

Brems` dich ein!

Was hat das Fahrrad mit unserem Lebensraum zu tun? Anhand des Alltagsgegenstands Fahrrad werden Grundprinzipien der Mechanik erklärt.

Vorgehensweise und Ablauf

Einführung im Plenum [10 Minuten]

Reibung an zwei Beispielen erklären:

1. Bürstenversuch vorführen mit zwei Bürsten: Haft- Gleitreibung *siehe: Beilage 3_Buerste*
2. Löffelversuch vorführen mit einem Suppenlöffel an einer Versuchsperson: Anpresskraft (Löffel), Abtriebskraft (Nase)
siehe: Beilage 4_Loeffel

Stationenbetrieb [45 Minuten]

Dauer: je Station 15 Minuten, dann Wechsel der Stationen. Für jede Station das Versuchsmaterial doppelt vorbereiten, damit die Gruppengröße nicht zu groß wird.

siehe Beilage 5_Informationsmaterial zu den Stationen

Als Puffer für sehr schnelle Gruppen eignet sich der Film über Reifenprofile, Reifentest: „Aqua-planing“ (6,28min)

aus: Die Sendung mit der Maus

<http://www.wdrmaus.de/sachgeschichten/sachgeschichten/sachgeschichte.php?id=2671>

Reflexion und Diskussion [15 - 20 Minuten]

Kurzberichte aus jeder Gruppe

Jede/r Schüler_in erhält

- Infoblatt Radfahren
siehe: Beilage 10_Schuelerinfo
- Reibung am Fahrrad Vor- und Nachteile
siehe: Beilage 11_Arbeitsblatt

Kurze Besprechung der Antworten.



Was sind die Aufgaben des Maschinenbauers am Beispiel des Fahrrads, konkret hinsichtlich des Phänomens der Reibung? Beantwortung noch offener Fragen.

Die Literaturliste kann bei Interesse benutzt werden.

Räumliche Anforderungen

Klassenraum und Platz vor der Schule für den outdoor-Versuch.

Maximale Teilnehmer_innenzahl

20 - 30 Schüler_innen

Materialliste

siehe Beilage 1_Materialliste

Anhang

- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| 1_Materialliste | 7_Station_2 |
| 2_Literatur-, Linkliste | 8_Station_3 |
| 3_Buerste | 9_Schuelerinfo |
| 4_Loeffel | 10_Arbeitsblatt Vor- und Nachteile |
| 5_Grundlagen | |
| 6_Station_1 | |

Stationen

Station_1 Haftreibung bei unterschiedlichen Fahrradreifen

siehe: *Beilage 6_Station_1-1, 7_Station_1-2*

Teil 1: Kraft/ Haftreibung auf die Straße

Teil 2: Reifendruck und Kraftübertragung

Haftreibung am Beispiel von Mountainbike und Rennrad oder Trekkingrad.

Outdoor Experiment auf Asphalt (verkehrsfreie Straße)

Bremsversuch auf trockener und auf nasser Straße bei vollem Reifendruck, im Vergleich zu wenig Luft.

Für die Schülergruppen:

- Experimentdurchführung und Anleitung
- Protokollblatt. Messen und Dokumentieren

Station_2 Reibung von Gummi auf verschiedenen Materialien

Beilage 8_Station_2

Reibung von Radiergummi auf verschiedenen Materialien.

Für die Schülergruppen:

- Experimentdurchführung und Anleitung
- Protokollblatt. Messen und Dokumentieren

Station_3 Kugel- und Walzenlager

Beilage 9_Station_3

Minimierung der Reibung durch Walzen- und Kugellager.

Für die Schülergruppen:

- Experimentdurchführung und Anleitung
- Protokollblatt. Messen und Dokumentieren

Materialliste

Infoblätter für die Referenten zum Thema Reibung zur Orientierung : Beilage 1 - 3

Einführung

2 flache Bürsten

1 Suppenlöffel (oder mehrere zum Experimentieren für SchülerInnen)

Station 1 Fahrrad

Sollen nach Möglichkeit von den Schüler(Inn)en mitgebracht werden:

2 Mountainbikes und Luftpumpe.

2 Rennräder, wenn nicht vorhanden, normale Citybikes oder Trekkingräder und Luftpumpe.

Kübel mit Wasser

Farbe (wasserlöslich, z.B. Dispersion), Pinsel, um Abdruck des Profils herzustellen.

Papier A 4 für den Abdruck

Tonplatte zum Abdrucken des Reifenprofils

Maßband zum Messen des Bremswegs

Dünner Holzstab (z.B. Schaschlick) zum Messen der Profilabdrucke

Datenblatt zum Protokollieren der Ergebnisse mit Stift.

