

Erhard Bertele

LUDWIG J. BERTELE

Ein Pionier der geometrischen Optik

Autor und Verlag haben sich bemüht, alle Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen.
Für berechnete Hinweise auf übersehene Ansprüche wenden Sie sich bitte an den Verlag.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-7281-3816-3 Printausgabe
ISBN 978-3-7281-3817-0 E-Book
DOI 10.3218/3817-0

www.vdf.ethz.ch
verlag@vdf.ethz.ch

© 2017, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Umschlaggestaltung: Isabel Thalman, buchundgrafik.ch

Das Werk einschliesslich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ausserhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Erhard Bertele

**LUDWIG
J. BERTELE**
Ein Pionier der
geometrischen
Optik

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
Danksagung	8

Teil 1: Ein Blick zurück in die Geschichte

Schleiftechnik und erste optische Entdeckungen	10
Die Komödie „Die Wolken“ von Aristophanes	12
Das Brennglas in der orphischen Dichtung	12
Linsen für Lupen und Fernrohre?	12
Die Sonne, eine riesige Kristalllinse	13
Optische Linsen und Glas	13
Erwachende Neugier	16
Das Cristallo-Glas	16
Das Bleiglas	16
Vom Linsenschleifen zum neuen Weltbild	16
Vom Linsenschleifen zum Atommodell	17
Geburt der Fotografie	18
Zurück zu den Linsenschleifern	21
Mathematische Beschreibung der Lichtbrechung	21
Pioniere der geometrischen Optik	22
Die fünf Seidelschen Abbildungsfehler	23
I Die sphärische Aberration	23
II Die Koma (Asymmetriefehler)	23
III Der Astigmatismus	23
IV Die Bildfeldwölbung	23
V Die Verzeichnung	24
Die chromatische Aberration	24
Mit mathematischer Methode errechnetes Objektiv	24
Die Logarithmen	25
Carl Zeiss – Ernst Abbe – Otto Schott	27
Das Tessar	28

Teil 2: Ludwig Jakob Bertele

Kindheit und Jugend	30
LJB als Lehrling	32
LJBs Methode der Objektiventwicklung	33
Der Militärdienst	33
Firmenwechsel von München nach Dresden	33
Der optische Ausgleich	34
Vom Projektionsobjektiv zum Fotoobjektiv	35
Zur Konstruktion des Ernostars	35
Zum Erfolg von Ernostar und Ermanox-Kamera	40
Der Theaterfotograf Hans Böhm	40
Der Pressefotograf Dr. Erich Salamon	40
Ein erstes menschliches Problem	50
Ein weiterer Einschnitt	52
Erste akademische Weihen	52
Eine Reise in die USA	53
Zurück aus den USA – das Sonnar-Objektiv	53
Die Contax – Biotar oder Sonnar?	56
Heirat und Familiengründung	59
LJBs Verhältnis zum Nationalsozialismus	60
Zweimal extreme Brennweite – das Olympia-Sonnar	60
Das Biogon	61
Viele Musterobjektive vom Sonnartyp	64
Das Weitwinkelokular	64
Der Bruch mit Zeiss und der Wechsel zu Steinheil	66
Die Liegenschaft Liebigstrasse 23	67
Flucht aus dem zerstörten Dresden	67
Auswandern?	68
Extreme Anforderungen – und die Lösungen	69

