



## Von Michelson zu Einstein



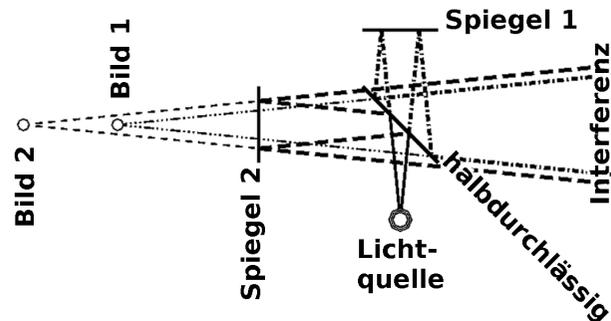
Das Interferometer

Hier steht die Kopie eines berühmten Messgerätes, ein von Albert A. Michelson vor 135 Jahren erfundenes Interferometer. Es kann so genau kleine Längen messen, dass es dafür den Nobelpreis gab. Das Messprinzip ist immer noch unübertroffen. Was aber wollte Michelson in diesem Keller?

Wenn wir auf der Autobahn 130 km/h fahren und ein anderes Auto überholt uns, weil es 135 km/h fährt, dann kriecht es nur mit Schrittgeschwindigkeit an uns vorbei und hält den ganzen Verkehr auf. Von der Geschwindigkeit des anderen Autos muss unsere abgezogen werden, wenn wir wissen wollen, wie schnell uns der andere überholt. Kommt uns ein Auto schnell entgegen, bremsen wir etwas ab, denn zu der Geschwindigkeit, mit der es an uns vorbeisaust, kommt

unsere noch dazu. So sollte es auch mit dem Licht sein. Die Erde bewegt sich mit 30 km/s um die Sonne, und das Licht, das der Erde entgegenkommt, sollte um diesen Betrag schneller, und das Licht, das die Erde überholt, um diesen Betrag langsamer sein. 30 km/s ist dabei nicht so sehr viel, wenn man mit der Lichtgeschwindigkeit vergleichen muss, die zehntausend mal größer ist (300000 km/s). Michelson wollte zeigen, dass sein Interferometer in der Lage ist, diese Änderungen zu messen.

Das Interferometer besteht aus Spiegeln, die so aufgestellt sind, dass zwei Spiegelbilder der gleichen Lichtquelle dermaßen dicht beieinander zu sehen sind, dass durch ihre Überlagerung ein Farbmuster entsteht. Das nennt man Interferenz. Wir kennen das schon von den Seifenblasen und Ölflecken, wo die Muster durch Spiegelung an Vorderseite und Rückseite der Schichten entstehen. Die Farbmuster ändern sich schnell mit der Dicke der Seifenblase. Diese Empfindlichkeit wollte Michelson nutzen, um den Unterschied in der Lichtausbreitung längs und quer zur Erdbahn zu sehen. Zu seiner großen Enttäuschung fand das Instrument nichts. Die Lichtausbreitung im Keller merkt von der Bewegung der Erde nichts.



Der Strahlenverlauf

Was soll denn daran schlimm sein? Der Schall im Keller merkt von der Bewegung der Erde oder dem Wind draußen ja auch nichts. Er wird von der Luft getragen, die im Keller eingeschlossen ist. Da wird das Licht eben auch von etwas (es wurde Äther genannt) getragen und der Äther ist eben auch in Keller eingeschlossen.

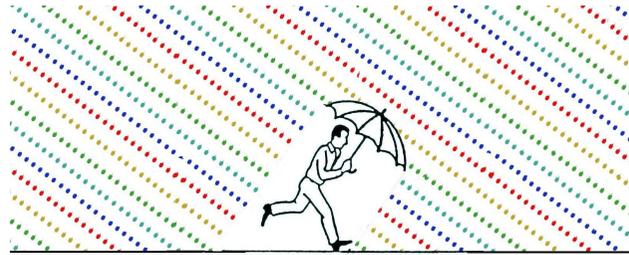
Das geht nicht, das wusste man schon 60 Jahre vorher. Warum geht das denn nicht? Weil wir auch am Licht etwas beobachten, was wir alle vom Regen kennen, obwohl das Licht gar kein Regen ist. Wenn wir im Regen stehen und warten müssen, halten wir den Regenschirm in die Richtung, aus der der Regen kommt. Wenn wir loslaufen, müssen wir den Schirm etwas nach vorn neigen. Der Richtung, aus der der Regen nun für uns kommt, hat sich in die Bewegungsrichtung verschoben. Da findet niemand etwas dabei.



Regenschirm und Aberration

Und was geschieht nun mit den Sternen? Sie rücken auch immer ein wenig in die Richtung zusammen, in die sich die Erde gerade bewegt, Ende Februar auf den Antares im Sternbild Skorpion. Ende August auf den Aldebaran im Sternbild Stier, Mitte November gerade auf den Regulus im Sternbild Löwe. Das heißt Aberration. Sie fällt niemandem auf, weil man sie nur mit Teleskopen vermessen kann. Bei der kleinen Geschwindigkeit

der Erde (ein Zehntausendstel der Lichtgeschwindigkeit) kann man nicht mehr erwarten. Flögen wir aber in einer Rakete mit fast Lichtgeschwindigkeit, dann sähen wir die Sterne so dicht auf unser Ziel zusammenrücken, dass uns beim Steuern das Herz in die Hose fiel. **Jedoch** zeigen die Wellenfronten erst einmal keinen Regenschirmeffekt. Woher kommt er dann beim Licht, wenn das Licht eine Welle ist? Wellen können Schaumkronen tragen, und diese sind so gut wie Regentropfen, allerdings **nur**, wenn Wände wie die des Teleskops oder die der Sternwarte die Wellenausbreitung **nicht** stören, **nicht** beeinflussen, **nicht** festhalten.



