

Ultraschall und Röntgenstrahlen in der Materialprüfung.

Von Prof. Dr. Franziska Seidl.

Vortrag, gehalten am 26. Jänner 1949.

Von den Verfahren zur Prüfung von Werkstoffen kommen nur jene in Betracht, die keine Zerstörung des Prüflings notwendig machen.

In dieser Hinsicht ist die Anwendung der Röntgenstrahlen zur Materialprüfung von größter Bedeutung. In den letzten Jahren wird auch der Ultraschall zu gleichem Zweck herangezogen, doch eigentlich nur in solchen Fällen, bei welchen die Röntgenstrahlenmethoden versagen. Um die derzeitige Leistungsfähigkeit beider Prüfverfahren richtig einzuschätzen, soll zunächst über die Erzeugung und die einschlägigen Eigenschaften des Ultraschalls und der Röntgenstrahlen berichtet werden.

Manche Kristalle, die in einem Kristallsystem ohne Symmetriezentrum kristallisieren, darunter wieder bevorzugt Seignettesalz und Quarz, haben die Eigenschaft, sich bei mechanischer Deformation elektrisch aufzuladen. Sie zeigen den sogenannten piezoelektrischen Effekt, der von den Brüdern P. u. J. C u r i e im Jahre 1880 entdeckt wurde. Schneidet man unter Berücksichtigung der Kristall-

achsen eine Platte aus einem der vorerwähnten Kristalle heraus, so ladet sich ein und dieselbe Fläche bei Kompression z. B. positiv, bei Dilatation negativ auf. Man spricht in diesem Fall von dem direkten piezoelektrischen Effekt.

Bringt man eine solche Kristallplatte in ein elektrisches Feld, so erfährt sie, je nach der Richtung desselben, eine Kompression oder Dilatation. Man spricht in diesem Fall vom reziproken Piezoeffekt. Gerade dieser ermöglicht die Erzeugung von Ultraschall. Darunter versteht man den Bereich aller Schallwellen, deren Frequenz oberhalb 20.000 Hertz (Hz) liegt und somit für das menschliche Ohr nicht mehr hörbar ist.

Belegt man eine Quarzplatte, die in bestimmten Achsenrichtungen aus einem Einkristall herausgeschnitten wurde mit Elektroden und legt an diese ein hochfrequentes Wechselfeld, so wird die Platte, falls ihre mechanische Eigenfrequenz gleich der Wechselstromfrequenz ist, zum kräftigen Schwingen angeregt. Bringt man einen solchen Ultraschallzeuger in ein Ölbad, oder in Berührung mit einem festen Körper, so werden die Schwingungen in das jeweilig angrenzende Medium übertragen. Es ist einleuchtend, daß man auf diese Weise Schallwellen hoher Frequenz, Ultraschallwellen, in ein zu prüfendes Werkstück führen kann. Da der Ultraschall nicht wahrnehmbar ist, werden spezielle Vorrichtungen als Indikatoren benötigt, wozu der direkte

Piezoeffekt in ausgezeichneter Weise verwendet werden kann.

Angenommen, es befänden sich in einem mit Öl gefüllten Trog in einiger Entfernung von einander zwei Quarzkristallplatten, von denen die eine als Schallerreger, die andere als Schallempfänger verwendet wird. Beide liegen genau einander gegenüber, so daß die durch ein dazwischen liegendes Werkstück gehenden Schallwellen auf den Empfangsquarz auftreffen, der durch den Schalldruck eine elektrische Aufladung seiner Flächen erfährt. Das Vorzeichen dieser Ladungen und der sich gleichzeitig ausbildenden elektrischen Spannungen ändert sich periodisch mit der Schallfrequenz. Zuzufolge der sich im Öl ausbildenden Verdünnungen und Verdichtungen wirkt auf den piezoelektrischen Empfänger ein Schallwechseldruck der eine Wechselspannung erzeugt die verstärkt werden kann und durch ein im Anodenkreis der Ausgangsröhre liegendes Instrument angezeigt wird. Wird das zu prüfende Werkstück seiner Länge nach zwischen Senderquarz und Empfängerquarz fortbewegt, dann wird man bei Inhomogenitäten feststellen, daß der, von dem im Anodenkreis liegenden Meßinstrument angezeigte Strom veränderlich ist. Das bedeutet aber, daß der auf den Empfangsquarz auftreffende Schallwechseldruck seine Intensität ändert. Dies ist aber leicht einzusehen, da die Schallwellen bei Durchgang durch ein fehlerhaftes Werkstück auf

