

Friedrich Adolph Noberts Interferenz-Spektrumplatte

Erich Steiner

Friedrich Adolph Nobert (1806–1881) war der Sohn des Barther Uhrmachers Johann Friedrich Nobert und dessen Ehefrau Elisabeth, geborene Teez. Er besuchte die Volksschule in Barth (Pommern) und ging anschließend bei seinem Vater in die Lehre. Bereits in dieser Zeit entwickelte er eine Taschenuhr mit Sekundenzeiger und Kompensation der Einflüsse von Temperatur und Lage, die er zur Berliner Gewerbeausstellung im Jahr 1827 sandte. Die Uhr wurde besonders ausgezeichnet und brachte ihm die Bekanntschaft des Astronomen Johann Franz Encke, dem Direktor der Berliner Sternwarte, mit dem er korrespondierte. Mehrere Wissenschaftler der Universität Greifswald ermöglichten ihm den Zugang zur Universitätsbibliothek und den Umgang mit der Instrumentensammlung.

Nobert entwickelte astronomische Pendeluhren, mit denen er 1829 die geografische Länge von Barth berechnen konnte. Ein Stipendium ermöglichte ihm das Studium am Technischen Institut in Berlin, das er 1833 abschloss. 1835 wurde er zum Universitätsmechaniker der Universität Greifswald ernannt. Während der 1840er Jahre begann er die Feinmaßstabstechnik zu entwickeln, die ihm große Berühmtheit einbrachte. Nach dem Tod seines Vaters ging er 1850 mit seiner Frau Mathilde, geborene Saeg, zurück nach Barth, wo er die väterliche optische und mechanische Werkstatt übernahm (wikipedia, 2013).

Längsteilung mit der Kreisteilungsmaschine

Er baute sich eine Kreisteilungsmaschine, auf der er Beugungsgitter, Testobjekte und Mikrometer, die Skalen von astronomischen und mathematischen Instrumenten gravierte und feine Chronometer-Triebe zuschnitt. Gleichzeitig entwickelte er ein Zusatzgerät zu seiner Kreisteilungsmaschine für Längsteilung, mit der er parallele Linien mittels einer Diamantnadel auf Glas gravierte. Seine erste Probeplatte bestand aus zehn Gruppen oder Bändern. Jede Gruppe schloss eine Anzahl von einzelnen Linien mit einem bestimmten Abstand ein. Die erste Gruppe war in 1/1000 Pariser Linien eingeteilt und die zehnte in 1/4000 Pariser Linien. Eine Pariser Linie war ein Maßstab, der von den kontinen-

talen Instrumentenmachern verwendet wurde. Sie entspricht einer Länge von 2,256 mm. Die sich dazwischen befindlichen acht Gruppen bildeten eine geometrische Reihe zwischen diesen Grenzen.

Von 1845 an, als Nobert als erster eine Probeplatte linierte (Abb. 1), bis zum Ende des Jahrhunderts waren seine Erzeugnisse gut bekannt. Immer wenn die feinste Gruppe einer Probeplatte aufgelöst wurde, erzeugte Nobert eine andere Probeplatte, die noch feinere Gruppen enthielt. Im Ganzen erzeugte er folgende sieben Probeplatten (mit Entstehungsdatum):

Zehn-Gruppen Platte	1845
Zwölf-Gruppen Platte	1848
Fünfehn-Gruppen Platte	1849
Zwanzig-Gruppen Platte	1851
Dreißig-Gruppen Platte	1855
Neunzehn-Gruppen Platte	1861
Neue Zwanzig-Gruppen Platte	1873

Die berühmteste Probeplatte war die Neunzehn-Gruppen Platte. Die 19. Gruppe (Linienabstand 0,23 μm) wurde 1869 von Dr. J. J. Woodward aus Washington aufgelöst. 1873 brachte Nobert die Neue Zwanzig-Gruppen Platte heraus, bei der die feinste Gruppe einen Linienabstand von 0,1128 μm besitzt. Die zehnte Gruppe der neuen Platte hat den Linienabstand der 19. Gruppe der Vorgängerplatte. Die 11. Gruppe (Linienabstand 0,21 μm) wurde 1884 von E. M. Nelson aufgelöst. Die folgen-



