

## Auf Biegen und Brechen – Türme, die (fast) nie einstürzen

bearbeitet von: \_\_\_\_\_

Grashalme sind für Bioniker ganz erstaunliche und interessante Versuchsobjekte. Im Vergleich zu ihrer Höhe sind sie extrem schmal gebaut, und trotz ihres zart anmutenden Anblicks und des im Vergleich dazu ausladend wirkenden Blütenstandes und der großen Blätter sind sie extrem stabil. Selbst starke Winde können ihnen meist nichts anhaben, und erst bei extremen Windstärken knicken sie um.

Aber was macht Grashalme eigentlich so stabil? Das wollen wir nun herausfinden.

### Aufgabe 1: Grashalm zeichnen

Suche dir zunächst einen möglichst langen Grashalm! Er sollte unbedingt einen Blütenstand und einige Blätter haben. Entferne ihn nun ausnahmsweise (!) samt Wurzel aus dem Boden, breite ihn vor dir aus und zeichne ihn möglichst maßstabsgetreu, genau und verkleinert ab!

Beschrifte deine Zeichnung anschließend mit Hilfe deines Lehrers mit folgenden Begriffen:

***Knoten (Nodien), Zwischenknotenstücke (Internodien), Wurzel, Blütenstand, Blattspreite (= flächiger absteher Teil des Blattes), Blattscheide (= röhrenförmiger, den Stengel umfassender unterer Teil des Blattes)***

Kannst du schon jetzt eine Vermutung darüber anstellen, welche Aufgabe(n) den Knoten im Grashalm zukommen könnte(n)?

---

---

---

---

---

---

---

## Aufgabe 2: Knoten und Zwischenknotenstücke im Querschnitt betrachten

Nimm ein scharfes Messer/Skalpell oder eine Rasierklinge. Fertige nun zwei Querschnitte des Grashalms an:

- Schneide zunächst durch einen der Knoten deines Grashalms und betrachte den so entstandenen Knotenquerschnitt genau unter der Lupe!
- Schneide dann ein Stück ober- oder unterhalb des Knotens durch ein Zwischenknotenstück und betrachte auch diesen Querschnitt genau unter der Lupe!

Achte beim Schneiden jeweils darauf, dass du den Halm nicht quetschst oder presst! Sonst kannst du die inneren Strukturen unter der Lupe nicht mehr richtig erkennen!

Zeichne eine vergrößerte Skizze beider Querschnitte! Achte darauf, dass die Proportionen zwischen beiden Querschnitten stimmen, so dass man sie gut vergleichen kann! Achte auch darauf, welche Details du erkennen kannst!

Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede kannst du zwischen beiden Querschnitten entdecken?

---

---

---

---

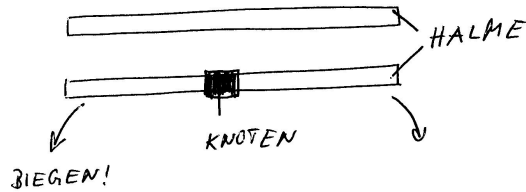
---

---

---

### Aufgabe 3:

Suche dir nun einen neuen, möglichst großen Grashalm! Schneide dir daraus zwei möglichst gleich lange und gleich dicke Stücke, die wie folgt aussehen sollten:



Halte anschließend nacheinander beide Halmstücken an den Enden zwischen Daumen und Zeigefinger fest und bewege die Hände dann wie durch die Pfeile gezeigt nach unten, damit sich die Halme krümmen.

Biege beide Halme so lange, bis mindestens einer von beiden knickt!

Welcher Halm knickt zuerst?

---

---

Was kannst du daraus allgemein für die Stabilität von Grashalmen schlussfolgern?

---

---

#### Aufgabe 4: Schachtelhalm (als Vergleich)



Wiesen-Schachtelhalm  
(*Equisetum pratense*)

In grundfeuchten Lebensräumen (Teichränder, feuchte Waldböschungen) findest du eine „Reliktpflanze“ aus der Urzeit, den Schachtelhalm (*Equisetum* mit mehreren Arten). Allerdings waren die damaligen Vertreter baumgroß!

Der Schachtelhalm ist kein Süßgras sondern eine Sporenpflanze, aber sein Stängelaufbau ähnelt in einigen Dingen dem eines Grases. Deshalb wollen wir uns auch ihn etwas genauer anschauen.

Zeichne den Schachtelhalm (ausschnittsweise)!

Fertige Stängelquerschnitte an und führe das Knickexperiment aus Aufgabe 3 durch.

