

Gebrauchsanleitung

Mikrohärte-Prüfeinrichtung mhp 100

The logo consists of a black rectangular background. Inside, the words "CARL ZEISS" are written in a white, serif, all-caps font, arched over the top. Below this, the word "JENA" is written in a similar white, serif, all-caps font, centered within a white rectangular border.

CARL ZEISS
JENA

Durch ständige Weiterentwicklung unserer Erzeugnisse können Abweichungen von den Bildern und dem Text dieser Druckschrift auftreten. Die Wiedergabe — auch auszugsweise - ist nur mit unserer Genehmigung gestattet. Das Recht der Übersetzung behalten wir uns vor. Für Veröffentlichungen stellen wir Reproduktionen der Bilder, soweit vorhanden, gern zur Verfügung.

Mikrohärte-Prüfeinrichtung mhp 100

Gebrauchsanleitung

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Besondere Hinweise	3
2. Beschreibung der Geräte	3
2.1. Mikrohärteprüfgerät mhp 100	3
2.2. Meßokular	4
2.3. Meßbereich	5
2.4. Gesamtausrüstung	5
3. Vorbereitende Arbeiten	5
3.1. Anbringen des Härteprüfgerätes am Mikroskop	5
3.2. Justieren der Kraftanzeige	5
3.3. Eichen der Kraftanzeige	6
3.4. Bestimmen des Teilungswertes	7
3.5. Zentrieren des Meßokulars nach einem Probeindruck	7
4. Ausführung der Härtemessung	8
4.1. Vorbereiten der Schlitze	8
4.2. Wählen der Prüfkraft	9
4.3. Erzeugen der Prüfeindrücke	9
4.4. Ausmessen der Prüfeindrücke	10
4.4.1. Wählen der Optik	10
4.4.2. Einstellen auf Schliifoberfläche	10
4.4.3. Eigentliches Ausmessen	11
5. Zusammenstellung der Arbeitsgänge	11
6. Störungen am Mikrohärteprüfgerät, Maßnahmen zur Abhilfe	12
7. Verzeichnis der Bezugswerte	14
8. Erläuterungen zu den Bildtafeln	16
Bildteil	

1. Besondere Hinweise

Das Mikrohärteprüfgerät ist ein Präzisionsinstrument, dessen hohe Genauigkeit und Meßempfindlichkeit eine sachgemäße Behandlung erfordert. Man bedenke, daß infolge unsachgemäßer Bedienung das Gerät unbrauchbar werden kann, und beachte daher unbedingt die folgenden Verhaltensmaßregeln:

Vor Benutzung des Härteprüfgerätes Gebrauchsanleitung genau lesen. Härteprüfgerät vor **Fall, Stoß** und heftigen **Erschütterungen** bewahren. Bei Nichtgebrauch Härteprüfgerät in **hängender** Lage (Diamant nach unten) aufbewahren.

Zerlegen des Härteprüfgerätes führt unweigerlich zu einer vollkommenen Dejustierung, die nur in unserem Werk behoben werden kann, meist unter erheblichen Kosten. Falls infolge falscher Handhabung Störungen am Härteprüfgerät auftreten sollten, die sich mit den Abhilfemaßnahmen in Abschnitt 9 nicht beheben lassen, Gerät **keinesfalls auseinandernehmen**, sondern uns einsenden.

Federn nicht überlasten! Frontlinsenfassung **niemals von Hand** in das Gehäuse drücken! (Der höchstzulässige Hub der Federung beträgt etwa 1 mm).

Belastungsvorrichtung daher **nicht über das Ende** der Kraftanzeigeskala hinaus belasten. Härteprüfgerät nur bei **ganz geöffneter Aperturblende** und eingeschalteter Beleuchtung benutzen.

Bei der Betätigung von Fein- und Grobtrieb **stets Kraftanzeigeskala beobachten**.

Zum Reinigen von Diamant und Frontlinse nur reines Benzin oder Xylol benutzen, **keinesfalls Alkohol!** (Alkohol löst die Kittung des Diamanten und der Frontlinse).

Vorsicht bei der Härteprüfung schmierender bzw. bröcklicher Proben wegen Verschmutzung und bei Material gleicher oder größerer Härte als der des Eindringkörpers wegen der Gefahr der Beschädigung!

2. Beschreibung der Geräte

2.1. Mikrohärteprüfgerät mhp 100

Die Bauweise des Mikrohärteprüfgeräts mhp 100 geht aus Bild 1 hervor. Die Diamantpyramide ist in der üblichen Form der vierseitigen Vickers-Pyramide mit einem Pyramiden-Böschungswinkel von $\beta = 22^\circ$ angeschliffen und im übrigen als kurzes Stäbchen (1) mit so geringem Durchmesser ausgeführt, daß sie in einer zentralen Bohrung der Frontlinse (2) gefaßt werden kann. Dabei bleibt von der freien Öffnung der Frontlinse ein ausreichender ringförmiger Teil für Beleuchtung und Abbildung erhalten. Das Objektiv entspricht in seinen optischen Daten dem normalen Apochromaten 32X/0,65, ist jedoch entsprechend der Ausblendung der mittleren Partie für einen besonders guten Korrekturzustand der Randzone berechnet.

