

Zur Astronomischen Bedeutung von Schatten

H. Joachim Schlichting, Udo Backhaus

Problemstellung

Unter Schatten verstehen wir eine dimensional reduzierte Projektion eines Gegenstandes. Der Schatten ist deshalb strukturärmer und einfacher zu beschreiben. Er ist andererseits wegen dieser Eigenschaft nicht mit seinem Urheber zu verwechseln. Das leuchtet etwa beim Vergleich eines Menschen mit seinem Schatten unmittelbar ein. Die Untersuchung von Schatten, Schattenlesen im engeren wie im weiteren Sinne ist real wie metaphorisch typisch für die naturwissenschaftlich Erkenntnisgewinnung. Bei der Bewertung der Erkenntnisse wird in diesem Fall die Differenz zwischen Schatten und Original allerdings leicht übersehen.

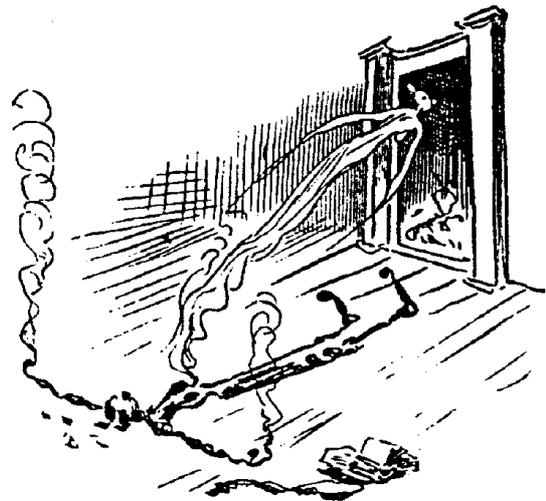


Bild 1: Aus : Chamisso: Schlemihl

Wir wollen anhand einiger astronomischer Beispiele zeigen, dass die grundlegenden Vorstellungen über unsere Welt aus einfachen, von jedermann real nachvollziehbaren Beobachtungen gewonnen werden können. Die Einfachheit der Beobachtungen soll angesichts der Kompliziertheit unseres Weltbildes auf die nicht zu unterschätzende Rolle von Konventionen bei der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung verweisen.

Wir hoffen, dass dadurch auch die metaphorische

Dimension des Schattenlesens innerhalb der Naturwissenschaften und darüber hinaus zum Anklingen gebracht wird. Schatten und Volksglaube Der Schatten, vor allem der eigene Schatten, hat die Menschen von jeher fasziniert und zu teilweise tief-sinnigen Deutungen Anlaß gegeben. Die Märchen-Sagen- und Mythenwelt sowie der damit verbundene Volksglaube sind voll von symbolträchtigen Schattendarstellungen. Eine der am weitesten verbreiteten Deutungen ist die des Schattens als Seele des Menschen. Erst im Tode trennt sich der Schatten vom Menschen und geht ins Reich der Schatten ein, zu dem es allerdings nach christlicher Vorstellung eine lichtere Alternative gibt.



Hier sieht man ihre Trümmer rauchen.
Der Rest ist nicht mehr zu gebrauchen.

Bild 2: Aus: Busch: Die fromme Helene

Wer schon zu Lebzeiten ohne Schatten ist, hat meist schwere Schuld auf sich geladen, oder er steht mit dem Teufel im Bunde- wie Peter Schlemihl, der dem Teufel seinen vermeintlich wertlosen Begleiter verkauft und erst nachher trotz des dadurch erlangten Reichtums den Verlust des Schattens bitter be-reut.

Waren ehemals Menschen und Dinge erst zusammen mit ihrem Schatten komplett, so stellt sich im derzeitigen Sprachgebrauch der Schatten als Wort und Metapher eher als etwas Negatives dar, auf das man

gut verzichten kann. Schattenlosigkeit bedeutet heute frei zu sein von Krankheit, Bedrohung, Ausbeutung und Unterdrückung: Wer möchte schon gern einen Schatten haben und sei es nur auf der Lunge, dem Unheil begegnen, das seinen Schatten vorauswirft, ein Schattendasein führen oder Schattendarbeit verrichten. Selbst im Schattenkabinett möchte man nicht immer sitzen, dann schon lieber im kühlen Schatten eines Baumes, der uns allerdings den eigenen Schatten raubt.

