



U 8: "Fahrradbremse": Fahrradtechnik II

Bezug

- Physik, Technik

Ziele

- Schülerinnen und Schüler vertiefen ihre Kenntnisse der Hebelwirkung.
- Sie erkennen Vor- und Nachteile unterschiedlicher Bremsensysteme.
- Sie lernen die richtige Einstellung und Pflege einer Fahrradbremse.

Kurzbeschreibung/Ablauf

Die Hebelwirkung kann am Beispiel von Fahrradbremsten hervorragend nahe gebracht werden. Zunächst zeichnen die Schüler Skizzen mit allen wesentlichen Teilen der Bremse. Mit Hilfe der Zeichnungen wird die Funktionsweise der Bremse erklärt und dann die verschiedenen relevanten Kräfte bestimmt.

Danach können die Prinzipien auch auf andere Typen von Fahrradbremsten übertragen und angewendet werden. Es wird geklärt welche Vor- und Nachteile verschiedene Bremsentypen haben, und wie eine „optimale“ Bremse aussieht. In Exkursen können verschiedene Einflussfaktoren auf die Bremswirkung (Feuchtigkeit, Bodenbelag, Bremsbelag, Felgentyp etc.) untersucht werden.

Zeitbedarf

1 bis 2 Unterrichtsstunden

Voraussetzung / Material

Ein detaillierter Unterrichtsentwurf liegt als Datei „Fahrradbremse.pdf“ (264 KB) vor.

Integration der VE in die Physik der Sek.I am Beispiel der Fahrradbremse

aus: von Wilhelm Ewert, erschienen in der Zeitschrift für Verkehrserziehung 2/2000, Hrsg. Heinrich Vogel Verlag)

Nach einer „klassischen“ Einführung in das Thema „Hebel“ kann man beinahe beliebig viele Beispiele aus dem täglichen Leben genauer untersuchen. Ob es die Schubkarre, der Nussknacker oder die Zange ist, mit keiner Anwendung hatte ich bis jetzt so viel Erfolg wie mit dem Thema „Fahrradbremse“, welches ich bisher zweimal ausprobiert habe.

Um gleich allen Kritiken vorzubeugen, auch bei diesem Thema fühlten sich nicht alle Schüler/innen angesprochen, aber der Anteil derer, die aktiv zum Unterrichtsgeschehen beitrugen, war ungleich höher. Neben der Tatsache, dass die Fahrradfans mich geradezu mit Material (Auszüge aus Fahrradzeitschriften mit Bremsentest; Informationen zum Thema aus dem Internet; Prospektmaterial) bombardierten, freute ich mich besonders darüber, dass mehr Mädchen als sonst rege beteiligt waren.

Die erste Hausaufgabe bestand darin, die Bremse des eigenen Fahrrades zu zeichnen. Dabei musste klargestellt werden, dass zwar der Handbremshebel auch ein Hebel ist, aber diesem nicht unser Augenmerk galt, d.h. also nicht dieser zu zeichnen war. Die Schülerzeichnungen waren nun ganz unterschiedlich, vom künstlerisch sicher Wertvollen aber physikalisch Unbrauchbaren bis zu tadellosen Skizzen war alles vorhanden. Die bei den Schülern auch vorhandenen Naben- oder Trommelbremsen, sowie die Scheibenbremsen wurden bei der Betrachtung ausgeklammert. Mittels zweier Folien mit Bildern von Bremsen (siehe Abb. 1 und 2) wurden die Felgenbremsen in die zwei Kategorien Seitenzug- und Mittelzugbremse eingeteilt. Als Sonderform wurden zunächst die V-Brakes zurückgestellt.

