

archives
internationales
d'Histoire des Sciences

Revue trimestrielle
publiée par la Division d'Histoire des Sciences
de l'Union Internationale
d'Histoire et de Philosophie des Sciences
et avec le concours financier de l'UNESCO

★

ÉTUDES NEWTONIENNES :

Alexandre KOYRÉ : I, II.

Vasco RONCHI : III.

Rupert HALL : IV.

J. W. HÉRIVEL : V, VI, VII.

Jiri MAREK : Ioannes Marcus Marci als erster Beobachter
Farben dünner Schichten.

I. I. ARTOBOLEVSKII : To the Development of the Theory of
Mechanisms for the Reproduction of Algebraic curves.

NOTES et DOCUMENTS.

Mme PRENANT, E. WINTER, A. PORTEVIN, R. FOREGGER,
W. VOISÉ, E. OLSZEWSKI, A. CARDONER.

NOTICES NÉCROLOGIQUES ⊙ INFORMATIONS. ⊙

BIBLIOGRAPHIE CRITIQUE.

★

DÉPOSITAIRE :
HERMANN
115, Bd Saint-Germain
Paris-6°

Ioannes Marcus Marci als erster Beobachter Farben dünner Schichten

In dem Artikel behandle ich die Ansicht über die Entdeckung von Farben dünner Schichten und konstatiere, dass Johannes Marcus Marci diese Erscheinung bekannt war und dass er bereits in seinem im Jahre 1648 in Prag erschienenen Buche *Thaumantias liber de arcu caelesti...* versuchte, dieselbe zu erklären.

Die Interferenz des Lichtes ist — sowohl theoretisch als auch praktisch gesehen — eine wichtige physikalische Erscheinung. Für die Theorie bedeutete ihre Entdeckung einen erheblichen Beitrag zur Erläuterung des Wesens des Lichtes. Und in der Praxis brachte ihre Applikation weitgehende Möglichkeiten neuer Methoden in der Messungstechnik, da die auf Grund ihrer Anwendung angefertigten Messgeräte mit Rücksicht auf die kurze Wellenlänge des Lichtes eine sehr präzise Messung ermöglichen.

Bevor noch T. Young (1) die Idee der Interferenz des Lichtes als konstatierte Tatsache aussprach und bevor diese Idee zu Ergebnissen führte, erschien bereits früher die Beschreibung von Erscheinungen, die das Prinzip der Interferenz erklären konnte. Einer der ersten Beobachter dieser Erscheinungen, über welche wir schriftliche Aufzeichnungen besitzen, war der Professor der Heilkunde an der Prager Universität, Johannes Marcus Marci (1595-1667).

Werke jedoch, welche sich mit der Historie der Physik befassen, haben von Marcus's Beobachtungen über Farben dünner Schichten keine Kenntnis (2).

Als erster Beobachter dieser Erscheinungen wird allgemein Robert Boyle (1627-91), ein jüngerer Zeitgenosse Marcus's angesehen, welcher die Beobachtungen von Farben dünner Schichten in seinem Buche « Experiments and Considerations Touching Colours » (London, 1663) erwähnt.

(1) MACH E., *Die Prinzipien der physikalischen Optik*. Leipzig, 1921. S. 377.

(2) Siehe z. B., ROSENBERGER F., *Die Geschichte der Physik*, II Teil. Braunschweig, 1884. S. 159.

LAUE M., *Istorija fiziki*. Moskau, 1956. S. 44.

MARCUS'S ABHANDLUNG ÜBER FARBEN DÜNNER SCHICHTEN

Beim Studium des im Jahre 1648 in Prag erschienenen Buches von Johannes Marcus Marci *Thaumantias liber de arcu caelesti deque colorum apparentium natura ortu et causis* fand ich bereits die Beschreibung von Beobachtungen über Farben dünner Schichten.

Wie kuriös in damaliger Zeit Marcus's Interesse für diese auf Blasen vorkommenden Farben schien, beweist er selbst mit einigen Sätzen, in welchen er es fast für seine Pflicht erachtet, sein Interesse vorweg zu verteidigen. Für Marcus ist jedoch jede Erscheinung beachtenswert, wenn sie auch nur die Hoffnung zulässt, dass sie zu einem tieferen Erkennen führen könnte.

Was Blasen und ihre Farben anbelangt, würde es nach Marcus (3) scheinen, dass ihre Erforschung eines Mannes nicht würdig sei und dass sei sich eher für kleine Jungen eigne. Er selbst ist jedoch vom Gegenteil überzeugt. Umso ärger wäre es, eine Gelegenheit zu verpassen, je einfacher und alltäglicher der Gegenstand erschiene.

