

Sonnentaler – Abbilder der Sonne

Hans Joachim Schlichting, Christian Ucke

Jeder hat schon einmal an einem sonnigen Tag unter Bäumen Sonntentaler auf dem Boden gesehen. Als physikalisches Phänomen ziehen sie sich seit der Antike durch die Geschichte.

Den meisten Menschen, die an einem strahlenden Sonnentag unter dem Blätterdach von Bäumen spazieren gehen, fällt normalerweise nichts auf an den ineinander verwobenen Licht- und Schattenstrukturen, die den Boden und andere Gegenstände bedecken (Abbildung 1). Aber selbst wenn sie auf die kreis- und ellipsenförmigen Lichtflecken aufmerksam gemacht werden, sind sie nur selten überrascht und erklären das Phänomen vor allem mit zufällig auftretenden runden Öffnungen zwischen den Zweigen, manchmal aber auch mit einer nicht weiter spezifizierbaren „Tendenz des Lichts, scharfe Kanten abzurunden“.

Der Hinweis, daß es sich bei diesen sogenannten Sonntentalern um Abbilder der Sonne handelt, wird zunächst oft mit Skepsis und Erstaunen zur Kenntnis genommen. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß die Sonntentaler, nachdem sie einmal als solche wahrgenommen wurden, anschließend immer wieder gesehen werden. Hier zeigt sich einmal mehr, daß oft erst der *physikalische Blick* Phänomene aus dem Einerlei lebensweltlicher Selbstverständlichkeiten herauszulösen und damit sichtbar zu machen vermag.

Sonnentaler spielen in der Geschichte der geometrischen Optik eine paradigmatische Rolle. Schon Aristoteles hat sich mit ihnen beschäftigt. In seinem Werk *Proble-mata* finden wir folgende Bemerkungen.

„Warum erzeugt die Sonne, wenn sie durch viereckige Gebilde dringt, nicht rechteckig gebildete Formen, sondern Kreise, wie z. B. wenn sie durch Flechtwerk dringt!“ (Buch XV, Problem 6)

Warum treten bei Sonnenfinsternis, wenn man durch ein Sieb oder durch Blätter(lücken) sieht, etwa einer Platane oder eines anderen breitblättrigen Baumes, oder wenn man die Finger der einen Hand mit denen der anderen verflechtet, die Sonnenstrahlen auf der Erde halbmondförmig in Erscheinung!“ (Problem 11) [1]

Erst Johannes Kepler gelingt es im Jahre 1604, den scheinbaren Widerspruch zwischen der „Geradlinigkeit der Lichtausbreitung“ und der „Krümmung des Lichts“, wie sie in den Sonntentalern zum Ausdruck kommt, aufzulösen und damit eine aus der Sicht der neuzeitlichen Physik befriedigende, rein geometrische Erklärung zu geben (siehe „Kepler als neuzeitlicher Physiker“).

Der entscheidende Schritt Keplers besteht darin, die spätestens seit Euklid bekannte Vorstellung, daß ein leuchtender Punkt radial in alle Richtungen strahlt, mit der Idee zu vereinigen, daß eine leuchtende Fläche als Ensemble unendlich vieler leuchtender Punkte angesehen werden kann. So gesehen entwirft jedes von den Punkten der Lichtquelle ausgehende, vom Loch begrenzte Lichtbündel auf dem Schirm ein eigenes



Bild 1: Sonntentaler säumen den Weg

Bild des Loches (Abbildung 1). In der Überlagerung sämtlicher Bilder des Loches entsteht ein hybrides Gebilde, das der Form der Lichtquelle (des Loches) umso ähnlicher wird, je kleiner (größer) das Loch und/oder je entfernter (näher) der Schirm ist.

Stellt man sich gemäß Abbildung 1 einen Lichtpunkt vor, der den Rand der Lichtquelle „abtastet“, so „sieht“ man vor seinem geistigen Auge, wie das zugehörige Lichtbündel ein Dreieck von Kreisen und damit ein mehr oder weniger stark aufgeblähtes Bild der Lichtquelle (sprich des Loches) entwirft.