Arbeitsauftrag mit Anweisungen für die Versuche.

Station 2: Reibung von Gummi auf unterschiedlichen Oberflächen

In doppelter Ausführung, damit zwei Gruppen gleichzeitig damit arbeiten können.

Arbeitstisch

Radiergummis mit unterschiedlichen Härten

Platten mit unterschiedlichen Oberflächen, Größe ca. A 4:

Brett sägerau

Brett gehobelt

Brett lackiert

Spanplatte oder MDF beschichtet

Glasplatte

Blech

Natursteinplatte

Datenblatt zum Protokollieren der Ergebnisse mit Stift.

Arbeitsauftrag mit Anweisungen für die Versuche.

Station 3: Kugel- und Walzenlager

In doppelter Ausführung, damit zwei Gruppen gleichzeitig damit arbeiten können. 2 Arbeitstische

Ca 15 Glas- oder Holzkugeln gleicher Größe

Begrenzungsleisten für die Kugeln, z. B. Bilderrahmen A 5 oder A 4, deren Höhe unter dem Durchmesser der Kugeln liegt, damit ein Objekt ungebremst über die Kugeln gleiten kann.

1 schweres Buch, Spagat zum Befestigen des Gummizuges (Länge ca. 2,5 x Rückenlänge)

Materialliste

Ca 15 Rundhölzer oder runde Bleistifte.
Stärkere Gummiringe, 2m Spagat / Schnur
Rollmeter oder Lineal
Schleifpapierrollen P 60 und P 180
Doppelseitiges Klebeband zum Festkleben der Schleifpapiere.

Stationenbetrieb

Für die Gruppen:
Experimentdurchführung und Anleitung
Messen und Dokumentieren

Reflexion und Diskussion

Für alle Schüler:
Infoblatt Radfahren
Arbeitsblatt Radfahren und Reibung. Vor- und Nachteile

Literatur- und Linkliste

Literatur

Bode, Angela/Martin Dreifert (u.a.): Abenteuer Fahrrad. quarks script. zur WDR Sendereihe „quarks & co“.
Redaktion: Daniele Jörg, WDR, 1998.
<http://www.wdr.de/tv/quarks/global/pdf/fahrrad.pdf>

Gressmann, Michael: Fahrradphysik. S.51. Moby Dick Verlag. Kiel, 2010.

Filme

Ein Sendung mit der Maus Film über Reifenprofile, Reifentest (6,28min) aquaplaning
<http://www.wdrmaus.de/sachgeschichten/sachgeschichten/sachgeschichte.php?id=2671>

Links

http://www.planet-schule.de/warum/rutschen/themenseiten/t_index/s1.html
http://www.leifiphysik.de/web_ph09/lesestoff/03modellvorstellung/modellvorst.htm
http://www.leifiphysik.de/web_ph09/umwelt_technik/03knoten/knoten.htm
http://www.leifiphysik.de/web_ph09/heimversuche/03reibung/nasenloef.htm
http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/heimversuche/09reibung/karte.htm
http://www.leifiphysik.de/web_ph09/simulationen/03reibung/schiefe_eben.htm
http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/volltexte/2010/10390/asx/reibung_lan.asx
http://www.leifiphysik.de/web_ph09/materialseiten/03_reibung.htm
<http://www.kfz-tech.de/Formelsammlung/Reibungskraft.htm>
<http://www.kfz-tech.de/Haftreibung.htm>
<http://www.kfz-tech.de/Rollwiderstand.htm>
<http://www.kfz-tech.de/Formelsammlung/Schlupf.htm>
<http://www.kfz-tech.de/Formelsammlung/Bremskraft.htm>

Bürstenversuch

Modellvorstellungen zur Reibung

Worauf das Auftreten der Haft- bzw. Gleitreibungskraft zurückzuführen ist:

Zur Erklärung der Haft- bzw. Gleitreibungskraft stellt man sich vor, dass die unebenen Berührflächen von Körper und Unterlage gegenseitig verhaken (Verhakungsmodell). Zum Lösen dieser Verhakungen sind Kräfte notwendig.

Um sich dies besser vorstellen zu können, verwenden die Physiker ein sehr anschauliches Modell: Zwei Bürsten, deren Borsten ineinander greifen.

Man setzt die beiden Bürsten aufeinander und lässt sie gut verhaken.



Nun versucht man, die obere Bürste horizontal wegzuziehen. Man braucht hierzu eine relativ große Kraft. Gleitet die obere Bürste bereits mit konstanter Geschwindigkeit über die untere, so ist die aufzuwendende Kraft deutlich kleiner.