In seiner Abhandlung (4) beschreibt Marcus zunächst den Unterschied zwischen Blase und Schaum. Der Unterschied besteht nur in der Anzahl. Der Schaum besteht aus einer grossen Anzahl (5) von Blasen. Er entsteht an der Oberfläche der Flüssigkeit aus Luftblasen, welche von derselben nach oben getrieben werden.

Die Blase beschreibt Marcus als einen sphärischen kugelförmigen Körper, dessen ausserordentlich dünne Hülle (6) Luft, oder einen luftähnlichen Stoff umschliesst. Die Bildung ihrer kugelförmigen Form bewirkt eine der Kräfte « vis unitiva », welche Marcus der Materie zwecks Erklärung ihrer Eigenschaften zuschreibt.

(3) Ioannes Marcus MARCI, *Thaumantias liber de arcu caelesti deque colorum apparentium natura, ortu et causis*. Prague, 1648. S. 240. — Weiter nur : *Thaumantias*.

(4) *Thaumantias*, S. 240-244.

(5) *Congeries infinitarum bullularum* bedeutet hier nicht eine unendliche Anzahl von Blasen. An einer andern Stelle (*Thaumantias*, S. 22) bestreitet Marcus ausdrücklich den Begriff von Unendlichkeit in actu in der Materie.

(6) Trotzdem Marcus hier die sehr geringe Dicke der Blasenwand erwähnt, ist er sich der Bedeutung dieses Umstandes auf die Entstehung der Farben — wie wir weiters sehen — nicht bewusst. Siehe S. 5-6.

Als Ursache der kugelförmigen Form der Blase betrachtet Marcus weiters die in derselben befindliche Luft. Deshalb fordert er eine einheitlich zusammenhängende Hülle der Blase, um das Eindringen der Aussenluft in das Blaseninnere zu vermeiden. Sobald nämlich Aussenluft in die Blase eindringt, verliert dieselbe ihre Form.

Die kugelförmige Form der Blase war keine Selbstverständlichkeit und ihre Erklärung stiess begreiflicherweise auf Schwierigkeiten. Marcus beantwortet hier die Frage, warum gerade eine Blase beim Aufblasen eine kugelförmige Form bildet. Wenn nämlich der Impuls beim Blasen direkt, in der Richtung des Blasens wirkt, konnte der Einwand, die Blase sollte eher die Form eines Zylinders als einer Kugel annehmen, erhoben werden.

Auf diesen Einwand antwortet Marcus mit dem Hinweis auf die Analogie zwischen der in der Blase eingeschlossenen Luft und der in einem Sacke befindlichen Flüssigkeit. Da es sich um eine zusammenhängende Substanz handelt, müssen wir ihre Bewegung und Impuls laut Marcus mit Rücksicht zum Zentrum erwägen.

Die Oberfläche der Blase bildet eine viskose tropfbare Flüssigkeit, Marcus nennt hier Honig, Wachs, Harz. Zur Bildung von Blasen eignen sich am besten Substanzen von grosser Spann- und Dehnbarkeit. Es dürfen in derselben keine Risse entstehen und die Substanz muss fähig sein, eine sehr dünne Schichte zu bilden. Marcus bezeichnet als geeignetes Material zwecks Bildung von Blasen Seife, welche aufgelöste Fette beinhaltet.

An den Farben der Blase bewundert Marcus die erstaunliche Harmonie, mit welcher die Farben ineinander verfliessen. Er beschreibt den Uebergang einer Farbe in die andere, als ob eine die andere gebären würde. Eine Farbe geht gleich in diese, gleich in jene über (7).

Es ist interessant, dass hier Marcus auch der beim Auflösen der Blase vorkommenden Erschöpfung Beachtung schenkt (8).

(7) « Sequuntur colores mira elegantia et varietate : dum alii ex aliis nasci et renasci videntur, ... colores neque statim, neque iidem singulas facies mutant, sed post aliquotum intervallum. Et alia quilibet vertit, alia cyaneis, alia coccinea sulfanditur ostro. Et purpureum ex hoc in lilium, inde viridem, tum pavonaceum, cyaneus, hyacinthinum permutatur ». *Thaumantias*, S. 241.

(8) « Quarto non solum faculae, sed tota superficies bullae eiusmodi coloribus variegatur, qui quandoque prius quam bulla evanescunt ». *Thaumantias*, S. 242.

Hicbei verschwinden nämlich auf der Blase die Spectralfarben und es erscheinen dunkle Flecken, welche sehr dünne Schichten vorstellen. J. Perrin, welcher über diese dunklen Flecken (9) im Zusammenhange mit der Durchmessung der Schichtendicke berichtet, schreibt deren Entdeckung Newton zu.