Am Beispiel der Seitenzugbremse 1 (siehe Folienvorlage) wurde nun zuerst eine Beschreibung vorgenommen. Schließlich wurde eine Reihe von Fragen geklärt:

Wie funktioniert die Bremse? Wo ist der Befestigungsbolzen, d.h. hier zugleich die Drehachse? Wo greifen Kräfte an und in welche Richtung wirken sie? Wo sind die Kraftarme? In der Folie wurden die Bezeichnungen Bowdenzugkraft und Anpresskraft, sowie Bremshebelarm und Bremsschenkelänge eingetragen (siehe Abb. 3). Handelt es sich um einen einseitigen oder zweiseitigen Hebel? Welche Drehmomente sind linksdrehend, welche rechtsdrehend? Wann herrscht Gleichgewicht an der Bremse? Es erwies sich hierbei als sehr hilfreich, dass vorher Betrachtungen an der Momentenscheibe durchgeführt worden waren, da man so die merkwürdig anmutenden Hebel als „Ausschnitt“ der Scheibe ansehen kann. Auch die Tatsache, dass Kraft und Hebel nicht immer senkrecht aufeinander stehen müssen, bereitet dann keine Schwierigkeit für diese erste Erarbeitung ein Rad mit einer solchen Bremse zum Nachschauen bereitstand.

All diese Fragen, deren Beantwortung bei der ersten Bremse noch sehr schwierig war, tauchten bei der zweiten Seitenzugbremse (siehe Folienvorlage) wieder auf und fielen dann schon etwas leichter. Spätestens hier merkt der Unterrichtende, dass er sich im Vorfeld schon etwas informiert haben muss, denn als Laie auf dem Fahrradsektor kennt man diese Bremsenform in der Regel nicht. Was hat sich bei dieser Bremse gegenüber der ersten verändert? Dabei braucht man hier zur Vereinfachung immer noch nicht zwischen Befestigungsbolzen und Drehbolzen zu unterscheiden, wenn dies nicht von Schülerseite gefordert wird. Dass es nötig ist zeigt Abb. 4.

Es wurde erarbeitet, dass bei vorgegebener Bowdenzugkraft die Anpresskraft dann am größten ist, wenn der Bremshebelarm möglichst groß und der Bremsschenkelarm möglichst klein ist. Bei oberflächlicher Betrachtung erscheint also die Seitenzugbremse 2 besser, da die Anpresskraft größer ist. Wo aber liegt der entscheidende Nachteil? Die größer gewordene Kraft wird durch einen größeren Weg „erkauft“. Dieser ist aber nicht beliebig verlängerbar, da der Handbremshebel nur einen bestimmten Weg zulässt. Bei Rennrädern kann die Bremsschenkelänge schon deswegen klein sein, weil die Reifenhöhe gering ist. Diese Bauform kann etwa bei straßentauglichen Rädern auch wegen der Schutzbleche nicht gewählt werden. Seitenzugbremsen mit großer Bremsschenkelänge neigen zum „Rubbeln“ und haben den Nachteil, dass sie



Abb. 1



Abb. 2

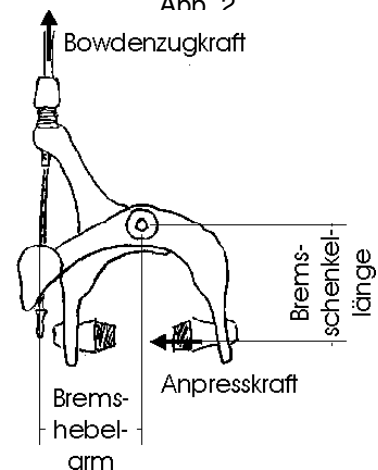


Abb. 3

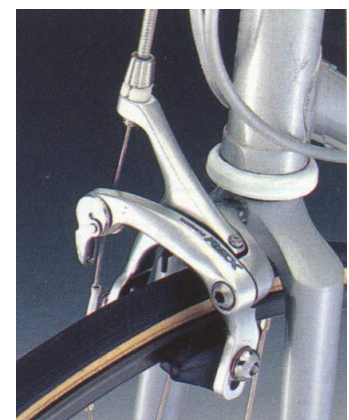


Abb. 4

mehr. Günstig war es auch, dass

sich nicht selbstständig zentrieren. Trotzdem wird diese einfache Bremse insbesondere in Kinderrädern in der Regel eingebaut, da sie sehr billig ist.