Sonnentaler entdeckt man nicht nur unter Blätterdächern, sondern gelegentlich auch in jalousieverdunkelten Räumen. Hier liegen sie dann auf

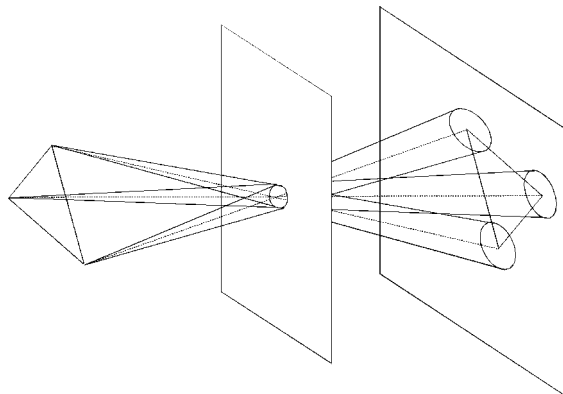


Abb. 1: Ein von einer flächenhaften Lichtquelle durchstrahltes Loch erzeugt hybride Abbildungen von der Form des Loches und der Lichtquelle. Sie ähneln umso mehr der Form der Lichtquelle, je kleiner das Loch ist

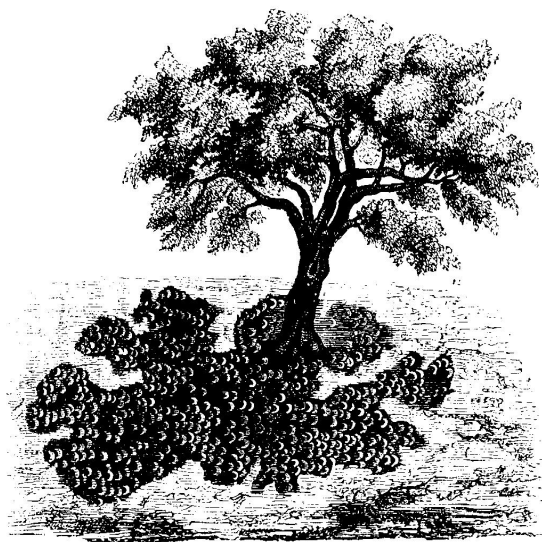


Abb. 2: Historische Darstellung sichelförmiger Sonnentaler bei einer partiellen Sonnenfinsternis.

Tischen und Bänken zu physikalischen Untersuchungen bereit [3]. Es ist ein leichtes, sowohl ihren Radius r als auch ihren Abstand l von der rechteckigen Öffnung in den Jalousien zu messen. Daraus läßt sich mit Hilfe des Strahlensatzes das Verhältnis des Radius der Sonne R zum Abstand L der Sonne von der Erde R/L ermitteln: $R/L = r/l$.

Während des Ausmessens stellt man fest, daß die Sonnentaler wandern. Innerhalb von zwei Minuten verschieben sie sich genau um den eigenen Durchmesser. Da das Verhältnis R/L dem Sehwinkel der Sonne α (im Bogenmaß) entspricht, kann man daraus die Umdrehungszeit der Erde berechnen: $U = t \cdot 360^\circ / \alpha = 1/30 \text{ h} \cdot 360^\circ / 0,5^\circ = 24 \text{ h}$. Obwohl dieses Ergebnis bekannt ist, zeigen sich oft selbst hartgesottene Physikstudenten beeindruckt davon, daß die Natur ihre „Geheimnisse“ in so bescheidenen Lichtflecken bereithält. Außerdem läßt sich aus den Achsen eines ebenen elliptischen Sonnentalers die momentane Sonnenhöhe abschätzen.



Abb. 3: Dasselbe Phänomen wie in Abb. 2, aufgenommen während der Finsternis vom 30. 6. 1954 (Foto: Bleichroth).

