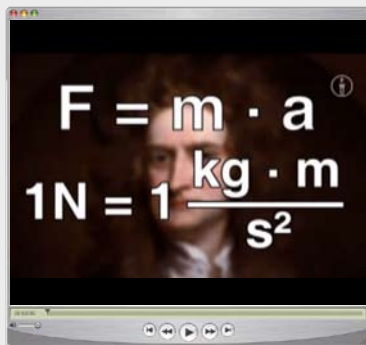
mit zunehmender Anhebung des Gewichts durch das Spannen des Fadens. Was aber auch auffällt, ist die Tatsache, dass man den Faden niemals so stark spannen kann, dass dieser keine Beule mehr aufweist.

PHYSIK UND VEKTOREN

Dieses Phänomen lässt sich hervorragend auch mathematisch herleiten. Nicht, dass man hier durch pures Weiterlesen zum Diplom-Statiker aufsteigt. Aber die Zusammenhänge und das bereits beschriebene Gedankenexperiment bieten sich an, um in die Welt der Vektoren vorzustoßen. Vektoren haben von Hause aus einen Start- und Endpunkt, sowie eine Richtung. Stattet man also das eben beschriebene Gewicht mit einem Vektor für die Kraft aus, so könnte man im einfachsten Fall annehmen, dass die Gewichtskraft von zehn Newton mit einer Länge von zehn Zentimetern dargestellt wird. Die Richtung ist dabei vorgegeben und klar nach untenweisend. Wenn der Faden dieses Gewicht trägt, hat er eine gleich große Gegenkraft entgegenzusetzen. Der Vektor für die Reaktionskraft des Fadens läuft also nach oben und ist ebenfalls zehn Zentimeter lang, entsprechend 10 Newton. Sobald der Faden jedoch zweigeteilt das Gewicht trägt, verändern sich die Kraftverhältnisse. Die nach untenweisende Kraft des Gewichts verändert sich nicht und bleibt konstant bei dann jeweils fünf Newton für jedes Fadenende. Bewegt man die beiden losen Fadenenden voneinander weg, ergeben sich die bereits beschriebenen und fühlbaren Kräfte. Die Komponente mit der Drift zur Seite nimmt für den Faden zu, je weiter man die losen Enden voneinander entfernt. Sie



FILM ZUM THEMA



Wer sich eine Einführung zum Thema Kraft ansehen möchte, kann dies tun unter

www.sbz-monteur.de → Das Heft → Lehrfilme zum Heft

ist beispielsweise bei 45 Grad gleichwertig für den Zeiger nach unten und seinem Gegenstück zur Seite. Die Zugkraft zur Seite beträgt dann also ebenfalls fünf Newton. Wenn der Winkel noch größer wird, überwiegt sogar die seitliche Komponente. Die Kraft, die das Gewicht zur Seite zieht ist dann bereits größer als die Kraft nach unten.

VEKTORADDITION PER FADEN

Die Kraft, die ein Seil oder der im Gedankenexperiment benutzte Faden aufnehmen kann, ist eindeutig eine Zugkraft längs des Fadens. Ein Stab würde sich da schon ganz anders verhalten. Der Faden jedoch richtet sich in die Richtung der resultierenden Kräfte aus. Er „spürt“ natürlich weder die Querkraft zur Seite noch die Gewichtskraft nach unten. Er wird lediglich durch die resultierende Kraft gefordert. Und diese resultierende Kraft lässt sich als Addition der beiden Vektoren für die senkrechte und waagerechte Komponente addieren. Das bedeutet, der Fadenverlauf zeigt zumindest schon mal die Richtung des resultierenden Vektors an. Misst man die Komponenten bezüglich der Länge genau aus, so kann man auch auf die resultierende Kraft des Vektors schließen. Also mit der Kraft, mit der der Faden beansprucht wird. Würde man nun noch die maximale Kraft kennen, für die der Faden geeignet ist, so könnte man bereits eine Aussage über die Haltbarkeit der Abspannung machen.

BEANSPRUCHUNG DER PUNKTE

Will man nun die Abspannvorrichtung mit dem Gewicht an einer Wand befestigen, so wirken auf diese Befestigung natürlich wieder die gleichen Kräfte, die auch den Faden beanspruchen. Eine Schraube würde also die Kraft nach unten und zur Seite aufnehmen müssen. Und jetzt nochmals zu dem Anspannen des Fadens und damit zu der Zunahme der querlaufenden Kräfte. Je strammer man die Konstruktion spannt, umso mehr wandert der Aufhängepunkt in die Höhe und der Verlauf der Schnur nähert sich der Waagerechten. Beobachtet man während der letzten paar Millimeter vor dem Erreichen der waagerechten Position jedoch den Vektorverlauf der waagerechten Kraftkomponente, wird dieser immer länger und läuft dann kurz vor Erreichen der waagerechten Position ins Nirwana. Der Vektor läuft dann tatsächlich ins Unendliche und trifft erst dort den Fünf-Newton-Vektor für die senkrechte Komponente. Und praktisch bedeutet das, dass der Faden niemals komplett waagerecht gespannt werden kann. Die Kraft dafür lässt sich nicht aufbringen. Jeder Faden oder auch jedes Drahtseil beliebiger Dicke würde reißen. Jede Schraube, die in eine Wand fachmännisch eingedübelt worden wäre, würde unweigerlich aus dem Loch herausschnellen oder die



Bild: Beck & Partner

Zur Montage einer Dachrinne wird natürlich die altbewährte Schnur gespannt. Aber auch die hängt durch, allerdings vernachlässigbar gering



DICTIONARY

Befestigung	=	anchorage, fixation
Kraft	=	force
Seil	=	rope
senkrecht	=	vertical
waagrecht	=	horizontal

Wand einreißen. Unendlich eben und damit unbezwingbar. Übrigens kann aus dem hier beschriebenen Phänomen auch abgeleitet werden, dass man einer Schnur zum Anzeichnen von Höhen, beispielsweise zur Montage einer Dachrinne, nicht hundertprozentig trauen kann. Auch eine Schnur ohne angehängtes Gewicht lässt sich niemals ganz waagrecht spannen. Allein durch das Eigengewicht der Schnur setzt die Physik hier Grenzen und die Schnur hängt immer ein wenig durch. Für den Hausgebrauch stört das aber meistens nicht. ■