Schattendasein eines physikalischen Begriffs

Man sollte meinen, dass Physiker vom alten Schlag sein müßten und Schattenlosigkeit als eine Bedrohung ihres Weltbildes anzusehen hätten. Das ist zumindest im übertragenen Sinne nicht der Fall.

Um die Jahrhundertwende veröffentlichte Felix von Auerbach ein im übrigen sehr lesenswertes populärwissenschaftliches Buch unter dem Titel: "Die Weltherrin und ihr Schatten". Die Weltherrin war nach Auerbachs Verständnis die alles regierende Energie, ihr Schatten die alles entwertende Entropie. Physikalisch korrekt ist auch nach unserem heutigen Verständnis, dass Energie und Entropie untrennbar miteinander verbunden sind. Der regierende, das Geschehen bestimmende Part dürfte jedoch eher der Entropie zukommen, auch wenn sie heute in Schule und Universität noch ein Schattendasein fristet. Es spricht sogar einiges dafür, dass unsere Umweltprobleme zu einem Gutteil aus der Unterschlagung dieses Zusammenhangs resultieren. Hätte die Menschheit sich wieder einmal Schuld aufgeladen, indem sie den Schatten vergaß?

Wissenschaft - Interpretation von Schatten?

Das hier angedeutete Problem des Zusammenhangs und des Unterschieds zwischen Schatten und Original ist offenbar ein altes wissenschaftstheoretisches Thema und betrifft die Aktivität des Wissenschaftlers schlechthin. So führt Plato in seinem berühmten Höhlengleichnis aus, dass unsere Erkenntnis prinzipiell beschränkt sei auf die Untersuchung von Schatten, die die zu untersuchende Wirklichkeit wirft. Ob die Wirklichkeit tatsächlich so ist, wie wir sie mit Hilfe ausgeklügelter Theorien aus der Beobachtung von Schatten rekonstruieren, ist eine nach wie vor hochaktuelle Frage. Sie taucht beispielsweise dann auf, wenn Schüler wissen wollen, was das Elektron in Wirklichkeit sei.

Über diesen grundsätzlichen Aspekt hinausgehend ist damit aber auch die für wissenschaftliches Handeln bedeutungsvolle Reduktion von Komplexität

angesprochen: Die Abbildung eines Gegenstandes, sein Schatten also, befreit den Gegenstand u.U. von überflüssigen Details und macht ihn - dimensional reduziert - einer wissenschaftlichen Untersuchung überhaupt erst zugänglich.

Schatten in der Astronomie

Eine der ersten Disziplinen, in denen der Schatten als Projektion eine wesentliche Rolle gespielt hat, ist die Astronomie. Um diese Tatsache zu untermauern, wollen wir auf exemplarische Weise skizzieren, dass, von speziellen Details abgesehen, unser klassisch astronomisches Weltbild aus Schattenbeobachtungen erschlossen werden kann und zu einem Gutteil auch aus Schattenbeobachtungen im engeren Sinne erschlossen wurde. Erst das Interesse für die Himmelskörper als eigenständige physikalische Objekte macht es erforderlich, den Blick um 180 Grad zu wenden, aus den Schattenbildern heraus den Himmelskörpern entgegen.

Nord- Südrichtung

Eine der ersten astronomischen Offenbarungen des Sonnenschattens war die Invariante der Nord-Südrichtung. Die alten Inder wandten vor etwa 4000 Jahren dazu folgendes Verfahren an: Man zeichnet um den Fußpunkt eines senkrecht aufgestellten Schattenstabes mehrere konzentrische Kreise. Das Schattenende fällt dann im Laufe eines Tages auf zwei verschiedene Stellen ein und desselben Krei-

