

DK 77.038:535.862:666.1.031.2:66.041:778.5:778.3:771.3

## Fotografieren und Filmen im Ofenraum von Glasschmelzöfen unter Verwendung des Ofenperiskops

Von HANS-JÖRG VOSS und WILHELM MERGLER, Frankfurt (Main)

(Mitteilung aus der Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG), Frankfurt (Main))

(Eingegangen am 11. Juli 1969)

Auf der 42. Glastechnischen Tagung im Mai 1968 in Würzburg und in einer neueren Veröffentlichung<sup>1)</sup> wurde über ein von der HVG in Zusammenarbeit mit einer Firma<sup>2)</sup>, die optische Präzisionsgeräte herstellt, entwickeltes Ofenperiskop berichtet und verschiedene Anwendungsmöglichkeiten dieses Gerätes geschildert.

Die seinerzeit vorliegenden Erfahrungen über den betriebsmäßigen Einsatz des Ofenperiskops bezüglich der Anfertigung von fotografischen Aufnahmen wurden inzwischen erweitert. Auch konnte in der Zwischenzeit die Bildqualität durch Verfeinerung der Einstellung des Periskops und die Verbesserung der Aufnahmeanordnung beachtlich gesteigert werden.

Neben dem Fotografieren und Filmen bietet das Ofenperiskop ganz allgemein die Möglichkeit, Bereiche des Ofens zu inspizieren, die sonst entweder gar nicht oder nur sehr schwer für eine Beobachtung zugänglich sind.

Beim Blick durch das Periskop in den Ofenraum hat der Beobachter oft ein ständig sich veränderndes Bild vor sich (Flammen oder Ofenpartien, die durch die Flammen zeitweilig verdeckt werden), das in all seinen Einzelheiten gar nicht registriert werden kann. Durch das Anfertigen von Momentaufnahmen werden schnell sich ändernde Szenen sozusagen „eingefroren“, so daß die Möglichkeit besteht, sich an Hand von Bildern mit den Gegebenheiten in Ruhe zu befassen. Über längere Zeit sich ausbildende Veränderungen (z. B. Verschleiß des Oberbaues) können verfolgt werden, ohne auf das subjektive Erinnerungsvermögen des Beobachters zurückgreifen zu müssen. Das Filmen bietet darüber hinaus die Möglichkeit, zeitlich schnell ablaufende Vorgänge dokumentarisch festzuhalten oder mit Hilfe von Zeitlupenaufnahmen sogar erst zu entschlüsseln.

### 1. Fotografieren

#### (Momentaufnahmen für Papierbilder und Diapositive)

##### 1.1. Aufnahmekamera

Als Aufnahmekamera für Stehbilder eignet sich jede einäugige Spiegelreflexkamera. Einäugig deswegen, um über die Kameramattscheibe Schärfe und Bildausschnitt kontrollieren zu können. Zur Erlangung besonders großer Negative ( $6 \times 6$  cm) könnte man sich auch einer entsprechenden Rollfilmkamera bedienen. Die HVG benutzte für ihre Aufnahmen eine Edixa mit 90-mm-Objektiv (Lichtstärke 1:2,8). Der Anschluß der Kamera an das Periskop erfolgte mittels eines Zeiss-Aufsetzringes. Der Aufsetzring hat die Aufgaben, das Kameraobjektiv genau zentrisch hinter dem Periskopokular zu fixieren und Falschlichteinfall zu verhindern. Die feste Verbindung zwischen Kameraobjektiv und Aufsetzring wird durch ein Anpassungsstück erreicht, das auf der dem Objektiv zugekehrten Seite ein Gewinde zum Aufschrauben auf das Objektiv trägt und auf der anderen Seite eine dem Anschluß an den Aufsetzring entsprechende Kontur hat.

Eine Brennweite von 90 mm am Kameraobjektiv wurde deswegen gewählt, um das Negativ voll ausgefüllt zu belichten. Nimmt man statt dessen ein 50-mm-Objektiv, dann wird ohne Verwendung von Zwischen-

ringen nur ein kreisförmiger Ausschnitt des rechteckigen Negatives belichtet. Will man nur einen Teil des gesamten Gesichtsfeldes des Periskops fotografieren, dann wird die Kamera mit einem entsprechenden Teleobjektiv ausgerüstet.

