

Sonne und Wahrheit frei nach Goethe

Lutz Wenke, Friedrich Zöllner, Manfred Tettweiler, Hans-Joachim Teske

Prof. Dr. Lutz Wenke ist Dekan der Physikalisch-Astronomischen Fakultät an der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena. Dr. Friedrich Zöllner und Manfred Tettweiler sind Mitarbeiter des Instituts für Angewandte Optik. Hans-Joachim Teske leitet bei Carl Zeiss das Geschäftsfeld Astronomische Geräte.

Weimar 1999 – Kulturstadt Europas 1999. Zu den zahlreichen Jubiläen des ereignisreichen Kulturstadtjahres gehörte auch der 250. Geburtstag Johann Wolfgang von Goethes. Einen Einblick in sein Leben und Schaffen sowie das seiner Zeitgenossen gibt das Goethe-Nationalmuseum am Frauenplan mit dem Wohnhaus des Dichters und dem Goethe-Museum, das nach der baulichen und inhaltlichen Umgestaltung seit Frühjahr 1999 wieder geöffnet ist. Die neue Ständige Ausstellung ist keine herkömmliche Goethe-Schau mehr. Präsentiert wird – unter der symbolischen Überschrift „Wiederholte Spiegelungen“ – eine Exposition, die der Weimarer Klassik im Ganzen gilt und sie facettenreich als zeitgeschichtliches Phänomen in seinen Ursachen und Wirkungen beschreibt.

Eine eindrucksvolle technische Installation wird die Aufmerksamkeit der Besucher auf sich ziehen, wenn sie an sonnigen Tagen das Foyer des neugestalteten Museumsbaus betreten. Die lichtstarke Projektion des Sonnenspektrums mit einem Prismenspektralapparat erinnert daran,

Der „Newtonsche Poltergeist“

Goethe betrachtet bei Tageslicht („Freunde flieht die dunkle Kammer, wo man euch das Licht verzwickt ...“ [Xenien 6. Buch]) einen breiten weißen Papierstreifen auf schwarzem Grund durch ein Prisma und beobachtet die sogenannten Kantenspektren, die farbigen Säume an den Grenzen zwischen Weiß und Schwarz. Dieser Grundversuch spielt bei ihm eine so große Rolle, dass man sagen kann, bei Goethe seien die Kantenspektren

farben, bei Newton die Spektralfarben die elementaren Bausteine der Farbentheorie. Newtons Deutung des Prismenexperiments beschreibt das „weiße“ Licht der Sonne als aus Strahlen unterschiedlicher Brechbarkeit zusammengesetzt, die durch Richtungsauflöschung spezifische Farbempfindungen im Auge hervorrufen.

Goethe hingegen bestreitet die Heterogenität des weißen Lichts. Für ihn ist es „...das einfachste, unzerlegteste, homogenste Wesen, das wir kennen. Es ist nicht zusammengesetzt – am allerwenigsten aus farbigen Lichtern.“

Freunde flieht die dunkle Kammer, wo man euch das Licht verzwickt...

dass sich Goethe über lange Abschnitte seines Lebens mit dem Licht und der Farbenlehre beschäftigt hat. Insbesondere wird die Verbindung zu seinen Versuchen am Prisma und zu seinen Auseinandersetzungen mit Newton hergestellt. Die technische Installation wurde im Institut für Angewandte Optik der Friedrich-Schiller-Universität Jena und bei Carl Zeiss speziell für diesen Zweck entwickelt und gebaut. Die finanziellen Mittel stellten die Unternehmen Carl Zeiss, Oberkochen, und SCHOTT GLAS, Mainz zur Verfügung.



Bild 1: Goethe-Nationalmuseum am Frauenplan in Weimar.

Das Prismenexperiment steht im Zentrum der *Goetheschen* Kritik an der Methode *Newtons*, der er im Rahmen seiner 1810 erschienenen *Farbenlehre* einen umfangreichen polemischen Teil widmet und in dem er den einseitigen *Newtonschen* Poltergeist auf immer verscheuchen wollte. Physikalischen Überprüfungen kann die Kritik an *Newton* nicht standhalten. Sie rief bereits Widerspruch unter *Goethes* Zeitgenossen hervor.

Ohne Sonne geht's auch heute nicht

Zentraler Teil der neuen optischen Installation ist ein Heliostat, also ein der Sonne rechnergesteuert exakt nachgeführter Spiegel auf dem Dach des Museums. *Goethe* konnte noch nicht über eine solche Vorrichtung verfügen und schreibt in seiner *Farbenlehre*:

„Die objektiven Versuche verlangen hingegen notwendig den Sonnenschein, der, wenn er sich auch einstellt, nicht immer den wünschenswerten Bezug auf den ihm entgegengestellten Apparat haben kann. Bald steht die Sonne zu hoch, bald zu tief, und doch auch nur kurze Zeit in dem Meridian des am besten gelegenen Zimmers. Unter dem Beobachten weicht sie; man muss mit dem Apparat nachrücken,....“ (Zur *Farbenlehre*; Didaktischer Teil § 303).