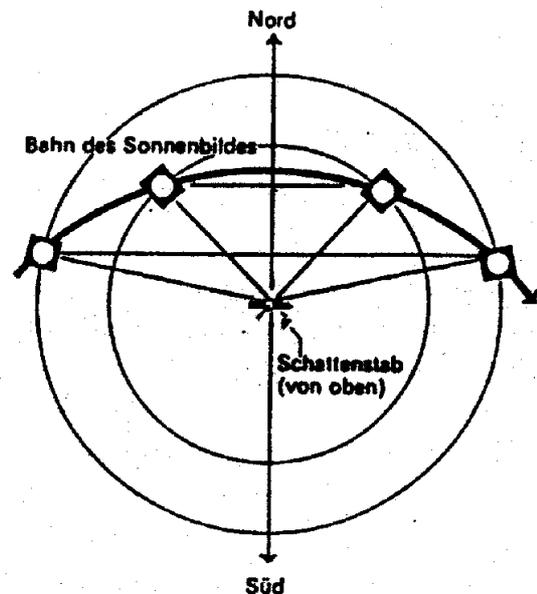


Bild 3: Bahn des Sonnenbildes

ses. Die Winkelhalbierende des von den beiden Punkten ausgezeichneten Kreisabschnittes zeigt dann in Nord- Südrichtung. In dieser Richtung ist der Schatten auch am kürzesten. Natürlich ließe sich

die Nord- Südrichtung direkt aus der kürzesten Länge bestimmen. Diese Methode ist aber etwas ungenauer. Denn man müßte genau den Augenblick treffen, in dem der Schatten von Abnahme zu Zunahme übergeht.

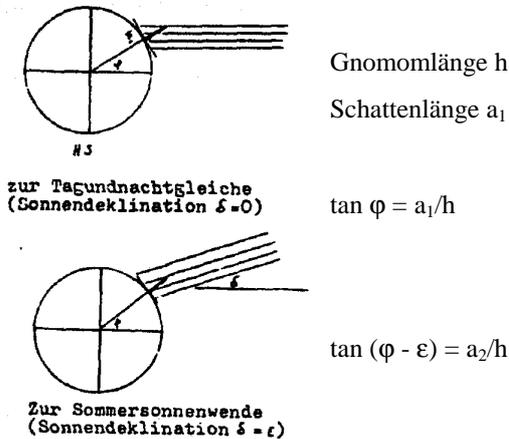


Bild 4: Zu den Jahreszeiten

Schiefe der Ekliptik

300 v. Chr. bestimmte Pytheas die Schiefe der Ekliptik sowie die geographische Breite seines Beobachtungsortes (Marseille). Dazu beobachtete er die Mittagsschattenlänge eines Schattenstabes zu unterschiedlichen Jahreszeiten (Sonnenwenden, Tagundnachtgleiche). Vorher, nämlich 1100 v. Chr., hatten bereits die Chinesen die Schiefe der Ekliptik mit einem ähnlichen Verfahren ermittelt.

Die Erde als Kugel

Die Kugelgestalt der Erde präsentierte sich den Griechen deutlicher als alle Hinweise auf der Erde selbst auf einem natürlichen Projektionsschirm, dem Mond. Immer dann, wenn der Mond den Erdschatten durchquert, also während einer Mondfinsternis fällt der Schatten der Erde auf den Mond. Die Schattengrenze der Erde auf dem Mond bildet stets einen Kreisbogen. Das ist nur bei einer Kugel der Fall. Vermutlich durch die Deutlichkeit dieser Interpretation des irdischen Schattens auf dem Erdtrabanten ermutigt, machte sich später Erathosthenes (ca. 275-195 v. Chr.) daran, den Umfang der Erdkugel zu messen. Auch dazu wurde wiederum der Schatten der Sonne ausgenutzt. Erathosthenes beobachtete nämlich, dass am 21. Juni, dem Tag der Sonnenwende, in Syene, dem heutigen Assuan, mittags kein Schatten zu beobachten war. Zur gleichen Zeit konnte man im etwa 5000 Stadien nördlicher liegenden Alexandria einen Schatten beobachten, der einem Winkel von 7,2 Grad entspricht. Aus diesen Angaben - die Entfernung Syene - Alex-

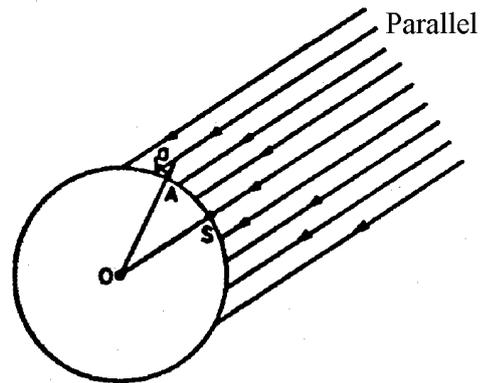


Bild 5: Fast parallel einfallendes Sonnenlicht

andria ließ Erathosthenes übrigens durch Abschreiten ermitteln - läßt sich ein Erdumfang von 39375 km oder 46250 km berechnen, je nachdem ob das ägyptische oder das griechische Stadium zugrundegelegt wird.

