

# Wie funktioniert die Tower Bridge?

Wer im Sommer auf Reisen war, ist vielleicht mit dem Schiff durch eine Schleuse gefahren und hat sich gefragt, was da genau passiert. ZHAW-Dozent Frank Huber war auch unterwegs. Er hat sich in London die berühmte Tower Bridge ganz genau angeschaut.



Die «at»-Bande (v.l.): Liv, Maxi, Seon, Willi, Ben, Luz, Valerie, Julius, Christiaan.



Der Experte: Frank Huber ist Dozent für Produktentwicklung an der ZHAW School of Engineering.

## 1 Wie funktioniert die Tower Bridge?

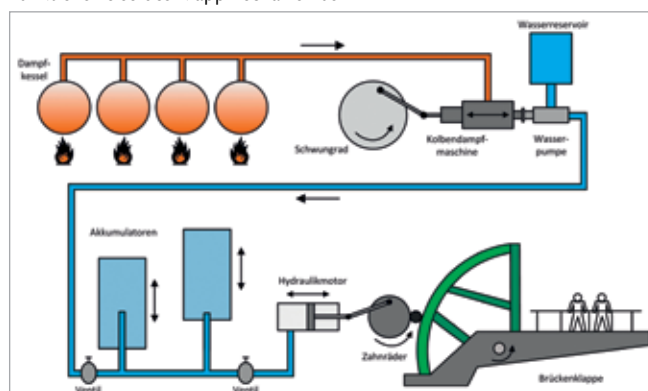
Wer kennt sie nicht, die wohl berühmteste Klappbrücke der Welt: die Tower Bridge in London? Die Errichtung dieser Brücke beanspruchte acht Jahre Bauzeit, 30000 Tonnen Stein, 11000 Tonnen Stahl sowie 2000000 Nieten und Baukosten in der Höhe von umgerechnet rund 1,8 Millionen Franken. Nicht nur diese eindrücklichen Zahlen lassen erstaunen, sondern auch die Funktionsweise des Klappmechanismus. Wie ist es den Ingenieuren gelungen, die Brückenteile mit einem Gewicht von je über 1000 Tonnen in weniger als zwei Minuten auf einen maximalen Neigungswinkel von  $86^\circ$  hochzuklappen? Für diese technische Meisterleistung war ein ausgeklügeltes hydraulisches System verantwortlich, das ursprünglich auf Wasserdruck basierte. Ja richtig, zum Betrieb der Brücke nutzte man die Wasserkraft! Die so erzeugte Energie wurde für das Öffnen und Schliessen der beiden Brückenteile, die Aufzüge zu den Fussgängerübergängen und selbst für das Signalsystem eingesetzt und war mehr als ausreichend.

Vier mit Kohle geheizte Dampfkessel unter dem Südteil der Brücke erzeugten einen Dampfdruck von 5 bis 5,5 bar. Dieser Dampfdruck setzte zwei riesige Kolbendampfmaschinen in Bewegung, die Wasser unter einem Druck von 52 bar in das Hydrauliksystem



Die Tower Bridge ist insgesamt 244 m lang. Die Höhe der Fussgängerbrücke beträgt 43 m.

Funktionsweise des Klappmechanismus.





