Optische Prüfverfahren für hochbeanspruchte Maschinenteile

Autor(en): **Leonhardt, René**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **97/98 (1931)**

Heft 6

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-44729

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Optische Prüfverfahren für hochbeanspruchte Maschinenteile. — Das neue Postgebäude in Biel. — Die Stilfserjoch-Bahn, 1930. — Bausorgen des Völkerbundes in Genf. — Eidgenössisches Amt für Wasserwirtschaft, 1930. — Mitteilungen: Fahrbarer Eisenbahnwagenkipper mit diesel-elektrischem Antrieb. Eine Freilicht-Plastikausstellung in Zürich. Im Geschäftshaus-Neubau „zur Katz" in Zürich. Der Schweiz. Verein von Gas- und Wasserfachmännern. Die Verwendung der Stahlrohrmöbel. Bergbau in der Montagne-noire in Südfrankreich. Gewölbte Sheddächer. Eine Internationale Vereinigung der Gasindustrie. Internationaler Kongress für Geographie. Ein Campanile von 162 m Höhe am Mailänder Dom. — Wettbewerbe: Schulhaus-Anlage in Seebach. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 98

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich.
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 6

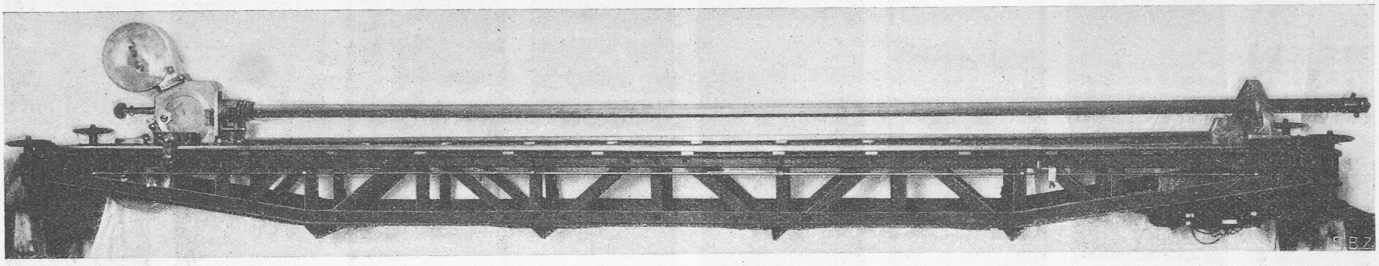


Abb. 1. Gesamtansicht der Rohrkamera der „Askania"-Werke (Berlin) für die Aufnahme langgestreckter Hohlzylinder auf stetig bewegtem Filmband.

Optische Prüfverfahren für hochbeanspruchte Maschinenteile.

Von Ing. RENÉ LEONHARDT, Berlin-Wilmersdorf.