Selbst hochglanzpolierte Oberflächen weisen Rauigkeiten der Höhe von einigen 100 bis 10000 Atomburchmessern auf. Zwei aufeinanderliegende Oberflächen werden sich nur an den Stellen berühren, an denen zwei „Rauhigkeitsspitzen“ aufeinander liegen.

Die tatsächliche Berührfläche ist erheblich kleiner als die geometrische Fläche. An den kleinen echten Berührflächen ist der Druck so groß, dass es zu sogenannten Kaltverschweißungen der Materialien kommt. Auch in diesem Modell kann die Abhängigkeit der Gleitreibungskraft von der Normalkraft verstanden werden. Zusätzlich liefert das Modell aber auch eine Erklärung für die weitgehende Flächenunabhängigkeit der Gleitreibung bei starren Körpern.

Solange der obere Körper ruht, ist die Verhakung besonders intensiv. Ist die obere Bürste in Bewegung, wird diese leicht angehoben, die Verhakung ist nicht mehr so stark, man braucht eine geringere Kraft, um die Bürste zu ziehen

Mit zunehmender Anpresskraft verzahnen sich die Bürsten mehr, so dass auch die Haftkraft und die Gleitreibungskraft zunehmen.

http://www.leifiphysik.de/web_ph09/lesestoff/03modellvorstellung/modellvorst.htm

Löffelversuch

Energie und Widerstand/Reibung

Balancieren eines LÖFFELS an der Nasenspitze

Kann ich einen Löffel ohne Klebstoffe an der Nasenspitze baumeln lassen?
Nimm Dir einen Suppenlöffel oder Teelöffel und starte Deine Versuche.

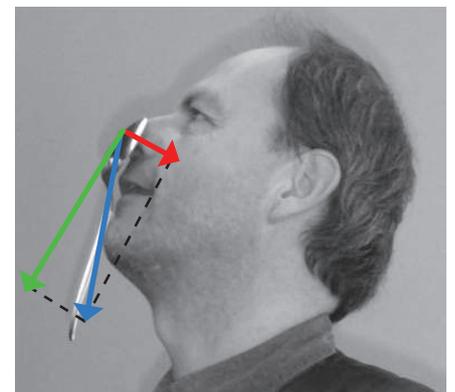
Wenn es nicht gleich funktioniert:

- hebe oder senke Deinen Kopf,
- wasche deine Nasenspitze mit Seife,
- funktioniert es auch mit deiner Zeigefingerspitze (Nagel nach unten) oder einem anderen Körperteil?
- ist auch hier die Fingerneigung von Bedeutung?

Wo kommen diese Kräfte beim Fahrrad vor?

Physikal. Grundlagen:

„Zerlegt man (...) die Gewichtskraft des Löffels am Auflagepunkt in eine Normalkraft (Anpresskraft) und eine Hangabtriebskraft (Nasenabtriebskraft), so wird je nach Nasenkrümmung die Anpresskraft und damit auch die Haftkraft unterschiedlich ausfallen.“ (1) Der Löffel wird damit haften oder „abrutschen“



Gewichtskraft
Anpresskraft
Nasenabtriebskraft

http://www.leifiphysik.de/web_ph09/heimversuche/03reibung/nasenloef.htm

Grundlagen

Grundlagen Gleitreibung

Gleitet ein Körper auf einer (rauen) Unterlage, wirkt eine bremsende Kraft, die Gleitreibungskraft (FR) auf ihn.

Messbar wird die Gleitreibungskraft, wenn man den Körper mit gleichbleibender Geschwindigkeit über eine Unterlage zieht.

Die Gleitreibungskraft (FR) wächst mit steigender Anpresskraft (auch Normalkraft genannt und als Gewicht bekannt)

Bei der Gleitreibung sollen die beiden Teile reibungsmindernd (Kugellager-Fett) oder reibend (Bremse) aneinander gleiten.

Grundlagen Haftreibung

Ein ruhender Körper wird gezogen, er bewegt sich aber nicht, er haftet. Erst wenn die Zugkraft größer wird als die Haftkraft, setzt er sich in Bewegung.

Ohne Haftreibung kein Radfahren:

Mit der Pedalkraft treibt der Mensch das Hinterrad seines Fahrrads an, das mit dem haftreibenden Gummireifen die Bewegung auf die Straße überträgt.

Die Gleitreibungszahl hängt immer von Art und Beschaffenheit der sich reibenden Flächen ab (z.B. Holz- oder Gummirad auf Asphalt oder auf Eis).