Weiterhin ist das Härteprüfgerät mit einer optischen Vorrichtung zur Anzeige der Prüfkraft versehen. Das Objektiv ist nicht fest am Gerät angebracht, sondern hängt frei in zwei Scheibenringfedern (3), die das Objektiv reibungsfrei parallel zur optischen Achse führen. Eine Prüfkraft, die am Diamanten wirkt, läßt die Aufhängung durchfedern; der Hub stellt ein Maß für die Größe der Prüfkraft dar. Zum Messen dieser Bewegung dient

ein zweites optisches System, das Hilfsobjektiv (6), das am Hinterglied des Objektivs (4) im optisch nichtausgenutzten Mittelfeld der Austrittspupille angebracht ist; es erhält sein Licht wie das eigentliche Objektiv vom Mikroskop her. Mit dem Spiegel (5) versehen, beleuchtet es die Skale (12) und bildet sie im Okular ab. Das Hilfsobjektiv ist mit dem Hauptobjektiv fest verbunden und nimmt an dessen Bewegungen teil, während die Skale fest im Gehäuse steht. Das Wirken einer Prüfkraft wird daher als ein Auswandern des Bildes der Skale im Okular abgelesen. Der Ausschlag der Kraftanzeigeskale läßt sich eichen und ermöglicht dann eine genaue Feststellung und Bemessung der wirksamen Prüfkraft.

Die Vorrichtung zur optischen Kraftanzeige ist mit zwei Justierbewegungen ausgerüstet, eine zur Höhenverstellung des Nullpunkts der Skale, die andere zum Einstellen der Bildscharfe des Skalenbildes. Die Justierbewegungen werden an den beiden Ringen mit Stiftlöchern betätigt. Der untere Ring (8) bewirkt über die Mutter (10) eine Höhenverstellung des Halters der Skale und damit die Einstellung des Skalennullpunkts. Der obere Ring (7) ist mit dem Exzentering (11) gekuppelt; er bewirkt eine Querbewegung der Skale, mit der eine Veränderung des Abstands zwischen Skale und Objektiv sowie die Scharfeinstellung des Skalenbildes verbunden sind.

Um die sehr störenden Schwingungen zu vermeiden, die das federnd aufgehängte Objektiv schon bei geringen Erschütterungen ausführen würde, ist der Zwischenraum zwischen den beiden Federn (3) mit einer genau bemessenen Menge unversponnener Kunstseide locker angefüllt, durch die eine sehr wirksame Dämpfung der Schwingungen erreicht wird.

Das Gerät ist auf der Unterseite mit der Korrektilinse (9) gegen das Eindringen von Staub abgeschlossen.

Die optischen Daten des Mikrohärteprüfgeräts mhp 100 sind:

Eigenvergrößerung	32×
numerische Gesamtapertur	0,65
Apertur des ausgeblendeten Mittelbereichs	0,30

2.2. Meßokular

Das Meßokular (Bild 2) ähnelt in seiner Bauweise dem normalen Meßschraubenokular. Von diesem weicht es in der Zentrierbarkeit des Okulars am Tubus und der Ausführung der Strichplatten ab. Es besitzt zwei Strichplatten (eine feststehende und eine verschiebbare), die mit je einer Winkelfigur versehen sind. Die verschiebbare Strichplatte weist noch eine gestrichelte Gerade auf, mit deren Hilfe die Messung der Diagonalen vorgenommen wird. Der Winkel auf der feststehenden Platte dient zur Markierung der Stelle, an der die Pyramidenspitze in den Prüfling eindringt. Bei entsprechender Verschiebung des beweglichen Winkels kann die eine der beiden dabei entstehenden Ecken als Anzeige für die Nullstellung der Kraftanzeigeskale benutzt werden.

2.3. Meßbereich

Der Meßbereich des Mikrohärtprüfgeräts ist im wesentlichen durch die Empfindlichkeit der Kraftanzeige, durch die Sehfähigkeit und Übung des Benutzers und durch das Auflösungsvermögen des Objektivs begrenzt, mit dem das Ausmessen des Prüfeindrucks geschieht. Die Größe der Kristalle spielt ebenfalls eine ausschlaggebende Rolle.

2.4. Gesamtausrüstung

Die Mikrohärt-Prüfeinrichtung mhp 100 ist mit sämtlichem Zubehör in einem Holzbehälter untergebracht (Bild 3). Bei Nichtgebrauch des Gerätes wird die Aufbewahrung im verschlossenen Behälter empfohlen, um Beschädigungen und Verschmutzungen zu vermeiden.

3. Vorbereitende Arbeiten

3.1. Anbringen des Härteprüfgeräts am Mikroskop

Der Objektisch wird mit dem Grobtrieb bis zum oberen Anschlag angehoben, um beim Anbringen nicht den Eindringkörper zu beschädigen.