In diesem Zusammenhang sollen auch die von Zeiss gelieferten Aufsetzkameras erwähnt werden, mit denen man neben Kleinbildnegativen auch Negative vom Format  $6,5 \times 9$  cm erhält. Diese Aufsetzkameras sind unter Dazwischenschaltung eines sogenannten Zeiss-Grundkörpers zu verwenden. Der Grundkörper, der u. a. das Kameraobjektiv ersetzt, schluckt jedoch relativ viel Licht, so daß gegenüber der normalen Negativbelichtung ohne Grundkörper dann längere Belichtungszeiten erforderlich werden. Der Verschluß der Kameraansätze von Zeiss ermöglicht als kürzeste Belichtungszeit  $1/125$  s. Kurzaufnahmen ( $1/1000$  s), wie sie z. B. bei Flammenaufnahmen zur Erfassung ihrer Struktur notwendig sind, können hiermit nicht gemacht werden. Mit der Kombination Aufsetzkamera/Grundkörper kann daneben nur ein relativ kleiner Ausschnitt des gesamten Gesichtsfeldes des Periskops fotografisch festgehalten werden, so daß sich diese Aufnahmeanordnung ebenfalls nicht für alle Zwecke eignet.

##### 1.2. Blendenöffnung und Entfernungseinstellung am Kameraobjektiv

Da die zur vollständigen Anpassung der Kamera an das Periskopokular notwendige Pupillenbedingung nicht exakt erfüllt werden kann, wird die Blende am Kameraobjektiv vollständig geöffnet, um Vignettierungen durch die Objektiv-Irisblende auszuschalten. Die Belichtung der Negative kann also nicht durch Variation der Blendenöffnung, sondern nur über die Belichtungszeit verändert werden.

Die Entfernung am Kameraobjektiv wird unabhängig vom Abstand des Aufnahmeobjektes vom Periskop auf  $\infty$  (unendlich) eingestellt.

##### 1.3. Scharfeinstellung

Wie jedes normale Kameraobjektiv hat auch das Ofenperiskop nur einen begrenzten Tiefenschärfenbereich. Bei einer Änderung des Abstandes des Aufnahmeobjektes vom Periskop muß die Schärfe am

<sup>1)</sup> WERNER, TH.: Entwicklung und Anwendungsmöglichkeiten eines Ofenperiskops. Glastechn. Ber. 41 (1968) S. 283 bis 291.

<sup>2)</sup> Bei der genannten Firma handelt es sich um: Hensoldt & Söhne, Optische Werke AG, Wetzlar, von der das Ofenperiskop hergestellt wird und bezogen werden kann.

Periskop nachgeregelt werden. Bei Aufnahmen mit Hilfe des Ofenperiskops liegt deswegen die exakte Bildscharfe nur in einem bestimmten Entfernungsbereich, dem Tiefenschärfenbereich des Periskops.

Was bei der Beobachtung durch das Periskop scharf erscheint, wird jedoch ohne Veränderung der Scharfeinstellung nicht auch auf dem Negativ scharf abgebildet. Man muß vielmehr zum Fotografieren den gewünschten Bildausschnitt auf der Mattscheibe der Kamera scharf einstellen.