Weiters erwähnt noch Marcus in seiner Abhandlung den auf tropfbaren Flüssigkeiten entstehenden Schaum. Hicbei spricht er nicht mehr von dem Vorkommen von Spectralfarben. Die Farbe des Schaumes sieht er weiss. Nach Marcus ist diese Farbe dem Schaume eigen; der Schaum ist daher weiss gleich wie Schnee, Milch, Gips. Offensichtlich reiht Marcus die weisse Farbe des Schaumes zu den *colores permanentes* (10). Nach seiner Vorstellung entsteht diese weisse Farbe des Schaumes durch Zusammenziehen (*constrictio*) des ungebrochenen Lichtes. Ursache des Zusammenziehens ist hier das Hinunterdrücken der unteren Schaumschichten durch obere Schichten, deren durch Anhäufung entstehender Druck die kugelförmige Form der Bläschen, welche den Schaum bilden, beeinflusst. Hierin sieht Marcus die Ursache der weissen Farbe des Schaumes.

Er nimmt an, dass der Grund des Entstehens der weissen Farbe bei Schaum und Schnee der selbe sei. Beim Schaum ist die Ursache dessen Farbe das Hinunterdrücken der unteren Schichten, aus welchen die weisse Farbe durch die nicht hinuntergedrückten Oberschichten hervordringt. Beim Schnee bewirkt dann das Zusammenziehen des Lichtes der Frost.

MARCUS'S DARLEGUNG DER FARBEN DÜNNER SCHICHTEN

Nicht nur, dass Marcus Farben dünner Schichten auf Blasen beschreibt, er versucht auch, diese Erscheinung zu erklären. Er setzt einen qualitativen Unterschied zwischen der die Blase umgehenden Aussenluft und der in der Blase eingeschlossenen Luft voraus. Die in der Blase befindliche Luft betrachtet er als dichter und dampfhältig.

Aus der Begründung seiner Behauptung ist ersichtlich, dass

(9) PERRIN J., *Die Atome*. Dresden, 1914. S. 46.

(10) Ueber die Teilung von Farben auf *colores permanentes* und *apparentes* siehe ROSENBERGER F., *Die Geschichte der Physik*, II Teil, S. 63.

Marcus sich der prinzipiellen Wichtigkeit hinsichtlich der Dicke der Blasenwand bei der Erscheinung nicht bewusst war. Nach seinen Vorstellungen würden auf der Blase nicht jene Farberrscheinungen entstehen, wenn sich innerhalb der Blase reine Luft, ähnlich jener, die die Blase umgibt, befände. Diese Farben würden = nach seiner Angabe = ebensowenig entstehen wie auf gläsernen Gefäßen, welche dieselbe Luft beinhalten, die sie umgibt.

Marcus nimmt also in seiner Erklärung ausdrücklich keine Rücksicht auf den Unterschied in der Dicke der Blasenwand und der Wand eines gläsernen Gefäßes, wiewohl er andererseits fordert, dass die für die Blasenhülle angewendete Substanz eine dünne Schichte bilde. Bei der Erklärung dieser Erscheinungen geht Marcus von einem andern Standpunkt aus. Als Ursache des Entstehens von Farben dünner Schichten betrachtet Marcus die unterschiedliche Qualität der in der Blase eingeschlossenen Luft, welche die Strahlen auf andere Weise bricht als die in Glasgefäßen befindliche Luft, die sich von der das Gefäß umgebenden Luft nicht unterscheidet.

Nach Marcus Bemerkung entsteht an der Blase ein doppelter Reflex: einer an der inneren Oberfläche der Blase, der zweite an der Luft (11).

Auf diese Weise entsteht auf der Blase eine Verdoppelung des Bildes, gleich wie an den Wänden von Glasgefäßen.

Marcus beobachtete den wichtigen Unterschied zwischen Eigenschaften von Farben die auf der Blase, und jenen, die auf einer vollen, durchsichtigen Kugel beim Auffallen des Lichtes entstehen.

Diese zweierlei Farben betrachtet er nicht als Farben derselben Gattung, da er sich des für ihre Erläuterung wichtigen Unterschiedes bewusst ist; die Farben auf der Kugel bemerkt er nur bei einer gewissen Lage des Auges in der Richtung zur Kugel,

(11) « Secundo duplici fieri reflexionem: aliam quidem a superficie interna videri, aliam vero ab aere »: *Phaenomena*, S. 912

In der Abhandlung *De natura iridos*, Prag, 1650, Satz 1, vertritt Marcus die Ansicht, dass der Reflex nicht auf der hinteren Fläche der Wand, sondern auf der vorderen Fläche des folgenden Mediums entsteht. « Non igitur dici potest utraque super — ficies corporis pellucidi tam prima, quam ultima radios lucis reflectere: cum secunda reflexio non fiat a superficie ultima eiusdem pellicidi, verum a superficie prima alterum sibi contigui pellucidi vel opaci. »

bei einem bestimmten Winkel, unter welchem er die Kugel, beobachtet. Nach seiner Auffassung verwandeln sich daher nur bestimmte Strahlen in der Kugel zu Farben. Auf der Blase hingegen entstehen Farben bei jedweder Lage des Auges und durchziehen die ganze Oberfläche der Blase. Und wenn sich auch die Lage des Auges im Hinblick zur Blase nicht ändert, verändern sich doch die Farben auf der Blase (12).