Das Sonnenlicht wird dann von diesem Heliostaten über einen Umlenkspiegel durch das ovale Fenster der Glaskuppel in das Treppenhaus reflektiert (Bilder 3 und 4). Dort ist ein speziell gefertigtes achromatisches Objektiv von etwa 2 m Brennweite und 40 cm Durchmesser aufgehängt, das die Sonnenscheibe auf den Spalt eines Spektralapparates abbildet. Die große Öffnung dieses Objektivs sorgt dafür, dass von den ca. 1 Kilowatt Lichtleistung, die unser Stern bei günstigen Bedingungen ständig pro Quadratmeter liefert, etwa 10 % ausgenutzt werden können.

Der Spektralapparat selbst setzt sich zusammen aus besagtem Spalt, einem Objektiv, das diesen Spalt auf einen Projektionsschirm abbildet, und zwei Prismen (Bild 5). Die Prismen bestehen aus Schwerflint, einer Glasorte, die sowohl eine hohe Brechkraft aufweist wie auch eine große Richtungsauffächerung der einzelnen Wellenlängen (Dispersion) zeigt. Der Spektralapparat hängt unter dem großen Objektiv in der Mitte des Treppenauges (Bild 4).

Das Spektrum wird auf einer Projektionsfläche von 2 m x 0,4 m dargestellt (Bild 5). Diese Fläche trägt eine besondere Beschichtung, so dass bei Sonnenschein, „der einem nord-

Bilder 2a bis 2c:
Blick ins neue Goethe-Museum, das mit seiner Exposition zur Weimarer Klassik ein Panorama der Literatur, Politik und Kunst zwischen 1750 und 1840 bietet.
2a: Luise, Königin von Preußen, geb. Prinzessin von Mecklenburg-Strelitz (1776 – 1810).
2b: Anatomische Präparate aus der Sammlung J. W. von Goethe.
2c: Vitrine mit dem Sammelband „Über Licht und Farben 2.“ 1767 – 1792.



Bild 3:
Optischer Strahlengang zur Projektion des Sonnenspektrums.

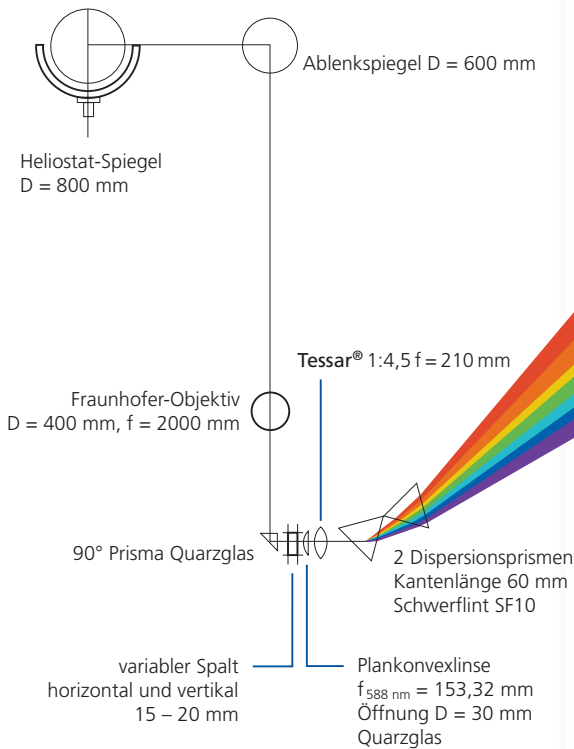


Bild 4:
Achromatisches Objektiv und Spektralapparat im Treppenhaus des Goethe-Museums (Blick nach oben).



schen Beobachter überhaupt nicht reichlich gewogen ist“, eine brillante Farberscheinung wahrgenommen werden kann, die jedoch kein Kantenspektrum ist, wie es *Goethe* vielleicht besser gefallen hätte. Um dieses Kantenspektrum darzustellen, hätte man mit weit geöffnetem Spalt arbeiten müssen.

Die wohl einschneidendste Randbedingung bei Planung und Aufbau der Projektionseinrichtung bestand darin, dass aus Kostengründen für Heliostat- und Umlenkspiegel nur solche verwendet werden konnten, die für die architektonische Nutzung von Tages- und Sonnenlicht, nicht aber für die Sonnenbeobachtung hergestellt waren. Die Spiegel bestehen aus Floatglas, sind von hinten verspiegelt und lackiert. Interferometrische Messungen (Bild 6) ergaben PV-Werte von

mehr als 250 μm auf einem Durchmesser von 800 mm. Durch spezielle Aufspanntechniken auf einen Stahlträger konnten diese Oberflächendeformationen soweit reduziert werden, dass die Abbildungsfehler der Sonnenscheibe auf dem Spalt des Spektrografen ein tolerierbares Maß erreichten.