Hierbei ergibt sich die Erschwernis, daß die Mattscheibe der Kamera für die vorliegende Aufgabe gewöhnlich zu grobkörnig ist. Bei der relativ geringen Helligkeit auf der Mattscheibe und den nur schwach ausgeprägten Kontrasten im Feuerraum läßt sich eine Scharfeinstellung über die Mattscheibe der Kleinbildkamera nur sehr unsicher vornehmen. Bei der Erprobung durch die HVG wurde deswegen zur Scharfeinstellung der ohne Mattscheibe arbeitende sogenannte Zeiss-Grundkörper verwendet, der mittels eines Zeiss-Aufsetzringes hinter das Periskopokular gesetzt wurde. Das Einstellokular dieses Grundkörpers ist vor der Verwendung am Periskop dem Auge des jeweiligen Beobachters anzupassen (Scharfeinstellung einer Strichplatte). Durch das Einstellokular wird das in der Ebene der Strichplatte entstehende Bild beobachtet und scharf eingestellt. Nach der so erfolgten Scharfeinstellung tauscht man zum Fotografieren den Grundkörper gegen die Aufnahmekamera aus. Die Scharfeinstellung des Periskops darf dabei nicht mehr verändert werden. Der Abstand des Kameraobjektives vom Periskopokular ist ohne Einfluß auf die Abbildungsscharfe, er beeinflußt nur den Bildausschnitt.

Wie schon gesagt, schluckt der Grundkörper viel Licht, so daß in weniger heißen Bereichen (z. B. Kammern) das scharf einzustellende Bild relativ dunkel ist. In der Zwischenzeit wurde zur Scharfeinstellung beim Fotografieren ein Einstellfernrohr der Firma Hensoldt, Wetzlar, geprüft, das sich ebenfalls als geeignet erwies. Das Fernrohr schluckt nicht so viel Licht wie der Zeiss-Grundkörper, das einzustellende Bild erscheint also heller. Außerdem bewirkt das Einstellfernrohr eine 3,8fache Vergrößerung des Periskopbildes, was in manchen Fällen für die Scharfeinstellung günstig ist.

Der im folgenden Text erwähnte Zeiss-Grundkörper ist wahlweise durch das oben beschriebene Einstellfernrohr zu ersetzen.

#### 1.4. Bildausschnitt

Auf dem Negativ wird nur das einbeschriebene Rechteck des gesamten durch das Periskop zu sehenden kreisrunden Bildes abgebildet. Man geht beim Fotografieren deswegen wie folgt vor:

1. Wahl des interessierenden Bildbereiches mit dem Periskop.

2. Aufsetzen des Zeiss-Grundkörpers zur Scharfeinstellung. Hierbei ist das Sehrohr des Ofenperiskops so weit zu drehen, bis das Aufnahmeobjekt im Bildausschnitt des Grundkörpers erscheint; jetzt Scharfeinstellung des Objektes.

3. Nach der Scharfeinstellung Auswechseln des Grundkörpers gegen die Aufnahmekamera und endgül-

tige Korrektur des gewünschten Bildausschnittes über die Kameramattscheibe. Hierbei nichts mehr an der Scharfeinstellung verändern.

#### 1.5. Belichtungszeit

Die notwendige Belichtungszeit richtet sich in erster Linie nach den Lichtverhältnissen (Temperatur) im Ofen. Die Belichtung wird dabei über die Zeit, nicht über die Blende variiert. Ist man gezwungen, sehr kurze Belichtungszeiten zu wählen (z. B. Flammenaufnahmen), dann muß zu den höher empfindlichen Filmmaterialien übergegangen werden, die bei extrem kurzen Belichtungszeiten noch ausreichend belichtete Negative liefern.

Bei den Aufnahmen der HVG wurde mit einem fotoelektrischen Belichtungsmesser bei jeder Szene das ausfallende Licht am Periskopokular gemessen und nach der Filmentwicklung die Negative bezüglich ihrer Belichtung beurteilt. Ein Vergleich mit den entsprechenden Lichtwerten ergab, daß man bei der Edixa mit 90-mm-Objektiv (Lichtstärke 1:2,8) im Mittel mit der Belichtung im richtigen Bereich liegt, wenn der gemessene Lichtwert auf Blende 5,6 bezogen wird (Blende am Kameraobjektiv jedoch voll geöffnet). Bei Objektiven anderer Brennweite und Lichtstärke ergibt sich ein anderer Zusammenhang zwischen dem am Periskopokular gemessenen Lichtwert und der richtigen Belichtungszeit, da Brennweite und Lichtstärke des verwendeten Objektives in diesen Zusammenhang mit eingehen.

