

Freier Blick auf unsere Sonne

Um unser Zentralgestirn gefahrlos zu beobachten, braucht es spezielle Filter.
Extrem schmalbandige Fabry-Pérot-Etalons machen sogar solare Gasausbrüche sichtbar.

Michael Vogel

Gleißend hell steht unsere Sonne an einem klaren Tag am Himmel. Nur mit Wolken oder bei Nebel ist es möglich, direkt in die Sonne zu schauen – aber auch das kann schädlich für die Augen sein. Beim Blick durch Fernglas oder Fernrohr droht sogar Erblinden: Die Sonne lässt sich nur gefahrlos betrachten, wenn wir ihr Licht filtern.

Die letzte in Europa sichtbare totale Sonnenfinsternis sorgte 1999 dafür, dass spezielle Brillen für die Beobachtung über den Fachhandel hinaus zum Verkauf standen. Anstelle von Gläsern befinden sich metallbedampfte Folien in einem Pappgestell, welche die Lichtintensität um den Faktor 100 000 reduzieren und es damit erlauben, die Sonne ohne Risiko zu betrachten. Auch Fernrohre nutzen dieses Prinzip, wenn Sonnenfilter auf dem Objektiv sitzen. Diese bestehen entweder aus beschichtetem, planparallelem optischen Glas oder aus einer bedampften Polymerfolie mit ähnlicher Oberflächenqualität. Volksternwarten, Science Center und naturkundliche Museen mit Sternwarten nutzen solche Weißlichtfilter, um eine scharf begrenzte Sonnenscheibe sichtbar zu machen.

Die scharfe Kante mag überraschen, ist unsere Sonne doch eine Gaskugel, deren Dichte stetig nach außen abnimmt. Den eindeutigen Rand verursacht der rasche Dichteanstieg mit zunehmender Tiefe: In nur 300 Kilometern Tiefe ist die Materie optisch so dicht, dass keine Strahlung aus tieferen Schichten direkt austreten kann. Bei einem Sonnenradius von rund 696 000 Kilometern zeigt sich also nur eine dünne äußere Schicht.

Aus dieser Photosphäre stammt die gesamte Strahlung, die beim Blick durch den Sonnenfilter das Auge trifft. Dieses Weißlicht entsteht durch Gammaquanten aus den Fusionsprozessen im Sonneninneren. Erst nach unzähligen Stoßprozessen erreichen sie nach



Adobe Stock / David Hajnal

Mit einem H-Alpha-Filter lässt sich unsere Sonne beobachten: Aufnahmen, die Details mit gutem Kontrast zeigen, sind meist so bearbeitet, dass die Sonne selbst orange erscheint.

langer Zeit die oberen Schichten. Da sie bei jedem Stoß Energie abgeben, emittiert die Photosphäre Strahlung im sichtbaren Spektralbereich.