ihrem Wege verschieden stark absorbiert werden und dementsprechend ihre Intensität an verschiedenen Stellen ungleich sein wird.

Von Sokoloff wurde die Lichtbeugung an Ultraschallwellen zur Materialprüfung ausgenützt. Zum Verständnis dieser Methode sei erwähnt, daß ein in einer Flüssigkeit erzeugtes Schallwellenfeld für durchgehendes Licht, in ähnlicher Weise wie ein optisches Strichgitter, Anlaß zur Beugung desselben gibt.

Die Versuchsanordnung wurde von Sokoloff in folgender Weise durchgeführt. Auf der einen eben geschliffenen Seite des zu untersuchenden Werkstückes haftet mittels eines Öltropfens ein Schwingquarz. Auf der gegenüberliegenden Seite befindet sich, gut angelegt, eine mit Flüssigkeit gefüllte Küvette, in welche die aus dem Prüfling kommenden Schallwellen eintreten und dort zufolge der sich ausbildenden Verdichtungen und Verdünnungen ein Flüssigkeitsgitter als optisches Gitter erzeugen. Wird durch die Flüssigkeit hindurch ein beleuchteter Spalt abgebildet, so beobachtet man auf einem Schirm Beugungsspektren, deren Intensitäten von der Stärke der in die Küvette eintretenden Schallwellen abhängt. Man kann bei dieser Methode aus den Änderungen der Intensität der Beugungsspektren auf Inhomogenitäten im Inneren des zu prüfenden Körpers schließen. Mit Rücksicht darauf, daß sowohl für die Ankopplung des Schwingquarzes

als auch der Küvette ein gut bearbeitetes Werkstück vorhanden sein muß, ist diese Methode nicht allgemein verwertbar.

Die Schallwellen erfahren aber auch beim Durchgang durch das Werkstück eine Beugung. Daher muß für das einwandfreie Erkennen einer Fehlstelle die Schallwellenlänge im Inneren eines Werkstücks kleiner sein als die noch nachzuweisende kleinste Fehlstelle. Die zahlreichen Beobachtungen führten zu dem Ergebnis, daß es praktisch günstig ist, mit Schallwellen deren Frequenz höher als 10.000 kHz ist zu arbeiten.

Die einzig richtige Methode wäre, mit einem Schallempfänger eine punktförmige Abtastung des durchschallten Werkstückes vorzunehmen. Leider läßt sich dies nicht verwirklichen.

Für die Materialprüfung kommen auch sogenannte Mosaikquarze in Verwendung, vornehmlich dann, wenn bei tieferen Ultraschallfrequenzen größere Schallenergien auf großem Querschnitt erhalten werden sollen. Nach Langevin verwendet man dazu eine Anzahl kleinerer gleich dicker Quarzplatten die zwischen Stahlplatten gelagert und mit diesen festgekittet werden.

Die obere Grenze der mit Piezoquarzen erreichbare Schallfrequenz liegt bei 50.000 kHz. Die Dicke einer Quarzplatte dieser Eigenfrequenz beträgt 0,054 mm und darf nur wenig mechanisch beansprucht werden. Sollen noch höhere Schallfrequenzen

erreicht werden, dann muß ein Quarz niedrigerer Frequenz in seinen Oberschwingungen erregt werden, deren Intensitäten aber bedeutend geringer sind als jene mit der der Schwingquarz in der Grundschiwingung angeregt werden kann.