Einen Schritt weiter: 90° Bildwinkel	70	Ehrungen in Anerkennung seiner Verdienste	111
Noch einen Schritt weiter: 120° Bildwinkel	70	Epilog	112
Das Reprogon-Objektiv	71	Informationstechnologie und Digitalisierung	112
Eine Ehrung	71	Schleiftechnik	112
Das Trio Aviotar, Aviogon und Superaviogon	74	Miniaturisierung	112
Ein Objektiv für die terrestrische Fotogrammetrie	74	Gradientenoptiken	112
Die Falkonar- und Reconar-Objektive	75	Elektroaktive Polymere	113
Das Orbigon-Objektiv	82	Diffraktive optische Elemente	113
Das Astrotar – Satelliten-Fotogrammetrie	82	Noch etwas ...	113
Der weite Winkel und der Lichtabfall	83	Bildnachweis	114
Problem: Reflexionen bei Luft-Glas-Übergängen	84	Literaturverzeichnis	116
Die Entspiegelung von Glasoberflächen	84		
Werkzeuge zur Berechnung des Strahlenverlaufs	85		
Ein weiteres Kind des Aviogons – das Biogon 90°	88		
Die schwierige Situation der Konkurrenz	88		
Die Karriere des Biogons im Weltraum	92		
Mikroskopentwicklung	100		
Die Okulare	100		
Die Schacht-Objektive	105		
Ein Affront und die Konsequenz	107		
Ein Objektiv mit variabler Brennweite	107		
Eine Optik für Endoskope	107		
Stimulierende Beziehungen	108		
Gelebte Mitmenschlichkeit	109		
Eine Synopse	110		

Vorwort

Die Idee, eine Lebensgeschichte über unseren Vater, seine Arbeit und sein Wirken zu schreiben, stand seit dessen Tod im Jahr 1985 im Raum. Schon früh hatte meine Nichte Sylvia Bertele die Tonbandaufnahme eines längeren Interviews (1) transskribiert, das etwa 1980 stattgefunden hatte. Dieses hätte damals schon Ansatzpunkt sein können für das Unternehmen. Doch es brauchte dreissig Jahre und die Begegnung mit Bernd Otto, dem Fotohistoriker, bis ich mich auf das Projekt einliess. Bernd Otto ist bekannt durch sein Werk, das umfassend alle Zeiss-Kameras beschreibt, und seine Artikel in der Zeitschrift „PhotoDeal“ (2).

Mein Vater hatte mich, nachdem ich die Matura gemacht hatte, eingeladen, ein Praktikum in seinem Rechenbüro in Heerbrugg zu absolvieren. Ich akzeptierte und bemühte mich in der Folge unter seiner Anleitung, mit Logarithmentafel und Sinustabelle, um die Optimierung eines einfachen optischen Systems. Ein eigentliches Exerzitium, diese Rechnerei, die keinerlei Begeisterung in mir weckte. Das könnte nicht mein Beruf werden! Dazu kam, dass ich mich in eine seiner jungen Rechnerinnen verliebte, was ihn nicht begeisterte und für eine Weile unsere Beziehung belastete.

Statt dann in ein Studium der Physik einzusteigen, was eine Grundlage hätte sein können für eine spätere Spezialisierung auf das Gebiet der Optik, wie er es mir vorgeschlagen hatte, wurde ich Chemiker. Der Optik blieb ich aber – sehr indirekt allerdings – verbunden, denn dank seiner Contax mit Sonnar 1:1.5, die er mir schon früh überlassen hatte, wurde ich begeisterter Amateurfotograf.

Natürlich war ich in groben Zügen immer informiert, wenn wieder einmal eine neue Konstruktion von ihm lanciert wurde. Doch die bahnbrechende Qualität seiner Schöpfungen war mir eigentlich nie bewusst geworden, zu sehr war ich in meine eigenen beruflichen Aktivitäten involviert.

So geschah es, dass über den Entschluss, seinen Nachlass zu sichten, ich mit dem Vater auf eine ganz neue Art in Kontakt kam. Erst dadurch, dass ich mich in seine Korrespondenzen, seine vielen Patente (und Auseinandersetzungen mit den Patentprüfern) vertiefte, wurde mir bewusst, welche Bedeutung unser Vater in der Welt der Optik erlangt hatte und wie er in Fachkreisen als ausserordentliche Persönlichkeit geschätzt wurde. Einige Informationen konnte ich dem schon erwähnten Interview entnehmen. Doch es schmerzte die Erkenntnis, dass ich zu seinen Lebzeiten nicht neugieriger gewesen war und es verpasst hatte, ihn zu seinen Arbeiten, auch den sehr frühen, zu befragen. So bleiben leider Lücken, die nicht mehr zu füllen sind. Zeitzeugen, von denen man noch Auskünfte hätte bekommen können, sind unterdessen leider auch schon verstorben.