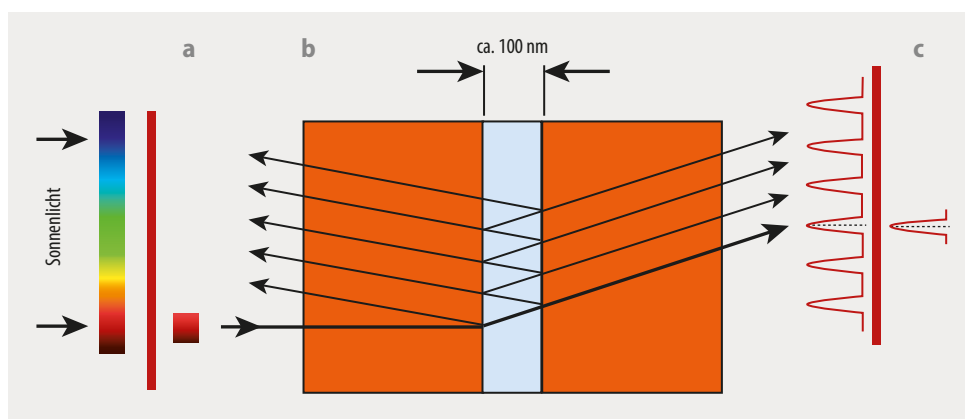
Der Chromosphäre auf der Spur

Beim Blick durch das Fernrohr auf die Sonne zeigen sich im Weißlicht die dunklen Sonnenflecken – Gebiete, die einige Prozent kühler sind als die restliche Oberfläche. Weil sie sich innerhalb von mehreren Stunden oder Tagen verändern, wirken sie zunächst statisch. Wesentlich dynamischer geht es in der Chromosphäre zu. Diese Schicht liegt unmittelbar über der Photosphäre und hat eine geringere Dichte als diese. Auch die Chromosphäre emittiert Strahlung mit sichtbaren Wellenlängen, aufgrund der geringeren Dichte aber mit einer rund eine Million Mal niedrigeren Intensität. Deshalb geht sie beim Blick durch

einen Weißlichtfilter in den Emissionen der Photosphäre unter. Lange Zeit war es der Berufsastronomie vorbehalten, die Chromosphäre zu beobachten, weil die benötigten Filter zu teuer und in der Handhabung zu kompliziert waren. Das haben neue Herstellungsverfahren für sogenannte H-Alpha-Filter in den letzten beiden Jahrzehnten grundlegend verändert.

Solche Filter lassen nur die Wellenlänge passieren, bei der die H-Alpha-Linie emittiert wird. Im Emissionsspektrum von Wasserstoff ist sie im sichtbaren Spektralbereich am hellsten. Ihre Wellenlänge beträgt 656,3 nm; gemäß dem Bohrschen Atommodell entsteht sie, wenn ein Elektron vom dritten auf das zweite Energieniveau des Wasserstoffatoms übergeht. Dieses rote Licht tritt im Spektrum der Photosphäre als Absorptionslinie auf, weil die Absorption von Strahlung in dieser Sonnen-

Abb. 1 Das weiße Sonnenlicht fällt auf einen Filter (a, rot), der das Spektrum auf den Bereich um die H-Alpha-Linie reduziert. Dieses Licht trifft auf ein Fabry-Pérot-Etalon (b), das aus zwei parallel angeordneten, teildurchlässigen Glasplatten (orange) mit einem Luftspalt (hellblau) dazwischen besteht. Ein weiterer Filter (c, rot) lässt nur noch das Hauptmaximum der H-Alpha-Linie passieren.



schicht die Emission überwiegt. In der dünneren Chromosphäre ist es umgekehrt: Sie emittiert Strahlung bei dieser Wellenlänge.

Um einen ausreichenden Kontrast zu erzeugen, muss der Filter extrem schmalbandig arbeiten. Gängige Produkte bieten Halbwertsbreiten zwischen 0,03 und 0,07 nm an – je schmaler, desto teurer. Damit nur das Licht einer Wellenlänge durch ein H-Alpha-Filter gelangt, besteht er aus drei Stufen (**Abb. 1**). Zunächst trifft die weiße Sonnenstrahlung auf einen Interferenzfilter, der das Licht vergleichsweise breitbandig blockt. Danach folgt das Herzstück des H-Alpha-Filters, ein Fabry-Pérot-Etalon. Dessen beide teildurchlässigen Glasplatten stehen parallel zueinander mit einem schmalen Luftspalt dazwischen. Die einander zugewandten Glasflächen im Luftspalt reflektieren den einfallenden Lichtstrahl mehrfach. Diejenigen Teilstrahlen, die das Etalon in der ursprünglichen Einfallsrichtung wieder verlassen, interferieren miteinander. Bei entsprechend gewählten Dicken von Luftspalt und Glasplatten passiert nur die Strahlung einer ganz bestimmten Wellenlänge das Etalon: Ihr Hauptmaximum liegt bei der H-Alpha-Linie, die Nebenmaxima finden sich symmetrisch zu beiden Seiten. Damit es zu der gewünschten Interferenz kommt, müssen die Glasplatten des Etalons eine sehr hohe Oberflächengenauigkeit aufweisen – viel höher als bei typischen optischen Flächen. Ein weiterer Interferenzfilter sorgt im Anschluss dafür, die H-Alpha-Linie vollends zu isolieren. Weil die Maxima nicht allzu eng beisammen lie-

gen, genügt dazu eine nicht allzu hohe Halbwertsbreite.