Beim NEOPHOT 2 wird das Härteprüfgerät auf den dafür vorgesehenen Wechselschlitten aufgesetzt und mit dem Überwurfring festgeschraubt. Bei diesem Mikroskop hat man die Möglichkeit, das Härteprüfgerät wie die übrigen Objektive zu zentrieren. Dazu wird zunächst der nicht zentrierbare Wechselschlitten mit dem Planachromat 25X/0,50 in die Schlittenführung eingeschoben und das Okular PK 12,5X mit Okularstrichkreuz im monokularen Tubus verwendet. Nachdem die Zentrierplatte scharf eingestellt ist, wird ihre Mitte mit der Kreuztischbewegung mit dem Okularstrichkreuz zur Deckung gebracht. Daraufhin wird das Härteprüfgerät mit dem zugehörigen Wechselschlitten anstelle des Schlittens mit dem Planachromaten 25X/0,50 eingeschoben (Grobtrieb dabei am oberen Anschlag, Tisch mit Schnellhub nach oben) und das Objektkreuz scharf eingestellt (Kreuztisch mit Schnellhub absenken, dann mit Grobtrieb scharf einstellen). Nun wird an den beiden Zentrierschrauben (24 Bild 4) des Wechselschlittens (25) mit den Vierkantschlüsseln, die sich im Zubehörkasten des Mikroskops befinden, der Einstellpunkt (Objektkreuz) wieder mit der feststehenden Winkelmarke im Okular zur Deckung gebracht. Beim Neophot 1 sitzt das Härteprüfgerät anstelle eines Objektivs auf der Objektivaufgabe. Man führt das Gerät zweckmäßig schräg, mit dem Diamanten voran, unter den Kreuztisch ein und richtet es erst dort in die senkrechte Stellung auf. Der Vertikalilluminator wird bei Härtemessungen stets nur mit Planglas benutzt. Beim EPITYP 2 werden die Objektive vom Revolver (26 Bild 5) abgeschraubt und der für das Härteprüfgerät zur Verwendung an diesem Mikroskop gelieferte Zwischenring (27) in die obere Objektivöffnung geschraubt. Dieser Ring verhindert die Bedienung des Objektivrevolvers und trägt das Härteprüfgerät (28). Es wird auch hier mit dem Eindringkörper voran unter den Tischträger eingeführt und auf den Zwischenring aufgesetzt.

3.2. Justieren der Kraftanzeige (Bildtafel I, a.. ,d)

Nachdem das Meßokular in den ausgewechselten, verkürzten monokularen Tubus eingesetzt und in richtiger Stellung (Meßtrommel rechts) am Tubus festgeklemmt ist, wird bei

eingeschalteter Beleuchtung bereits im Okular die Skale der Kraftanzeige zu erkennen sein. Durch Drehen des Härteprüfgeräts — beim NEOPHOT 2 nach Lockern des Überwurfrings — ist das Skalenbild zunächst auszurichten und dann durch Drehen des oberen Ringes das Bild der Kraftanzeigeskale im Okular scharf einzustellen. Zweckmäßig hält man hierbei das Härteprüfgerät mit der linken Hand fest und dreht den Ring mit dem als Hebel wirkenden Stiftschlüssel. Die Höhenlage des Nullpunkts der Skale wird schließlich grob eingestellt, indem man in gleicher Weise den unteren Ring dreht. Es empfiehlt sich, den Nullstrich der Skale nicht auf die Strichkreuzstellung des Okulars, sondern einen kleinen Betrag darüber einzustellen. Als Ablesemarke dient dann der obere Eckpunkt des von den beiden Winkeln gebildeten Quadrates, der sich in seiner Höhenlage leicht mit großer Genauigkeit durch Betätigen der Meßtrommel des Meßschraubenokulars verstellen läßt.

3.3. Eichen der Kraftanzeige (Bildtafel I, e und f)

Die Kraftanzeige wird durch Aufsetzen eines Satzes geeichter Gewichte auf die Frontlinsenfassung des Härteprüfgeräts festgelegt.

Es ist hierbei zu berücksichtigen, daß die Prüfkraft des Härteprüfgeräts in der Spitze der Diamantpyramide, also genau in der optischen Achse wirkt. Darum ist darauf zu achten, daß auch die Kraftwirkung der Eichgewichte in die optische Achse fällt. Eine seitliche Versetzung der Kraft würde ein Kippmoment auf das Objektiv ausüben und die damit verbundene Schiefstellung des Objektivs die Bestimmung unsicher machen. Das Aufbringen der Eichgewichte geschieht daher in folgender Weise:

Zunächst wird die mitgelieferte Tischeinlageblende in den Objektisch gesetzt und nach Augenmaß zum Härteprüfgerät zentriert. Nunmehr setzt man das Stufengewicht 65 p mit dem auf dieses aufgesetzten Gewicht 35 p in die Öffnung der Tischlochblende ein und setzt es durch langsames Absenken des Objektisches auf das Objektiv ab. Beim ersten Absetzen ist das Stufengewicht noch nicht zum Objektiv zentriert; die Zentrierung stellt sich aber beim nochmaligen Absetzen von selbst ein, da das ringförmige Gewicht beim Aufsetzen auf die kegliche Fläche der Frontlinsenfassung in die richtige Lage rückt. Wird das Gewicht nun durch Betätigen des Grobtriebes wieder abgehoben und ein zweites Mal auf das Objektiv abgesetzt, so ist es genau zentriert, so daß der Schwerpunkt des Eichgewichts in der optischen Achse liegt. In entsprechender Weise verfährt man mit allen Gewichtskombinationen, die mit den beiden Stufengewichten 5 p und 65 p und den Zusatzgewichten möglich sind. Die Ausschläge der Kraftanzeige liest man an der Ablesemarke im Okular ab. Der Zusammenhang zwischen der aufgebrachten Last und der Kraftanzeige wird als Kurve dargestellt. Eine solche Kurve befindet sich als Abnahmeprotokoll im Aufbewahrungskasten des Härteprüfers. Es wird empfohlen, die Kurve im größeren Maßstab anzufertigen. Auch eine Tabelle, in der die gebräuchlichsten Prüfkraften und Kraftanzeigen zusammengestellt sind, kann gute Dienste leisten. Das Nachprüfen der Kraftanzeige wird nur in größeren Zeitabständen und vor besonders genauen Messungen erforderlich sein. Es soll der Feststellung dienen, wieweit die Federkonstante der Kraftanzeige sich verändert hat.