I. Materialprüfung an Hohlzylindern auf kinematographischem Wege.

Für eine grosse Reihe von Verwendungszwecken hochbeanspruchter Hohlzylinder genügt es nicht, die Gewähr für ein einwandfreies Arbeiten in Form von Konstruktionsberechnungen, Laboratoriumsversuchen und Belastungsproben zu schaffen. — Derartige Prüfungen bedeuten wohl eine Unterlage für die Verwendung einwandfreien, homogenen Werkstoffes, ihr Wert hört aber mit der Fertigstellung des Prüfobjektes, vielfach sogar schon mit Einsetzen des endgültigen Fabrikationsvorganges auf. Lunker, Risse, Ausbeulungen, Roststellen usw. bilden sich in einer grossen Anzahl von Fällen erst während des Gebrauches und ergeben häufig die Ursache verhängnisvoller Betriebstörungen. Dieses trifft insbesondere zu bei Turbinenhohlwellen, Schiffshohlwellen, Laufbüchsen und Zylindern, Siederohren an Dampfkesseln, Dampfleitungsrohren usw., alles Maschinenteile, bei denen sich geringe Widerstandsunterschiede im Material infolge der Grösse der Rotationsgeschwindigkeit bezw. infolge der auf sie einwirkenden Druck-, Zug- oder Torsionskräfte in Form von Katastrophen auswirken. Derartige Betriebstörungen können und werden bei Hohlzylindern mit grossem lichtem Durchmesser vielfach durch während des Gebrauches vorgenommene Prüfung der Innenwandung und Feststellung allfälliger Materialfehler vermieden. Bei Hohlzylindern mit nur geringer Bohrung lassen sich derartige Prüfungen, insbesondere an langgestreckten Objekten visuell ohne entsprechende Hilfsmittel überhaupt nicht durchführen. Bisher wurden zu diesem Zwecke von Hand in das Prüfobjekt eingeführte Betrachtungsrohre mit objektivseitig angeordnetem Winkelprisma und Beleuchtungslampe benutzt. Die Prüfung auf etwaige Materialfehler erfolgte durch geradliniges Ein- und Ausfahren des Betrachtungsrohres derart, dass ein Längsstreifen der Innenwandung nach dem anderen der visuellen Kontrolle unterzogen wurde, oder aber sie erfolgte spiralenförmig bei schraubenartiger Bewegung des Betrachtungsrohres. Die subjektive Bedienung des Gerätes bildete jedoch häufig die Ursache dafür, dass nicht alle Stellen der Innenwandung der Betrachtung zugänglich gemacht wurden. Ganz abgesehen davon aber war diese Art der Materialprüfung infolge der hohen Zeitverluste ausserordentlich unrationell, umsomehr als sie nur von gut geschulten, teuren Arbeitskräften ausgeübt werden konnte.

Um diesen Mängeln abzuhelfen, wurde von einer deutschen Turbinenfabrik eine Einrichtung entwickelt (Abb. 1), um Turbinenwellen auf kinematographischem Wege zu prüfen. Der Hauptvorteil dieser Rohrkamera besteht einmal in der Gewähr der unbedingten Erfassung aller Stellen der zu untersuchenden Innenwandung, und weiterhin in der Möglichkeit, den Filmstreifen jederzeit als dokumentarische Unterlage zu benutzen. Da das ganze Verfahren weitestgehend mechanisiert ist, ist die Auslassung irgendwelcher Fehlerstellen praktisch unmöglich.

Von der Aufnahme auf ein ruckweise bewegtes Filmband, wie dies beim Spielfilm üblich ist, musste bei der Rohrkamera abgesehen werden, da der Filmverbrauch sonst unverhältnismässig hoch geworden wäre. Bei Aufnahme eines Rohres von 3 m Länge und 75 mm lichtem Durckmesser würde nämlich bei Aufnahme in linear zweifacher Vergrösserung die Gesamtzahl der nötigen Einzelbilder rd. 650 000 betragen, da der Filmvorschub von Bild zu Bild nicht grösser als 0,1 mm sein darf, wenn ruckweise Bewegungen bei der Vorführung des Films vermieden werden sollen (Grösse eines Filmbildchens 18×24 mm $= 4{,}23$ cm²). Den 650 000 Einzelbildchen würden 12 500 m Filmband entsprechen. Aus diesem Grunde wurde ein völlig neues Filmtransportverfahren entwickelt, das in der Weise arbeitet, dass Film und Aufnahmeobjekt gewissermassen gegenseitig abrollen. Das Prinzip des Verfahrens geht aus Abb. 2 hervor. Denken wir uns einen Gegenstand, dessen Lage und Ausdehnung gegeben ist durch die