Von den beiden Firmen, für welche er seine wichtigsten Entwicklungen realisierte, konnte ich einiges an Informationen erhalten. So unterhält die Carl Zeiss AG in Jena ein grosses, die Firmengeschichte dokumentierendes Archiv, welches vom Historiker Dr. Wolfgang Wimmer betreut wird. Ihm verdanke ich Informationen und Bildmaterial. Bei der Firma Wild AG, die inzwischen als Leica Geosystems AG auftritt, konnte mir Roger Zellweger die gesammelten Ausgaben der ehemaligen Hauszeitschrift „Opticus“ zur Verfügung stellen, und zwar, dank seiner Initiative, in recherchefreundlicher digitaler Form. Eine weitere Informationsquelle war die von Jürg Dedual in privater Initiative aufgebaute Webseite: „Virtual Archive of Wild Heerbrugg“. Die Sammlung der Luftbildaufnahmen, für welche die Objektive Aviotar, Aviogon und Superaviogon verwendet worden waren, ist leider nicht mehr vorhanden.

In seiner Bescheidenheit brachte unser Vater von sich aus das Gespräch kaum je auf seine besonderen Leistungen. Eher äusserte er in Gesprächen um seine Arbeit ein Erstaunen über Verhaltensweisen von Firmenangehörigen, die mehr der eige-

nen Profilierung als dem Erfolg der Firma dienten. Im Ringen um Verständnis schwenkten Gespräche auch mal ab ins Psychologisch-Philosophische. Auch die Frage nach Sinn und Unsinn unserer Existenz tauchte auf. Aus seinem grundlegend naturwissenschaftlichen Weltbild konnte er keinen Sinn ableiten. Er mochte jedoch nicht bei dieser Frage verweilen, fand die Frage – so gestellt – nicht eigentlich sinnvoll. Ihm genügte die Herausforderung, die uns die Natur mit ihren Rätseln stellt. Er freute sich, wenn die naturwissenschaftliche Forschung wieder einmal ein solches gelöst hatte. So bekam ich gelegentlich Post von ihm, wenn ihn einer der Beiträge der NZZ unter dem Titel „Forschung und Technik“ besonders begeisterte. Er selbst lebte diese Begeisterung in seinem eigenen Gebiet aus und zwar, mit zunehmendem Alter, sogar mit zunehmender Intensität: ein Leben für die Optik.

Nachdem mit den Erfindungen von Niépce und Daguerre „das Schreiben mit Licht“ – das Fotografieren – möglich geworden war, ging es in der Folge unter anderem um die Entwicklung abbildender optischer Systeme. Nach den Pionieren Seidel, Petzval und Abbe, welche als Mathematiker eine theoretische Basis zur Konstruktion optischer Systeme legten, und nachdem auch erste Schritte zu einer solchen Entwicklung getan worden waren, machte Ludwig J. Bertele, der jugendliche Autodidakt, um 1920 mit einer ersten erstaunlichen Konstruktion auf sich aufmerksam. Diesem ersten „Wurf“ folgten regelmässig weitere bahnbrechende Leistungen, sodass durch seine intensive schöpferische Tätigkeit eine ganze Epoche der Optikentwicklung geprägt wurde.