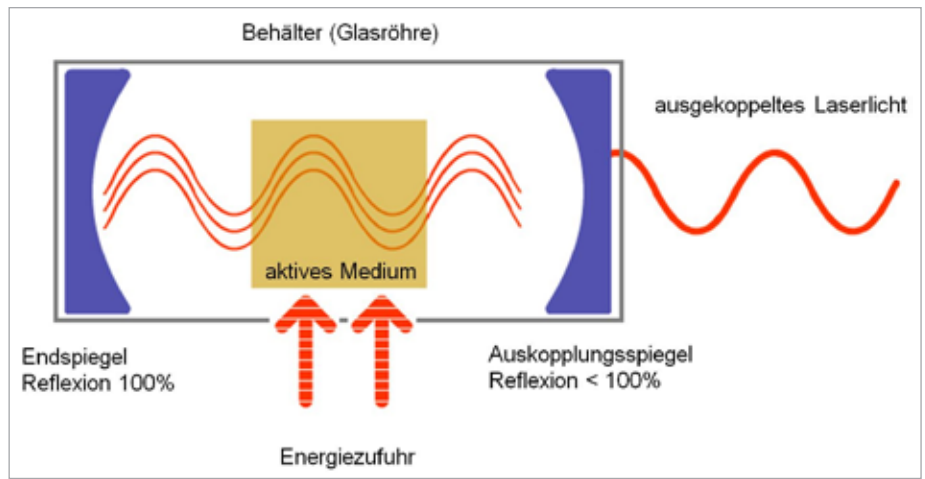
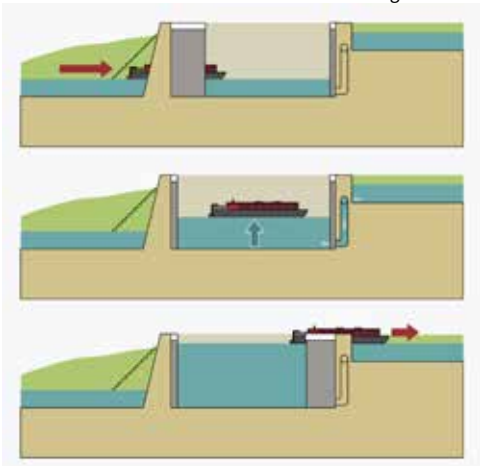
Starke Laser können sogar Metalle schneiden.

pumpten. Damit ausreichend Energie für ein rasches Hochschwingen der Brückenklappen vorhanden war, brauchte es also genügend Wasser. Deshalb wurde das Wasser in grossen, mit Gewichten belasteten Druckbehältern gespeichert – den sogenannten Akkumulatoren. Sobald der Mechanismus ausgelöst wurde, entluden sich die Akkumulatoren durch die Gewichtskraft und trieben mit dem darin gespeicherten Wasser acht hydraulische Motoren an, die über Zahnräder und Zahnsegmente die Brückenklappen anhoben. Damit das Hochschwingen über die 50 cm grossen Hauptdrehzapfenlager möglichst energieeffizient geschehen konnte, waren die Brückenklappen mit Gegengewichten ausgestattet. 1974 wurde das hydraulische System von Wasser- auf Ölhydraulik umgestellt. Anstelle der Dampfmaschinen erzeugen nun elektrisch betriebene Kolbenpumpen den erforderlichen Öldruck, der direkt über Hydraulikmotoren und Zahnräder die Klappen antreibt. Das Maschinenhaus mit den Dampfmaschinen wurde ausser Betrieb genommen und kann heute besichtigt werden.

## 2 Wie funktioniert eine Schleuse?

Eine Fahrt mit dem Schiff ist immer eine aufregende Sache. Besonders spannend wird es, wenn das Schiff in eine Schleuse fährt. Schleusen sind wichtig für die Schifffahrt. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, die zwischen schiffbaren Flüssen oder Kanälen liegenden Landstrecken oder andere Hindernisse, wie zum Beispiel einen Wasserfall, zu überbrücken. Aber wie funktioniert eigentlich eine Schleuse? Durch Füllen oder Entleeren der Schleusen-kammer steigt der Wasserstand, oder er fällt. Dadurch wird das Schiff in der Schleuse entweder gehoben oder abgesenkt. Und das geht so: Um zu Tal, also abwärts, zu schleusen, läuft das Schiff vom Oberwasser durch das

Ein Schiff wird aufwärts geschleust.



Funktionsweise eines Laserresonators.

offene Obertor in die Schleusen-kammer ein. Hinter dem Schiff schliesst sich das Obertor wasserdicht. Dann werden die Schieber unter dem Untertor geöffnet, sodass das Wasser aus der Schleusen-kammer in das Unterwasser abfließt. Der Wasserstand in der Schleusen-kammer sinkt nun langsam abwärts, und mit ihm sinkt auch das Schiff nach unten – so lange, bis der Wasserstand in der Schleusen-kammer das Niveau des Unterwassers erreicht hat. Schliesslich öffnet sich das Untertor und das Schiff kann aus der Schleusen-kammer in das Unterwasser laufen.