Schallwellen erfahren beim Übergang von einem Medium zum anderen ebenso wie Lichtwellen eine Brechung, die sich mit der gleichen Gesetzmäßigkeit einstellt wie wir sie von der Optik her kennen. Es ist dies eine Folge der verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in verschiedenen Medien. Diese Eigenschaft führt aber zur Konstruktion von Schalllinsen, die ebenso wie die optischen Linsen die Abbildung eines Gegenstandes ermöglichen müssen. Auf Grund dieser Überlegungen führte Pohlmann die Ausarbeitung einer neuen Methode für das Prüfverfahren von Werkstoffen aus, die eine Sichtbarmachung von Störstellen, wie Rissen und Spalten im Innern eines Körpers, mittels Ultraschall ermöglichen. Durch diese Methode erscheint die Entwicklung der Materialprüfung mit Ultraschall hoffnungsvoll und vielversprechend. Dies allein schon deshalb, weil man der schwierigen Aufgabe einer reproduzierbaren Anpassung von Schallgeber und Empfänger an den Prüfkörper entgeht. Als Material für eine Schalllinse kann nur ein solcher Stoff verwendet werden, dessen Schallwiderstand von dem des umgebenden Mediums möglichst wenig abweicht. Als Schallwiderstand be-

zeichnet man das Produkt von Dichte und Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Zwecks Erzielung einer großen Brechung muß die Schallgeschwindigkeit in der Linsensubstanz möglichst klein gegen die Schallgeschwindigkeit im umgebenden Medium sein. Soll z. B. in Wasser oder Xylol eine Schalllinse eingebracht werden, so eignet sich dazu am besten Tetrachlorkohlenstoff und Chloroform.

Die P o h l m a n n'sche Schalllinse besitzt Wandungen aus 0,01 mm dicker Kupferfolie, die zu Kugelflächen mit einem Krümmungshalbmesser von 5,5 cm gewölbt sind. Wird zur Füllung Tetrachlorkohlenstoff verwendet, dann hat diese Linse in Xylol eine Brennweite von 6,4 cm und bei einem Durchmesser von 3,5 cm eine Öffnung von 1 : 1,8. Eine solche Linse stellt bereits einen Achromaten dar, da keine Schalldispersion vorhanden ist. Außer der Abbildung wird aber noch eine Vorkehrung zur Sichtbarmachung benötigt. P o h l m a n n nützt dazu die Erfahrung aus, daß flächenhafte kleinste Teilchen im Ultraschallwellenfeld ausgerichtet werden. Er verwendet daher eine Suspension von feinsten flachen Aluminiumteilchen mit einem Durchmesser von ungefähr 20 Mikron und einer Dicke von etwa 1,5 Mikron in Xylol. Diese Suspension bildet den Inhalt einer Küvette, deren eine Wand eine schalldurchlässige Kupferfolie und die andere Wand eine plane Glasplatte ist. Bei einfallender Schallwelle stellen sich die Aluminiumteilchen, dort wo eine Schaller-

regung zustandekommt, parallel zur Wellenfront ein.

Man hat sich die gesamte Pohlmann'sche Anordnung folgendermaßen vorzustellen.

In einer flachen, mit Xylol gefüllten Wanne, deren Wände mit schallabsorbierendem Stoff bekleidet sind, um Reflexion der Schallwellen zu vermeiden, befindet sich, nacheinander angeordnet, der Schallerzeuger in Form eines Piezoquarzes, der Prüfling, die Schalllinse und die Küvette mit der vorhin angegebenen Suspension. Die Schallwellen nehmen ihren Weg durch das Werkstück, dann durch die Linse, welche eine akustische Abbildung einer im Prüfling vorhandenen Fehlstelle in der Suspension von Aluminiumteilchen bewirkt. Belichtet man die Suspension durch das Glasfenster der Küvette, so spiegeln die gerichteten Teilchen das Licht unterschiedlich von den ungerichteten. Es entsteht auf diese Weise ein helles Bild auf dunklem Grunde. Diese Methode ist die bisher wertvollste, denn aus der Entfernung zwischen abbildendem System und Bildempfänger (Schalllinse-Küvette) kann man auch die Lage des abgebildeten Gegenstandes bestimmen. Dies ist natürlich für die Auffindung von Störstellen von großer Bedeutung.