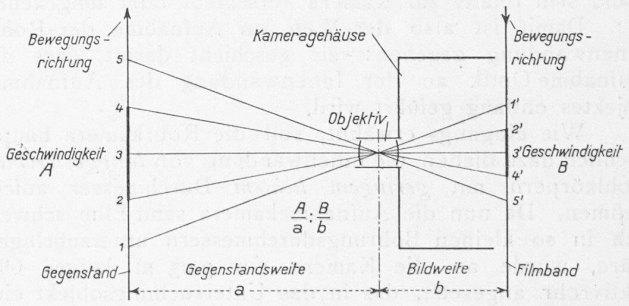
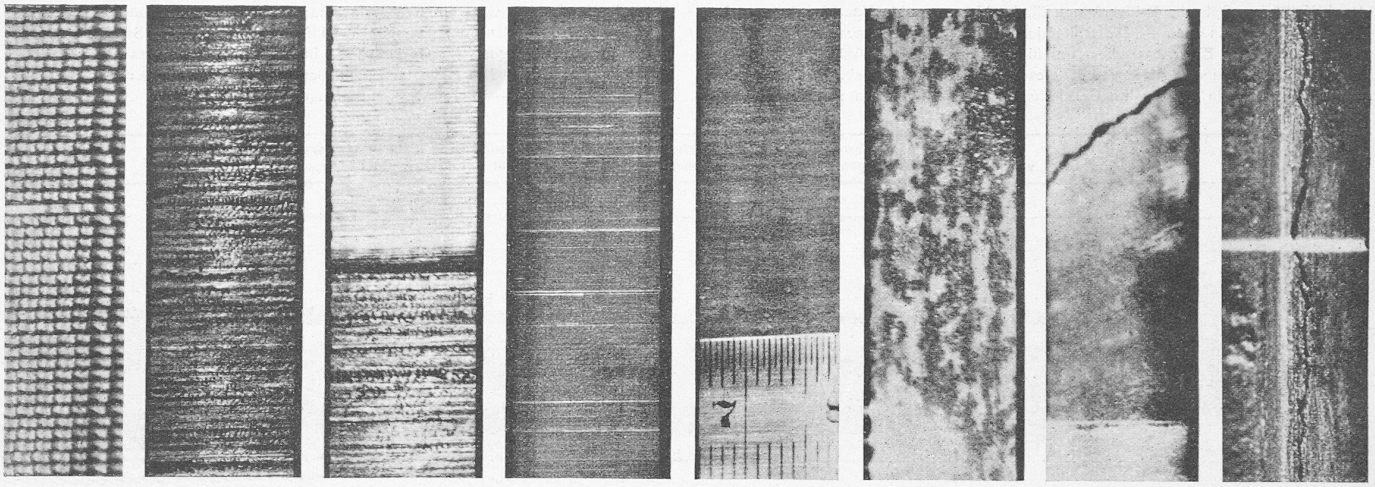


Abb. 2. Schematische Darstellung des Aufnahmeverfahrens.

Strecke 2—4, so wird dieser durch das Objektiv auf dem Film in der Kamera abgebildet als Bild 2′—4′. Bewegt sich nun der Gegenstand 2—4 von 1 nach 5 (in Richtung des Pfeiles) so wandert auch das Bild auf dem Film von 1′ nach 5′ und zwar nach umgekehrter Richtung zum Gegenstand. Nach einfachem geometrischen Gesetz verhält sich die Strecke 2—4 zur Gegenstandsweite a, wie die Strecke 2′—4′ zur Bildweite b. Da die Strecken 2—4 bezw. 2′—4′ identisch sind mit der Bewegung des Gegenstandes A bezw. des Bildes B, und diese Bewegungen bezogen auf die Zeiteinheit, so folgt die einfache Beziehung $A : a = B : b$. Das heisst also, wenn man den bewegten Gegenstand A aufnehmen will, muss der Film, um eine scharfe Abbildung zu erhalten, entgegengesetzt und so schnell bewegt werden,



a b c d e f g h

Abb. 7. Ausschnitte von Filmen, die mittels der Rohrkamera aufgenommen worden sind.