Angenommen, ein Schiff will zu Berg, also aufwärts geschleust werden: Vom Unterwasser kommend läuft es durch das geöffnete Untertor in die Schleusen-kammer ein. Das Obertor ist wasserdicht geschlossen. Hinter dem Schiff schliesst sich jetzt auch das Untertor. Dann werden die Schieber unter dem Obertor geöffnet. Dadurch strömt Oberwasser von unten in die Schleuse ein. So steigt der Wasserstand in der Schleusen-kammer an. Mit dem steigenden Wasserstand wird auch das Schiff angehoben – ohne Einsatz von Energie, allein durch den Druck des Oberwassers – so lange, bis der Wasserstand in der Schleusen-kammer das Niveau des Oberwassers erreicht hat. Dann öffnet sich das Obertor. Das Schiff hat das Hindernis überwunden und kann die Schleuse verlassen. Das ist natürlich nur eine ganz einfache Darstellung. So eine Schleuse ist technisch sehr aufwendig. Es gibt ganz verschiedene Sorten von Schleusen, und bis ein Schiff da durch ist, kann es je nach Grösse von Schiff und Schleuse auch ein paar Stunden dauern. Bedient werden die Schleusen entweder von Schleusenwärtinnen oder manchmal auch von

der Bootsbesatzung selber. Dies geschieht meist elektrisch. Bei kleineren Schleusen kann es durchaus vorkommen, dass man die Tore und Schieber von Hand aufdrehen muss. Das ist dann ein ganz schönes Stück Arbeit.

## 3 Wie funktioniert ein Laser?

Laser begegnen uns überall im Alltag. Beim Einkaufen zum Beispiel liest ein Laser den Strichcode auf den Produkten und erfasst so den richtigen Preis. Auch im CD-Player ist es ein Laser, der die Musik von der Scheibe liest. Laser können aber auch in der Medizin eingesetzt werden, um Krankheiten zu erkennen. Und in der Industrie können extra starke Laser sogar Metalle schneiden. Die Funktionen von Lasern sind also sehr vielfältig. Aber wie sieht die Technik dahinter eigentlich aus? Ein Laser funktioniert mit einem Behälter wie etwa einer Glasröhre. Darin ist links und rechts ein Spiegel angebracht. Zwischen den Spiegeln befindet sich ein aktives Medium, beispielsweise ein Gas wie Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Nun muss diesem Medium noch Energie zugeführt werden. Das passiert in der Regel elektrisch, also mit Strom aus der Steckdose. Die gesamte Einheit nennt man dann Laserresonator. Laserresonatoren bestehen meist nicht nur aus Spiegeln, sondern besitzen zusätzliche Linsen und andere optische Bauteile, die den Resonator noch verbessern. Das Gas im Behälter besteht aus Gasatomen. Durch die Energiezufuhr werden diese Gasatome angeregt. Das bedeutet, dass sich die Elektronen der Atome zu bewegen beginnen. Bei ihrer Bewegung geben die Elektronen Energie in Form von Licht ab. Im Gas gibt es auch Photonen. Das sind Lichtteilchen, die von den Gasatomen ausgesendet werden und wiederum weitere Photonen anstecken. Zwischen den Spiegeln werden diese Photonen x-mal reflektiert, und regen dadurch immer weitere an. Das kannst du dir vorstellen wie die Kugel in einem Flipperkasten, die zwischen zwei Wänden hin und her geschleudert wird. Aber die Lichtteilchen werden natürlich viel schneller reflektiert. Dadurch entsteht immer mehr Licht, welches nach und nach verstärkt und gebündelt wird. Einer der beiden Spiegel ist leicht transparent und kann etwas Licht durchlassen. Ist das Licht hell genug, tritt ein Teil davon durch diesen Spiegel aus. Das ist dann das gebündelte Laserlicht. **at**

### Kinderuniversität Winterthur

Am 21. Oktober 2015 öffnen sich an der Kinderuniversität erneut die Türen zur Welt der Wissenschaft. Alle vierzehn Tage können Kinder der 4. bis 6. Klasse an sechs Mittwochnachmittagen an der ZHAW School of Engineering in ein neues Thema eintauchen.

Informationen zum Programm und Anmeldung:

[www.kinderuniversitaet-winterthur.ch](http://www.kinderuniversitaet-winterthur.ch)