Schließlich seien noch einige wertvolle Untersuchungsergebnisse angeführt, die mit anderen Methoden weniger bedeutender Art gewonnen wurden, jedoch deutlich erkennen lassen, daß der Ultraschall

zur Werkstoffprüfung dann nützlich verwertet wird, wenn die Prüfung mit Röntgenstrahlen versagt.

Meyer und Buchmann, später auch noch anderen, gelang es, eisenbewehrte Betonbalken von 2,5 Meter Länge auf Querrisse zu prüfen. Als Schallgeber wurde ein Magnetostruktionssender verwendet der prinzipiell auf der Anwendung des sogenannten magnetostriktiven Effekts beruht. Unter letzterem versteht man die Eigenschaft ferromagnetischer Stoffe, daß sie, wenn sie in Stabform in ein magnetisches Kraftfeld gebracht werden eine Längenänderung erfahren. Dies kann eine Verlängerung oder eine Verkürzung sein. Befindet sich zum Beispiel ein Nickelstab, der diese Eigenschaft in besonderem Maße zeigt, in einer von einem Wechselstrom durchflossenen Spule, so erfolgen diese Längenänderungen mit doppelter Wechselstromfrequenz, da sie von der Richtung des Feldes unabhängig sind.

Der Vorteil eines magnetostriktiven Senders liegt darin, daß man bedeutend größere Schallintensitäten erzielen kann, als mit Schwingquarzen, dafür aber Frequenzen von etwa 60.000 Hz schon zu den höchsten dieser Schwingungserzeugung zählen.

Man kann natürlich auch einen vormagnetisierten Nickelstab, wenn er elastische Deformationen erfährt und sich in einer Spule befindet, zufolge der dabei auftretenden Induktionsspannungen als Schallempfänger benützen.

Meyer und Buchmann verwendeten einen solchen magnetostriktiven Empfänger und gipsten denselben am Ende des zu prüfenden Balkens an. Die Prüfung ergab vollen Erfolg.

Müller gelang es, bearbeitete Eisenstäbe von 500 mm Länge und 26 mm Durchmesser mit Ultraschall in Längsrichtung zu durchschallen und aus der Intensität der austretenden Schallwellen auf Querrisse und Lunkerstellen zu schließen. Auffallend ist die Länge des Prüflings, die noch keine Schwierigkeit für die Anwendung der Methode darstellt.

Im Vergleich zur Materialprüfung mit Ultraschall, die noch im Anfangsstadium ihrer Entwicklung steht, reicht die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mit Röntgenstrahlen eigentlich auf das Jahr 1897 zurück, in welchem Röntgen selbst ein Röntgenschattenbild eines mit 9 Rollern und einer Kugel geladenen doppelläufigen Jagdgewehrs aufnahm.

Röntgenstrahlen entstehen im allgemeinen immer dann, wenn Kathodenstrahlen, d. i. eine Teilchenstrahlung bestehend aus Elektronen, auf ein Hindernis, z. B. auf ein Metallblech auffallen. Man verwendet zu ihrer Erzeugung heute hauptsächlich die sogenannten Glühkathodenröhren, die hoch evakuiert sind und als Kathode einen Glühfaden eingeschmolzen haben, aus welchem, zufolge des glüh-elektrischen Effektes, Elektronen austreten. Gegenüber diesem liegt die Anode meist in Gestalt eines