Bereits sehr früh kam in beiden Unterrichtsdurchgängen der Hinweis von den Schülern, dass die Bremswirkung sehr stark von der Art bzw. Wahl der Bremsbeläge und der Felgen abhängig sei. Nun gehört die Beantwortung dieser Frage zwar nicht zu diesem Thema, bringt aber ganz zwanglos den verkehrserzieherischen Aspekt ins Blickfeld. Der Reibbeiwert nimmt einen Wert zwischen nahezu 0 (bei extremer Nässe) und 0,85 (bei Trockenheit) an (siehe ¹⁾ Seite 122). Die Firma Magura, die wie die Firma Shimano, mich freundlicherweise mit Informationsmaterial versorgte, hat auf dem Fahrradbremsenprüfstand Vergleichsmessungen nach DIN 79100 durchgeführt. Dabei ergaben sich für einen bestimmten Bremsbelag mittlere Bremsverzögerungen in Abhängigkeit von der Felge zwischen $2,98 \frac{m}{s^2}$ und $6,7 \frac{m}{s^2}$ bei nassen Verhältnissen. Bei Trockenheit schwankten die Werte zwischen $7,06 \frac{m}{s^2}$ und $9,83 \frac{m}{s^2}$. Dabei zeigt die Felge mit den schlechtesten Werten bei Nässe das beste Ergebnis bei Trockenheit. Für einen anderen Bremsbelag konnten maximale Bremsverzögerungen von $7,49 \frac{m}{s^2}$ bei Nässe und $8,12 \frac{m}{s^2}$ bei Trockenheit erzielt werden.

Beim Kauf neuer Bremsklötze sollte man darauf achten, dass es solche für Stahl- und für Leichtmetallfelgen gibt. Am Rande sei erwähnt, dass ein größerer Belag zwar weniger Verschleiß nicht aber eine bessere Verzögerung bringt. Im Rahmen eines längerfristigen Projekts könnte man einmal das Studium dieser Norm 79100 betreiben und die Durchführung einiger darin enthaltener Vorschriften, die jedes Physikerherz höher schlagen lässt, in der Praxis versuchen.

Die Mittelzugbremse (siehe Folienvorlage) in dieser Form wurde von keinem Schüler gezeichnet, was nicht weiter wundert, da ihre Blütezeit schon einige Jahre vorbei ist. Der Vorteil der Mittelzugbremse besteht in ihrem symmetrischen Aufbau und ist somit konstruktionsbedingt immer richtig zentriert. Wie in den ersten Fällen wurden für diese und die weiter folgenden Bauarten wieder die obigen Fragen beantwortet. Hier muss man nun zwischen dem oben liegenden Befestigungsbolzen und den zwei tieferliegenden Drehbolzen unterscheiden. Diese Unterscheidung ist bei der Cantilever-Bremse nicht mehr nötig. Auf dem Rahmen sind die Bremssockel angelötet. Die „Cantis“, wie sie die Fans schon beinahe liebevoll nennen, waren vor Jahren der Geheimtipp unter den Freaks und haben sich wegen ihrer unübersehbaren Vorteile in der Bauform 2 durchgesetzt. Da sie auch noch bei extremer Verschmutzung arbeiten und ihre Bauform auch breite und hohe Reifen leicht zulässt, fanden sie zuerst bei Crossrädern und Mountain Bikes Verwendung. Sie werden heute aber auch bei Reiserädern eingesetzt. Sie bestehen aus nur wenigen Einzelteilen und haben somit auch den Vorteil des geringen Gewichts. Die erste Bauform hat sich wegen der großen Breite nicht dauerhaft durchsetzen können, wurde aber aus physikalischem Grund (einseitiger, zweiseitiger Hebel) mitbetrachtet. Besonders an der Cantilever-Bremse 2 kann man nun auch die folgenden Fragen gut erörtern: Was verändert sich, wenn man das Bremskabel, also das Stück Bowdenzug, welches von dem Ende des einen Bremshebels über das Gelenkstück zu dem anderen Bremshebelende geht, verlängert? Was verändert sich, wenn man nur die beiden Bremshebel verlängert, ohne dieses Bremskabel zu verlängern? Wieso ist es nötig, dieses Bremskabel in dem Gelenkstück gut einzufetten. Es gibt Varianten, in denen das Gelenkstück durch eine Rolle ersetzt ist. Wie könnte man die Anpresskraft erhöhen? Muss in jedem Fall zwischen Arm und Seil beim Bremsen ein rechter Winkel sein? Wo muss der rechte Winkel sein?