Dazu ein Vergleich:

Am 29.11 2007 zeigten Kati & Thomas im ORF Forscherexpress, dass sie zu zweit (!) eine 49 Tonnen schwere Lok auf dem Gleis von der Stelle schieben können! Weil die Lok auf Schienen steht und deren Auflagefläche nur ein paar Millimeter beträgt, ist die Reibung zwischen Schienen und Rädern so gering, dass man die Lok auch bequem zu zweit wegschieben kann. Dagegen hat ein Feuerwehrauto ganz breite Reifen und einen rauen Asphaltuntergrund, womit auch die Reibung viel größer ist, zum An-schieben (gleiches Gewicht wie Lok) braucht man daher mehr als 20 Leute!

Walzen und Kugellager werden deshalb reibungsmindernd verwendet, weil die Kontaktfläche bei der Kugel nur punktförmig und damit sehr klein ist. Reibung vermindern auch Gleitmittel, wie Öle, Fette,...



Wenn Du noch Zeit hast, kannst Du folgende Fragen lösen:

Beim Vorderrad kommt es auf der Lauffläche und im Kugellager der Achse (Nabe) zu einer Haft- oder Gleitreibung?

Ist beim Pedal die Haft- oder Gleitreibung oder sogar beides erwünscht?

Grundlagen

Energie und Widerstand / Reibung

Wohin geht die Energie beim Fahrradfahren?

RadfahrerInnen haben mit ihrer Pedalkraft u.a. gegen folgende Widerstände anzukämpfen:

- Rollwiderstand / Abrollreibung / Walkwiderstand am Rad
- Luftwiderstand
- Verluste im Antrieb des Fahrrades

Rollwiderstand

Gut gepumpt heißt gut gerollt

(...) Mit schlechter Bereifung und zu niedrigem Reifendruck kann das Radfahren schnell doppelt anstrengend sein. Es lohnt sich, auf einen niedrigen Rollwiderstand zu achten.

Er wird über den sogenannten Rollwiderstandkoeffizienten bestimmt: Je kleiner der Koeffizient, umso besser rollt der Reifen. (...) Der Einfluss des Luftdrucks ist sehr groß, das Messdreirad rollt mit prall gefülltem Reifen deutlich weiter.

Vereinfacht gesagt: halber Maximaldruck gleich doppelter Rollwiderstand. Bei identischem Luftdruck rollen breite Reifen eher leichter als schmale.

Pannensichere Langlaufreifen haben oft einen relativ hohen Rollwiderstand, weil bei ihnen besonders dickeres Gummi gewalkt werden muss. (1)

Walkwiderstand: Beim rollenden Rad bildet sich seitlich zwischen Felge und Fahrbahn ein Wulst / Bauch, wegen der verschiedenen Druckverhältnisse im Reifen vor und nach dem Bodenkontakt. Diese reibende Verformung zeigt sich auch in Wärme. (2)

Der Schlauch erhöht ebenfalls den Rollwiderstand. Erfolgversprechend sind deshalb neue, schlauchlose Drahtreifen.

Kleinere Reifen haben einen höheren Rollwiderstand. Deshalb ist bei 16- bis 20-Zoll-Laufrädern ein hoher Reifendruck umso wichtiger. (1)

10% geringere Rollreibung bedeutet 10% längerer Bremsweg (3)

Grundlagen

Luftwiderstand

Wer schneller als 20 km/h fährt, braucht (...) auch bei Windstille den größten Teil der Leistung, um den Luftwiderstand auszugleichen.

Der ist besonders tückisch, denn die Stärke des Luftwiderstandes nimmt mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu, die erforderliche Leistung sogar in der dritten Potenz.

Fahren Sie doppelt so schnell, müssen Sie achtmal (2^3) kräftiger in die Pedale treten.

Um den Luftwiderstand zu reduzieren, gibt es zwei Möglichkeiten:

Sie können versuchen, sich selbst und ihr Fahrrad windschlüpfriger zu machen, indem Sie zum Beispiel vor dem Lenker eine Verkleidung anbringen und so den c_w -Wert senken.

Sie können versuchen, Ihre Stirnfläche zu verkleinern, indem Sie zum Beispiel auf dem Rad in Rennhaltung fahren, ein Liegerad oder ein Tandem benutzen.