abgeschrägten Hohlzylinders, der von Kühlwasser durchlaufen wird. Bei Anlegen der Hochspannung zwischen Kathode und Anode wandern die aus dem Glühfaden austretenden Elektronen zur positiv gepolten Anode und werden dort abgebremst. Die dabei entwickelte Wärme kann so groß sein, daß die Anode an der Auftreffstelle schadhaf wird, so daß eine gute Kühlung derselben unerläßlich ist. Die Auftreffstelle der Elektronen ist gleichzeitig Austrittsstelle der Röntgenstrahlen, die jedoch auf Grund ihrer Eigenschaften als elektromagnetische Wellenstrahlung erkannt wurden. Nebenbei sei bemerkt, daß die Anode auch des öfteren als Antikathode bezeichnet wird und zwar mit Rücksicht darauf, daß sie die der Kathode gegenüberliegende Elektrode ist.

Die Eigenschaft der Röntgenstrahlen, welche für die Materialprüfung ausschlaggebend ist, ist ihre große Durchdringungsfähigkeit. Die Durchdringbarkeit der verschiedenen Körper für Röntgenstrahlen ist abhängig von deren Atomgewicht. Leicht durchdringbar ist z. B. Holz, dagegen setzen die Leichtmetalle und deren Legierungen dem Durchgang von Röntgenstrahlen bereits einen größeren Widerstand entgegen. Wesentlich geringer ist sie bei den Schwermetallen und deren Legierungen. Die obere Grenze der Durchstrahlbarkeit für Aluminium beträgt 40 cm, für Stahl nur ungefähr 10 cm.

Je nach der Durchdringungsfähigkeit der Röntgenstrahlen unterscheidet man harte und weiche, die sich auch durch ihre verschiedene Wellenlänge charakterisieren lassen.

Die apparative Anlage zur Materialprüfung mit Röntgenstrahlen ist ziemlich umfangreich. Zunächst wird ein entsprechendes Röntgenrohr benötigt, das mit Hochspannung betrieben werden muß. Die dazu geeignete Hochspannungsanlage kann in verschiedensten Schaltungen ausgeführt werden. Auf jeden Fall muß die hohe Spannung mittels eines Hochspannungstransformators erzeugt werden. Da die Anode zur Erreichung ständigen Stromflusses durch das Rohr immer positiv gepolt sein muß, ist es notwendig, die hochgespannte Wechselspannung wieder gleichzurichten. Ferner muß eine Möglichkeit bestehen, das Röntgenschattenbild sichtbar zu machen. Letzteres kommt zufolge der verschieden starken Absorption der Röntgenstrahlen in einem mit Fehlern behafteten Werkstück zustande. Wäre beispielsweise ein Werkstück durchaus homogen, also ohne Fehlerstellen, dann würden die Röntgenstrahlen auf ihrem Wege durch das Werkstück überall gleich stark absorbiert werden und zufolge der Eigenschaft der Röntgenstrahlen, auf einem Leuchtschirm Fluoreszenz zu erregen, müßte ein Schattenbild des Prüflings entstehen, denn alle jene Stellen des Leuchtschirmes, die von geschwächten Röntgenstrahlen getroffen werden, fluoreszieren in anderem Maße

als jene, die von ungeschwächter Strahlung zum Leuchten angeregt werden. Die verschieden große Intensität mit der Röntgenstrahlen einen mit Fehlern behafteten Prüfling verlassen bewirkt daher, daß der Leuchtschirm verschieden stark, entsprechend der auffallenden Strahlungsintensität, aufleuchtet. Sind z. B. in einem Gußstück Gaseinschlüsse vorhanden, so werden Röntgenstrahlen, welche diese Fehlstelle passieren weniger geschwächt werden als solche, die auf fehlerfreiem Weg das Werkstück durchdringen. Es erscheint daher die Fehlerstelle auf dem Leuchtschirm dunkler als die Umgebung. Da die Röntgenstrahlen beim Auftreffen auch auf die photographische Platte wirksam sind, macht man sich auch diese Eigenschaft bei der Materialprüfung zunutze.