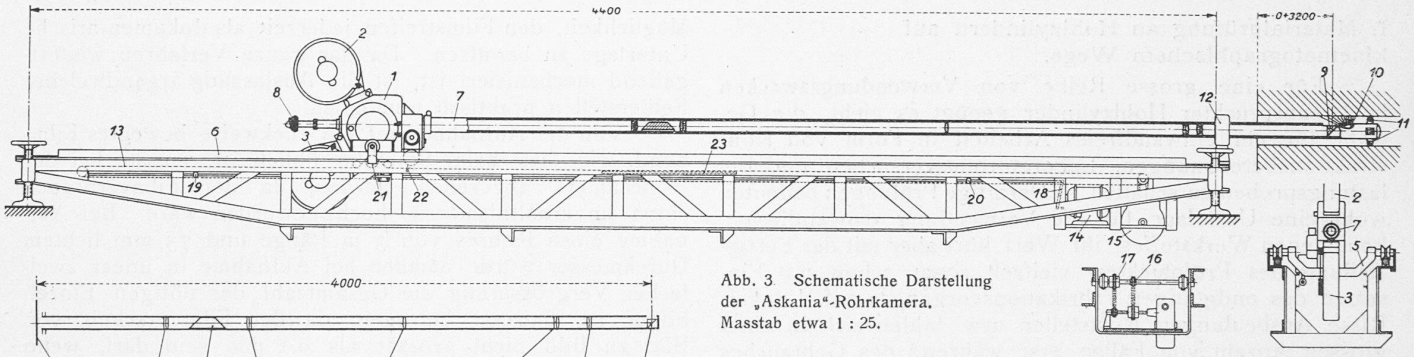


Abb. 3. Schematische Darstellung der „Askania"-Rohrkamera. Masstab etwa 1 : 25.

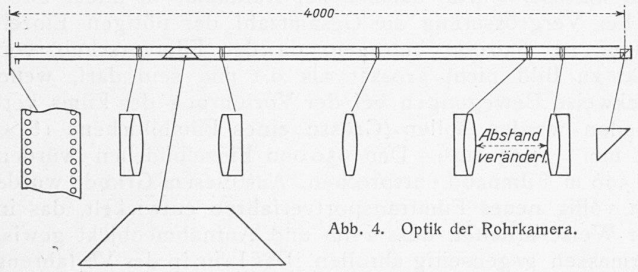


Abb. 4. Optik der Rohrkamera.

dass obige Gleichung erfüllt ist, gleichfiültig ob der Gegenstand sich relativ zur Kamera verschiebt oder umgekehrt.

Damit ist also der Weg zur Aufnahme der Rohrinnenwandung gegeben: sie geschieht derart, dass die Aufnahme-Optik an der Innenwandung des Aufnahmeobjektes entlang geführt wird.

Wie eingangs erwähnt, soll die Rohrkamera hauptsächlich dazu dienen, die Innenwandung von *langgestreckten* Hohlkörpern mit *geringem lichtem* Durchmesser aufzunehmen. Da nun die Aufnahmekamera samt Film schwerlich in so kleinen Bohrungsdurchmessern unterzubringen wäre, wurde an die Kamera ein 3,25 m langes Objektivrohr angesetzt, das in das Untersuchungsobjekt eingeführt wird, und so das Bild des Aufnahmefeldes auf den Film überträgt. Dadurch wird es möglich, bereits Rohre mit einem lichten Durchmesser von 75 mm zu untersuchen. Natürlich besteht bei entsprechender Umkonstruktion der Rohrkamera unter steter Ausnutzung des gleichen Verfahrens auch ohne weiteres die Möglichkeit, Hohlkörper mit noch geringerem lichtem Durchmesser kinematographisch zu prüfen. Die Kamera auf dem Objektivrohr ist auf einem fahrbaren Gestell 5 montiert (Abb. 3), das auf einem 4,4 m langen Brückenträger in Richtung der Rohraxe vor- und rückwärts gefahren werden kann. Vor dem Brückenträger wird entsprechend Abb. 3 der zu untersuchende Hohlkörper aufgebaut. Das Objektivrohr trägt an seinem Vorderende einen Rollenkopf mit zwei verstellbaren (einer federnden und einen festen) Rolle 11, damit das Objektivrohr im Untersuchungsobjekt stets genau zentrisch geführt wird und der Abstand des Rohres von der zu prüfenden Wand stets konstant bleibt. Hinter dem Rollenkopf sind in das Rohr ein Winkelprisma 9 (Abb. 4) mit einer Beleuchtungslampe 10 von 100 HK bei 16 Volt und ein genau durchgeprüftes optisches System mit Aufrichteprisma eingebaut, die das Bild der Wandung auf das Filmband projizieren. An das Kameragehäuse 1 sind ausser dem Objektivrohr eine Vorrats- 2 und eine Aufwickelkassette 3 angesetzt. Weiterhin befindet sich an der Kamera ein Filmmeterzählwerk und in der Kamera eine Filmtransportrolle und eine Kulissenblende, die eine beliebige Veränderung der Belichtungsdauer und der Helligkeit gestatten. Eine eingebaute Betrachtungslupe 8 dient der Scharfeinstellung und der Beobachtung des Bildes während der Aufnahme. Die Scharfeinstellung geschieht durch Verstellen der vordern Objektivlinse mit Hilfe einer Triebstange. Zur Abstützung des 3,25 m langen Objektivrohres dient eine Haltelunette 12, die am Vorderende des Brückenträgers aufgebaut ist. Da bei jedem Einfahren des Objektivrohres in die Hohlwelle nur ein bestimmter Streifen der Innenwandung aufgenommen werden kann, muss nach jedem beendeten Aufnahmezug das Betrachtungsrohr um einen bestimmten Winkelbetrag gedreht werden, der sich nach dem Durchmesser der Bohrung richtet. Es ist daher um seine optische Axe drehbar, wobei das hinter dem Rollenkopf eingebaute Winkelprisma 9 naturgemäss mitgedreht wird. Infolgedessen würde das Bild entsprechend der Schrägstellung des Winkelprisma auf dem Film schräg ablaufen, während der Film stets senkrecht von oben nach unten läuft, da die Kamera nicht mitgedreht wird. Diese Schwierigkeit wurde behoben durch Einbau eines Aufrichteprismas, das der Drehung des Objektivrohres folgt, und den Ablauf des Bildes dadurch dem Filmlauf angleicht. Die Drehung des Objektivrohres nach jedem Aufnahmezug, die Schaltung der Ein- und Ausfahrbewegung und der Filmantrieb erfolgen vollkommen automatisch.