Das sichtbare Dispersionsspektrum ist für alle praktisch benutzten Prismenmaterialien (besonders für das hier benutzte Schwerflintglas) im Violetten und Blauen sehr auseinandergezogen, im Roten dagegen zusammengedrängt, da die Materialdispersion

dieser Stoffe im Sichtbaren mit wachsender Wellenlänge (zum Roten hin) abnimmt.

Übrigens sind die von *Wollaston* und *Fraunhofer* (seit 1802) entdeckten dunklen Linien im Sonnenspektrum, die durch Absorption in der Atmosphäre von Sonne und Erde entstehen, nicht zu beobachten. Dazu müßte der Spalt des Spektralapparates sehr schmal eingestellt werden, was jedoch die Beleuchtungsstärke wesentlich herabsetzen und eine wirklich „dunkle Kammer“ nötig machen würde.



schwarzem Papier durch ein Prisma, wie *Goethe* in seinem Didaktischen Teil der Farbenlehre es beschreibt, so beobachtet man das in Bild 7 dargestellte Kantenspektrum.

Goethe erklärt diese Kantenspektren durch die Verschiebung, die die Gegenstände durch das Prisma gegenüber ihrem wirklichen Ort erfahren. Das Bild werde nicht vollständig verschoben, sondern es widersetze sich gewissermaßen der Verschiebung. Dadurch entsteht nach *Goethe* ein „Nebenbild“, das dem eigentlichen etwas vorseilt.

Wenn man das helle Rechteck durch ein Prisma betrachtet, wird es durch Brechung nach links verschoben. Das helle Nebenbild schiebt sich über das dunkle Papier. Hell über Dunkel erzeugt nach *Goethe* Blau, bei stärkerer Wirkung der Finsternis wird daraus Violett. Rechts schiebt sich das Bild der dunklen Fläche über das zurückbleibende helle „Hauptbild“. Dunkles über Hellem erzeugt Gelb. So entsteht nach *Goethe* der gelbe Saum. Wo das Dunkle noch wirksamer ist, steigert sich das Gelb zum Rot.

Die Farben Grün und Purpur nannte *Goethe* eine „Komplikation“

Bei einem nicht zu breiten Spalt, wie er in dem hier aufgebauten Spektralapparat verwendet wird, bildet das Objektiv auf dem Projektionschirm ein nahezu monochromatisches Spaltbild neben dem anderen ab, so dass in Summe ein relativ reines Spektrum entstehen kann.

Die Goetheschen Kantenspektren

Zieht man den Spalt im Spektralapparat sehr weit auf oder betrachtet einen breiten weißen Streifen auf



Bild 5:
Das auf eine speziell beschichtete Fläche projizierte Sonnenspektrum.

Hintergrund:
J. W. von Goethe nach einem Ölgemälde von *Ferdinand Jagemann*, 1806.



Bild 6:
Interferometrische Prüfung der Spiegel für die Projektion des Sonnenspektrums an der Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Bild 7a:
An einem breiten Spalt erzeugtes Kantenspektrum.
7b:
Zur Erklärung des Kantenspektrums.

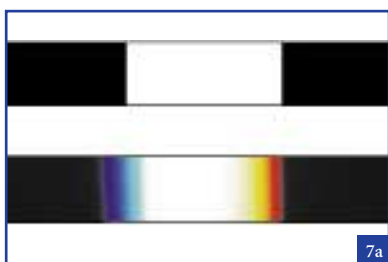
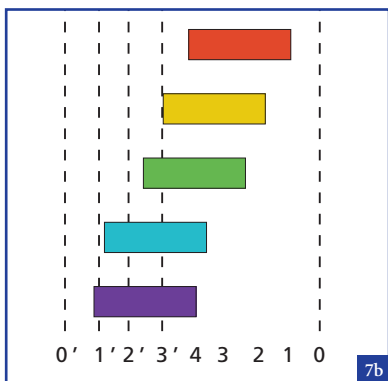


Bild 8a:
Goethes Beobachtungen des Sonnenspektrums am „negativen Spalt“.
8b:
Zur Erklärung des Kantenspektrums am negativen Spalt.