Bevor ich in einem zweiten Teil dieser Schrift auf Leben und Wirken von Ludwig J. Bertele eingehe, werde ich zuerst versuchen nachzuzeichnen, wie die menschliche Neugier, ausgehend von einer einfachen zufälligen Entdeckung, über die Jahrhunderte einem Verständnis des Phänomens Licht und damit auch

dem des Sehens immer näher kam, bis hin zu Entdeckungen, die dann das Fotografieren ermöglichten. Durch diesen ersten Teil werden die Leistungen unseres Vaters relativiert, indem ich diese in den grösseren Rahmen der wissenschaftlichen Evolution stelle. Ich meine, dass ich sein Placet dafür bekommen hätte.

Die Entwicklung steht nicht still. So hat es mich gereizt, in einem Epilog auf einige interessante Entwicklungen der Nach-LJB-Aera hinzuweisen.

Danksagung

Neben dem schon erwähnten Bernd Otto sowie meiner Nichte Sylvia gehört mein Dank einer Reihe weiterer Personen, von denen ich bei meinem Projekt unterstützt wurde:

Gespräche mit meinem Bruder Jürgen waren wichtig und führten immer wieder zu Klärungen.

Andreas Eggenberger war es, der mir das ABC des InDesign Programms beibrachte und verantwortlich ist für die grafische Gestaltung.

Auf der Suche nach Bildmaterial zu Hans Böhm, dem ersten Ermanox-Fotografen, kam ich mit Mag. Gerald Piffel von der Wiener Bildagentur Imagno in freundschaftlichen Kontakt und erhielt nicht nur Bilder, sondern auch erhellende Informationen.

Marco Cavini, der italienische Fotohistoriker, der unter anderem das Verdienst hat, den Prototypenbau und Varianten des Sonnar-Objektivs erforscht und dargestellt zu haben, hat mir diesbezüglich viele Informationen geliefert, die jedoch so in die Breite gehen, dass ich nur auf seine Publikationen im Internet verweisen kann. Ihm verdanke ich auch das Bild der Leica mit Sonnar (Seite 56).

Dr. Wolfgang Wimmer, Leiter des Zeiss-Archivs, danke ich für den freundlichen Empfang in Jena und das Überlassen von Porträts der Optik-Pioniere aus dem Archiv.

Die ehemalige Wild AG ist Teil des schwedischen Hexagon Konzerns geworden und firmiert jetzt als Leica Geosystems AG.

Bei meinen Recherchen war es sehr hilfreich, dass mir Roger Zellweger die Hefte der Wildschen Firmenzeitschrift Opticus die er gesammelt und digitalisiert hatte zur Verfügung stellte. Vom ehemaligen Wild-Mitarbeiter Jürg Dedul erhielt ich das die Mikroskop-Optiken betreffende Bildmaterial. Beiden bin ich sehr dankbar.

Bei einem Besuch in Heerbrugg spürte ich im Gespräch mit Jürgen Dold und Eugen Voit viel Wohlwollen und Interes-

se am Buchprojekt. Gleichzeitig bekam ich bei einer Führung Einblick in aktuelle Entwicklungen und Produkte der Firma – erstaunlich, wie rasant der Fortschritt, vor allem dank der Digitalisierung, in den Jahren seit der Zeit des Wirkens von L.J. Bertele war. Für diesen Einblick, der mir gewährt wurde, bin ich natürlich auch sehr dankbar.

Dankbar bin ich auch Sibylle Obrist, Miriam Durscher und Branco Ciganovic für ein erstes kritisches Lesen des Manuskripts.

Angelika Rodlauer hat als Lektorin des vdf-Verlags den Text einer sehr gründlichen Kontrolle unterzogen. Wenn dieser jetzt in einer angenehm leserlichen Form vorliegt, ist das ihr Verdienst.

Zuletzt, und doch nicht zuletzt, gilt ein besonderer Dank meiner Frau Susan, die mich auf ihre Art sehr unterstützt hat.