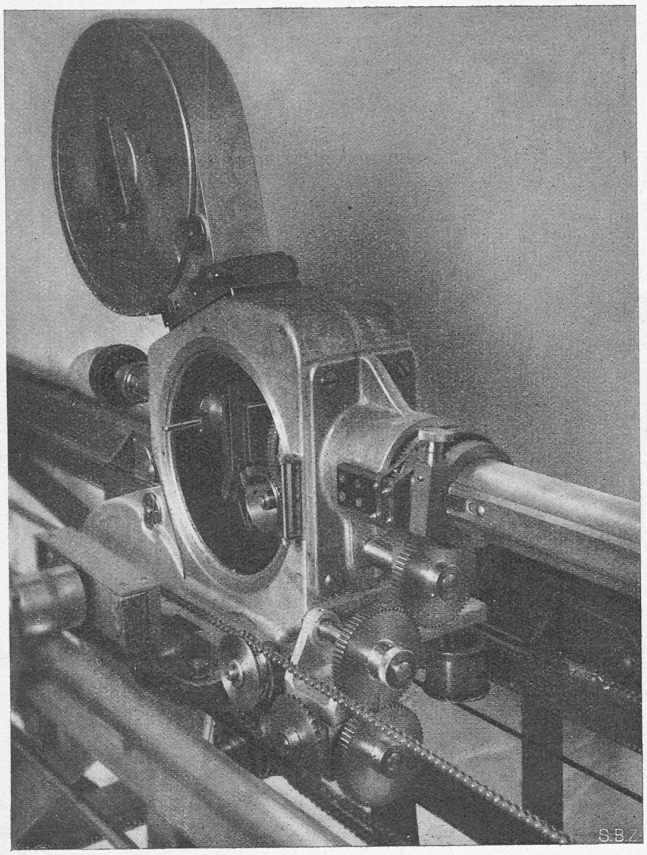


Abb. 5. Filmkassetten mit Antriebsmechanismus, Betrachtungsokular und Filmmeterzähler.