3.4. Bestimmen des Teilungswerts

Um die Diagonallänge der Eindrücke festzustellen, werden diese ausgemessen. Die hierfür notwendige Bestimmung des Teilungswerts des Meßschraubenokulars ist selbstverständlich für jedes zum Ausmessen benutzte Objektiv vorzunehmen. Zu diesem Zweck wird ein Objektmaßstab auf den Objektisch gelegt und das Bild der Teilung im Okular ausgemessen.

Beispiel (Bild 6): Bestimmung des Teilungswerts für Planachromat 50×/0,80. 5 Intervalle oder 50 µm des Objektmaßstabs entsprechen einer Trommelablesung von 312 Teilstrichen (Hunderter werden im Okular, Zehner und Einer an der Meßtrommel abgelesen). Dann ist der Teilungswert des Meßokulars $\delta = 0,16$, d. h., ein Teilstrich entspricht 0,16 µm (willkürlich gewählte Zahlenwerte!) Beim NEOPHOT 2 ist die gewählte Stellung des Vergrößerungswechslers zu beachten.

3.5. Zentrieren des Meßokulars nach einem Probeeindruck

(Bildtafel I, g...k) (vgl. Abschnitt 5)

Das Zentrieren des Meßokulars läßt sich an einem beliebigen, metallografisch einwandfreien Schliff ausführen. Zu vermeiden sind lediglich Objekte mit stark ausgebildeten Strukturen oder dunkler Ätzfärbung, da hier das Auffinden des ersten Eindrucks Schwierigkeiten bereiten kann. Das Objekt wird in der üblichen Weise auf den evtl. vorher zentrierten Objektisch gelegt, den man außerdem zuvor nach Augenmaß mit der Objektischbewegung zum Mikrohärteprüfgerät zentriert. Falls mit Prüfkräften zu arbeiten ist, die das Eigengewicht der Probe übersteigen, ist die Probe mit einer Tischfeder festzuhalten.

Bevor man eine Gefügebeobachtung vornimmt, muß man sich unbedingt vergewissern, daß die Beleuchtung eingeschaltet, die Öffnungsblende ganz geöffnet ist und sich die Zentrierschrauben des Okulars in einer mittleren Stellung befinden. Wird nun der Tisch mit Hilfe des Grobtriebs gesenkt — und zwar unter stetigem Beobachten im Okular —, so erscheint das Gefügebild ziemlich plötzlich in voller Helligkeit.

Wenn das Objekt in die Einstellebene gelangt, überstrahlt das vom Objektiv entworfene Bild des Objektes das wesentlich lichtschwächere der Kraftanzeigeskale. Diese wird aber sofort wieder sichtbar, sobald das Objekt dem Objektiv genähert oder von diesem entfernt wird.

Es ist also zu beachten, daß das Objekt nur für einen kurzen Augenblick in voller Helligkeit erscheint, wenn man den Tisch senkt. Diesen Augenblick darf man keinesfalls übersehen, da sonst die Gefahr besteht, daß das Objekt plötzlich auf den Diamanten stößt und empfindliche Teile des Härteprüfgeräts beschädigt werden. Unter Beobachtung dieser Vorsichtsmaßregeln wird nun das Gefügebild scharf eingestellt sowie eine größere, nicht zu dunkel geätzte Gefügestelle ausgesucht und mit Hilfe des Objektisches unter die feststehende Winkelmarke gerückt. Darauf senkt man den Tisch weiter, bis das Gefügebild verschwunden ist und das Bild der Kraftanzeigeskale deutlich erscheint. In dieser Stellung ist die Ablesemarke des Okulars auf den Nullstrich der Kraftanzeigeskale einzustellen. Die Belastung wird beim Neophot zweckmäßig mit dem Grob-

trieb ausgeführt. Nur letzte Feinheiten, etwa in der Größenordnung von 1 Intervall der Kraftanzeigeskala, stellt man besser mit dem Feintrieb ein.

Beim EPITYP 2 ist der Eindruck mit dem Feintrieb auszuführen. Dazu wird dieser auf Anschlag entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht und dann das Objekt mit dem Grobtrieb eingestellt. Nun wird der Tisch ein gewisses Stück mit dem Grobtrieb gesenkt, bis bei spiegelnden Objekten ein schwachhelles Kreuz (Spiegelung der Pyramidenflächen des Eindringkörpers) zu sehen ist. Das Objekt wird von nun an mittels Feintriebs dem Objektiv weiter genähert. Im Moment des Aufsetzens des Eindringkörpers beginnt das Skalensbild auszuwandern.

Für die Zentrierung ist die Größe der Prüfkraft zunächst belanglos. Es genügt, wenn eine Kraft gewählt wird, die die Skale um einige Teilstriche auswandern läßt. Nachdem so ein erster Eindruck erzeugt ist, entlastet man das Härteprüfgerät durch langsames Zurückdrehen des Triebes wieder und entfernt das Objekt so weit vom Objektiv, daß das Gefügebild und mit ihm das Bild des ersten Eindrucks erscheint. Dieses wird nicht mit der feststehenden Winkelmarke zusammenfallen. Man stellt daher die feststehende Winkelmarke mit den beiden Zentrierschrauben (13 Bild 2) so ein, daß die Ecke der festen Winkelmarke genau mit dem Bild der Pyramidenspitze des Eindrucks zusammenfällt. Nach dieser Justierung ist das Mikrohärtprüfgerät gebrauchsfertig, da alle Eindrücke jetzt genau die Stelle des Objekts treffen werden, die von der feststehenden Winkelmarke angezeigt wird.