Teil 1:

Ein Blick zurück in die Geschichte

Die ersten Linsenschleifer

Vom durchsichtigen Quarz zu optisch brauchbaren Gläsern

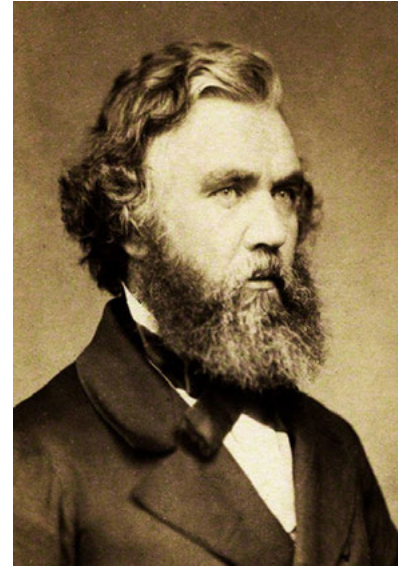
Tiefere Einsichten in die Natur des Lichts

Mathematische Behandlung optischer Probleme

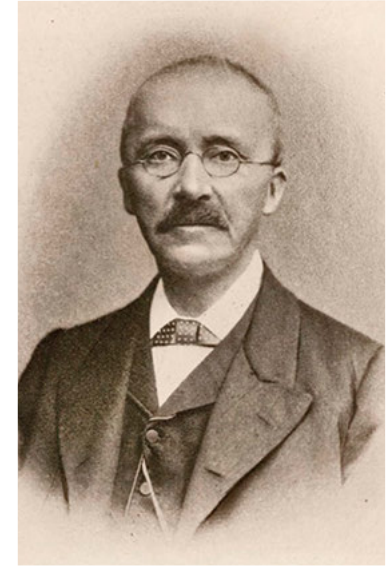
Erste Realisierung von Abbildungssystemen



Die Linse von Ninive



Sir Austen Henry Layard



Heinrich Schliemann

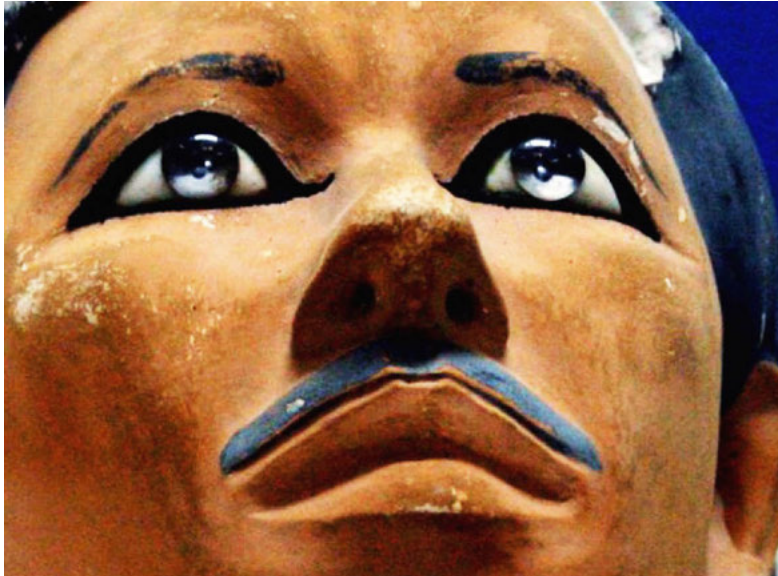
Schleiftechnik und erste optische Entdeckungen

Neben der Sprachentwicklung war wohl die Bearbeitung von Steinen ein weiterer wichtiger kulturbildender Faktor in der Menschheitsgeschichte. Werkzeuge, Kult- und Schmuckobjekte entstanden. Bei der Formung von farblosem Quarz (Bergkristall) zu einfachem Schmuck mögen den frühen Steinschleifern nach dem Polieren von gerundeten Flächen optische Effekte aufgefallen sein. Leicht vorzustellen, dass die Entwicklung dahin führte, dass farbloser Quarzstein dann mühsam zur Linsenform geschliffen wurde. Der Durchblick liess Objekte grösser erscheinen (Lupeneffekt) und, ins Sonnenlicht gehalten, wurde deren Licht in einem hellen, heissen Punkt gesammelt (Brennglas).