Parallele Strahlen sind Pflicht

Bei hochwertigen H-Alpha-Filtern vermeidet eine Beheizung, dass es zu temperaturbedingten Schwankungen kommt. Außerdem muss das Licht möglichst parallel einfallen, weil sonst große Gangunterschiede durch konvergente oder divergente Strahlen die vom Etalon erzeugte Vielfachinterferenz verändern. Das gelingt mit zwei Ansätzen. Zum einen können die H-Alpha-Filter vor dem Objektiv sitzen – genau wie ein Sonnenfilter für Weißlicht. Obwohl die Sonne am Himmel sichtbar ausgedehnt ist, reicht dann die Parallelität der einfallenden Strahlen aus. Diese Anordnung passt vor allem bei kleineren Objektivdurchmessern. Zum anderen gibt es H-Alpha-Filter in der Nähe des Brennpunkts vom Fernrohr. Dann muss das Öffnungsverhältnis – der Durchmesser des Objektivs geteilt durch seine Brennweite – so klein sein, dass die Konvergenz der Lichtstrahlen gering bleibt. Für Öffnungsverhältnisse von 1:30 und kleiner helfen das Abblenden des Objektivs oder eine Zusatzoptik im Strahlengang, das Licht zu parallelisieren. Entweder geschieht das direkt vor dem Etalon oder eingebettet im Etalon.

Für eine möglichst lange Lebensdauer darf sich ein H-Alpha-Filter nicht zu sehr erhitzen. Daher blocken manchmal weitere Filter vor dem Objektiv wesentliche Ultraviolett- und Infrarot-Anteile des Sonnenlichts ab. Das ist vor allem bei größeren Objektivöffnungen relevant, da die ein-

fallende Lichtmenge quadratisch mit dem Durchmesser der Eintrittspupille wächst. Alternativ helfen Schutzfilter unmittelbar vor dem Etalon. Darüber hinaus gibt es Kombinationen aus zwei Etalons: Eines sitzt vor dem Objektiv des Fernrohrs, das zweite vor dem Okular. So ergeben zwei H-Alpha-Filter mit größerer Halbwertsbreite einen Filter mit geringerer Halbwertsbreite.

Beim Blick durch den H-Alpha-Filter auf die Chromosphäre fallen vor allem die Protuberanzen auf: Gasfontänen, die entweder am Sonnenrand sichtbar sind oder als dunkle Filamente vor der helleren Sonnenscheibe. Protuberanzen verändern ihr Aussehen meist innerhalb von Minuten, weil sie sich mit hoher Geschwindigkeit bewegen. Verläuft die Bewegung in Richtung des Fernrohrs oder von ihm weg, verschiebt der Doppler-Effekt die Wellenlänge des emittierten Lichts: Sie weicht von der Ruhewellenlänge der H-Alpha-Linie ab, auf die das Etalon ausgelegt ist. Um den optimalen Kontrast zu erreichen, lassen sich H-Alpha-Filter daher gezielt verstimmen – beispielsweise durch eine minimale Neigung des Etalons oder durch eine Änderung des Drucks im Luftspalt zwischen den Glasplatten.

Weißlicht- und H-Alpha-Filter vermitteln ein anschauliches Bild unserer Sonne. Den besseren Eindruck von der brodelnden Wirklichkeit unseres Zentralgestirns vermittelt aber das H-Alpha-Licht.

Der Autor

Dipl.-Phys. Michael Vogel, Journalist,
www.mv-vogel.de