Abb. 1–4: Nobert'sche Probeplatte aus dem Optischen Museum der Ernst-Abbe-Stiftung Jena. Die Nobert'sche Interferenz-Spektrumplatte (Abb. 1), Ansicht der Linienblöcke im bildumkehrenden Mikroskop (Abb. 2) und in der schematischen Zeichnung (Abb. 3). Die sieben Linienblöcke in ihren Spektralfarben im Dunkelfeld, Zeiss-Objektiv S 10/0,25 Iris, Okular 5x (Abb. 4).

Vor einigen Jahren, wie mich die Farben beschäftigten, welche das Mikroskop zeigt, wenn sowohl die Objecte, wie der Beleuchtungswinkel verändert werden, gelangte ich zur Construction einer Theilung, welche die sieben Hauptfarben des Spectrums, jede völlig monochromatisch und getrennt und alle gleichzeitig durch Interferenz darstellt, zugleich aber mit großer Evidenz veranschaulicht, wie die Farben von der verschiedenen Wellenlänge des Lichtes abhängen.

Auf der Mitte einer Glasplatte befinden sich sieben Abtheilungen durch größere Zwischenräume getrennte Parallellinien, deren Abstand in jeder einzelnen Gruppe sich völlig gleichbleibend, in den verschiedenen aber in demselben Verhältnisse wächst, wie die Undulationslänge vom violetten Strahl bis zum rothen zunimmt. Auf den von mir bis jetzt ausgeführten Platten dieser Art ist der Abstand der Mitte zweier Linien, oder mit Fraunhofer die Größen $\gamma + \delta$, in Pariser Linien ausgedrückt, wie folgt:

tiefroth	0''',001600	hellblau	0''',001075
orange	0''',001450	indigo	0''',001000
gelb	0''',001325	violett	0''',000900
grün	0''',001188		

Oberhalb der Theilung ist zur Sicherung gegen Staub und Verletzung ein Deckplättchen geklebt.

den Gruppen konnten bis heute von keinem Lichtmikroskop aufgelöst werden.

Erst 1966 ergaben elektronenmikroskopische Untersuchungen von Turner und Bradbury für die Neue Zwanzig-Gruppen Platte, dass Noberts Ungenauigkeiten bei den Linienabständen nicht schlechter als 10 % sind.

Nobert stellte aber auch Mikroskope, Schiffs-Chronometer, Haus- und Standuhren her, die sehr gefragt waren. Er erledigte alle Arbeiten selbst, ohne einen Gehilfen zu haben. Es gelang ihm, bedeutende Verbesserungen bei der Farbbestimmung der Sterne zu erreichen, die für Aufsehen in Fachkreisen sorgten.

Beschäftigung mit Farben

Nobert beschäftigte sich aber auch sehr intensiv mit den Farben, die das Mikroskop zeigt. Er schrieb 1852 in der *Annual Review of Physical Chemistry* dazu Folgendes:

Beim Gebrauche legt man die Platte, das Deckplättchen nach oben gewandt und den darauf gezeichneten Pfeil nach der Lichtquelle gerichtet, auf den Objecttisch eines zusammengesetzten Mikroskops und wende eine 16- bis 25fache Vergrößerung an, wobei es aber unerlässlich ist, die freie Oeffnung des Objectivs bis auf 0''',7 oder 0''',8 im Durchmesser zu vermindern, für welchen Zweck der Platte ein Metallplättchen mit Loch, welches von oben in die Fassung des Objectivs gelegt wird, beigegeben ist. Diese Verkleinerung der Objectivöffnung hat erstens den Zweck, von dem Lichte, welches vom Erleuchtungsspiegel ausgehend, unter einem Winkel von $11^{\circ} 24'$ (mit dem Einfallslothe der Platte) auf das Gitter fällt, nichts direct ins Mikroskop gelangen zu lassen, zweitens aber zu verhindern, daß noch Strahlen von bedeutender Neigung gegen die Axe des durch das Objectiv gehenden Strahlenkegels zur Ergänzung der farbigen Streifen im Mikroskop mitwirken. Einen verwandten Zweck hat die zur Seite des Pfeils gezeichnete Kerzenflamme, welche andeuten soll, daß von der Seite des Erleuchtungsspiegels das Licht zum Gitter aufsteigen muß. Durch die Breitenausdehnung, welche die Theilung hat und da die sieben Abtheilungen gleichzeitig in den, ihnen angehörigen Farben erscheinen sollen, entstehen nämlich bei der größeren Nähe des vom Spiegel ausgehenden Lichtes und des Mikroskopobjectivs, etwas verschiedene Neigungswinkel des auffallenden und reflectirten Lichts an den verschiedenen Abtheilungen des Gitters, welche nothwendig einen etwas veränderten Gangunterschied der Strahlen (als wie er sonst bei gleichem Neigungswinkel durch den Werth $\gamma + \delta$ in den sieben Abtheilungen, proportional den Wellenlängen der Farben, gegeben ist) hervorrufen müssen. Dieser veränderte Gangunterschied würde aber bei der Zerlegung des weißen Lichts durch die sieben Gitter etwas andere als die sieben verlangten Farben erzeugen und es ist deshalb in der Theilung der Größe $\gamma + \delta$ in den auf einander folgenden Abtheilungen, durch Versuche ermittelt, etwas stärker zunehmend angenommen, als wie solches die Undulationslängen fordern.

Nach dieser, die Construction der Theilung betreffenden Bemerkung, kehre ich zum Versuche zurück und erinnere, daß zwischen dem Spiegel des Mikroskops und dem leuchtenden Fenster, in 5 bis 6 Zoll Entfernung vom ersteren, ein Schirm mit etwa 6 Zoll hoher und 1/3 Zoll

breiter Spalte aufgestellt seyn muß, welche letztere ihren Lichtstreifen auf diejenige Seite des Spiegels wirft, welche auf der Platte durch die Lichtkerze angedeutet ist. Wenige Drehungen des Erleuchtungsspiegels werden jetzt hinreichen im dunklen Felde des Mikroskops sieben farbige Streifen zur Anschauung zu bringen, und wenn die Spiegellage völlig berichtigt ist, erscheinen die sieben Hauptfarben in höchster Deutlichkeit, durch dunkle Zwischenräume gegenseitig getrennt und in derselben Ordnung aufeinanderfolgend wie im prismatischen Sonnenbilde, wobei auch ihre specifische Leuchtfähigkeit im Gegensatze zu den dunklen Zwischenräumen, sehr hervortritt.

Ist diese Beobachtung beendet, so entferne man das verengte schwache Objectiv des Mikroskops, setze statt seiner, ein Objectivsystem von 180 bis 200mal vergrößernde Kraft an, so wird man, vermöge des größeren Lichtkegels, welche diese Objective durchlassen, ein helles Gesichtsfeld mit sieben Abtheilungen Parallellinien sehen, deren Abstände mit einem genormten Mikrometer gemessen, darthun werden, daß sie im Verhältnisse der Undulationslängen der sieben Hauptfarben stehen.

Die Platte kostet 5 Thaler.

Barth in Pommern, im Juli 1851.