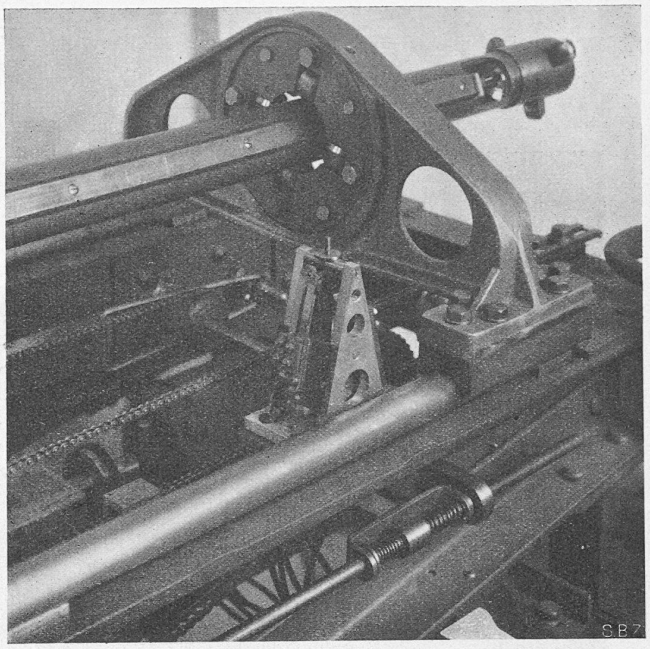


Abb. 6. Objektivrohr mit federndem Rollenkopf.

Zum Antrieb dient ein Elektromotor 14, der in den Brückenträger eingebaut ist und über ein Getriebe 15, wahlweise einstellbare Uebersetzungen 16 und 17 und Ketten und Stahlbandzüge die Bewegung der Kamera steuert. Die Umschaltung vom Vor- und Rücklauf betätigt ein Motorumschalter 18, der durch beliebig einstellbare Anschläge 19 und 20 von der Kamera selbst geschaltet wird. Die Winkeldrehung des Objektivrohres wird durch eine endlose Kette 13, Anschläge, Freilaufkupplungen und Zahnräderübertragungen bewerkstelligt.

Der Ablauf des Filmbandes wird durch die Vorwärtsbewegung der Kamera angetrieben. Während der Rückfahrbewegung des Wagens ist er durch eine Freilaufkupplung stillgelegt, ebenso wird während des Rücklaufs die Beleuchtungslampe automatisch ausgeschaltet. Für die Erzielung guter Aufnahmeergebnisse ist es überaus wichtig, dass Filmgeschwindigkeit und Kamerageschwindigkeit unbedingt stets im gegebenen Proportionalitätsverhältnis stehen. Um dies zu gewährleisten, wurde für die Antriebsübertragung ein filmartig perforiertes Stahlband benutzt, das über die gesamte Länge des Brückenträgers ausgespannt ist. An dem Stahlband rollt eine Zahntrommel 21 ab, die die Bewegung durch eine Uebersetzung auf die in die Kamera eingebaute Filmtransporttrommel überträgt. Von der Transporttrommel wird durch Peese der Kassettenkern der Aufwickelkasette angetrieben.

Es wäre nun noch der Filmverbrauch zu erwähnen. Da die Aufnahme wegen der Deutlichkeit in doppelter Vergrösserung gemacht wird, läuft in der Kamera doppelt so viel Film ab, als die Zahntrommel am perforierten Stahlband abrollt. Die Breite des aufgenommenen Rohrwandstreifens beträgt die Hälfte der Bildfensterbreite, also 12 mm, wobei allerdings betont werden muss, dass der Winkelschaltschritt von Aufnahmezug zu Aufnahmezug zweckmässig so gewählt wird, dass der Aufnahmestreifen nicht 12 mm, sondern nur 10 mm breit wird, damit eine seitliche Ueberdeckung der einzelnen Streifen erreicht wird. Zur Aufnahme der gesamten Innenwand einer Hohlwelle nach obigem Beispiel sind dann 24 Aufnahmezüge erforderlich, denen $6 \times 24 = 144$ m Film entsprechen.

Nach Beendigung der gesamten Aufnahme, das ist in unserem Falle nach einer vollen Umdrehung des Objektivrohres, setzt ein automatischer Endausschater 22 die gesamte Apparatur still. Ein besonderes Relais unterbricht den Antrieb bei etwaigen Störungen im Lampenstromkreis (Durchbrennen der Lampe).

