

DK 535.551.08:531.252.08

Über ein neues Gerät zur Messung optischer Spannungen für den Gebrauch in der Industrie.

Von Rudolf SEGELETZ.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Anstalt zu Braunschweig.)

(Eingegangen am 12. Juni 1950.)

Es wird ein neues Gerät zur Messung von Spannungen in verformten Scheiben aus Glas oder Kunstharz und zur Kontrolle der Spannungsänderungen der Verglasung von Druckkammern bei wechselnden Drucken beschrieben. Auch Spannungsmessungen an anderen Objekten sind durchführbar. Der Meßbereich, der durch geringe Änderungen nach oben und unten erweitert werden kann, liegt zwischen den Gangunterschieden $0,05 \lambda$ und $2,5 \lambda$. Die Genauigkeit der ermittelten Werte beträgt unabhängig von ihrer Größe $0,03 \lambda$.

Das Gerät wurde in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt entwickelt. Wie bei allen optischen Spannungsmessern wird auch bei ihm die Größe der in den Werkstücken vorhandenen Doppelbrechung als Maß der Spannung benutzt. Mit dem Apparat sollten die z. T. beträchtlichen Spannungen an verformten Scheiben aus Glas oder Kunstharz zahlenmäßig erfaßt und die an Abschlußfenstern von Druckkammern auftretenden Spannungsänderungen bei wechselnden Drucken von außen messend verfolgt werden. Die Anwendung bleibt aber nicht auf die genannten Fälle beschränkt. Vielmehr können mit dem Gerät alle Spannungsmessungen ausgeführt werden, bei denen die Oberflächenbeschaffenheit der Prüfobjekte die Anwendung gebräuchlicher Präzisionskompensatoren verbietet, jedoch eine Meßgenauigkeit erwünscht ist, die jene der üblichen technischen Spannungsprüfer übersteigt. Bei diesen wird die Interferenzfarbe einer Stufe eines Glimmerkeiles mit der an der Meßstelle auftretenden Interferenzfarbe verglichen. Diese Schätzung der Größe der Doppelbrechung ist vielfach unbefriedigend, da sie exakte Zahlenangaben ausschließt.

Bei dem vorliegenden Gerät wird die Größe der Doppelbrechung durch den Gangunterschied in Teilen und Vielfachen von λ ausgedrückt. Die Eichung wurde mit der grünen Hg-Linie der Wellenlänge $546 m\mu$ vorgenommen. Die ermittelten Werte gelten hinreichend genau bei der Verwendung weißen Lichtes. In der unten beschriebenen Anordnung gelingt es, mit dem neuen Gerät als kleinste Werte noch Gangunterschiede von etwa $0,05 \lambda$ mit einer Genauigkeit von etwa $0,03 \lambda$ zu erfassen; nach oben findet der Meßbereich bei gleicher Meßgenauigkeit bei $2,5 \lambda$ seine Grenze, jedoch läßt ein derartig hoher Betrag meist auf ungeeignetes Material oder auf fehlerhafte Materialbehandlung schließen.

Beschreibung und Arbeitsweise des Gerätes.

Die im folgenden eingeklammerten Ziffern beziehen sich auf die Hinweise in den Abbildungen a und b. Bild a kennzeichnet den schematischen Aufbau, b gibt das Bild der einzelnen Teile wieder. Das Gerät besteht im wesentlichen aus dem Beleuchtungsteil (2), dem Polarisator (4), dem Hohlspiegel, der Sammellinse (6), dem Analysator (8) und den Kompensatoren (10 und 11). Bei der weiteren Beschreibung sind diejenigen auf den Bildern bezifferten Apparatteile nicht erwähnt, deren Bedeutung ohne weiteres erkennbar ist.

Zur Beleuchtung dient eine Niedervoltlampe, deren Leuchtwendel mittels einer Justiervorrichtung über einen Kondensator in der 3 mm großen kreisförmigen Austrittsöffnung des Beleuchtungstubus (2) zentrisch und scharf abgebildet wird. Mit dem Beleuchtungsteil fest verbunden ist der Po-

