

Symmetrie zeigen. Ist das jedoch nicht der Fall, dann ist das Gerät nicht richtig justiert. Alles, was in diesem Zusammenhang für Interferenzstreifen begründet worden ist, gilt natürlich sinngemäß auch für die Farbfolge im Interferenzkontrast, also im homogenen Feld. Die Zuordnung der Interferenzstreifen ist vor allem deshalb so ausführlich behandelt worden, weil die Kenntnis der Zusammenhänge dem Mikroskopiker bei der Durchführung von Interferenzmessungen Zeit und Ärger ersparen kann. Nach unserer Erfahrung kommt es nicht so sehr selten vor, daß diese Problematik übersehen wird, wodurch unnötige Schwierigkeiten entstehen.

In der praktischen Arbeit ist es jedoch nicht ganz so schlimm, wie es zunächst den Anschein haben mag. Denn das Hauptanwendungsgebiet der quantitativen Interferenzmikroskopie liegt in der Vermessung kleiner Gangunterschiede, und in vielen Fällen, vor allem in der Biologie und Medizin, ändert sich der Gangunterschied an den Objekträndern allmählich, und ein sicheres Verfolgen der Interferenzstreifen und damit die Bestimmung der Interferenzordnung sind auch im monochromatischen Licht möglich. Oft ist auch die ungefähre Dicke durch das Herstellungs- oder Präparationsverfahren bekannt, und schließlich müssen Interferenzmessungen an dicken Objekten bei großen Dispersionsunterschieden als Ausnahmen angesehen werden.

Bei reinen Auflichtpräparaten, die auf ihrer Oberfläche Höhenunterschiede gleichen oder ungleichen Materials aufweisen, sind Schwierigkeiten hinsichtlich der Farbzunordnung nicht zu erwarten, da die möglicherweise auftretende Reflexionsdispersion hierfür zu geringe Effekte zeigt. Erst wenn sich auf der Oberfläche durchsichtige Strukturen bzw. mit durchsichtigem Material ausgefüllte Vertiefungen befinden, können solche Schwierigkeiten auftreten. Das gilt insbesondere auch für dünne Mehrfachschichten, wo durch Mehrfachreflexionen schwer übersehbare Interferenzeffekte entstehen. In diesen Fällen hilft oft die Bedampfung der ganzen oder eines Teiles der Oberfläche eines Vergleichspräparates mit einer gut reflektierenden Metallschicht weiter, da dann die Zuordnung der Interferenzstreifen eindeutig ist und die Dicke der Schicht direkt bestimmt werden kann.

An dieser Stelle sei noch eine Methode kurz beschrieben, die vor allem bei großen Gangunterschieden eine wesentliche Steigerung der Meßgenauigkeit gestattet. Es handelt sich um die sogenannten „Müllerschen Streifen“, die in der englischen Literatur auch als „Fringes of Equal Chromatic Order“, d. h. Streifen gleicher Farbordnung, bezeichnet werden. Zu ihrer Erzeugung wird das Interferenzbild des zu untersuchenden Objekts auf den Eintrittsspalt eines nachgeschalteten Spektroskops, z. B. eines Spektralokulars, abgebildet und nach Bild 112 in seine Spektralfarben zerlegt. In Bild 111 ist der Deutlichkeit halber die Interferenzoptik weggelassen worden.

Das Objekt in *OE* wird mit Hilfe des Objektivs *Obj* und gegebenenfalls einer geeigneten Zwischenoptik über das Interferometer in den Eintrittsspalt *Sp*

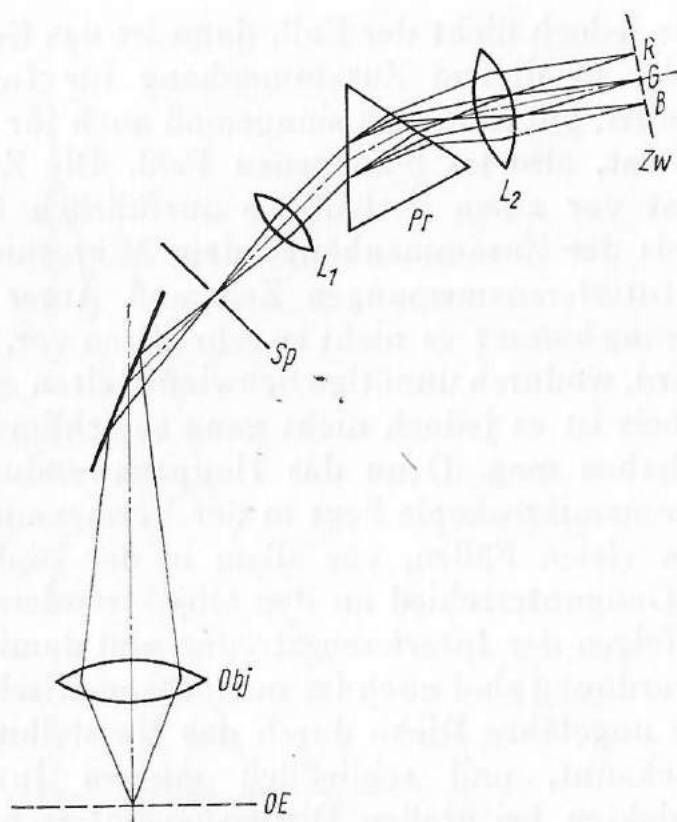


Bild 111. Kombination eines Interferenzmikroskops mit einem Spektralapparat zur Erzeugung von Müllerschen Streifen.