Es empfiehlt sich, bei jedem Bildausschnitt 4 bis 5 verschieden belichtete Aufnahmen zu machen, wobei sich die Belichtungszeiten um den gemessenen Wert gruppieren. Dies ist auch deswegen sinnvoll, da wegen der Temperaturunterschiede im Ofen die einzelnen Bereiche, die auf einer Aufnahme zu sehen sind, verschieden lang belichtet werden müssen, um optimal kontrastreich abgebildet zu werden.

#### 1.6. Empfehlungen für die Aufnahmetechnik

Der Kontrast auf den Negativen oder Diapositiven ist im allgemeinen nicht stärker ausgeprägt als bei der direkten Beobachtung durch das Periskop. Liegen über einem Teil des beobachteten Feldes Flammenfetzen, die bei der direkten Betrachtung durch ihre Unruhe immer wieder das Bild stören, dann erhält man beim Fotografieren dieser Partien u. U. Abbildungen, die frei von Flammen und daher klarer sind. Letzteres ist jedoch vom Zufall abhängig.

Nahaufnahmen werden meistens besser und schärfer als Aufnahmen über weite Strecken des Feuerraumes, da thermische Schlieren zu Unschärfen führen können. Die Aufnahmen werden grundsätzlich besser (kontrast-

Tabelle 1. Getestetes Filmmaterial

Markenbezeichnung des Filmes	Lichtempfindlichkeit
Agfa CK 20	20 DIN
Agfa CN 17	17 DIN
Kodak CX 135	20 DIN
Adox KB 14	14 DIN
Agfa IFF	15 DIN
Agfa Agepe FF	10 DIN
Ilford HP 4	27—29 DIN
Kodak-Infrarot	etwa 14 <sup>1)</sup> DIN

<sup>1)</sup> Bei Verwendung des roten Wratten-Filters Nr. 25.

Tabelle 2. Anhaltswerte für Belichtungszeiten

Film-material	Gewölbe-temperatur in °C	Belichtungszeit (in s) für Aufnahmen von						
		Flammen	Oberbau Gemenge Bad	Schattenwand (weit entfernt)		obere Lage d. Kammersteine	Brennerhals	Arbeitswanne
				mit Feuer	ohne Feuer			
Agfa CK 20	1630	$\frac{1}{1000}$	$\frac{1}{125}$					
Agfa CN 17	1630	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{60}$					
Agfa CN 17	1540	$\geq \frac{1}{500}$	$\frac{1}{125}$					
Kodak CX 135	1540		$\frac{1}{60}$ bis $\frac{1}{8}$				$\geq \frac{1}{8}$	
Kodak CX 135	1230		$\frac{1}{60}$		$\frac{1}{60}$			$\geq \frac{1}{8}$
Adox KB 14	1630	$\geq \frac{1}{500}$	$\frac{1}{30}$	$\geq \frac{1}{60}$		$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{250}$ bis $\frac{1}{60}$	
Agfa IFF	1540	$\geq \frac{1}{500}$	$\frac{1}{60}$ bis $\frac{1}{8}$			$\frac{1}{30}$	$\geq \frac{1}{8}$	
Agfa IFF	1230		$\frac{1}{8}$			$\geq \frac{1}{4}$		$\geq \frac{1}{8}$
Ilford HP 4	1630	$\frac{1}{1000}$	$\frac{1}{500}$	nicht geeignet, da zu grau				
		$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{250}$ (grau)					

reicher), wenn die Wanne befeuert ist, Gegenlichtaufnahmen werden besonders kontrastreich. Es hat sich ganz allgemein bewährt, die Flamme als Lichtquelle und zur Schattenbildung für die Aufnahmen auszunutzen. Die Badoberfläche sollte z. B. deswegen auch möglichst im Gegenlicht der Flamme fotografiert werden.

Die günstigsten Aufnahmebedingungen sind vor dem Fotografieren an Hand einer Beobachtung durch das Periskop zu ermitteln. Die Feuerstellung spielt dabei für die Aufnahmequalität eine große Rolle. Bei Aufnahmen der obersten Steinlage der Kammern ergeben sich ganz unterschiedliche Effekte, je nach dem, ob während der Abgas- oder Frischluftperiode fotografiert wird.