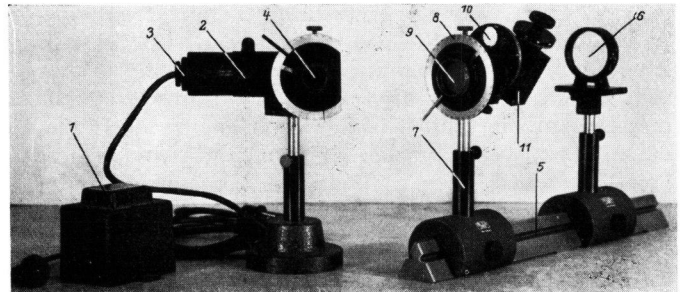
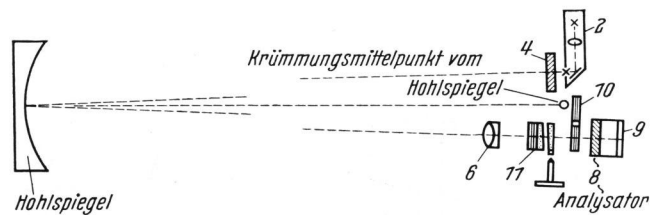


Bild a: Schematischer Aufbau, Bild b: Einzelteile des Gerätes.
(Erläuterung der Ziffern im Text.)

larisatorsteilkreis, in dem eine zur Aufnahme des Polarisators (4) bestimmte Hülse meßbar gedreht und festgeklemmt werden kann.

Auch die für den Analysator bestimmte Hülse läßt sich in einem Teilkreis (8) drehen und festklemmen. Als Polarisator und als Analysator finden Polarisationsfolien Verwendung, die zwischen spannungsfreien Gläsern gekittet und in Rohrfassungen spannungsfrei gelagert sind. Die Folien in ihren Fassungen und diese in ihren Hülsen sind gegen Verdrehung gesichert, so daß die Lage der Polarisationsebene des Polarisators bzw. Analysators gegenüber dem an der Kreisteilung gleitenden Index unverändert bleibt. Der Polarisator hat 27 mm, der Analysator 38 mm Durchmesser. Der Beleuchtungsteil wird so aufgestellt, daß sich die Austrittsöffnung möglichst nahe dem Krümmungsmittelpunkt eines Hohlspiegels mit großem Krümmungsradius befindet. Der im Apparat benutzte Hohlspiegel (Bild a) hat etwa 300 mm Durchmesser und etwa 3000 mm Krümmungsradius.

Wie bei anderen Spannungsmessern können kleinere Objekte mit stark streuenden Oberflächen in einer planparallelen Küvette mit geeigneter

Flüssigkeit gemessen werden. Da aber Größe und Art der zu messenden Gegenstände die Anwendung einer Küvette oft ausschließen, wurde bei dem vorliegenden Gerät eine spannungsfreie Linse (6) von etwa 60 mm Durchmesser und etwa 300 mm Brennweite zwischen Hohlspiegel und Analysator eingefügt, die in Richtung der Lichtstrahlen und seitlich dazu verschiebbar ist, damit das vom Prüfobjekt kommende stark zerstreute Licht gesammelt dem Analysator zugeführt werden kann. Ohne diese Linse könnten Messungen bei schlechter Flächenbeschaffenheit der Prüfobjekte nicht vorgenommen werden. Auf einer optischen Bank ist der Analysator (8) mit den Kompensatoren (10 u. 11) angeordnet. Die in der Teilkreisöffnung drehbare Analysatorhülse trägt vor dem Analysator den Stufenkompensator (10) und den Quarzkompensator (11) und ist hinter dem Analysator durch die Mattscheibe (9) abgeschlossen. Auf dieser werden mit Hilfe der Sammellinse (6) der Hohlspiegel bzw. der vor dem Spiegel befindliche zu messende Gegenstand, sowie die auf Doppelbrechung zurückzuführende Interferenzerscheinung abgebildet und bei der Messung beobachtet.