Notiere dir Gemeinsamkeiten und Unterschiede!

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Aufgabe 5: Wir bauen uns einen Grashalm!**

Der „künstliche“ Grashalm soll eine Höhe von mindestens 25 cm haben und im Durchmesser etwa so dick sein, dass mindestens dein Arm bequem hindurch passt.

Schneide dazu entsprechend große Stücke aus Wellpappe sowie Tonkarton aus! (Du kannst auch etwas dünneres Tonpapier nehmen. Das lässt sich besser biegen und kleben.)

Biege die Wellpappe nun so zu einer runden Röhre, dass die gewellte Fläche nach außen zeigt! Füge die Enden des Pappstückes entweder mit Flüssigkleber oder mit Heftklammern fest zusammen (auch beides zusammen geht).

Bestreiche nun das Tonpapier großflächig mit einer **dünnen** Schicht Flüssigkleber und klebe es außen um die Wellpapprolle herum! Die Enden kannst du ebenfalls zusammen kleben oder mit Heftklammern zusammen tackern. Beides ist nützlich.

**Achte darauf, dass du die Wellpappe beim Kleben nicht zu stark drückst!**

Vergleiche den Aufbau deines künstlich erschaffenen Grashalms mit dem eines echten Grashalms!

Was ist gleich? Worin unterscheiden sich beide Konstruktionen?

*Tipp: Denke auch darüber nach, welche Teile des Papp-Grashalms welchen Teilen am echten Grashalm entsprechen!*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Damit hast du mit vergleichsweise wenig Material eine sehr stabile Konstruktion erschaffen. Um das zu beweisen, kannst du verschiedene Belastungstests damit machen, nachdem der Kleber etwas getrocknet ist:

- Stelle den Papp-Grashalm hochkant auf einen Tisch und belaste ihn mit verschiedenen Gewichten (große Ziegelsteine, Bücher, Eimer mit Erde oder Wasser etc.).
- Stelle den Halm hochkant auf den Boden, lege eine flache, aber stabile Unterlage auf den Halm (z. B. dicke Pappe) und stelle dich nun mit einem Bein darauf. Ein Mitschüler kann dich derweilen durch Festhalten an einer Hand absichern. Hält der Halm dein Gewicht aus?

---

---

---

Damit du einen direkten Vergleich dazu hast, wie stabil dein Grashalm tatsächlich ist, kannst du folgendes tun:

Baue zwei weitere Röhren der gleichen Größe, die jeweils nur ein Bauteil deines Grashalmes beinhalten:

- Forme eine Röhre nur aus der Wellpappe!
- Forme eine andere Röhre nur aus dem Tonpapier!

Mache mit diesen „Grashalm-Einzelteilen“ die gleichen Belastungstests wie mit deinem Papp-Grashalm und vergleiche die Ergebnisse mit denen des Grashalms!

---

---

---

---

---

---

---

## Aufgabe 6:

Mache dir die Konstruktion von Grashalmen auch an folgendem Modell klar, das du im Bionik-Koffer findest. Du benötigst dazu folgende Materialien:

- eine zylindrische Kunststoff-Hülle
- zunächst drei Styropor-Scheiben (werden in den Kunststoffzylinder hinein geschoben; Die mittleren Scheiben können mit einem Kunststoff-Stab waagrecht im Zylinder hin und her geschoben werden. Die beiden anderen Scheiben sitzen an den beiden Enden des Kunststoffzylinders.)
- einen Kunststoff-Stab
- eine Schreinerklemme (mit der der in die Kunststoffhalterung eingespannte Halm an einem Tisch befestigt werden soll)
- eine Kunststoffhalterung (Der Kunststoffzylinder wird mit einem Ende in die Halterung geschoben und darin mit Hilfe des Imbus-Schlüssels befestigt.)
- einen Imbus-Schlüssel (Sechskant)
- eine Schnur mit kleiner Öse
- einen Newtonschen Federkraftmesser

Die mittlere der drei Scheiben ist verschiebbar, während die äußeren beiden Scheiben fest bleiben sollen. Schiebe die mittlere Scheibe zunächst an eines der Enden des Halm-Modells! Befestige dann den Federkraftmesser mit Hilfe der Schnur am freien Ende der Konstruktion und belaste die gesamte Konstruktion durch Ziehen am Kraftmesser so lange, bis sie zu knicken beginnt!

Was verkörpern die Styropor-Scheiben, was der Kunststoffzylinder?

---

---

---

Wie viel Kraft musstest Du aufwenden, um den Halm zum Knicken zu bringen?