Die Werkstoffprüfung mit Röntgenstrahlen erfordert somit:

1. eine Hochspannungsanlage mit Gleichrichtung,
2. einen strahlengeschützten Einbau der Röntgenröhre, da Röntgenstrahlen dem menschlichen Organismus schädlich sind,
3. eine Vorrichtung zur Sichtbarmachung des Schattenbildes, entweder in Form eines Leuchtschirmes mit aufgebrachter Barium-Platin-Cyanür-Schicht oder einer photographischen Platte oder Filmes, für die manchmal Spezialkassetten nötig sind.

Für eine nutzbringende Werkstoffprüfung sind unbedingt einige Kenntnisse bezüglich der Eigenschaften und der richtigen Verwendung des photographischen Materials erwünscht.

Zunächst ist die sogenannte Schleierschwärzung zu berücksichtigen, worunter man die Dunkelreaktion zwischen unbelichteter Emulsion und Entwickler versteht. Jede photographische Schicht ist durch die sogenannte Schwärzungskurve charakterisiert. Man erhält sie, wenn man gestaffelte Energiemengen, z. B. Röntgenstrahlen, auf die photographische Schicht einwirken läßt und die Schwärzungen ermittelt, die auf den verschiedenen Stufen bei normaler Entwicklung erhalten werden. Das Produkt aus Intensität und Zeit bestimmt die Gesamtmenge der Strahlung. Im allgemeinen wird durch ganz geringe Lichtmengen kein entwickelbarer Einfluß hervorgerufen. Die Schwärzungskurve, die man erhält, wenn man auf der Ordinate die Schwärzung und auf der Abszisse den Logarithmus der jeweiligen Expositionszeit aufträgt, verläuft zunächst parallel zur Abszisse und die Größe der Schwärzung stimmt mit der Schleierschwärzung überein. Der Punkt der Kurve an dem die Schleierschwärzung überschritten wird, heißt die Schwelle der photographischen Schicht. Die zugehörige Abszisse ist ein Maß für die Schwellenempfindlichkeit. Bei stärkster Steigung verläuft die Kurve geradlinig. In diesem Teil der Kurve werden die stärksten Kontraste für ein be-

stimmtes Verhältnis zweier einwirkender Energien erhalten. Von einem bestimmten Wert der Exposition an nimmt die Schwärzung wieder ab. Es ist nicht möglich die Empfindlichkeit einer Schwärzungskurve durch eine Zahl anzugeben. Für verschiedene photographische Schichten ist der Kurvenverlauf eben verschieden und es muß daher immer der gesamte Kurvenverlauf in Betracht gezogen werden. Die Art des Kurvenverlaufes bezeichnet man als „Gradation“. Röntgenfilme sind doppelseitig begossen. Sie zeigen bei gleicher Bestrahlungszeit eine doppelt so große Schwärzung wie einseitig begossene Filme. Gleichzeitig wird bei gleicher Schwellenempfindlichkeit die Gradation bedeutend steiler. Die photographische Platte findet heute nur mehr überall dort Verwendung, wo es auf eine ideal ebene Fläche und auf die Vermeidung von Schrumpfung und Längungen bei der Naßbehandlung ankommt. Die Steilheit der Gradation kann noch verbessert werden durch Verwendung von Verstärkerfolien. Der wirksame Bestandteil derselben ist Calciumwolframat, das bei Einwirkung der Röntgenstrahlung blauviolett fluoresziert. Bei doppelseitig begossenem Film wird je eine Folie auf den beiden Seiten des Films gut an die photographische Schicht angepreßt. Als Verstärkungsfaktor einer Folie bezeichnet man das Verhältnis der Expositionszeiten, die mit und ohne Folie zur Erzielung gleicher Schwärzung erforderlich sind.