Vor jeder Belastung ist die Ablesemarke für die Nullstellung der Kraftanzeige zu kontrollieren bzw. nachzustellen.

4. Ausführung der Härtemessung (Bildtafel II)

4.1. Vorbereiten der Schlitze

Für die Herrichtung der Proben zu den Härtemessungen gelten grundsätzlich die gleichen Regeln wie für die Herstellung metallografischer oder petrografischer Anschlitze. Es ist besonders auf Kratzerfreiheit und Ebenheit zu achten. Es sind um so höhere Ansprüche an die optische Oberflächenqualität zu stellen, je kleiner die erzeugten und auszumessenden Eindrücke sind. Die Beleuchtung und Abbildung des Objekts geschieht bei der Optik des Härteprüfgeräts nur unter großen Aperturwinkeln, während die unter kleinen Aperturwinkeln verlaufenden Strahlen ausgeblendet sind.

Die Bildgüte des Mikrohärtprüfgeräts ist daher geringer als bei einem Objektiv, bei dem die mittlere Apertur mit zur Abbildung beiträgt. Beim Mikrohärtprüfer ist jedoch weniger das Auflösungsvermögen als vielmehr die Treffsicherheit maßgebend.

Die zum Härteprüfgerät gelieferte Tischeinlegeblende hat eine freie Öffnung von 20 mm. Blenden mit kleinerer Öffnung sind in Verbindung mit dem Mikrohärtprüfgerät unzumutbar, da dann die Frontlinsenfassung leicht an die Blende anstoßen kann. Daraus folgt, daß sich nur Proben mit Basislängen größer als 20 mm auf die Blende legen lassen. Kleinere Proben werden entweder mit einer Schliiffpresse auf einen Objektträger gedrückt und so in die Blende eingehängt, daß dieser auf der Blende liegt, oder man bettet die Probe mit Kunststoff in eine entsprechend große Form. Zum Aufpressen wird

vielfach Plastilin benutzt. Besser ist Klebewachs, da der Schwefelgehalt des Plastilins manche Werkstoffe, z. B. die meisten Kupfererze, angreift.

4.2. Wählen der Prüfkraft

Mit Rücksicht auf die Genauigkeit der Messung soll die Prüfkraft grundsätzlich so groß wie möglich gewählt werden. Dabei wird der Größe der Prüfkraft nach oben hin durch folgende Gesichtspunkte eine Grenze gesetzt:

Die Größe der Eindrücke hat in einem gewissen Verhältnis zur Größe der Einzelkristalle zu stehen. Insbesondere bei der Härtebestimmung harter Kristallarten, die in einer weicheren Grundmasse eingebettet sind, muß die Korngröße ein Vielfaches der Eindrucksgröße sein, sonst würden der harte Kristall durchgedrückt und Eigenschaften der Grundmasse mitgemessen werden. Bei der Prüfung dünner Oberflächenschichten nimmt man im allgemeinen an, daß die Mindestprobendicke das 10fache der Eindringtiefe des Diamanten bzw. das 1,5fache der Diagonallänge des größten Eindrucks betragen sollte. Werden mehrere Eindrücke nebeneinander gemacht, so sollte man darauf achten, daß der gegenseitige Abstand der Eindrücke möglichst das 3fache, niemals aber weniger als das 2fache der Diagonallänge beträgt, um gegenseitige Beeinflussung weitgehend zu vermeiden.

Bei spröden Werkstoffen tritt unter höheren Belastungen eine Splitterbildung ein. Eindrücke, von deren Ecken Anrisse ausgehen, lassen erkennen, daß im Werkstoff die Trennfestigkeit überschritten worden und die Verformung nicht allein durch plastisches Fließen erfolgt ist. Da der so gewonnene Härtewert gefälscht sein kann, muß die Prüfkraft so niedrig bemessen werden, daß eine stärkere Rißbildung an den Eindrücken nicht auftritt.

Bei der Wahl der Prüfkraft muß man noch berücksichtigen, daß es vorteilhafter ist, diese nach ganzen Intervallen der Kraftanzeigeskale zu bemessen und die sich aus der Eichkurve ergebenden unrunder Kraftwerte in die Rechnung einzusetzen, als mit runden Prüfkraftwerten und folglich mit Teilintervallen bei der Kraftaufbringung zu arbeiten.

4.3. Erzeugen der Prüfeindrücke

Beim Ausführen der Meßeindrücke ist unter allen Umständen eine Überlastung der Federaufhängung des Objektivs zu vermeiden. Die Kraftanzeige darf deshalb nie über den Teilstrich 50 hinaus belastet werden. Als Warnsignal dient eine dreifache Zickzacklinie, die sich an das Ende der Kraftanzeigeskale anschließt (Bild 7) und bei Überlastung in auffälliger Weise im Okular erscheint. Falls bestimmte Stellen des Gefüges zu prüfen sind, können sie vorher mit einem schwächeren Objektiv ausgesucht werden. Bei der Bestimmung der Härteverteilung in größeren Querschnitten empfiehlt es sich, die Eindrücke nacheinander auszuführen und das Ausmessen später vorzunehmen. Um die Eindrücke wiederzufinden, muß ihre Anordnung nach einem bestimmten System getroffen werden. Vorteilhaft ist die Anordnung in rechtwinkligen Koordinaten, ausgehend von einer geraden Kante oder einer Ecke des Querschnittes. Es muß hier noch darauf hingewiesen werden, daß sowohl die Geschwindigkeit der Kraftaufbringung wie auch die

Zeitdauer der Kraffteinwirkung — sie soll mindestens 5 s betragen — das Ergebnis der Mikrohärteprüfung entscheidend beeinflussen können.