Diese ersten „Optiker“ lebten vor mindestens 3000 Jahren. Bei Grabungen in der assyrischen Stadt Ninive (östlich von Mossul, im heutigen Irak) fand der Archäologe Sir Austen Henry Layard im Jahr 1852 eine aus Bergkristall geschliffene, plankonvexe

Linse mit einem Durchmesser von 34 x 40 mm und einer Dicke von 6 mm. Wegen der torischen Form variiert die Brechkraft zwischen 4 und 8 Dioptrien. Die relativ schlecht polierte Oberfläche der Linse ergibt keinen sehr scharfen Fokus. Dies konnte durch Benetzung der Oberfläche mit Wasser, Fett oder Öl sicher deutlich verbessert werden. Die Linse befindet sich heute im Britischen Museum, London.

Bei Grabungen in Troja (1871–1873) fand Heinrich Schliemann 48 plankonvexe Kristallinsen. Diese befanden sich zusammen mit dem „Schatz des Priamos“ lange im Museum für Vor- und Frühgeschichte in Berlin. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Sammlung als Beutekunst nach Russland gebracht. Nachdem sie längere Zeit als verschollen galt, befindet sie sich jetzt im Puschkin-Museum in Moskau (allerdings für die Öffentlichkeit nicht zugänglich). Vermutlich sind dort auch die Linsen aufbewahrt.



Rahotep; Ägyptisches Museum Kairo



Ka-aper; Ägyptisches Museum Kairo

Auch die alten Ägypter verstanden es, Linsen zu schleifen. So zeigen mehrere Figuren beeindruckend lebendige Augen, etwa Rahotep und Nofretete, 4. Dynastie (2639–2504 v. Chr.), die Holzstatue des Ka-aper, 5. Dynastie (2470–2458 v. Chr.) sowie jene des Pharaos Hor Awybre, 13. Dynastie (1760–1732 v. Chr.). Die erstaunliche Lebendigkeit des Blicks erzielten die ägyptischen Künstler, indem sie den Augapfel aus undurchsichtigem weissem Quarz (Alabaster) schlifften. Das ins Zentrum gebohrte, schwarz ausgefüllte kleine Loch markiert die Pupille und das darüber gesetzte plankonvex geschliffene Stück durchsichtigen Bergkristalls bildet den Hornhautbogen ab. Alle erwähnten Darstellungen befinden sich im Ägyptischen Museum in Kairo.

Die Bedeutung von linsenförmig geschliffenen Quarzkristallen bestand im Altertum wohl vor allem in ihrer Verwendung als Brennglas. Ein Brennglas konzentriert das Sonnenlicht zu einem heißen Fleck, was das Entzünden eines Feuers ermöglicht. Nicht nur im griechisch-römischen Kulturbereich war diese elegante Art ein Feuer zu entzünden im Gebrauch, sondern auch im alten Indien und China. Der Indologe Wilhelm Rau (1) zitiert unter anderem den Autor Yāska (5./4. Jahrhundert v. Chr.): „Wenn jemand einen polierten Edelstein auf einen Pratisvara [Brennpunkt] richtet, wo trockener Kuhmist liegt, ohne den mit dem Edelstein zu berühren, dann entzündet sich der: Es entsteht auf diese Weise aus dem himmlischen eben dies irdische Feuer.“

Das Brennglas wurde in Sanskrit als *sūryakānta*, Sonnenfreund, bezeichnet. Der Sinologe Berthold Laufer (2) findet in China in den Annalen der T'ang Dynastie, 618–906 v. Chr., eine erste Erwähnung von bis zu hühnereigrossen Quarzkristall-Linsen. Diese *huo chu* (Feuerperle) genannten Linsen wurden nach seinen Recherchen aus Indien importiert. Wasserklarer Quarz wurde in Kaschmir gefunden. Dort hatte man offenbar auch eine Technik entwickelt, um die Steine zur Linsenform zu schleifen und zu polieren.