---

Führe den Versuch anschließend nochmals durch! Schiebe dazu die bewegliche Scheibe an die erste Knickstelle des Halms!

Wie viel Kraft musstest Du diesmal aufwenden, um den Halm einzuknicken? Wo knickte der Halm diesmal ein?

---

---



Was kannst Du daraus für den Aufbau eines Grashalms schlussfolgern?

---

---

---

---

---

**Dazu kannst du auch noch folgenden Versuch machen:**

Papprollen (etwa die von gewöhnlichen Küchenrollen) lassen sich leicht und ohne viel Mühe knicken. Probiere es mit einer Papprolle aus dem Bionik-Koffer aus!

Beschreibe kurz, was vor dem Knicken passiert!

---

---

Mache an der Stelle des Knicks nun folgendes: Steche mit einer Schere zwei Löcher direkt durch die Mitte der Rolle und fädele einen Faden hindurch. Mache dann an beiden Enden einen Knoten in den Faden und versuche, die Rolle dann erneut genauso zu knicken wie im ersten Versuch!

Was stellst du fest?

---

---

Wie kannst du deine Beobachtungen begründen?

---

---

---

---

---

Inwiefern zeigt dieser Versuch die Funktion von Knoten in Grashalmen?

---

---

---

---

### **Aufgabe 7:**

Der folgende Lückentext fasst all unsere bisherigen Erkenntnisse zusammen. Fülle ihn mit Hilfe der unten stehenden Begriffe aus!

Moderne \_\_\_\_\_ sind nach dem Prinzip von \_\_\_\_\_ konstruiert. Nur so ist es möglich, immer höhere \_\_\_\_\_ zu konstruieren. \_\_\_\_\_ sind nämlich extrem \_\_\_\_\_, und gleichzeitig extrem \_\_\_\_\_. Erreicht wird das zum Beispiel dadurch, dass \_\_\_\_\_ im Grunde \_\_\_\_\_ sind. Durch diese \_\_\_\_\_ werden \_\_\_\_\_ im \_\_\_\_\_ minimiert. Verbunden mit den \_\_\_\_\_, die in den Halm eingebaut sind, wird der \_\_\_\_\_ in seiner ganzen \_\_\_\_\_ extrem stabil und gleichzeitig \_\_\_\_\_. Dadurch, dass die \_\_\_\_\_ als \_\_\_\_\_ wirken, wird beim \_\_\_\_\_ ein \_\_\_\_\_ und damit ein \_\_\_\_\_ (etwa bei stürmischem Wind) des Halmes verhindert.

### **Fehlende Begriffe:**

*Knicken, Knoten, stabil, Abflachen, biegsam (2x), Hohlröhren, Hochhäuser, Gebäude, innere Spannungen, Halm (2x), knotenartige Verdickungen, Länge, Zugplatten, Konstruktionsweise, Verbiegen, Grashalme (3x)*

Eines der stabilsten und vielseitig verwendbaren Süßgräser ist der Bambus. Er wächst vor allem im asiatischen Raum und wird dort für viele Konstruktionen (Flöße, Baugerüste, Häuser etc.) verwendet. Denn seine Halme sind extrem stabil und belastbar, und durch die besondere Konstruktionsweise, die Du in den vorangegangenen Aufgaben kennen gelernt hast, gleichzeitig überaus leicht.



Wald aus Bambus-Pflanzen (li.), Bambus-Flöße im asiatischen Raum (re.).

## Aufgabe 8:

Lies dir den folgenden Info-Text durch!

### Hoch hinaus! - Die moderne Hochhausarchitektur orientiert sich an kleinen Grashalmen



Intershop-Turm in Jena (li.), Taipei 101 in Taipeh, Taiwan.

Die ostasiatischen Staaten (China, Taiwan, Japan etc.) gehören zu den am stärksten durch Erdbeben gefährdeten Gebieten der Erde. Und dennoch wachsen dort einige der höchsten Gebäude der Welt in den Himmel. So z. B. der **Taipei 101** in Taipeh, der Hauptstadt Taiwans. Er war bis 2007 das höchste Gebäude der Welt. Der Turm besteht aus **101 Stockwerken** und ist insgesamt **509 Meter** hoch.

Doch selbst ein Erdbeben, das das Gebäude mitten in der Bauphase erschütterte, konnte an ihm keinen Schaden anrichten.