Interferenzoptik nicht dargestellt.

OE Objekzebene; *Obj* Objektiv; *Sp* Eintrittsspalt; *L₁* Kollimatorlinse; *Pr* Dispersionsprisma; *L₂* Linse zur Abbildung des Spaltes *Sp* in die Zwischenbildebene *Zw*, wo nebeneinanderliegende farbige Spaltbilder entstehen

des Spektroskops abgebildet. Der Spalt befindet sich in der Brennebene der Kollimatorlinse *L₁*. Das vom Spalt *Sp* ausgehende Lichtbündel wird von der Linse *L₁* parallel gemacht und durch das Dispersionsprisma *Pr* in seine Spektralfarben zerlegt. Die Linse *L₂* erzeugt somit in der Zwischenbildebene *Zw* für die einzelnen Spektralfarben nebeneinanderliegende Spaltbilder. Die gleiche zu vermessende Objektstelle ist also in der Ebene *Zw* räumlich getrennt in die Spektralfarben zerlegt worden, die im Interferenzbild dieser Objektstelle enthalten sind.

In diesem Abschnitt ist weiter oben ausgeführt worden, daß mit zunehmender Interferenzordnung immer mehr Wellenlängen gleichzeitig ausgelöscht oder verstärkt und die Interferenzfarben immer blasser werden und schließlich in das Weiß höherer Ordnung übergehen. Wir wollen annehmen, daß das Umfeld mit Hilfe des Kompensators der Interferenzeinrichtung auf größte Dunkelheit eingestellt worden ist. Dann werden in der Zwischenbildebene des Spektralapparates nach Bild 112 die innerhalb der ausgeblendeten Objektstelle ausgelöschten Wellenlängen in Form nebeneinanderliegender dunkler Streifen, den „Müllerschen Streifen“, markiert, während die Umgebung gleichmäßig dunkel

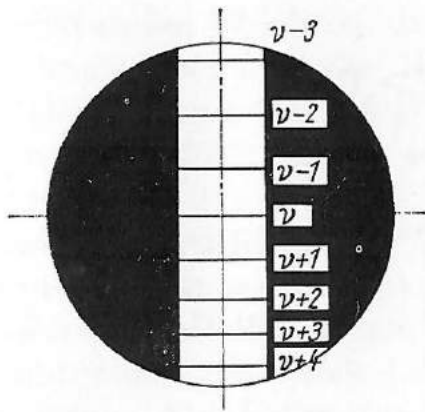


Bild 112. Müllersche Streifen in der Ebene Z_w von Bild 111.

Mit $\nu, \nu \pm 1$ usw. sind die Interferenzordnungen bezeichnet worden

bleibt, da in der nullten Interferenzordnung alle Farben ausgelöscht werden. Man sieht sofort, daß diese Methode nur bei höheren Interferenzordnungen anwendbar ist, da anderenfalls die Auslöschung nur für eine Interferenzfarbe eintreten kann. Doch gibt es dann echte Vorteile, die einmal darin bestehen, daß hohe Interferenzordnungen ohne Schwierigkeiten sichtbar gemacht werden können, daß die Maßeinheit nicht eine Wellenlänge beträgt, sondern der Wellenlängendifferenz zweier benachbarter Müllerscher Streifen entspricht, wodurch eine höhere Meßgenauigkeit erreicht wird. Im gleichen Sinne wirkt sich auch die Tatsache aus, daß sich alle Interferenzstreifen auf die gleiche Objektstelle beziehen. Doch ist die Methode der Müllerschen Streifen für die praktische Interferenzmikroskopie nur von geringem Interesse, da in der überwiegenden Mehrzahl der Anwendungsfälle so hohe Interferenzordnungen nicht auftreten, daß sich der Einsatz dieser Methode lohnen würde.

5.6. Interferenzmikroskopie unter Anwendung der Laserstrahlung

Wie schon in Abschnitt 2.3. erläutert wurde, ist die wichtigste Grundlage für alle Interferenzerscheinungen und damit auch für die Interferenzmikroskopie die in Abschnitt 2.3.2. behandelte Kohärenz des Lichts, insbesondere die Kohärenzlänge. Darunter versteht man den maximalen Gangunterschied zweier interferierender Lichtwellen, bei dem noch sichtbare Interferenzerscheinungen entstehen. Dieser hängt von der Monochromasie der Lichtquelle ab, die bei den in den letzten Jahren entwickelten Laserlichtquellen einen besonders hohen Grad erreicht hat. Deshalb erscheinen diese Lichtquellen auf den ersten Blick für die Interferenzmikroskopie besonders gut geeignet. Man braucht nicht mehr auf niedrige Interferenzordnungen abzugleichen, um kontrastreiche Interferenzerscheinungen zu erhalten. Es würde zum Beispiel schon genügen, in den Abbildungsstrahlengang eines Auflichtmikroskops, wie von POLZE (1965) vorgeschlagen, nach Bild 113 ein teildurchlässiges Vergleichsplättchen VP zu bringen, um sichtbare Interferenzerscheinungen zu erhalten. Die vom Objekt zurückgeworfenen Strahlen werden teilweise am Vergleichsplätt-