Es folgen einige schriftliche Zeugnisse aus griechisch-römischer Zeit, welche die damalige Kenntnis der Eigenschaften von Quarzlinse beschreiben und belegen.

Die Komödie „Die Wolken“ von Aristophanes

In diesem Werk spielt die Fantasie um ein Brennglas eine wichtige Rolle. Die Komödie wurde 423 v. Chr. in Athen uraufgeführt. Wir zitieren aus der Übersetzung von Otto Seel (3):

„Der verschuldete Strepsiades sucht Hilfe bei Sokrates. Dieser entlarvt ihn als alten Tölpel und zwingt ihn, selbst Lösungsvorschläge zu ersinnen. Der bauernschlaue Strepsiades meint – nach einer schlaflosen Nacht –, er könnte ja einen jener durchsichtigen, glatten, hübschen Steine, die man beim Händler findet, nehmen und bei der Gerichtsverhandlung, wenn der Sekretär sein Protokoll verfasst, ein Stück entfernt, sich in die Sonne stellen und die Schrift der Klage einfach wegschmelzen.“ Sokrates bezeichnet diesen Stein als Brennglas (*hýalos*).

Das Brennglas in der orphischen Dichtung

In der Zeit um 400 v. Chr. entstand der folgende Text: „Nimm in deine Hand den glänzenden durchsichtigen Kristall [*hýalos*]. Willst du ein Feuer wecken, ohne dass zur Anstrengung dich seine Flamme zwingt, so heisse ich dich, ihn über dürre Kien-späne zu halten. Wenn dann die Sonne dagegen scheint, wird er bald einen zarten Strahl auf die Späne richten. Berührt dieser die dürre und fette Materie, wird erst ein Rauch, dann ein kleines Flämmchen, aber dann ein grosses Feuer erzeugt.“ Zitiert nach Georg Brandes /Rolf Jarschel (4) und Frank Gnegel (5).

Mit unserem heutigen Wissen um die Lichtbrechung ist es nicht einfach zu verstehen, dass die Linsenwirkung früher als etwas Mysteriöses betrachtet wurde. So stellte man sich vor, dass die Linse, der magische Stein, das himmlische in ein irdisches Feuer transformiert. War das die Tat des Prometheus, die dann



Rudolf Jettmar: Prometheus bringt den Menschen das Feuer

zum Mythos wurde? Die Feuer der Tempel mussten deshalb, quasi als Kind des himmlischen Feuers, mit Hohlspiegeln oder Quarzlinse entzündet werden. Das Olympische Feuer wird bis heute auf diese Weise entfacht.

Plinius der Ältere (23–79 n. Chr.) weist auf die medizinische Anwendung der Kristalllinsen hin: „Ich fand, dass unter den Ärzten, wenn Fleisch ausgebrannt werden muss, kein anderes Mittel für so wirksam gehalten wird, wie eine Kristallkugel, die den Strahlen der Sonne entgegengestellt wird.“ (6).

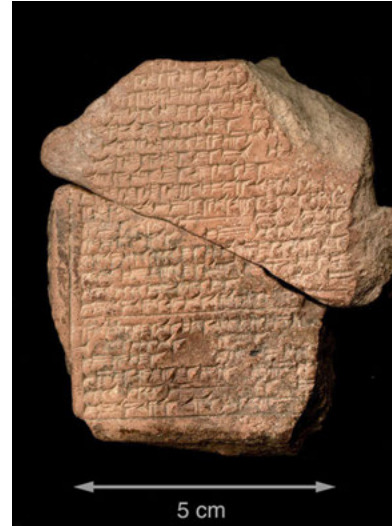
Linsen für Lupen und Fernrohre?