Bilder von Schwarz-Weiß-Negativen können u. U. einen größeren Informationswert besitzen als Farb-Diapositive. Bei sachgemäßer Bearbeitung besteht bei der Anfertigung der Vergrößerungen die Möglichkeit, interessierende Partien des Schwarz-Weiß-Negatives besonders gut herauszuarbeiten (Aufnahmen für Dokumentationszwecke), wozu bei Diapositiven wegen der pauschalen Entwicklung die Möglichkeit nicht besteht. Bei Diapositiven ist — abgesehen von Schattenwirkungen und unterschiedlichen Emissionsgraden — die Helligkeit des abgebildeten Objektes ein Maß für seine Temperatur. Bei Papierbildern trifft das nicht mehr im gleichen Umfang zu, wenn z. B. dunkle Partien des Bildes, die bei pauschaler Belichtung schwarz würden, durch entsprechende Wahl der Belichtung beim Vergrößern besser herausgeholt werden. Das Entsprechende gilt für beim Vergrößern nachbelichtete, überstrahlte Stellen des Negatives.

#### 1.7. Test und Beurteilung des Filmmaterials

An verschiedenen Glasschmelzöfen wurde das in Tabelle 1 angeführte Filmmaterial für den vorliegenden Verwendungszweck geprüft.

Als für den vorliegenden Zweck ungeeignet erwies sich der Agepe FF-Film. Er ist zwar sehr feinkörnig, zeichnet jedoch zu hart und ist zu wenig lichtempfindlich. Entgegen den Erwartungen brachte der Infrarotfilm Kodak IR ebenfalls keine befriedigenden Ergeb-

nisse. Der entwickelte IR-Film hatte zu wenig Kontrast. Für bestimmte Aufgabenstellungen könnten Spezialfilter vielleicht bessere Ergebnisse bringen.

Gut bewährte sich der Color-Kunstlicht-Diapositivfilm Agfa CK 20. Wird besonderer Wert auf Farbbilder gelegt, so empfiehlt sich die Verwendung von Farbnegativfilm, um das oft mit Verlusten von Brillanz verbundene Umkopieren vom Diapositiv zu vermeiden. Es wird geraten, die Farbbilder als Facharbeit in Auftrag zu geben und ein farblich gutes Musterbild oder Diapositiv als Farbmuster beizugeben. Besonders gute Farbbilder ergaben sich bei der Verwendung von Color-Negativfilm Kodak CX 135. Adox KB 14 und Agfa IFF brachten gut durchgezeichnete Schwarz-Weiß-Negative. Ilford HP 4 eignete sich gut für Flammenaufnahmen, die wegen der hohen Geschwindigkeit eine kurze Belichtung erforderlich machen. Dieser hochempfindliche Film liefert bei  $\frac{1}{1000}$  s Belichtungszeit noch gut durchgezeichnete Flammenbilder, wobei auch der Oberbau zu erkennen ist. Bei weniger lichtempfindlichen Filmen (Adox KB 14, Agfa IFF) wird bei  $\frac{1}{1000}$  s Belichtungszeit der Oberbau unterbelichtet. Allgemein ist für die Aufnahmen des Oberbaus von Ilford HP 4 abzuraten, da er hier dichtere (grauere) Negative liefert als Adox KB 14 oder Agfa IFF.

#### 1.8. Beispiele für Belichtungszeiten

Derjenige, der immer wieder an der gleichen Wanne fotografiert, sollte einen oder zwei Probefilme machen und dabei die Belichtungszeit in weiten Grenzen verändern. Erst dadurch wird die notwendige Treffsicherheit bei der Wahl der Belichtung und Beleuchtung an dieser speziellen Ofenanlage erzielt.

In Tabelle 2 werden einige Anhaltswerte für Belichtungszeiten gegeben, die sich bei den von der HVG gemachten Aufnahmen als gut erwiesen. Sie beziehen sich auf Wannenanlagen mit verschieden hoher Temperatur, was besonders zu beachten ist. Als Aufnahmekamera diente die schon erwähnte Edixa mit 90-mm-Objektiv (Lichtstärke 1:2,8) und vollständig geöffneter Objektiv-Blende.