An welcher Stelle man auf die sicher auftauchende Schülerfrage eingeht, wie man die Bremse denn nun richtig einzustellen habe, spielt eigentlich keine Rolle. Mir erscheint es sinnvoll, bei diesem Bremsentyp darauf näher einzugehen, da er z. Zt. die meiste Verbreitung besitzt. Die beiden Abstände zwischen den Bremsbelägen und der Felge sollten zusammen etwa 3-4mm betragen. Die Bremsbeläge sollten beim Bremsen möglichst gut an der Felge anliegen, d.h. nicht zu hoch oder tief und insbesondere nicht schief sitzen. In dem Zusammenhang kann man auch gleich auf andere Sicherheitsrisiken aufmerksam machen, wie etwa die Abnutzung der Beläge, gesplissene Bremsseile, Verlegung der Bowdenzüge. Jeder möge nun für sich selbst entscheiden, inwieweit er auf die Schülerfrage, warum denn manchmal die Bremsen so quietschen und wie Abhilfe zu schaffen sei, eingeht oder als nicht zum Thema gehörig ablehnt. Lösungsvorschläge dazu findet man in der Literatur (siehe ²⁾ S.63) oder im Internet etwa unter der Adresse <http://www.tnt.uni-hannover.de/subj/other/cycling/faq.txt> .

Eigentlich nur ein anderes Cantilever-Design stellt die z.Zt. modernste Form der Bremse die V-brake dar. Diese neue Cantilever-Generation besticht durch sehr hohe Bremskräfte und eine gute Dosierbarkeit, neigt allerdings eher zu dem bereits angesprochenen Quietschen.

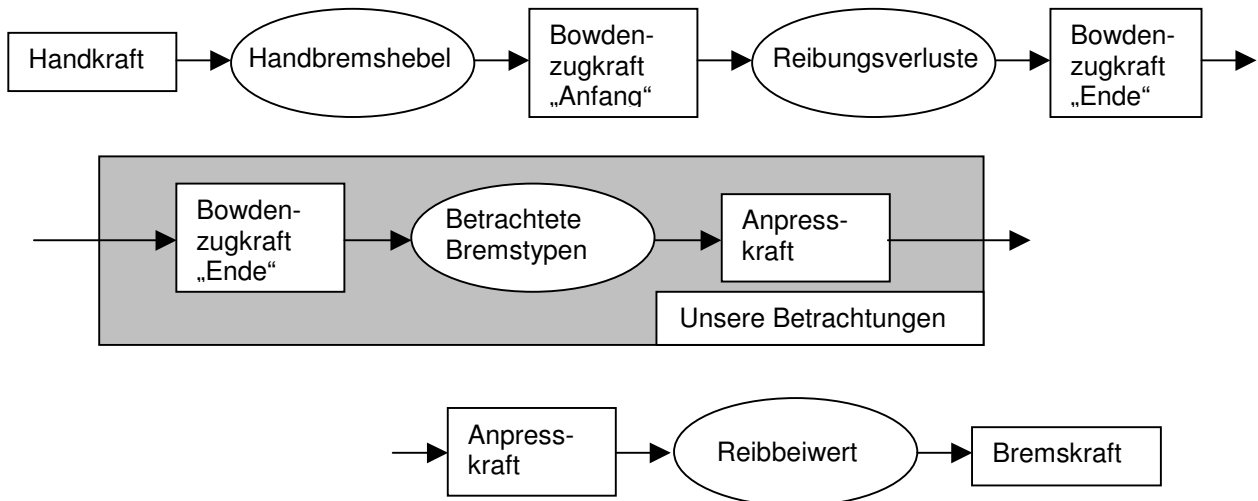
An dieser Stelle kann man die Behandlung des Themas abbrechen oder man lässt sich von der Begeisterung einiger noch ein wenig weitertreiben. Worin besteht der Sinn eines sogenannten Brake Boosters (siehe Abb. 5)? Die großen Kräfte die beim Bremsen auftreten bewirken eine Verwindung der Anlötsockel, was zu einem Verwischen des exakten Druckpunkts der Bremse führt. Der Booster fixiert die beiden Punkte zueinander und eliminiert somit den Effekt.