Um an einer Aufnahme eindeutige Feststellungen machen zu können, ist möglichst hoher Kontrast zwischen den verschiedenen Schwärzungsstellen nötig. Eine Kontraststeigerung kann auf photographischem Wege, aber auch durch eine besondere Aufnahmetechnik erreicht werden. Diesbezüglich ist besonders die Berücksichtigung der sogenannten Streustrahlung zu erwähnen. Sie kommt immer dann zustande, wenn Röntgenstrahlen auf einen Körper auftreffen, wobei sie sich nach allen Richtungen ausbreitet. Das Schattenbild des Körpers erfährt dadurch eine Verschleierung, welche kontrastvermindernd wirkt. Es muß daher für ausreichende Abblendung dieser Strahlung mit stark absorbierendem Material wie Blei gesorgt werden. Wird dies unterlassen, dann tritt Verschleierung des Schattenbildes ein.

Schließlich noch einige Bemerkungen zur Auswertung von Röntgenbildern. Diese kann objektiv oder subjektiv erfolgen. Die erstere Methode erfolgt auf Grund einer Photometrierung des Films oder mit anderen Worten ausgedrückt, auf Grund einer Schwärzungsmessung. Für die subjektive Beurteilung ist äußerste Abbildungsschärfe notwendig, da sonst geringe Schwärzungsunterschiede überhaupt nicht wahrgenommen werden können. Das Weber-Fechner'sche Gesetz besagt, daß das Auge dann gleiche Helligkeitsunterschiede empfindet, wenn das Verhältnis der das Auge treffenden Lichtintensitä-

ten ebenfalls gleich ist. Dieses Gesetz gilt bei Betrachtung photographischer Aufnahmen nur dann, wenn die zu vergleichenden Flächen scharf aneinander grenzen und nicht stetig in einander übergehen. Somit ist die gewünschte Abbildungsschärfe verständlich.

Die Schärfe des Röntgenbildes hängt von der Größe des Brennfleckes, dem Fokus der Röntgenröhre ab. Damit bezeichnet man die gesamte Auftreffstelle der aus dem Glühfaden austretenden Elektronen. Da sie nicht alle in einem Punkt vereinigt werden können, spricht man eben vom Brennfleck.

Man erreicht eine umso schärfere Abbildung eines Gegenstandes, je näher dieser dem Röntgenfilm liegt. Auf alle Fälle ist es für eine scharfe Abbildung von Vorteil, wenn der Brennfleck möglichst klein ist. Es ist verständlich, daß die Schärfe eines Röntgenbildes nicht zuletzt auch von der Größe des Filmkornes abhängig ist.

Man kann allgemein sagen, daß die Fehlererkennbarkeit umso geringer ist, je dicker der Prüfling ist. Sie steigt mit größerem Bildkontrast und der Bildschärfe.

Für die Materialprüfung mit Röntgenstrahlen wurde auch das sogenannte Laue-Verfahren herangezogen, mit dessen Hilfe es möglich ist ein Metall auf seine Korngröße hin zu prüfen. Diese Methode beruht darauf, daß ein Einkristall von einer heterogenen

Röntgenstrahlung durchstrahlt wird. Die Dicke desselben muß nach seinem Absorptionsvermögen gewählt werden, z. B. 0,1 mm. Auf einer photographischen Platte die hinter dem Kristall aufgestellt wird, entstehen Interferenzflecke, die sogenannten Laue-Punkte. Diese kommen durch Beugung einer bestimmten Wellenlänge der heterogenen Strahlung an einer Netzebenenschar im Inneren des Kristalles zustande. Wenig Lauepunkte deuten auf Grobkörnigkeit, das heißt, es kommen nur wenig Kristalle auf das bestrahlte Volumen. Sind die Laue-Punkte in auffallend größerer Anzahl vorhanden, so läßt dies auf bedeutend größere Feinkörnigkeit des Materials als im vorigen Fall schließen. Doch besteht wirkliche Feinkörnigkeit nach technischer Auffassung erst dann, wenn die Röntgenaufnahme keine einzelnen Punkte mehr erkennen läßt, sondern eine einheitlich geschwärzte Fläche. Das Laue-Verfahren läßt auch innere Spannungen elastischer Natur erkennen und auch darauf schließen, daß die Röntgenstrahlung keine monochromatische Strahlung ist. Wenn die Elektronen auf die Antikathode (Anode) aufprallen und dabei abgebremst werden, so werden nicht alle Elektronen beim Stoß auf ein Metallatom der Antikathode ihre Energie auf einmal abgeben. Die Bremsung kann stufenweise erfolgen. Die Wellenlänge des entstehenden Röntgenstrahles wird jedoch umso kürzer sein, je größer die Energieabgabe beim ersten Bremsvorgang ist. Auf diese Weise