Die Fahrgeschwindigkeit der Kamera bestimmt sich aus der zur richtigen Belichtung des Films notwendigen Zeit mit 2 bis 3 min pro Meter Fahrweg, wobei der Rücklauf der Kamera durch eine besondere elektrische Einrichtung schneller erfolgt, als der Aufnahmelauf. Die gesamte Aufnahmedauer beträgt für das bereits mehrfach genannte Beispiel bei 3 min Fahrzeit $\frac{24 \times 3 \times 3}{60} = 3{,}5$ h. Die Fahrgeschwindigkeit kann in gewissen Grenzen den jeweiligen Bedürfnissen angepasst werden, da die Belichtungsdauer des Films durch Verstellen der in die Kamera eingebauten Kulissenblende verändert werden kann.

Einige Probeaufnahmen (Abb. 7) veranschaulichen die Wirkungsweise und Leistung der Kamera. Die Aufnahme a stellt ein vorgeschrupptes, nahtgeschweisstes Stahlrohr dar; die Naht zieht sich in der Mitte des Bildes von oben bis unten und ist an den Unterschied der Schruppfillen links und rechts deutlich erkennbar. Bild b stellt eine mit Kanonenbohrer ausgebohrte Welle dar, die oben links eine durch die dunklere Färbung gekennzeichnete Roststelle aufweist. Im Bilde c ist die Bohrung bereits im unteren Teile nachgedreht. Bild d zeigt eine geschlichtete Stelle (Drehstahlriefen schmal) und Bild e eine feingeschlichtete Stelle, die schon nahezu poliert ist. Durch Einlegen des Messbandes wird das Wiederfinden von auf dem Film ersichtlichen Fehlerstellen erleichtert, da an Hand der mitaufgenommenen Teilung direkt ermittelt werden kann, welcher Aufnahmezug jeweils abgebildet ist. Bild f zeigt Roststellen in einem gezogenen Rohr, die Bilder g und h einen Querriss und einen Längsriss in einer gusseisernen Rohrschelle, deren Flächen etwas befeilt sind.

Um eine dem Zweck angepasste Vorführung der mit der Rohrkamera aufgenommenen Filme zu gewährleisten, wurde ein besonderer Vorführungsapparat gebaut, der für gleichmässigen, ununterbrochenen Filmablauf eingerichtet ist und den besonderen Vorzug hat, dass man durch stärkeres oder schwächeres Drücken eines Handgriffes den Film vorwärts sowie rückwärts laufen lassen kann und auch anzuhalten vermag. — Mit Hilfe einer langen biegsamen