Oft kommen beide Effekte zusammen. Zum Beispiel erniedrigt die Rennhaltung zugleich c_w -Wert und Stirnfläche. (1)

Zum Nachrechnen:

Die Leistung in Watt, die erforderlich ist, um den Luftwiderstand zu überwinden, beträgt: Leistung in Watt = $0,5 \cdot c_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^3$

Die Luftdichte ist etwa $1,2 \text{ kg/m}^3$, v ist die Geschwindigkeit in m/s. (1)

Grundlagen

Verluste im Antrieb des Fahrrads



Mit der Kraft seiner Muskulatur setzt der Radfahrer das Kettenblatt in Bewegung. Die Kette überträgt die Kraft auf den hinteren Zahnkranz. Dieser ist formschlüssig mit dem Hinterrad verbunden, so dass die eingeleitete Kraft auf die Fahrbahn übertragen wird. (1)

Zu Beginn haben wir den Trägheitswiderstand zu überwinden, vom Ruhezustand in Bewegung. Rollt das Rad erst mal, benötigen wir weniger Kraft um es in Bewegung zu halten. (Vgl. Start mit hohem Gang). Ist der Fahrer 100 Kg schwer, hat er einen höheren Trägheitswiderstand als ein Fahrer mit 60 Kg, weil er 40 Kg Masse mehr bewegen muss. (2)

Reibungswiderstand aller drehenden Teile einschließlich der Kettengliedbewegung:

- Pedale mit Lager
- Kettenrad mit Tretlager
- Kettenglieder
- Schaltwerk
- Nabe / Achslager

Station 1, Teil 1

Station 1, Teil 1: Haftreibung bei unterschiedlichen Fahrradreifen

Bringe ich mit einem Mountainbike-Reifen oder Rennradreifen mehr Kraft (Haftreibung) auf die Straße?



Experimentdurchführung und Anleitung

1. Experiment

Mach einen verkehrsfreien Teil der Straße über eine Länge von ca. 2m nass!

Zwei Schüler fahren mit voll aufgepumpten Rädern parallel nebeneinander, A mit Mountainbike, B mit Rennrad, mit möglichst gleicher Geschwindigkeit

1. auf trockener Straße
2. auf den nassen Fleck zu.

Bei einer angezeichneten Markierung bremsen nun beide das Hinterrad, dass es blockiert.

Miss die Länge beider Bremsspuren.

Tausche die Fahrer auf den Rädern aus, wiederhole den Vorgang, Messe die Länge der Bremsspuren und nimm den Mittelwert aus beiden Versuchen.

Vergleiche zwischen Trocken- u. Nass-Bremsspur.

Notiere die Längen in der Tabelle. Welche Unterschiede beobachtest du dabei?

2. Experiment

Rolle mit dem Rennradreifen und dem Mountainbikereifen über ein Stempelkissen. (Alternative: Setze die beiden Reifen auf ein mit Farbe bemaltes Papier, und rolle die Reifenprofile ab).

Belaste beide Reifen mit demselben Gewicht. (derselbe Schüler)

Schneide die Konturen aus und lege die Schablonen übereinander. Was beobachtest du?

3. Experiment

Rolle beide Räder über eine feuchte Tonplatte. Belaste sie wiederum gleich.

Station 1

Messen und Dokumentieren

Notiere auf der Rückseite deine Beobachtungen und trage hier deine Messwerte ein:

	Länge der Bremsspur		Einsinktiefe Ton	gemessene Stempelbreite
	trockene Straße	nasse Straße		
Mountainbikereifen				
Rennradreifen				

Wie groß ist die effektive Auflagefläche bei unterschiedlichen Reifen und wie hängen Luftdruck und Auflagefläche zusammen?
Was kannst du daraus für das Radfahren schließen?

Haben die zwei Reifentypen unterschiedliche Reibungswiderstände?
Hat das auch Auswirkungen auf den Luftwiderstand beim Radfahren?

Hat dieses Bremsverhalten eine Auswirkung auf den Kraftaufwand beim Radfahren?

Welche Auswirkungen haben unterschiedliche Untergründe auf das Fahrverhalten z.B. in Kurven (bei feuchten Zebrastreifen, Rollsplitt) auf die Kraftübertragung? (auf Wiese, Sand, Kopfplaster, Waldboden, Schotterstraße,...)

Station 1, Teil 2

Station 1, Teil 2: Haftreibung bei unterschiedlichen Fahrradreifen reduzierter Fahrraddruck

Hat der Reifendruck beim Fahrrad auch eine Auswirkung auf die Kraftübertragung auf die Straße?



Experimentdurchführung und Anleitung

Mach einen verkehrsfreien Teil der Straße über eine Länge von ca. 2m nass! Lass die Hälfte der Luft Deines Hinterrades aus, so dass du noch fahren kannst, ohne dass die Felge den Boden berührt.