Mondgröße

Selbst die Größe des weit entfernten Mondes läßt sich aus Schattenphänomenen herauslesen. Vermutlich war es Aristarch von Samos (310-230 v. Chr.) der dies als erster getan hat. Er beobachtete nämlich bei Mondfinsternissen, dass der Erdschatten auf dem Mond etwa von doppeltem Monddurchmesser ist. Aus einer totalen Sonnenfinsternis wußte er außerdem, dass der Mond die Sonne gerade abzudecken vermag. Aus diesen Angaben kann man aber mit Hilfe des Strahlensatzes das Verhältnis von Mondradius zu Erdradius ermitteln. Mit Hilfe des Wertes für den Erdradius folgt daraus unmittelbar die absolute Mondgröße.

Entfernung von Sonne und Mond

Aristarch hat ein weiteres astronomisches Schattenphänomen, nämlich den Halbmond, bei dem bekanntlich die Hälfte des Mondes im eigenen Schatten liegt, ausgenutzt, um das Verhältnis der Entfernungen Erde-Sonne zu Erde - Mond abzuschätzen. Bei Halbmond bilden nämlich Erde, Mond

und Sonne ein rechtwinkliges Dreieck mit einem spitzen Winkel, den Aristarch mit 3 Grad abschätzte. Das daraus berechnete Verhältnis von 1:19 unterschätzt zwar das wahre Verhältnis um den Faktor 20 reichte aber dennoch zu den revolutionären Schluß aus, dass nicht die Erde, sondern die Sonne im Zentrum der Welt stehen müßte. Diese tiefe Einsicht mußte bekanntlich erst viel später durch Kopernikus erneut gewonnen werden. Obwohl Winkelmessungen zur damaligen Zeit nicht sehr genau gewesen und auch die genaue Feststellung des Zeitpunktes, in dem die Halbmondphase auftritt, ohne

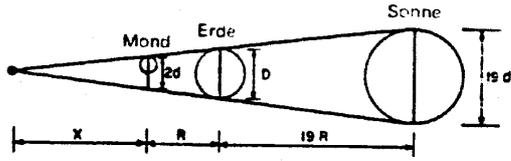


Bild 6: Zur Entfernungsbestimmung von Sonne und Mond

Hilfsmittel schwierig gewesen sein dürften, läßt sich die enorme Unterschätzung der Sonnenentfernung mit derartigen Argumenten allein wohl kaum erklären. Vielleicht hat ja der Wunsch, nicht eine noch größere Sonnenentfernung zu erhalten, bei der Messung Pate gestanden.

Schattenweltbild

Die vielfältigen räumlichen Schattenerscheinungen, die durch das Sonnenlicht auf der Erde oder auf dem Mond, wie sie von der Erde aus beobachtet werden können, hervorgebracht werden, erlaubt folgende Interpretation: Die Erde ist eine Kugel mit einem Radius von etwa 40000 km. Er ist dreimal so groß wie der des Mondes. Dieser ist der Erde sehr viel näher als die Sonne, die daher sehr viel größer als Erde und Mond sein muß. Allein aus diesem Grunde scheint es plausibel, dass ebenso wie im Falle des Mondes, der als kleiner Körper die Erde umkreist, sich nicht die Sonne um die Erde, sondern sich Erde und Mond gemeinsam um die Sonne bewegen.

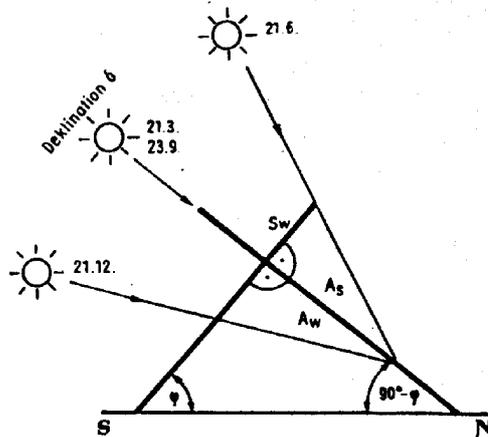


Bild 7: Zur Höhe der Sonne

Dabei lassen wiederum Schattenbeobachtungen darauf schließen, dass die Umdrehung nicht in der Ebene des Erdäquators erfolgt, sondern in einer um etwa 23,5 Grad dazu verschobene Ebene.