Die kreisförmigen und elliptischen Lichtflecken beeindrucken vor allem dadurch, daß sie unabhängig von der Form der Öffnung entstehen, durch die das Sonnenlicht hindurchgeht. Dieser Eindruck wird noch verstärkt, wenn die Sonne bei einer teilweisen Bedeckung eine Sichelform annimmt (Abbildung 2 und 3). In diesem Fall erblickt man unter dem Blätterdach der Bäume oder im verdunkelten Zimmer lauter Halbmonde oder Sichel. Um dieses Phänomen zu beobachten, ist man gar nicht einmal auf eine Sonnenfinsternis angewiesen. An Tagen, an denen Wolken vor der Sonne vorbeiziehen, läßt es sich in ähnlicher Form genauso gut beobachten.

Wenn man die Geduld dazu nicht aufbringt, kann man Sonnentaler auch künstlich mit einer geeigneten Lichtquelle herstellen. Hierzu schneidet man in dünnen Karton ein Loch mit der Form der gewünschten Lichtquelle, also beispielsweise einen Halbmond, überklebt es mit halbdurchsichtigem Papier (Butterbrotpapier) und paßt ihn in einen Diarahmen ein. Dieses Dia wird mit Hilfe eines Projektors beleuchtet, dessen Objektiv man zuvor entfernt hat. Hält man einen Zweig mit kleinen Blättern oder ein Stück Karton mit beliebig ge-

formten kleinen Löchern in den Strahlengang zwischen beleuchtetem Dia und Projektionsschirm, so entstehen Abbilder der Form der Lichtquelle.

Kepler als neuzeitlicher Physiker

Ausgangspunkt für Keplers Aktivitäten im Bereich der Optik insbesondere im Zusammenhang mit dem Sonnentalerphänomen ist ein astronomisches Problem. Tycho Brahe stellt angesichts der Beobachtung der Sonnenfinsternis am 25. Februar des Jahres 1598 fest, daß der Neumond bei einer Sonnenfinsternis "nicht in der Größe erscheint, die er zu anderen Zeiten bei Vollmond hat, obwohl er dann genauso weit von der Erde entfernt ist" [2].

Für Kepler ist dieser Befund mehr als ein Rätsel". Zutiefst von der Gültigkeit der erst im kopernikanischen Weltbild begründbaren neuzeitlichen Himmelsmechanik überzeugt, also insbesondere von der Unveränderlichkeit der Bahnen und Größen der Himmelskörper, ist es für ihn völlig inakzeptabel, darin eine „Schrumpfung“ des Mondes oder eine weitere Entfernung des Mondes von der Erde bei Sonnenfinsternissen zu sehen. Stattdessen stellt er die allgemein anerkannte Beobachtungsmethode selbst in Frage, Sonnenfinsternisse beobachtet man nämlich zur Schonung der Augen nicht direkt, sondern in Gestalt der Lochkamerabilder, also der Sonntaler, die hinter einer Öffnung auf einem Schirm entstehen.

Kepler findet schließlich heraus, daß man streng genommen nur im Falle einer sehr kleinen Öffnung und /oder in hinreichend großer Entfernung von einer Öffnung mit endlichem Durchmesser eine korrekte Abbildung erwarten kann. Die beobachtete Mondverkleinerung von 20% stellt sich daher als ein Beobachtungsfehler heraus, der darauf beruht, daß der Projektionsschirm zu dicht hinter dem Loch angebracht ist.

Mit der Klärung des Sonntalerproblems schafft Kepler den Grundstein für eine völlig neue geometrische Optik, die er selbst kurze Zeit später ausarbeiten sollte. Die Keplersche Optik muß aber als eine der Grundvoraussetzungen für die Leistungen im Bereich der Himmelsmechanik angesehen werden, die ihrerseits ein Kernstück der neuzeitlichen Physik ausmacht.

[2] Schlichting, H. J., Sonntaler fallen nicht vom Himmel. MNU 4X, 199 (4/1995); dort weitere Literatur.

[3] Schlichting, H. J., Praxis der Naturwissenschaften, 43, 19(4/1994).

Literatur

[1] Pseudo-Aristoteles, Problemata Physica, Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt 1962.