Die Nobert'sche Interferenz-Spektrumplatte im Detail

Durch einen Zufall war es mir möglich, so eine heutzutage noch kaum mehr vorhandene Nobert'sche Interferenz-Spektrumplatte zu untersuchen (Abb. 1). Sie besteht aus einem 45×18 mm großen und 2,5 mm dicken Glas-Objektträger. Die sieben eingravierten Linienblöcke sind durch ein aufgeklebtes 20×17 mm großes ovales Deckgläschen vor Staub und Beschädigung geschützt. Am oberen Ende des Objektträgers sind die Bezeichnung „Interferenz Spectrum“, ein „Pfeil“, eine „Kerze“ und eine „Verbindungsline“ von der Pfeilspitze bis zur brennenden Kerzenflamme eingraviert. Am unteren Ende des Objektträgers ist die unterstrichene Signatur „F. A. Nobert fec Linira, Barth“, und „Pommeratiae“ eingraviert. Außerdem ist hier noch eine teilweise abgesplitterte Beschriftung aus weißer Lackfarbe vorhanden. Ich nehme an, dass es sich um eine ehemalige Katalognummer mit der Bezeichnung „C 55“ handeln könnte (Abb. 2 und 3).

Die Linienblöcke

Die Linienblöcke haben eine Länge von 6,25 mm und eine durchschnittliche Breite von 56,75 μm (Abb. 2, 5, 6). Sie weisen bestimmte Charakteristika auf (Tabelle 1).

Um die erzeugte Wellenlänge des Lichtes zu berechnen, gibt Nobert folgenden Rechengang an: *In theoretischer Hinsicht bildet die Erscheinung einen der einfachsten Interferenzfälle. Das Licht fällt vom Spiegel unter einem Winkel*

von $11^\circ 24'$ mit dem Einfallslothe der Teilungsebene auf die Gitter, wird von diesen, in der Richtung jenes Einfallsloths ins Mikroskop geführt und zur Anschauung gebracht. Die Interferenzbildung wird demnach allein durch den Gangunterschied der vom Spiegel zum Gitter gehenden Strahlen hervorgerufen und er ist, wenn man mit Fraunhofer ein Intervall irgend eines der sieben Gitter mit $\gamma + \delta$ bezeichnet, $= (\gamma + \delta) \sin 11^\circ 24'$.

Tabelle 1: Charakteristika der Linienblöcke.

Linienblock	A	B	C	D	E	F
1	0,001600	3,611	17	277	713	tiefrot
2	0,001450	3,273	18	306	646	orange
3	0,001325	2,991	20	334	591	gelb
4	0,001188	2,681	21	373	530	grün
5	0,001076	2,426	24	412	479	hellblau
6	0,001000	2,257	26	443	446	indigo
7	0,000900	2,031	29	492	401	violett

A Linienabstand in Pariser Linien (1 Pariser Linie = 2,256 mm), B Linienabstand in Mikrometer (1 μm = 1/1000 mm), C Anzahl der Linien im Linienblock, D Anzahl der Linien pro Millimeter, E erzeugte Wellenlänge des Lichtes in Nanometer, F erzeugte Farbe des Lichts.