1. Zwei Schüler fahren mit Luft reduzierten Rädern parallel nebeneinander, A mit Mountainbike, B mit Rennrad, mit möglichst gleicher Geschwindigkeit 1. auf trockener Straße, 2. auf den nassen Fleck zu.
2. Bei einer angezeichneten Markierung bremsen nun beide das Hinterrad, dass es blockiert.
3. Miss die Länge der Bremsspuren, vergleiche zwischen Trocken- u. Nass-Bremspur. Notiere die Längen in der Tabelle.
4. Wiederhole den Vorgang, tausche die Fahrer auf den Rädern aus, miss die Länge der Bremsspuren und nimm den Mittelwert beider Versuche.
5. Welche Unterschiede beobachtest du dabei? Halte sie fest.
6. Fahre mit dem Rad einen 8er
7. Was beobachtest du dabei?
8. Rolle mit dem Rennradreifen und dem Mountainbikereifen über ein Stempelkissen.
9. Setze die beiden Reifen auf ein Papier, und rolle die Reifenprofile ab. Belaste beide Reifen mit demselben Gewicht. (derselbe Schüler)
10. Schneide die Konturen aus und lege die Schablonen übereinander. Was beobachtest du?
11. Rolle beide Räder über eine feuchte Tonplatte. Belaste sie wiederum gleich.
12. Messe mit Schublehre und Holzstab die Tiefe der Abdrücke. Was fällt dir auf?

Station 1

Messen und Dokumentieren

Notiere auf der Rückseite deine Beobachtungen und trage hier deine Messwerte ein:

	Länge der Bremsspur		Einsinktiefe Ton	gemessene Stempelbreite
	trockene Straße	nasse Straße		
Mountainbikereifen				
Rennradreifen				

Vergleiche diese Messergebnisse mit denen der voll aufgepumpten Hinterräder.
Was kannst du daraus für das Radfahren schließen?

Haben die zwei Reifentypen mit reduzierter Luft unterschiedliche Reibungswiderstände?

Auch im Vergleich mit den voll aufgepumpten Hinterrädern?

Bringst du gleich viel Kraft auf die Straße mit weniger Luft, oder wird es „anstrengender“?

Was ist jetzt anders beim Kurven-Fahren? (8er-fahren)

Station 2

Station 2: Reibung

Wie ist die Reibung von Gummi auf verschiedenen Materialien?



Experimentdurchführung und Anleitung

Experiment 1:

Nimm die vorliegenden Platten und „radiere“ auf jeder mit dem Radiergummi – bei möglichst gleichbleibendem Anpressdruck.

Trage das Reibungsergebnis mit Noten ein:

Eine 5 wenn du meinst „radieren“ geht sehr schwer, mit einem größeren Widerstand, also einer starken Reibung.

Eine 3 wenn die Reibung so in der Mitte liegt und

eine 1, wenn der Radiergummi ganz leicht über die Oberfläche gleitet, also eine schwache Reibung mit wenig Abrieb hat.

Wenn du dir nicht mehr sicher bist, wiederhole das „Radieren“ öfter.

Experiment 2:

Mache alle Platten nass, „radiere“ wieder, beurteile die Ergebnisse und trage sie in die Liste ein.

Station 2

Messen und Dokumentieren

Trage das Reibungsergebnis mit Noten ein. Eine 5 wenn du meinst „radieren“ geht sehr schwer, mit einem größeren Widerstand, also einer starken Reibung. Eine 3 wenn die Reibung so in der Mitte liegt und eine 1, wenn der Radiergummi ganz leicht über die Oberfläche gleitet, also eine schwache Reibung mit wenig Abrieb hat.

	Holz rau	Holz gehobelt	Holz glatt	Glas	Metall	Naturstein
trocken						
naß						

Vergleiche auf den verschiedenen trockenen und nassen Oberflächen:

- Den Reibungswiderstand des Radiergummis,
- seinen Abrieb.
- Kannst Du den Gummi immer ganz exakt dorthin lenken, oder findet er hin und wieder eigenwillig seinen Weg?

Was kannst du daraus ableiten?

Was hat sich bei den unterschiedlichen Materialien, was nach dem Befeuchten mit Wasser verändert?

Was hat das für eine Auswirkung beim Fahrradfahren?

Wo ist eine starke Reibung von Vorteil und wo wird Gummi dazu eingesetzt und speziell wo beim Fahrrad?