Im Altertum, das heisst bei den Griechen, Römern, Indern und Chinesen, dürfte der Bedarf an Lupenkristallen für den Zweck der vergrösserten Sicht nicht sehr gross gewesen sein. Es gab noch keine Zeitungen mit kleiner Schrift und wahrscheinlich starben damals die meisten Menschen, bevor sich die Pres-

byopie bemerkbar machen konnte. Es wird jedoch in der Literatur gelegentlich auf die Gemmenschnitzer hingewiesen. Diese schufen Gravuren in kleinen Edelsteinen, oft für Siegelringe verwendet, die so fein sind, dass sich die Vermutung aufdrängt, bei der Bearbeitung der Steine könnten Lupen verwendet worden sein. Unwahrscheinlicher hingegen ist, dass schon die Assyrer astronomische Beobachtungen machten, welche nur mit vergrößernden Fernrohren möglich gewesen wären. Giovanni Pettinato, italienischer Archäologe und Historiker, vertritt allerdings genau diese Hypothese (7). In Darstellungen des dem Planeten Saturn zugeschriebenen Gottes ist dieser oft von Schlangen umringt. Das könnte, seiner Meinung nach, so gedeutet werden, dass die Saturnringe damals schon bekannt waren. Das einfachste Fernrohr entsteht, wenn zwei Lupenlinsen in geeignetem Abstand hintereinander gehalten werden. So ist die Vermutung, dass die damaligen Linsenschleifer diesen Effekt schon entdeckt hatten, nicht ganz unplausibel.

Die Sonne, eine riesige Kristalllinse

Philolaos von Croton (ca. 470–399 v. Chr.) wird, obwohl Zeitgenosse von Sokrates, als Naturphilosoph zu den Vorsokratikern gezählt. Er hatte ein astronomisches Weltbild entworfen, in dem die Planeten samt Sonne um ein Zentrum kreisen, welches er als Herd (Hestia) bezeichnete. Interessant ist, wie sich in der Menschheitsgeschichte schon früh Vorstellungen entwickelten, die uns recht modern anmuten. Die Sonderstellung der Sonne bestand allerdings bei Philolaos einzig darin, dass sie Quelle von Licht und Wärme war. Woher aber stammten diese? Nach Philolaos ist die Sonne eine riesige Kristalllinse, welche das Licht und die Wärme des Herds, einem Brennglas gleich, sammelt und auf die Erde fokussiert (8).



Erstes Glasrezept – Keilschrift



Assurbanipal

Optische Linsen und Glas

Die Frage, warum Linsen aus Quarzkristall und nicht aus Glas gemacht wurden, lässt sich leicht beantworten. Die ältesten Funde von Glasuren auf Tongefäßen und Glasperlen in Mesopotamien datieren zurück in die Zeit um 1600 v. Chr. Die ältesten bekannten Glasgefäße stammen aus dem Grab Thutmosis II. (1481–1425 v. Chr.). Es waren Hohlgefäße für Salben und Öle. Alle diese alten Gläser waren jedoch nicht durchsichtig, bestenfalls durchscheinend. Also waren diese Gläser für optische Zwecke noch völlig unbrauchbar.

Eine der 30'000 Keilschrift-Tontafeln der Bibliothek des assyrischen Königs Assurbanipal (668–626 v. Chr.), die bei Grabungen in Ninive gefunden wurden (jetzt im Museum in Mossul; 3D-Bilder davon im Britischen Museum, London), beschreibt das älteste Rezept für die Glasherstellung: 60 Teile Sand, 180 Teile Asche aus Meerespflanzen, 5 Teile Kreide. Diese Mischung wird bei ungefähr 800 °C flüssig. Quarzsand (SiO_2), Pottasche