Der Stufenkompensator (10) ist auf der Analysatorhülse um einen Betrag von 90° zwischen Anschlägen drehbar und festklemmbar und gestattet außerdem in jeder dieser Stellungen mittels Revolverscheibe das wahlweise Vorschalten einer von 5 kreisförmigen Öffnungen. Diese enthalten abgesehen von der mit 0 bezeichneten leeren Öffnung, Platten aus kristallisiertem Gips, deren Gangunterschiede entsprechend den auf den Fassungen gravierten Bezeichnungen 1 bzw. 2, 3 oder 4λ betragen. Jede der 4 Platten von etwa 25 mm Durchmesser ist zwischen Glasplatten spannungsfrei gefaßt und in der Fassung gegen Verdrehung gesichert. In den beiden durch den Anschlag gegebenen Lagen des Kompensators bildet die Hauptschwingungsrichtung der vorgeschalteten Gipsplatte mit der Schwingungsebene des Analysators einen Winkel von 45° . An jeder der 4 Gipsplatten ist nahe dem Rande ein Durchmesser gekennzeichnet, dessen gedachte Verlängerung auf die Mitte der Revolverscheibe zielt. Von den beiden Komponenten, in welche beim Durchgang durch die Platten polarisiertes Licht zerlegt wird, hat diejenige die kleinere Geschwindigkeit, deren Schwingung parallel dieser gedachten Verlängerung, also im Hinblick auf die Revolverscheibe radial erfolgt. Der Stufenkompensator wird zur angenäherten Kompensation vorgelegter Gangunterschiede benutzt. Zur Feinkompensation betätigt man den Quarzkeilkompensator (11) nach SOLEIL-BABINET, mit einer Öffnung von 24 mm Durchmesser, der ebenfalls auf der Analysatorhülse um einen Betrag von 90° zwischen Anschlägen gedreht und festgeklemmt werden kann. Er wurde so berechnet, daß die Verschiebung des langen Keiles um 1 mm, entsprechend einer Umdrehung der in

100 Teile geteilten Meßtrommel der Schraube, einen Gangunterschied von 1λ verursacht. An den beiden Anschlägen liegen die Hauptschnitte des Kompensators unter 45° gegen die Schwingungsebene des Analysators und parallel den Hauptschwingungsrichtungen der Gipsplatten. Die beiden Anschläge sind mit + und — gekennzeichnet und besagen, daß der aus der Verschiebung des Keiles resultierende Gangunterschied zum Wert der jeweiligen Gipsplatte addiert oder subtrahiert werden muß. Zum Zwecke der Justierung des Gerätes läßt sich der Kompensator mittels einer Bajonettfassung leicht vom Gerät entfernen und anbringen.

Die Anordnung der einzelnen Teile ist aus Bild a zu ersehen. Um die Depolarisation an der Spiegeloberfläche möglichst gering zu halten, sind Polarisator und Analysator möglichst nahe der Spiegelachse anzuordnen. Nachdem der zu untersuchende Gegenstand dicht vor dem Hohlspiegel aufgestellt ist und durch Verschiebung der Linse (6) ein einigermaßen klares Bild des Prüflings auf der Mattscheibe erzielt wurde, werden Polarisator und Analysator bei ausgeschalteten Kompensatoren so gedreht, daß die zu messende Stelle möglichst dunkel erscheint. In dieser Lage sind die Schwingungsebenen der Polarisatoren gekreuzt und den Schwingungsrichtungen der beiden durch Doppelbrechung verursachten Komponenten parallel. Da aber in der Meßstellung die gekreuzten Schwingungsebenen der Polarisatoren unter 45° gegenüber den Schwingungsrichtungen der Komponenten liegen müssen, werden die Polarisatoren um 45° so gedreht und festgeklemmt, daß ihre Schwingungsebenen gekreuzt bleiben. Das aufgehellte, mehr oder weniger gefärbte Gesichtsfeld muß nun an der Meßstelle durch Betätigen des Stufenkompensators in einer seiner beiden Lagen angenähert möglichst dunkel und farbfrei gemacht werden. Die Farbfreiheit ist ein Kriterium dafür, daß die Gangunterschiede höherer Ordnung kompensiert worden sind. Meist liegt dann ein dunkler Interferenzstreifen in der Nähe der Meßstelle. Mit dem wieder vorgeschalteten Quarzkompensator wird in den Lagen + oder — der schwarze Streifen so eingestellt, daß er durch die Meßstelle geht. Der Wert der benutzten Gipsplatte und der aus der Quarzkompensatorlage und Trommelstellung sich ergebende Wert entspricht der doppelten Größe des an der Meßstelle wirkenden Gangunterschiedes. Die Erweiterung des Meßbereiches zu größeren Gangunterschieden macht keine Schwierigkeit, wenn man ausgewertete Gipsplatten den einzelnen Platten des Stufenkompensators gleichsinnig vorschaltet. Um Gangunterschiede unter $0,05\lambda$ messen zu können, ersetzt man die Polarisationsfilter, deren Polarisationsgrad für hohe Ansprüche nicht genügt, durch vollkommen polarisierende Kalkspatpolarisatoren. Man entfernt in diesem Falle auch die Mattscheibe und beobachtet mit einem Fernrohr.

(19020)