Bei der Auslegung seiner Beobachtungen von Farben dünner Schichten spricht Marcus von dem Zusammenhang beider Erscheinungen, den Farben auf der Blase und den Farben auf der vollen Kugel. Er nimmt an, dass jene Farben, welche auf der Blase erscheinen, eigentlich auf den in der Blase sich befindlichen kleinen Tropfen der Flüssigkeit entstehen, in welchen die eindringenden Lichtstrahlen ihre Farben erhalten (13).

Dies führt Marcus zur Begründung der Richtigkeit seiner Annahme über die Funktion von Tautropfen an. Wenn wir eine Blase durch ein Röhrchen herausblasen, finden wir zunächst auf derselben keine Farbe. Die herausgeblasene Luft voller Dämpfe bildet einen Regen von feinen kleinen Tröpfchen, welcher sich über die Wände der Blase ergießt und auf deren unteren Ende einen Tropfen bildet, der die Blase nach unten zieht. Diese Tröpfchen entstehen dadurch, dass sich Wärme ausstrahlt. Und dies sind offensichtlich jene Tröpfchen, welche nach Marcus der Blase ihre Farbe verleihen. Die Wandlung der Farben, wobei sich auf der Blase eine Farbe in die andere ändert, erklärt Marcus dann mit der Bewegung der Tröpfchen, welche ebenfalls in einander verfließen.

Die Berechtigung dieser Erklärung unterstützt andererseits der Mangel an Farben beim Blasen des Glases, auf welchen Marcus sich beruft. Glas lässt sich — wie er anführt — nur in glühendem Zustand aufblasen, sodass in demselben keine Tautropfen, auf denen sich Farben bilden könnten, entstehen.

(12) « Quod attinet colores, non videtur hic eadem esse ratio, quæ in pila cristallina, quæ oculum requirit in certo situ et non nisi radii certi mutantur in colores. In bulla vero in quovis situ efflorescunt bullamque unversam pervadunt, aut situ non mutato, in momenta variant ». *Thaumantias*, S. 242.

(13) « Dicendum ergo hos colores ortum habere a guttulis rorantibus eidem bullæ inclusis, in quibus radii incidentes eiusmodi pigmenta assumunt ». *Thaumantias* S. 242.

Marcus hat offensichtlich keine Erfahrung mit dünnem Glas (14).

Marcus sieht auch einen Zusammenhang zwischen Farben auf Blasen und Farben am Prisma. Der Grund des Entstehens von Farben auf der Blase sieht Marcus in der Vorstellung, dass Farbstrahlen (*radii colorati*) auf der Oberfläche der Blase enden, in der gleichen Weise, wie die im Prisma gebrochenen Strahlen auf dem in der Richtung der Strahlenverbreitung gestellten Lichtschirm ein Spectrum bilden.

SCHLUSSFOLGERUNG

Aus dem Angeführten geht hervor, dass Marcus Farben dünner Schichten sehr sorgfältig beobachtete und dem Entstehen von Blasen, auf welchen er diese Farben beobachtete, sowie der Form der Blasen und der Materie, aus welcher sie sich bilden, grosses Interesse widmete. Er versuchte auch diese Erscheinung zu erläutern, was bei seinen Möglichkeiten sicherlich sehr überzeugend wirkte.

Aus den angeführten historischen Arbeiten ist ersichtlich, dass wir in Marcus's Abhandlung die erste schriftliche Aufzeichnung über Farben dünner Schichten besitzen, sodass wir den Anfang der Beobachtungen dieser Erscheinungen auf das Jahr 1648, das Datum der Ausgabe von Marcus's Buch *Thaumantias* verlegen können.

DANK

Hiemit danke ich den Mitgliedern der Kommission für die Geschichte der Naturwissenschaften, Herrn Dr. Smolka und Frau Dr. Seidler für das Interesse, welches sie meiner Arbeit entgegenbrachten.

Technische Hochschule in Prag.

Jiri MAREK.

(14) « Quod igitur vitro, dum a spiritu rotundatur, nulli colores insunt. Huius ratio est, quod massa hæc non nisi ignita tendi possit, unde nullus ros in ea colligi, neque calidum exhalare potest ». *Thaumantias*, S. 243.