4.4. Ausmessen der Prüfeindrücke

4.4.1. Wählen der Optik

Das Ausmessen der Prüfeindrücke kann unmittelbar nach dem Erzeugen jedes einzelnen Eindrucks geschehen; das Härteprüfgerät wird dabei selbst als Objektiv benutzt. Vorteilhafter ist jedoch, zunächst im Bildfeld oder an anderweitig leicht auffindbaren Stellen eine größere Anzahl von Eindrücken herzustellen, die man anschließend mit einem geeigneten Objektiv ausmißt. Gegen die Anwendung des Mikrohärteprüfgeräts selbst als Objektiv spricht die Tatsache, daß infolge der Mittenabbildung Abbildungsverhältnisse geschaffen werden, deren Einfluß auf die scheinbare Größe der Eindrücke nicht ganz übersichtlich ist. Deswegen sollte man das Objektiv des Mikrohärteprüfgeräts nur zum Ausmessen größerer Eindrücke und allenfalls zum Feststellen von Härteunterschieden sowie für werkstattmäßige Schnellmessungen benutzen.

Besser ist es, zum Ausmessen der Eindrücke Trockensysteme mit einer numerischen Apertur von 0,50 und mehr und einer solchen Lupenvergrößerung zu verwenden, daß der Teilungswert des Meßokulars höchstens $0,3 \mu\text{m}$ beträgt. Unter Berücksichtigung dieser Forderungen stellt der Planachromat 25X/0,50 bzw. der Planapochromat 25X/0,65 die Grenze dar. Schwächere Objektive dürfen zur Ausmessung überhaupt nicht benutzt werden. Die beiden genannten Objektive dürfen am NEOPHOT 2 bei den Einstellungen 12,5X bis 20X am Vergrößerungswechsel verwendet werden. Ihr Gebrauch bei den Einstellungen 8X und 10X sowie am Neophot 1 und am EPITYP 2 ist nicht zulässig, da dann der Teilungswert über $0,3 \mu\text{m}$ liegt.

Zeigt das Mikrohärteprüfgerät unter Umständen gewisse Differenzen hinsichtlich der Zentrierung gegenüber anderen Objektiven, so kann es vorkommen, daß nach dem Einsetzen eines Objektivs der Härteeindruck nicht in der Mitte des Bildfelds erscheint. In diesem Fall muß er mit dem Objektstisch zum Strichkreuz des Okulars zentriert werden.

4.4.2. Einstellen auf Schliffoberfläche

Nachdem die Wahl des Meßobjektivs getroffen ist und die Eindrücke im Bildfeld aufgefunden sind, muß die Einstellung auf die Schliffoberfläche mit besonderer Sorgfalt vorgenommen werden. Es zeigt sich nämlich, daß die scheinbare Größe der Eindrücke erheblich von den Abbildungsbedingungen abhängen kann. Schon der Kontrast, mit dem die Eindrücke sich von der Unterlage abheben, ist sehr stark von der Beleuchtungsapertur abhängig. Bei Objektiven mit hohen Aperturen geht diese Erscheinung so weit, daß die Eindrücke bei weit geöffneter Öffnungsblende überstrahlt werden. Die Beleuchtungsapertur muß bei allen Messungen für das ausgesuchte Meßobjektiv unbedingt auf demselben Wert gehalten werden, um einheitliche Abbildungsverhältnisse zu schaffen. Weiterhin läßt sich der Kontrast durch Zuziehen der Leuchtfeldblende steigern. Man achte daher auch auf eine konstante Einstellung dieser Blende. Die Einstellung auf das Objekt macht keine Schwierigkeiten, wenn man sich von Anfang an daran

gewöhnnt, nicht auf den Eindruck, sondern auf eine Objektstelle auf der vom Eindruck völlig ungestörten Schliifoberfläche einzustellen.

4.4.3. Eigentliches Ausmessen

Bevor das Ausmessen vorgenommen wird, ist das Okular durch Drehen an der Okularfassung auf beste Schärfe der Strichfigur einzustellen.

Zur genauen Ausmessung der Diagonalen verwende man die durch die Spitze der beweglichen Winkelmarke gehende, gestrichelte Gerade. Um die auszumessende Diagonale rechtwinklig dazu ausrichten zu können, ist eine feingestrichelte Gerade durch die beiden Winkelfiguren gelegt worden. Zur Vermeidung der Umkehrspanne muß die Meßgerade in gleicher Richtung an die Enden der Diagonalen herangebracht werden. Die Differenz der beiden Ablesungen gibt die zu messende Größe in Trommelteilen an. Dieser Wert ist mit dem vorher ermittelten Teilungswert zu multiplizieren, um die Länge der Diagonalen in Mikrometern zu erhalten.

5. Zusammenstellung der Arbeitsgänge

Leuchte einschalten.