Schattenbewegungen als Uhr und Kalender

Da der solare Schatten nicht nur ein räumlich veränderliches, sondern auch ein zeitlich veränderliches Phänomen darstellt, ist es nicht erstaunlich,

dass neben Einsichten über räumliche Verhältnisse des Kosmos auch Aussagen über zeitliche Entwicklungen gewonnen werden konnten und seit frühesten Zeiten auch gewonnen wurden.

Die Bewegungen der von der Sonne hervorgerufenen Schatten auf der Erde müssen wegen der schon frühzeitig erkannten täglichen und jährlichen Rhythmen als erste Uhr und erster Kalender der Menschen angesehen werden. Solange das Ziffernblatt einer solchen Uhr durch einen senkrechten oder waagerechten Schatten bestimmt wurde, bestand der Tag nach heutigem Zeitverständnis aus ungleichen und auch noch von der Jahreszeit abhängenden Abschnitten. Man muß diesen Sachverhalt spätestens dann bemerkt haben, als man alternative, schattenunabhängige Uhren kennenlernte. Einen gleichmäßigen Sonnen- bzw. Erdumlauf unterstellend, hätte man sie allerdings auch schon aufgrund der Kenntnis von der Achsneigung der Erde wissen können. Bekannt ist nur, dass erst im späten Mittelalter durch Verwendung achsparalleler Schattenstäbe sowohl die Ungleichmäßigkeit als auch die Abhängigkeit von der Jahreszeit beseitigt wurden.

Erdbahn als Ellipse

Mit der Entwicklung immer präziser laufender mechanischer Uhren wurde man bald gewahr, dass die Sonnenuhren, so genau sie auch konzipiert sein mochten, immer noch ungleichmäßig liefen. Obwohl diese kleinen Abweichungen in vielen Fällen von geringer praktischer Bedeutung gewesen sein

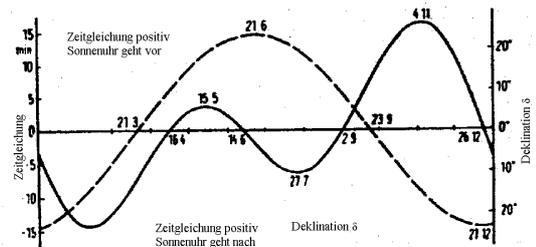


Bild 8: Die Zeitgleichung

dürften, wurden sie jedoch nicht einfach unterschlagen, sondern führten zu weiteren tiefen Einsichten über unser Weltbild: Die Beobachtung, dass die Schatten im Verlaufe des Jahres einer mechanischen Uhr einmal vorauslaufen und einmal hinterherhinken, die sog. Zeitgleichung, erlaubt es, die Erdbahn um die Sonne als Ellipsenbahn zu identifizieren und die zugehörige Exzentrizität zu ermitteln (vgl. den folgenden Aufsatz).

Wir wollen die Betrachtung hier abbrechen. Es gibt zahlreiche weitere Schattenphänomene, die zusätzliche Erkenntnisse über unsere kosmische Umwelt liefern oder auch nur bereits erlangte Erkenntnisse bestätigen und damit sicherer machen. Dazu gehö-

ren in Erweiterung des Schattenbegriffs auf nichtoptische Strahlungen auch neueste kosmische Entdeckungen.

Die Schattenhaftigkeit menschlicher Erkenntnisse

Es mag teilweise weit hergeholt erscheinen, was man alles aus den Schatten herauszulesen vermag. Sicherlich wird man sich in jedem Fall auch nicht so gewiß gewesen sein, dass die Schatten gerade in dieser und keiner anderen Weise auszudeuten waren, wenn nicht andere weniger schattenhafte Phänomene dieselbe Deutung nahegelegt hätten. Als

weitreichende Methode im engeren und weiteren Verständnis hat das naturwissenschaftliche Schattenlesen jedoch auf jeden Fall einen hohen Stellenwert und unser Denken und wissenschaftliches Handeln stark geprägt. Als Metapher für die Verlässlichkeit unserer Vorstellungen über die Welt vermag der Schatten stets daran zu erinnern, dass unsere Erkenntnis nur teilweise auf Beobachtungen und Fakten beruht und sich ansonsten einem subtilen Wechselspiel von Erfahrung und Vereinbarung verdankt.