## 2. Filmen

Für das Filmen mit Hilfe des Ofenperiskops gilt sinngemäß das gleiche, was in Abschnitt 1. über das Anfertigen von Momentaufnahmen mit Hilfe des Ofenperiskops gesagt wurde.

### 2.1. Kamera und Filmtransport

Die Filme der HVG wurden mit einer Bolex-H16-Reflex-Kamera mit 25-mm-Objektiv (Lichtstärke 1:1,4) aufgenommen. Wie bei den Standaufnahmen wurde auch hier die Iris-Blende des Kameraobjektives voll geöffnet, um Vignettierungen zu vermeiden.

Für kürzere Szenen reicht der normale Federaufzug der Filmkamera aus. Für längere Szenen (z. B. Schwenk durch den Ofen), oder wenn Szenen mit hoher Bildfrequenz aufgenommen werden (Flammenaufnahmen), empfiehlt es sich, den Filmtransport der Kamera mit einem dafür vorgesehenen Elektromotor vorzunehmen. Arbeitet man in diesen Fällen mit dem normalen Federaufzug, dann muß bei der Projektion jeweils ein Ruck in der Szene in Kauf genommen werden, da erfahrungsgemäß beim Neuaufziehen des Federwerkes das Periskop nicht genau an der gleichen Stelle bleibt. Die HVG arbeitete mit dem zur Bolex passenden Elektromotor Molex MCE-17B, der normalerweise aus Standard-Batterien 6 V, 35 Ah gespeist wird. Je nach der gewünschten Bildfrequenz (12 bis 32 Bilder/s) werden 3 bis 5 Batterien hintereinandergeschaltet.

Falls auf eine exakte Aufnahme-Bildfrequenz Wert gelegt wird, empfiehlt es sich, die Laufgeschwindigkeit der Filmkamera in Abhängigkeit von der am Motor angelegten Spannung mit einem Stroboskop zu eichen.

Bei Zuschaltung einer Batterie stellt sich an den Motorklemmen sprunghaft eine um 6 V höhere Spannung ein. Da für die Einhaltung der genauen Bildfrequenz jedoch auch Zwischenspannungen erforderlich sein können, empfiehlt sich für diesen Zweck die Speisung des Elektromotors mittels eines regelbaren Gleichspannungsspeisegerätes entsprechender Leistung.

### 2.2. Belichtung, Bildfrequenz, Filter

Zur Ermittlung der richtigen Belichtungszeit beim Filmen wurden bei der gleichen Szene jeweils unterschiedliche Film-Laufgeschwindigkeiten angewendet. Verschiedene Stellungen der Sektorenblende sowie die Wirkung von Blau- und Graufiltern wurden ebenfalls untersucht. Daneben wurde wieder der Lichtwert des am Periskopokular ausfallenden Lichtes mit einem fotoelektrischen Belichtungsmesser gemessen.

Die Beurteilung der entwickelten Filme bezüglich der Belichtung ergab auch hier wieder einen Zusammenhang zwischen gemessenem Lichtwert und der zu wählenden Belichtung der Einzelbilder. Für die Bolex-Kamera mit 25-mm-Objektiv (Lichtstärke 1:1,4) lag man im richtigen Belichtungsbereich, wenn der am Periskopokular gemessene Lichtwert auf Blende 2,8 bezogen wurde (Objektivblende jedoch vollständig geöffnet!). Aus einem Vergleich mit demselben Zusammenhang bei der verwendeten Kleinbildkamera mit 90-mm-Objektiv ist zu erkennen, daß die Belichtungszeit bei der Kleinbildkamera-Anordnung viermal so lang zu wählen ist wie die Belichtung der Einzelbilder beim Filmen mit der Bolex-Kamera und 25-mm-Objektiv (vgl. Abschnitt 1.5.). Man erkennt hieraus deutlich den Einfluß

unterschiedlicher Fotografieranordnungen auf die notwendige Belichtungszeit.