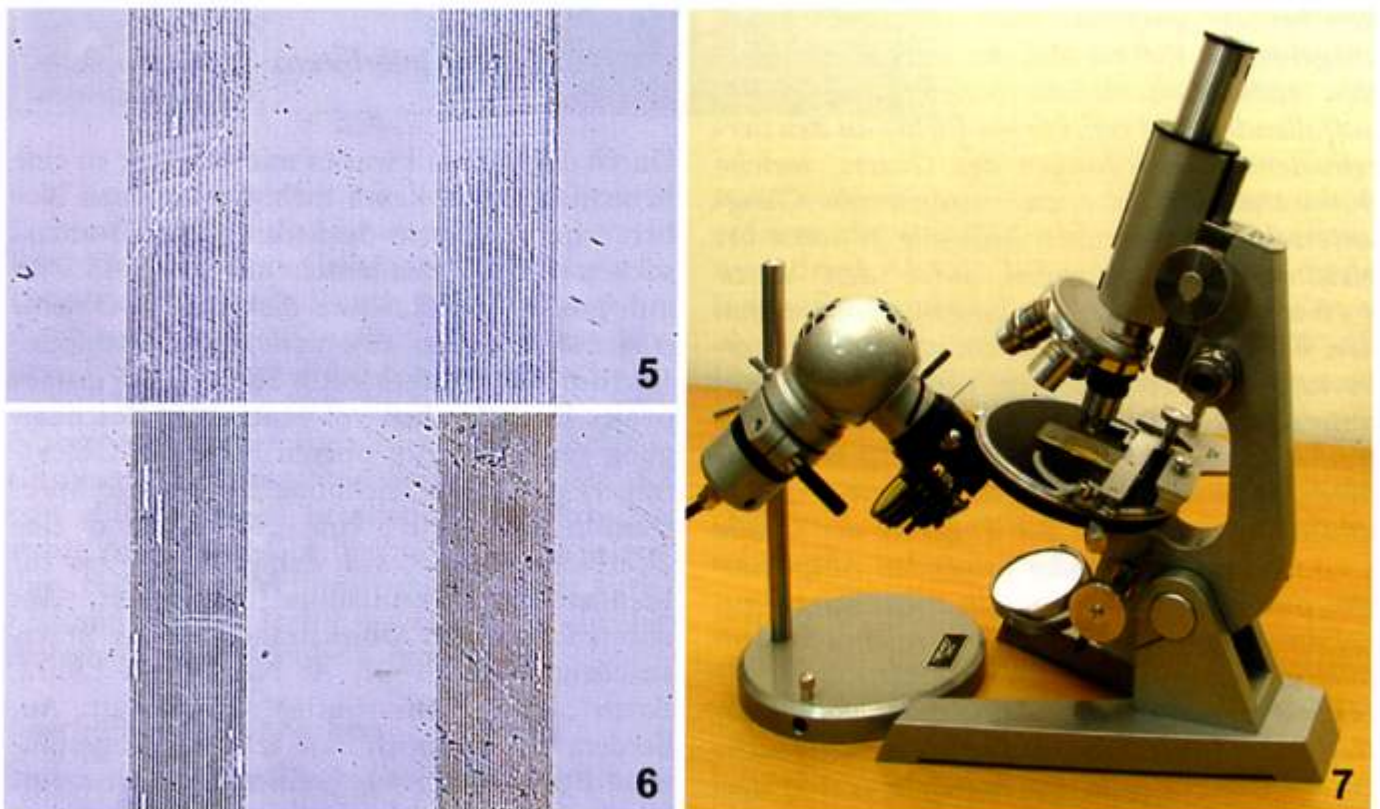


Abb. 5–7: Linienblöcke 1 und 2 (Abb. 5) sowie Linienblöcke 6 und 7 (Abb. 6); Objektiv 40x, Okular 10x. Mikroskop in Schrägstellung und mit entsprechender Beleuchtungseinstellung. Details siehe Text (Abb. 7).

Beispielberechnung

In der Abteilung, welche den indigofarbenen Streifen erzeugt, ist

$$\begin{aligned}\gamma + \delta &= 0,00100 \text{ (Pariser Linien)} \times \sin 11^\circ 24' = \\ &0,002257 \text{ mm} \times \sin 11^\circ 24' = \\ &0,002257 \text{ mm} \times 0,1976 = \\ &0,000446 \text{ mm} = 446 \text{ nm}\end{aligned}$$