Der Grund für die besondere Stabilität und Windfestigkeit großer Hochhäuser liegt in ihrer Konstruktion, die der von Grashalmen oder grashalmähnlichen Objekten extrem ähnelt: Der eigentliche Turm, der Schaft, wird nach oben hin oft von einer Art Aufsatz oder Kuppel (Kopf) begrenzt (z. B. Berliner Fernsehturm). Der Schaft selbst ist dabei innen hohl (Schafthöhlung). Nach außen hin besteht er aus einer nicht massiven Schicht von dickem Spezialbeton, der von zahlreichen Stahlstreben (Stahlbewehrung) durchzogen ist. Diese erstrecken sich von der Spitze des Turmes bis unter den Fuß des Turmes ins Erdreich hinein. Türme sind mit ihrem Fundament nämlich immer mit Stahlstreben o. Ä. tief in der Erde verankert, damit sie nicht umkippen können. Die einzelnen Stockwerke werden durch Zwischenebenen voneinander abgegrenzt, auf denen sich im Bereich der Schafthöhlungen Wohnräume, Büros, Geschäfte o. Ä. befinden.

Mit ähnlichen Konstruktionsweisen will man im nächsten Jahrzehnt Hochhäuser von bis zu einem Kilometer Höhe und mehr bauen! Ist das nicht gigantisch?

Welche Gemeinsamkeiten kannst du zwischen der Konstruktion von Grashalmen und der von Hochbauten entdecken? Stelle sie gegenüber! Ergänze dazu folgende Tabelle!

Grashalm (Süßgras)	Fernsehturm
Blütenstand/Ähre	
	Turm unterhalb der Kuppel/ Schaft
Wurzel	
	Zwischenebenen
	Stahlverstrebenungen
innerer Hohlraum	
festes Gewebe im Grashalm	

**Aufgabe 9:**

Beantworte, auch mit Hilfe des Info-Textes, folgende Fragen!

- Moderne Hochhäuser werden nach dem Prinzip von Pflanzen konstruiert. Welche Pflanze stand wohl bei der Konstruktion des Taipei 101 Modell?

---



---

- Inwiefern sorgt die Konstruktionsweise hier für die nötige Stabilität? Nutze dazu Erkenntnisse aus vorhergehenden Aufgaben!

---



---



---



---



---



---

- Suche dir nun einen neuen Grashalm und schneide ihn direkt oberhalb der Wurzel ab! Messe mit einem Lineal seinen genauen Durchmesser kurz über der Wurzel und direkt unterhalb des Blütenstandes! Messe außerdem seine genaue Länge (mit Blütenstand)! Stelle dir nun vor, der Berliner Fernsehturm (368 m hoch) wäre nach den Proportionen dieses Grashalms konstruiert! Berechne, welchen Durchmesser er am untersten Ende dann maximal haben dürfte! Schildere deinen Rechenweg genau!

## Genutzte Quellen:

### Webseiten:

[http://online-media.uni-marburg.de/biologie/nutzpflanzen/judith\\_zoepfel/index.html](http://online-media.uni-marburg.de/biologie/nutzpflanzen/judith_zoepfel/index.html)  
<http://www.wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/technik/computer/index,page=1305138.html>  
[http://www.gartenlinksammlung.de/graeser\\_rasen\\_wiese.htm](http://www.gartenlinksammlung.de/graeser_rasen_wiese.htm)  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Schachtelhalme>  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Gras>

Abbildung Wiesen-Schachtelhalm, Aufgabe 4:

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Equisetum\\_pratense.jpeg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Equisetum_pratense.jpeg)

Abbildungen Bambus-Pflanzen und Bambus-Floß, Aufgabe 7:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7b/Rai.jpg>  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/14/Giardino\\_di\\_Ninfa\\_83.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/14/Giardino_di_Ninfa_83.jpg)

Abbildungen Intershop-Turm, Jena und Taipei 101, Taipeh, Aufgabe 8:

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Intershop\\_Hochhaus.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Intershop_Hochhaus.jpg)  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/58/Taipei101\\_in\\_Xmas\\_Tree\\_Costume.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/58/Taipei101_in_Xmas_Tree_Costume.jpg)

Alle genannten Internetquellen beziehen sich jeweils auf den Stand vom 05.07.2010, 22.12 Uhr.

### Fachbücher:

Belzer, S.: Die genialsten Erfindungen der Natur. Bionik für Kinder. S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 2010, S. 254-259 und 265-268  
Hill, Prof. Dr. Bernd: Bionik, Lernen von der Natur; DUDEN PAETEC Schulbuchverlag, Berlin, Frankfurt a. M.; 1. Auflage, 2006