kommt die sogenannte Bremsstrahlung zustande, die durchaus heterogen ist. Untersucht man die Energieverteilung der von einer Röntgenröhre ausgesendeten Strahlung, dann bemerkt man, daß bestimmte Wellenlängen mit überragender Intensität auftreten. Man bezeichnet sie als charakteristische Strahlung der Atome der Antikathode. Mit Hilfe von besonderen Filtern ist es möglich, die Strahlung zu homogenisieren.

Zur Werkstoffprüfung mit Röntgenstrahlen werden folgende Eigenschaften derselben ausgenützt:

1. Die Absorption, welche es ermöglicht makroskopische Fehlstellen und Einschlüsse in Werkstücken nachzuweisen. Bei einer derartigen „Grobstrukturuntersuchung“ werden, wenn es sich um Werkstücke größerer Dicke handelt, sehr durchdringungsfähige, also sehr harte Röntgenstrahlen benötigt, was wiederum eine Hochspannungsanlage von einigen Hundert Kilovolt voraussetzt.

2. Die Erregung von Eigenstrahlung (charakteristische Strahlung). Sie dient zur qualitativen und quantitativen Bestimmung der chemischen Zusammensetzung eines Stoffes (Röntgenspektralanalyse). Dieses Verfahren verlangt die Anwendung von Spezialröhren, welche aber mit Spannungen von höchstens 100 Kilovolt betrieben werden.

3. Die Beugung in Kristallgittern. Bei Anwendung dieser Eigenschaft der Röntgenstrahlen spricht man von einer „Feinstrukturuntersuchung“. Sie

liefert Aufschlüsse über die Atomanordnung im Kristall und über die Lage der Kristalle im Werkstoff. Auch eine Messung der elastischen Spannungen kann, wie bereits früher erwähnt, mit Hilfe der Feinstrukturuntersuchungsmethoden durchgeführt werden.

Vergleicht man die Möglichkeiten der Materialprüfung wie sie einerseits durch Anwendung des Ultraschalles bisher gegeben sind, andererseits durch die Anwendung der Eigenschaften der Röntgenstrahlung, so kommt man wohl zu dem Schluß, daß derzeit die Ultraschallmethoden nur dann die Röntgenstrahlmethoden zur Werkstoffprüfung überverteilen, wenn es sich um Prüflinge solcher Länge handelt, daß auch eine noch so harte Röntgenstrahlung auf alle Fälle im Werkstoff absorbiert wird.

Ansonsten steht man wohl unter dem Eindruck, daß die Materialprüfung mit Ultraschall derzeit noch keine Konkurrenz, sondern eine wertvolle Ergänzung zu den bisherigen bekannten Verfahren für eine zerstörungsfreie Werkstoffprüfung darstellt.

Die weitaus einfachere, wenig umfangreiche Apparatur und die bedeutend geringeren Kosten derselben, im Vergleich zu einer Röntgenanlage, machen eine günstige Weiterentwicklung der Materialprüfung mit Ultraschall durchaus erwünscht.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1950

Band/Volume: [86_89](#)

Autor(en)/Author(s): Seidl Franziska

Artikel/Article: [Ultraschall und Röntgenstrahlen in der Materialprüfung. 46-65](#)