Die Erzeugung der Spektren in der richtigen Farbenfolge nach den Angaben von Nobert war nicht so einfach. Nach zahlreichen Versuchen kam ich darauf, dass man keinen Kondensor und nur den Planspiegel verwenden darf. Für die Einengung der Objektivapertur verwendete ich aus schwarzem Papier hergestellte Blenden, die ich auf die Objektivhinterlinse legte. Am besten waren Objektive zwischen 4- und 10facher Vergrößerung geeignet beziehungsweise das Zeiss-Kugelsegmentspezialobjektiv S 10/0,25 Iris, um ein schönes Dunkelfeld zu erreichen. Dieses Objektiv wird normalerweise für Untersuchungen von Gesteinsdünnschliffen mit Hilfe eines Universaldrehtisches verwendet. Die Einstellung mit dem Einfallswinkel von circa $11^\circ 24'$ zum Lot der Interferenz-Spektrumplatte war nur mit gekipptem Stativ möglich. Als Beleuchtung verwendete ich eine Reichert Niedervoltlampe FNI (6V/30W), und statt des von Nobert vorgeschlagenen Schirms eine aus schwarzem Papier hergestellte Spaltblende von 2 mm Spaltbreite, die ich im Filterhalter der NV-Lampe befestigte (Abb. 7). Das Licht wurde dann gezielt auf den äußeren Rand des Planspiegels gelenkt. Nach der Feineinstellung des Planspiegels und der fast vollständigen Schließung der Irisblende im erwähnten Zeiss-Objektiv S 10/0,25 Iris waren die sieben Linienblöcke in der richtigen Reihenfolge der Hauptfarben des Spektrums im Dunkelfeld zu sehen (siehe Abb. 4).

Schlussbemerkung

Abschließend kann nur gesagt werden, dass die feinmechanische Leistung Noberts zur Erzeugung einer Interferenz-Spektrumplatte höchstes Lob und Bewunderung verdient. Als Ergänzung muss erwähnt werden, dass Nobert noch

eine ähnliche, aber etwas komplizierter aufgebaute „Glasplatte mit Theilungen zur Bestimmung der Wellenlänge und relativen Geschwindigkeit des Lichts in der Luft und im Glase“ vertrieb. In dieser Platte waren zwölf bis fünfzehn Linienblöcke eingraviert. Diese Platte kostete 20 Thaler.

Literaturhinweise

- Dippel, L.: Das Mikroskop und seine Anwendung, 2 Bände. Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig 1869 und 1872.
- Engler, F. O., Weiss, D. G.: Friedrich Adolph Nobert – Ein Wegbereiter der modernen Mikroskopie. In: Ernst-Abbe-Stiftung (Hrsg.): Schatzkammer der Optik – Die Sammlungen des Optischen Museums Jena, S. 159–168 und S. 295–296. Druckhaus Gera, Gera 2013.
- Fraunhofer, J. von: Neue Modifikation des Lichtes durch gegenseitige Einwirkung und Beugung der Strahlen, und Gesetze derselben (1821/22). In: Esther von Krosigk (Hrsg.): „Joseph von Fraunhofer – Gesammelte Schriften“, VDM Verlag Dr. Müller e.K., Saarbrücken 2007.
- Harting, P.: Das Mikroskop, 3 Bände. Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig 1866.
- Kaiser, W.: Die Technik des modernen Mikroskopes. Verlag von Moritz Perles, Wien 1906.
- Nobert, F. A.: Die höchste Leistung des heutigen Mikroskops und seine Prüfung durch künstliche und natürliche Objekte. Mittheilungen aus dem naturwissenschaftlichen Vereine von Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald 13, 92–105 (1882).
- Nobert, F. A.: Die Interferenz-Spektrumplatte. Ann. Phys. Chem. 85, 80–83 (1852).
- Nobert, F. A.: Ueber eine Glasplatte mit Theilungen zur Bestimmung der Wellenlänge und relativen Geschwindigkeit des Lichts in der Luft und im Glase. Ann. Phys. Chem. 85, 83–92 (1852).
- Steiner, E.: Die Nobert'schen Probeplatten – Ein Meilenstein in der Geschichte der Mikroskopie. Mitteilungsblatt der Mikrographischen Gesellschaft Wien, 22–25 (1994).
- Steiner, E.: Das Fasoldt'sche Objektmikrometer – Ein Wunderwerk der Präzision. Mikrokosmos 92, 165–170 (2003).
- Turner, G. l'E.: Essays of the history of the microscope. Senecio Publishing Company Limited, Oxford 1980.

Internet

http://de.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Adolph_Nobert

Verfasser: Prof. OStR Erich Steiner,
Triestinggasse 35, 1210 Wien, Österreich