Falls erforderlich — z. B. bei Untersuchung auf Richtungsabhängigkeit der Mikrohärtigkeit — Objektisch zentrieren.

Mikrohärteprüfgerät anbringen und Objektisch nach Augenmaß coaxial zum Mikrohärtprüfgerät einstellen.

Meßokular mit Meßtrommel nach rechts einsetzen und festklemmen. Durch Drehen an der Okularfassung Okular scharf auf die Meßfigur einstellen.

Zentrierschrauben des Meßokulars in eine mittlere Stellung bringen. Nullpunkt der Kraftanzeigeskala nicht auf die feststehende Winkelmarke, sondern einen kleinen Betrag darüber einstellen.

Objekt auflegen und mit der Tischfeder festklemmen.

Öffnungsblende ganz öffnen.

Feineinstellung beim Neophot 1 und NEOPHOT 2 in mittlere, beim EPITYP 2 in höchste Stellung bringen.

Objekt möglichst mit Grobeinstellung einstellen.

Eine für den Probeindruck geeignete Objektstelle mit Hilfe des Objektisches ungefähr unter die feststehende Winkelmarke bringen.

Mit Grobeinstellung Objektisch vorsichtig senken, bis das Bild der Skale deutlich zu sehen ist.

Ablesemarke — obere Ecke des Quadrates — im Okular auf den Nullstrich der Kraftanzeigeskala einstellen.

Eindruck mit mittlerer Kraft durch Betätigen der Grobeinstellung beim Neophot 1 und NEOPHOT 2 bzw. Feineinstellung beim EPITYP 2 anfertigen und diesen anschließend scharf einstellen.

Mit Zentrierschrauben Okular so zentrieren, daß die Spitze der feststehenden Winkelmarke genau auf die Pyramidenspitze des Eindrucks kommt. Dabei nötigenfalls Okular

nach Lösen seiner Klemmschraube so drehen, daß die gestrichelten Geraden parallel zu den Eindrucksdiagonalen verlaufen.

Nach Einstellen der Kraftanzeigeskala prüfen, ob sich Ablesemarke auf den Nullpunkt der Skale einstellen läßt. Sonst Kraftanzeigeskala mittels des Rändelrings entsprechend verstellen und Probeeindruck mit anschließendem Zentrieren des Okulars wiederholen. Zu prüfende Objektstelle mit Hilfe der Tischbewegung unter die feststehende Winkelmarke bringen.

Eindruck mit der gewünschten Prüfkraft anfertigen.

Objekttisch heben, bis keine Bewegung der Ablesemarke gegenüber der Skale mehr stattfindet, und kontrollieren, ob diese wieder auf Null steht. Andernfalls wird Eindruck besser wiederholt.

Objekttisch weiter heben, bis der Eindruck scharf abgebildet wird.

Für Schnellmessungen Mikrohärteprüfgerät selbst zum Messen belassen oder — für genauere Messungen — durch ein anderes Objektiv ersetzen.

Auf Objektstelle außerhalb des Randwulstes vom Eindruck einstellen.

Durch Drehen an der Meßtrommel Meßgerade in gleicher Richtung an die der Diagonalen heranbringen und beide Stellungen ablesen (volle Umdrehungen an dem im Bildfeld befindlichen Maßstab, ihre Bruchteile in Hundertsteln an der Trommelteilung). Differenz der Ablesungen bilden und mit Teilungswert multiplizieren.

Es ist immer zweckmäßig, die Messung an mehreren mit derselben Kraft ausgeführten Eindrücken zu wiederholen.

6. Störungen am Mikrohärteprüfgerät und Maßnahmen zur Abhilfe

Störung	Ursache und Abhilfe
Bei eingeschalteter Beleuchtung erscheint weder ein Gefügebild noch ein Bild der Kraftanzeige.	Umschaltung von subjektiver Beobachtung auf Fotografie steht in der Stellung „Fotografie“. DämpfungsfILTER ist bei Lampenbeleuchtung eingesetzt. Schieber für die Umschaltung von Hell- auf Dunkelfeld im Vertikalilluminator des Neophot steht in der Stellung „Dunkelfeld“.
Bei eingeschalteter Beleuchtung erscheint nur das Bild der Kraftanzeige. Ein Gefügebild läßt sich nicht erzielen.	Öffnungsblende ist zu weit geschlossen. Sie muß ganz geöffnet werden.
Das Bild ist nur einseitig ausgeleuchtet.	Öffnungsblende ist nicht zentriert.
Gefügebild und Bild der Kraftanzeige sind kontrastlos.	Leuchtfeldblende ist offen. Leuchtfeldblende so weit zuziehen, daß nur das benötigte Bildfeld ausgeleuchtet ist.

Störung

Trotz Ausschlags der Kraftanzeige entsteht kein Eindruck, oder der Eindruck trifft nicht die eingestellte Stelle.

Abbildungsfehler des Bildes der Kraftanzeige, die sich durch Verstellen der Scharfeinstellung und der Nullpunkteinstellung nicht beheben lassen.

Die Bewegung der Kraftanzeige hängt. (Zum Vergleich: Solange das Härteprüfgerät in Ordnung ist und das Objektiv nicht hängenbleibt, muß das Skalenbild bei Erschütterungen, z. B. Anklopfen am Stativ, frei schwingen und ein wenig zittern).

Beschädigungen am Diamanten.