Die Belichtung der Einzelnegative des Filmes wird bei den Aufnahmen mit der Filmkamera in erster Linie durch die Laufgeschwindigkeit des Filmes festgelegt, da die Objektivblende wegen der Gefahr von Vignettierungen auch hier nicht verwendet werden kann. In der Gebrauchsanleitung zu jeder Filmkamera ist eine Tabelle zu finden, aus der die Abhängigkeit der Belichtungszeit von der Laufgeschwindigkeit des Filmes und der Stellung der Sektorenblende abzulesen ist. An Hand dieser Tabelle ist die Laufgeschwindigkeit der Kamera bei der erforderlichen Belichtungszeit der Einzelbilder zu ermitteln. Mit Hilfe einer Verkleinerung der Sektorenblende läßt sich bei langsamer Filmlaufgeschwindigkeit die Belichtungszeit der Einzelbilder erheblich verkürzen.

Soll aus irgendwelchen Gründen eine bestimmte Bildfrequenz eingehalten werden, die nicht der notwendigen Belichtung entspricht, dann muß man zum Hilfsmittel Filter greifen. An Hand eines Filterkataloges läßt sich der für die spezielle Aufgabe erforderliche Filter bestimmen. Neutraldichtefilter (Graufilter) dienen dazu, die Belichtung des Filmes bei gleichbleibender Laufgeschwindigkeit definiert herabzusetzen. In den Strahlengang der Bolex lassen sich für diesen Zweck z. B. Gelatinefilter (Kodak Wratten-Filter) setzen.

### 2.3. Scharfeinstellung, Aufnahmetechnik

Die Scharfeinstellung der Szene muß beim Filmen ebenfalls über die Kameramattscheibe erfolgen. Bei der Filmkamera stört das Korn der Mattscheibe noch mehr als bei der Kleinbildkamera, da jetzt das gesamte Periskopbild auf eine noch kleinere Fläche projiziert wird. Deswegen wurde auch beim Filmen die Scharfeinstellung wieder an Hand des Zeiss-Grundkörpers vorgenommen. Zum Filmen wird das Kameraobjektiv (Entfernungseinstellung auf  $\infty$ ) möglichst nah und zentrisch hinter das Periskopokular gebracht und Falschlicht abgeschirmt. Falls keine direkten Flammenaufnahmen gemacht werden, sollte das Aufnahmeobjekt nicht durch Flammenfetzen zeitweilig immer wieder verdeckt werden, da sonst sehr viel Unruhe ins Bild kommt. Wenn nötig, ist die Flamme zum Filmen, z. B. der Badoberfläche, kurz zu stellen.

### 2.4. Beispiele für Belichtungszeiten

Die HVG verwendete für ihre Probefilme Agfa- und Kodachrome-II-Kunstlichtfilm (Lichtempfindlichkeit 17 DIN).

In einer Querbrennerwanne mit etwa 1630 °C Gewölbetemperatur erwies sich bei der beschriebenen Aufnahmeanordnung eine Belichtungszeit der Einzelbilder von  $1/200$  bis  $1/300$  s als gut. Das entspricht bei halb geschlossener Sektorenblende einer Filmlaufgeschwindigkeit von 32 bzw. 48 Bildern/s.

In einer U-Flammenwanne mit einer Gewölbetemperatur von etwa 1540 °C erhielt man bei Belichtungszeiten der Einzelbilder von  $1/110$  bis  $1/150$  s gut belichtetes Filmmaterial. Die Kamera lief dabei mit 18 bzw. 24 Bilder/s und halb geschlossener Sektorenblende.