Station 3

Station 3: Reibungsminderndes Kugel- und Walzenlager

Experimentdurchführung und Anleitung

1. Befestige an der Schnur des Buches ca. 30cm des stärkeren Gummibandes und am Ende, wo du ziehst, befestige wieder mit einem Knoten ein Stück Schnur von ca. 10cm Länge.
2. Rolle das Schleifpapier P60 über den Tisch und befestige ca. 50cm am Tischrand mit doppelseitigem Klebeband, wiederhole das mit dem Schleifpapier P180 in der Mitte des Tisches.
3. Ziehe das Buch an der Schnur oder der Federwaage zuerst waagrecht über das Schleifpapier P60, dann über das Schleifpapier P180 und dann über die glatte Tischplatte und lass deine/n Partnerin nach ca. 20cm die Länge des Gummis messen während du ziehst.
Trage die jeweiligen Zugkraft-Ergebnisse (Gummilänge) in die untere Liste ein.
4. Auf dem Tisch findest du Rundstäbe, lege sie parallel dicht aneinander, wiederhole darauf den Versuch mit dem Buch. Trage die Ergebnisse in die untere Liste ein.
5. Lege die Rundstäbe im Abstand von ca. 1cm parallel nebeneinander, wiederhole darauf den Versuch mit dem Buch.
6. Versuche dasselbe mit den losen Kugeln auf dem Tisch.
7. Grenze die Kugeln mit den verschiedenen Hilfsmitteln, die du vorfindest ein und führe den Versuch erneut durch, notiere die Ergebnisse.

Station 3

Messen und Dokumentieren

Miss bei den Versuchen die Länge des Gummis bis zum Knoten.
Trage die Ergebnisse immer in die untere Liste ein.

Gummilänge	Ausgangs- länge	P60	P180	Tisch glatt	Holzstäbe aneinander	Holzstäbe frei	Kugeln frei	Kugeln begrenzt
Zugkraft in mm								

Vergleiche deinen unterschiedlichen Kraftaufwand.

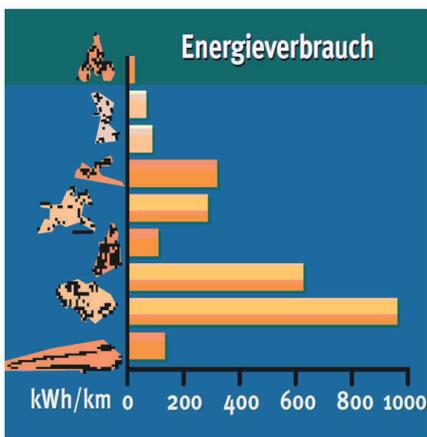
Bei welchen Teilen des Fahrrades wird Reibung auf diese Art vermindert?

Wo kannst Du die gewonnenen Erkenntnisse noch anwenden?

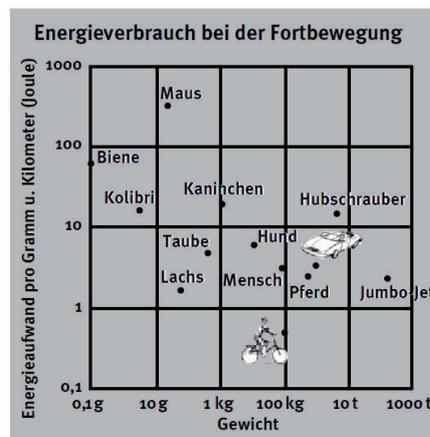
Schülerinfo: Radfahren

Einfach genial

Das Fahrrad ist eine wunderbare Maschine. Es wiegt nur etwa ein Fünftel unseres eigenen Körpergewichts und verleiht uns dennoch Flügel: Mit dem Rad sind wir rund fünfmal so schnell wie zu Fuß und kommen mit der gleichen Kraft -anstrengung auch etwa fünfmal weiter. Mit dem Fahrrad hat der Mensch die Evolution beflügelt (...), er bewegt sich, bezogen auf das Körpergewicht, effizienter fort als Möwe, Pferd oder Lachs (siehe Grafik). Das besondere am Fahrrad ist die enge Verbindung, die Mensch und Maschine beim Radfahren eingehen.



Sparsamer als mit dem Fahrrad kann man sich nicht fortbewegen.