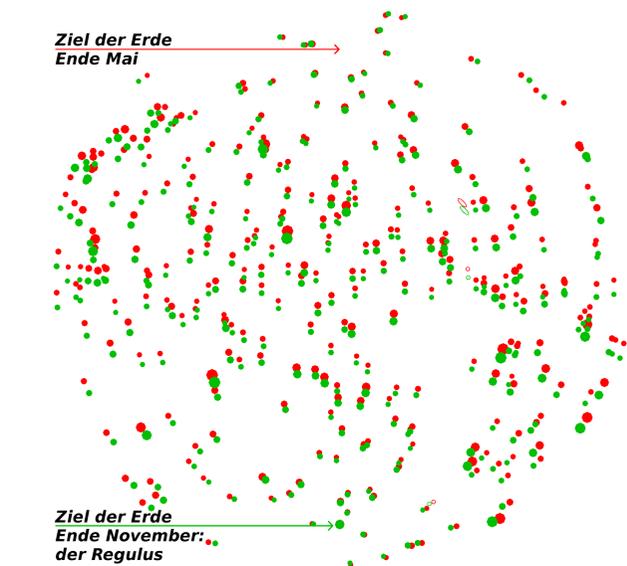
Gekippte Wellenfronten

Mit dieser Frage fand Albert Einstein die Lösung, und das ging so: Will man wissen, was in Basel und Zürich gleichzeitig ist, muss man Uhren stellen. Wenn man das am besten mit Licht- oder Radiosignalen macht, muss man **bereits vorher** die Lichtgeschwindigkeit kennen, bevor man sie mit den so gestellten Uhren messen kann. Also gehört die Lichtgeschwindigkeit zu den Voraussetzungen. Ihr Betrag muss unabhängig sein von allen anderen Geschwindigkeiten, mit denen man sie zusammensetzen müsste. Das nennt man Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Es ist ein **Axiom**, das heißt nicht beweisbar, erzeugt aber ein gewaltiges Netz von bestätigten Folgen, Voraussagen und technischen Anwendungen und ist deshalb bestens gestützt. Dieses Netz nennt man Relativitätstheorie.

Gilt dieses Axiom, dann kann kein Unterschied in den Geschwindigkeiten des entgegenkommenden und des überholenden Lichts mehr sein, und Michelson hatte mit der Messung recht. Danach findet man schon mit ein wenig Geometrie die zutreffende Relativität der Gleichzeitigkeit mit dem beobachteten Regenschirmeffekt für die Wellenfronten. Dass man Energie mit der Waage bestimmen kann, ist wohl die bekannteste

Folge, auch dass die Schwerkraft nun mit einer Krümmung beschrieben werden muss, die mehr noch als den Raum die Zeit betrifft. Das sind jedoch beides neue Geschichten.

Zusammen mit der Relativitätstheorie ist der Versuch Michelsons, die Geschwindigkeit der Erde in der Lichtausbreitung wiederzufinden, so berühmt geworden, dass ihm sogar in den Schulbüchern Platz eingeräumt wird. Das ist ein ganz seltener Erfolg für ein einzelnes Experiment, seltener als der Nobelpreis. Nobelpreise für Physik gibt schon über hundert, einzelne Experimente in den Schulbüchern nur eine Hand voll.



In Bewegungsrichtung der Erde scheinen die Sterne zusammenzurücken. Ihre Position Ende November ist in grün markiert, die Erde bewegt sich auf den Regulus im Sternbild Löwe zu. Ende Mai bewegt sich die Erde gerade in die Gegenrichtung. Die Position der Sterne ist dann in diese Richtung verschoben und hier in rot markiert. Der Effekt ist 250-fach vergrößert.

Alle Zeichnungen und mehr auf [www.dierck-e-liebscher.de](http://www.dierck-e-liebscher.de)

Wir haben also einen richtigen Widerspruch. Auch wenn der Effekt beim Licht sehr klein ist, in der Zusammensetzung von Geschwindigkeiten darf es keinen Widerspruch geben. Vergleichlich wurde geprüft, was an Michelsons Erklärung verändert werden muss, bis Hendrik Lorentz die Brücke zur Lösung fand: An der komischen Schaumkronenerklärung der Aberration musste etwas faul sein. Was würde es denn heißen, wenn die Wellenfronten selbst den Regenschirmeffekt zeigen, gekippt erscheinen, wenn wir loslaufen? Ganz einfach, die Wellen kommen dann eben vor mir früher an als hinter mir, während sie für den, der stehengeblieben ist, immer noch gleichzeitig vorn und hinten ankommen. Das nennt man Relativität der Gleichzeitigkeit. Es ergibt sich also die Frage: **Was ist gleichzeitig?**