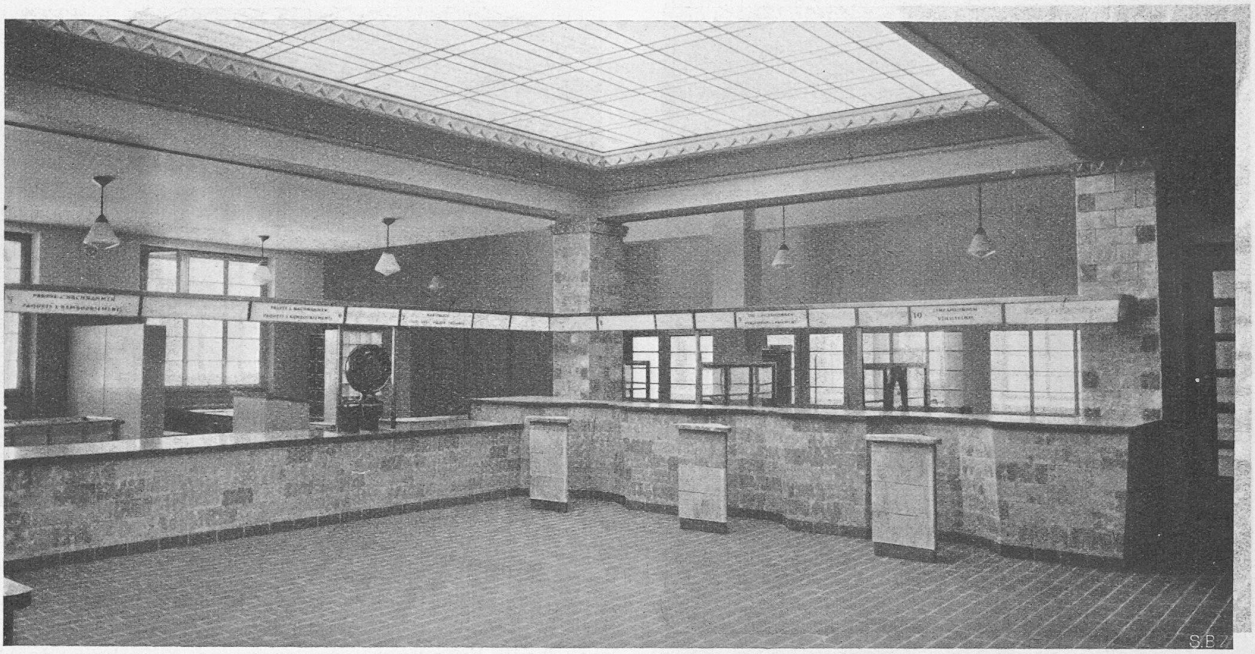


Abb. 5. Schalterhalle des Postgebäudes in Biel. — Kunstkeramik, Lausener Bodenklinker, Holz gebeizt.
Entwurf und Bauleitung Direktion der Eidg. Bauten, Bern.

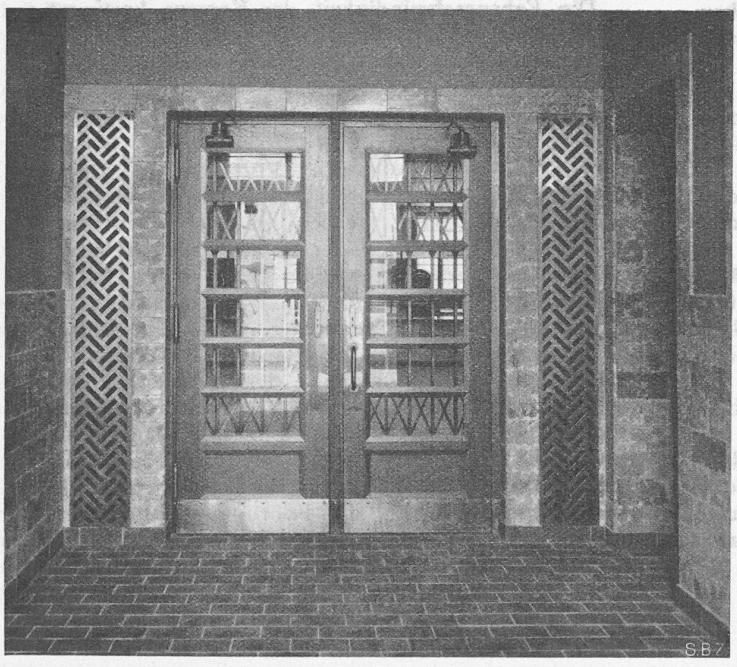


Abb. 4. Windfang der Schalterhalle, in Kunstkeramik-Verkleidung.

Abb. 3. Haupteingang am Bahnhofplatz.

Welle kann der Projektionsapparat auch aus grösserer Entfernung betätigt werden, sodass der den Film prüfende Ingenieur selbst den Apparat bedienen und, falls er eine scheinbar fehlerhafte Stelle nochmals betrachten will, den Film nach Belieben zurücklaufen lassen oder anhalten kann.

Die beschriebene Rohrkamera zeigt, dass der Film, der bei technischen Fragestellungen und Untersuchungen immer mehr Verwendung findet, auch in diesem Fall eine wesentliche Verbesserung der rationellen Prüfung von Hohlwellen und Röhren ermöglicht. Durch ihre Verwendung ist die Prüfung der Untersuchungskörper nicht nur während des Fabrikationsganges ermöglicht, um schadhafte Stücke vor der weiteren Bearbeitung auszuscheiden und weitere unnütze Lohnaufwände zu vermeiden, sondern auch nach der Fertigstellung, um die Güte der Bearbeitung nachzuprüfen. Ausserdem ist es in vielen Fällen wünschenswert, durch Vergleich von Filmen, die in verschiedenen Zeitabschnitten aufgenommen wurden, einen Anhaltspunkt über die Abnützung des Innern im Laufe der Benutzung zu gewinnen. (Schluss folgt.)