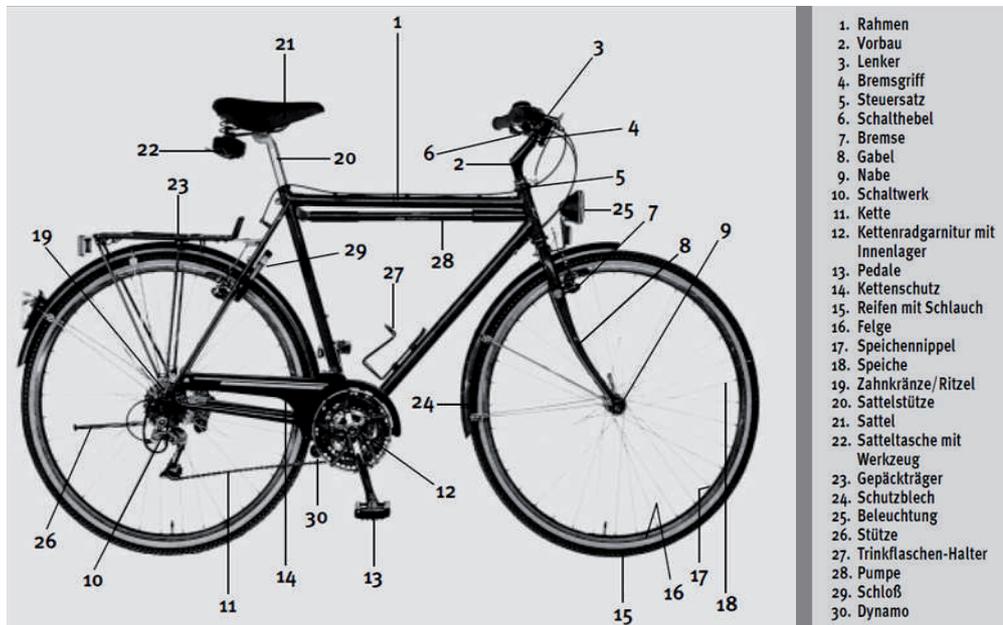
Mensch und Rad zusammen beflügeln die Evolution: Der Energieverbrauch pro Kilometer und pro Gramm Gewicht beträgt nur ein Fünftel bis ein Sechstel des Fußgängers. Noch sparsamer ist bei niedrigen Geschwindigkeiten und bezogen auf das Gesamtgewicht jedoch die Eisenbahn.

Leistung und Energie

Der radfahrende Mensch geht äußerst sparsam mit Energie um. Das wird deutlich, wenn man den Energieverbrauch pro Person vergleicht (siehe Grafik). Dennoch verblüfft zunächst, was ein Spitzensportler (...) am Tag so alles vertilgt: Seine tägliche Portion enthält fünf- bis sechsmal soviel Energie wie die eines typischen Büroarbeiters, nämlich bis zu 15.000 kcal oder rund 60.000 kJ.

Umgerechnet auf die gesamte Fahrt-strecke ist das aber gar nicht so viel. 60.000 kJ, das entspricht dem Energie-gehalt von nicht einmal zwei Liter Benzin. Fährt der Radprofi damit eine 260 km Etappe, so beträgt sein Verbrauch auf 100 km umgerechnet in Benzin gerade mal 0,7 l, und dies bei einer beachtlichen Durchschnittsgeschwindigkeit von rund 40 km/h. Wer 100 km weit wandert, verbraucht genauso viel. Freizeitradler fahren langsamer und deshalb sparsamer, vor allem weil bei niedrigen Geschwindigkeiten der Windwiderstand eine geringere Rolle spielt. Sie kommen mit rund 40 kJ pro km, also 4000 kJ oder 0,1 l Benzin pro 100 km aus. Nicht mitgerechnet ist dabei der sogenannte Grundumsatz, also die Energie, die der Körper braucht, allein um den Stoffwechsel aufrechtzuerhalten (rund 7000 kJ pro Tag, das entspricht einer Dauerleistung von etwa 80 Watt).

Reibung am Fahrrad: Vor- und Nachteile



1. Rahmen
2. Vorbau
3. Lenker
4. Bremsgriff
5. Steuersatz
6. Schalthebel
7. Bremse
8. Gabel
9. Nabe
10. Schaltwerk
11. Kette
12. Kettenradgarnitur mit Innenlager
13. Pedale
14. Kettenschutz
15. Reifen mit Schlauch
16. Felge
17. Speichennippel
18. Speiche
19. Zahnkränze/Ritzel
20. Sattelstütze
21. Sattel
22. Satteltasche mit Werkzeug
23. Gepäckträger
24. Schutzblech
25. Beleuchtung
26. Stütze
27. Trinkflaschen-Halter
28. Pumpe
29. Schloß
30. Dynamo

Das Fahrrad und seine Teile

Trage bei den folgenden 2 Fragen nur die passenden Nummern in die zutreffende Antwort-Zeile ein.

Wähle pro Frage die 3 Dir wichtigsten Punkte aus und beschreibe durch welche Maßnahmen Du das jeweils gewünschte Ziel erreichen kannst.

Schau Dir alle 30 Teile dieses Fahrrades an und überlege:

Bei welchen Teilen ist Reibung erwünscht und notwendig?

Bei welchen Teilen wollen wir Reibung minimieren, reduzieren?