Die Eindrücke haben keine Spitze, die Pyramidenflächen scheinen sich in einer Dachkante zu vereinigen. Die Erscheinung liegt nicht an fehlerhaftem Anschliff des Diamanten, wenn die Richtung der sogenannten Dachkante beim Drehen des Mikrohärtprüfgeräts erhalten bleibt.

Ursache und Abhilfe

Tischeinlageblende ist exzentrisch, so daß die Frontlinsenfassung am Rand der Blende anstößt. Objektisch zentrieren. Schliff ist nicht senkrecht zur optischen Achse ausgerichtet. Schliff ausrichten.

Mikrohärteprüfgerät ist durch Stoß oder Überbeanspruchung der Federaufhängung dejustiert. Es muß zur Reparatur eingesandt werden.

Abhilfe ist nur in unserem Werk möglich. Gerät einsenden.

Diamant muß ersetzt werden. Gerät einsenden.

Durch langdauernden Gebrauch ist die Führung des Grobtriebs abgenutzt. Kraftaufbringung nur mit dem Feintrieb ausführen. Neophot 1 und NEOPHOT 2 zum Nachpassen in unser Werk einsenden. Wurden die Eindrücke beim EPITYP 2 und NEOPHOT 2 nach Vorschrift mit der Feinbewegung ausgeführt, dann Stativ zur Reparatur einsenden.

7. Verzeichnis der Bezugswahlen

Bild 1. Schnitt (schematisch) und Strahlengang des Mikrohärteprüfgeräts mhp 100

- 1 Prüfdiamant
- 2 Frontlinse
- 3 Scheibenringfedern
- 4 Hinterglied des Objektivs
- 5 Spiegel
- 6 Hilfsobjektiv
- 7, 8 Ringe mit Stiftlöchern
- 9 Korrektionslinse
- 10 Mutter der Nullpunkteinstellung
- 11 Exzenterring der Scharfeinstellung
- 12 Kraftanzeigeeskalen

Bild 2. Meßschraubenokular des Mikrohärteprüfgeräts

- 13 Zentrierschrauben
- 14 Klemmschraube

Bild 3. Gesamtausrüstung der Mikrohärte-Prüfeinrichtung mhp 100 für a und b.

- a) NEOPHOT 2
- b) EPITYP 2
- 15 Mikrohärteprüfgerät in Kapsel
- 16 Stiftschlüssel
- 17 Kurzer Tubus
- 18 Gewichtssatz 5, 15, 35 p
- 19 Einlegeblende aus Glas
- 20 Stufengewichte 5 und 65 p
- 21 Zwischenringe für EPITYP 2
- 22 Wechselschlitten für NEOPHOT 2
- 23 Meßschraubenokular

Bild 4. Mikrohärteprüfgerät am NEOPHOT 2

- 24 Zentrierschrauben
- 25 Wechselschlitten

Bild 5. Mikrohärteprüfgerät am EPITYP 2

26 Revolver

27 Zwischenring

28 Mikrohärteprüfgerät

Bild 6. Bestimmung des Teilungswerts des Meßokulars

Bild 7. Ausführung der Kraftanzeigeskale mit Warnsignal gegen Überschreiten des Kraftbereichs

8. Erläuterungen zu den Bildtafeln

Bildtafel I

Vorbereitende Einstellungen
Justieren der Kraftanzeige

- a) Einsetzen des Härteprüfgerätes
- b) Ausrichten der Skale, Einstellen der Schärfe des Skalenbildes
- c) Einstellen des Nullpunktes der Skale
- d) Einstellen der Ablesemarke auf den Nullpunkt der Skale

Zentrieren des Meßokulars

- g) Beliebigen Schliff auflegen und einstellen
- h) Durch Rechtsdrehen am Trieb Objekt dem Objektiv nähern. Skale der Kraftanzeige erscheint
- i) Durch Rechtsdrehen am Trieb mit beliebiger Prüfkraft belasten

Bildtafel II

Ausführung einer Härtemessung

- a) Die zu prüfende Stelle wird unter die feststehende Winkelmarke gebracht
- b) Durch Rechtsdrehen der Grobbewegung erscheint die Skale der Kraftanzeige. Die Ablesemarke wird auf den Nullstrich der Skale eingestellt
- c) Durch Rechtsdrehen der Triebbewegung belasten, bis die Anzeige der Skale dem gewünschten Kraftwert entspricht

Eichen der Kraftanzeige

- e) Durch Rechtsdrehen der Grobbewegung mit einem Eichgewicht belasten. Ablesen des Skalenwertes
- f) Durch Linksdrehen der Grobbewegung entlasten. Kontrolle, ob die Skale auf den Nullpunkt zurückkehrt

- j) Durch Linksdrehen am Trieb entlasten. Weiterdrehen, bis Gefüge und erster Eindruck erscheinen
- k) Durch Betätigen der Okularzentrierschrauben Ecke der feststehenden Winkelmarke und Eindruckmitte zur Deckung bringen

- d) Durch Linksdrehen der Triebbewegung entlasten. Nullstrich der Skale muß zur Ablesemarke zurückkehren
- e) Grobbewegung weiter nach links drehen, bis Gefüge und Eindruck im Bildfeld erscheinen
- f) Meßgerade an die Enden der Diagonalen anlegen. Trommelstellungen des Meßokulars ablesen

VEB Carl Zeiss JENA

Vertriebsabteilung Mikroskope

Fernsprecher: Jena 830 • Fernschreiber: Jena 058 8622

Druckschriften-Nr. **30-G676e-1**

V 15/30 M(p)G-7/283/71