In Fachzeitschriften für Fahrradfahrer tauchen Diagramme auf, die den



Abb.5

Zusammenhang zwischen Handkraft und Bremskraft zeigen. In welchem Zusammenhang stehen diese Grafiken zu unseren bisherigen Überlegungen? Wie hat man diese Diagramme zu „lesen“? Bisher wurde ja nur ein Teilaspekt der an der Bremse wirkenden Kräfte betrachtet. Wie wirkt sich die Bowdenzugkraft auf die Anpresskraft aus? Da der Bremsgriff ein Winkelhebel ist, vergrößert er die Handkraft zur Bowdenzugkraft. An welcher Stelle und in welcher Richtung die Betätigungskraft am Handbremshebel zu wirken hat, beschreibt die DIN 79100 exakt. Darauf wurde aber, um einer notwendigen Vereinfachung willen, nicht eingegangen. Der Wirkungsgrad der Bremsanlage wird im Wesentlichen durch den Reibungsverlust in den Bowdenzügen bestimmt, weshalb diese in regelmäßigen Abständen geölt werden müssen. Teflongefütterte Züge minimieren diese Verluste und die Firma Magura hat gar die Züge durch Hydraulik-Schlauchleitungen ersetzt. Die so entstehende Anpresskraft erzeugt eine senkrecht zu ihr stehende, tangentielle Kraft zur Felge, die Bremskraft. Den Zusammenhang zwischen Anpresskraft und Bremskraft regelt der bereits angesprochene Reibbeiwert.



Mit diesem Wissen kann man nun Diagramm 1 betrachten bzw. interpretieren. Unterschiedliche Fragestellungen wurden behandelt: Welcher Verlauf erscheint dir der Beste zu sein? Gibt es einen idealen Graphen? Was bedeutet eine größere Steigung? Zentrale Schüleraussagen wurden notiert: Je steiler eine Gerade verläuft, desto „giftiger“ spricht die Bremse an.

Zum Abschluss der Unterrichtseinheit gab es noch einen kleinen Ausflug in die Vergangenheit mit der Betrachtung der Klotzbremse (siehe Abb.6), die übrigens noch in der DIN 79100 im Jahr 1984 auftaucht. Die Physik rund um die Bremse war jedenfalls zu der Zeit noch deutlich einfacher.

Neben der Hoffnung, dass die Schüler etwas dazugelernt haben, steht die Gewissheit, dass ich Neues erfahren habe. Ich wusste vorher weder was ein Brake Booster ist, noch hatte ich eine Ahnung davon, dass ein starr sitzender Biker bei einer Verzögerung von ca. $5 \frac{m}{s^2}$ nach vorne über den Lenker fliegt. Dies kann durch

Verlagerung des Körpergewichts bis zu einem Wert von $8 \frac{m}{s^2}$ verhindert werden. Es war mir nicht bekannt, dass die DIN 79100 vorschreibt, dass der rechte Bremshebel zwingend die Vorderradbremse zu betätigen hat oder dass die Bezeichnung Cantilever einfach aus dem Englischen kommt und einen Hinweis auf die Trägerkonstruktion gibt.

Vieles wusste ich nicht, nur in einem war ich mir schon vorher sicher. „Kenntnisse aus der Fahrzeugtechnik fördern sach- und situationsgerechtes Verhalten...“ (siehe ⁴⁾ S.108), meint Dieter Strecker. Insofern handelt es sich bei diesem Lehrgang um Verkehrserziehung unter dem Deckmäntelchen der Physik.



Abb.6

- 1) Gressmann, Michael, Fahrradphysik und Biomechanik, 5. Auflage, Moby Dick Verlag, Kiel 1993
- 2) Herzog, Ulrich, Fahrrad für Kenner, Moby Dick Verlag, Kiel 1993
- 3) Leufen, J., Möller, E., Das Fahrrad, 3. Auflage, Moby Dick Verlag, Kiel 1987
- 4) Strecker, Dieter, Didaktik der Verkehrserziehung, Quelle und Meyer, Heidelberg 1979

Bildnachweis: Abb. 3: Shimano Abb. 5: Magura Alle anderen Abb.: Ewert