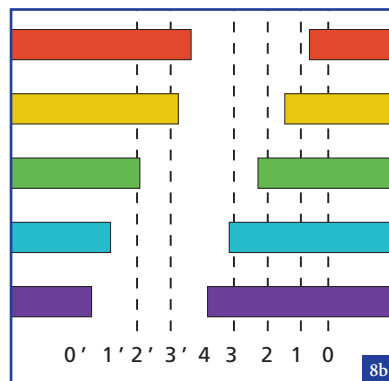
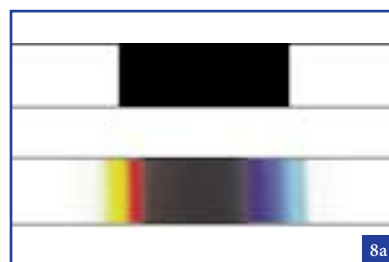


der farbigen Ränder. Wenn ein heller Gegenstand auf dunklem Grund sehr schmal ist, schieben sich die gegenüberliegenden gelben und blauen Ränder ineinander. Ihre Mischung ergibt Grün. Bei einem schmalen, dunklen Gegenstand auf hellem Grund überlappen sich die violetten und roten Ränder. Es entsteht Purpur.

Die Erklärung der Kantenspektren durch Haupt- und Nebenbilder und deren Widerstand gegen Verschie-

bungen sind vom Standpunkt der physikalischen Optik nicht haltbar. Die Deutung der Kantenspektren erschließt sich bei breitem Spalt durch die Überdeckung der einfarbigen Spaltbilder, wie dies in Bild 7b gezeigt ist. Der Übersichtlichkeit halber sind die Spaltbilder der einzelnen Farben übereinander gezeichnet.

Deutlich ist rechts (bei der 1 beginnend) das rote Kantenspektrum ausgebildet, weil dort Rot und Gelb voll vertreten sind. An der linken Seite der Zeichnung zeigt sich das blaue Kantenspektrum (bei 1' und 2'). An der Stelle, die mit 4 bezeichnet ist,



sind alle Farben vorhanden und ergeben Weiß.

Eigentümlich sind Goethes Beobachtungen am „negativen Spalt“ (Bild 8a): Man betrachtet hier im Gegensatz zu oben einen breiten schwarzen Streifen auf weißem Grund durch das Prisma. So erkennt man ein unübliches „umgekehrtes Spektrum“, bei dem jeweils die Komplementärfarben des oben beschriebenen Kantenspektrums er-

scheinen. Die Entstehung dieses „umgekehrten Spektrums“ kann man sich an Bild 8b klarmachen.

Jetzt ist von oben beginnend ein dunkles Feld inmitten roter Seiten einzuzeichnen und Entsprechendes bei den anderen Teilbildern. Der Untergrund bei 0 und 0', der früher schwarz war, ist nun weiß, weil hier alle Farben vertreten sind. Die Mitte bei 4, die früher weiß war, ist nun schwarz, weil hier alle Farben fehlen. Links verläuft nach außen Rot (3'), Gelbrot (2') und Gelb (1'). Rechts nach außen ist Violett (3), Blau (2) und Blaugrün (1) zu erkennen. Als „Elemente“ zwischen Weiß und Weiß von rechts nach links zählt Goethe auf: Blau, Blaurot, Schwarzes, Gelbrot, Gelb (Farbenlehre; Didaktischer Teil § 246) entsprechend den hier mit 2, 3, 4, 2', 1' gekennzeichneten Stellen.

Wenn nun der normale Spalt oder der weiße Streifen immer schmäler werden, so nähert man sich dem üblichen prismatischen Spektrum, bei dem in der Mitte statt Weiß das Grün auftritt.

Wird der „negative Spalt“ oder der schwarze Streifen immer schmäler, überlagern sich bei 4, wie aus der Abbildung zu erkennen ist, rotes und violettes Spektralende zu einem Purpur, dem zu Grün Komplementären. Die Farbfolge lautet also bei schmalen schwarzen Streifen (negativem Spalt): Weiß, Gelb, Orange, Rot, Purpur, Violett, Blau, Blaugrün, Weiß.

„Die edlen physischen Widersacher“, schreibt Goethe am 13. März 1822 an Zelter, „kommen mir vor wie katholische Pfaffen, die einen Protestanten aus dem tridentinischen Konzil widerlegen wollten“. Die Gegner Goethes haben für die Beurteilung und Verurteilung der Farbenlehre immer die physikalische Methode angewendet. Gerade diese Methode lehnte Goethe ab und ersetzte sie durch eine ästhetische.

Aufnahmen 1, 4 und 5:
Peter Michaelis.
Aufnahmen 2 und
Hintergrundbild
Seiten 20/21:
Stiftung Weimarer Klassik,
Sigrid Geske.
Aufnahme 6:
FSU Jena.

Literatur
[1] Buchwald, E.: Fünf
Kapitel Farbenlehre,
Mosbach/Baden 1955.