## 3. Bildbeispiele

Im folgenden sollen einige Beispiele für die Leistungsfähigkeit und die Einsatzmöglichkeiten des Ofenperiskops gegeben werden. Dem Beobachter wird mit Hilfe des Ofenperiskops der Einblick in Bereiche der

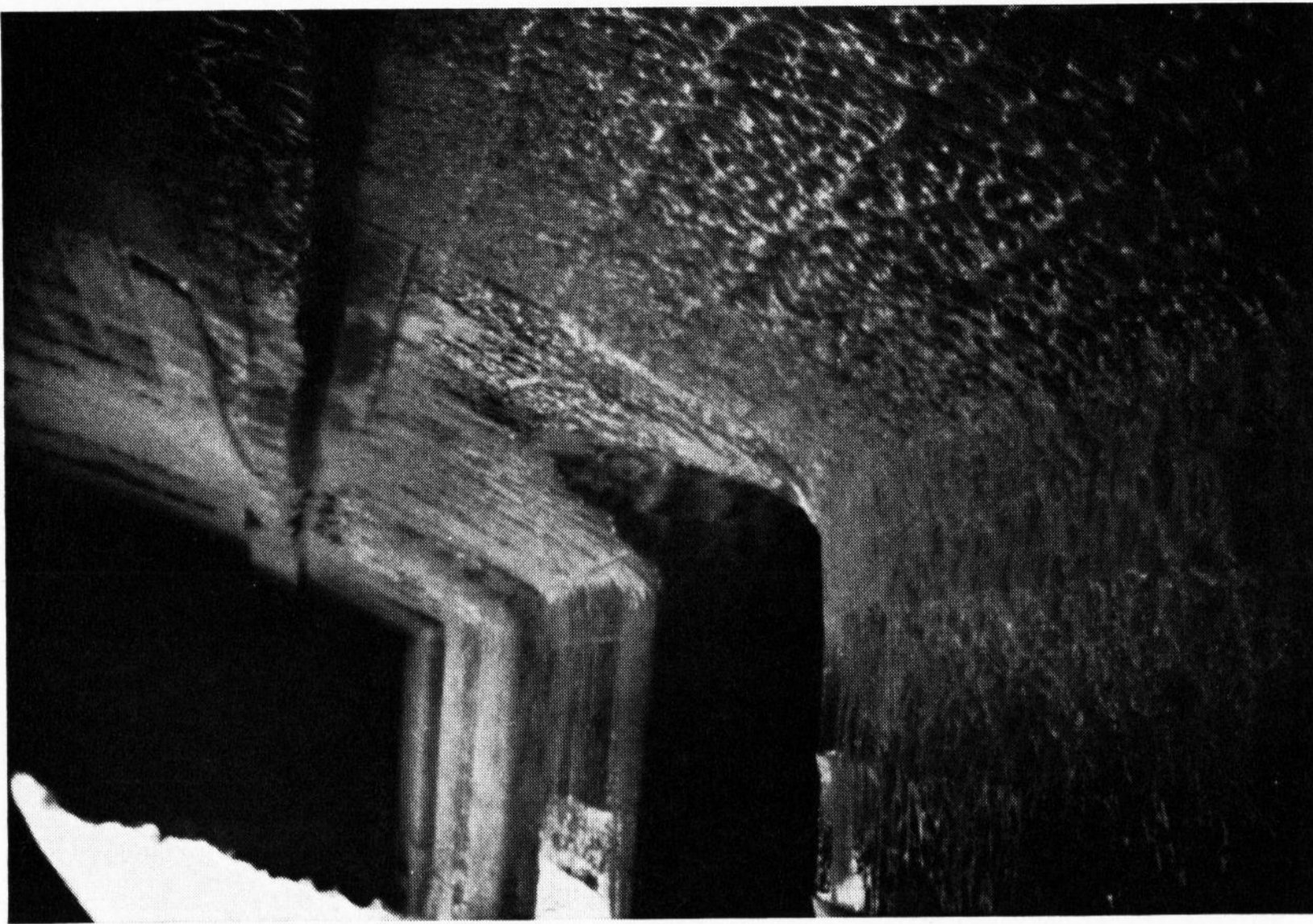


Bild 1. Seitenwand einer Querbrennerwanne mit Gewölbeanschluß ( $\frac{1}{125}$  s).



Bild 2. Seitenwand einer Querbrennerwanne, Flammenwurzel und Brennerbank ( $\frac{1}{125}$  s).

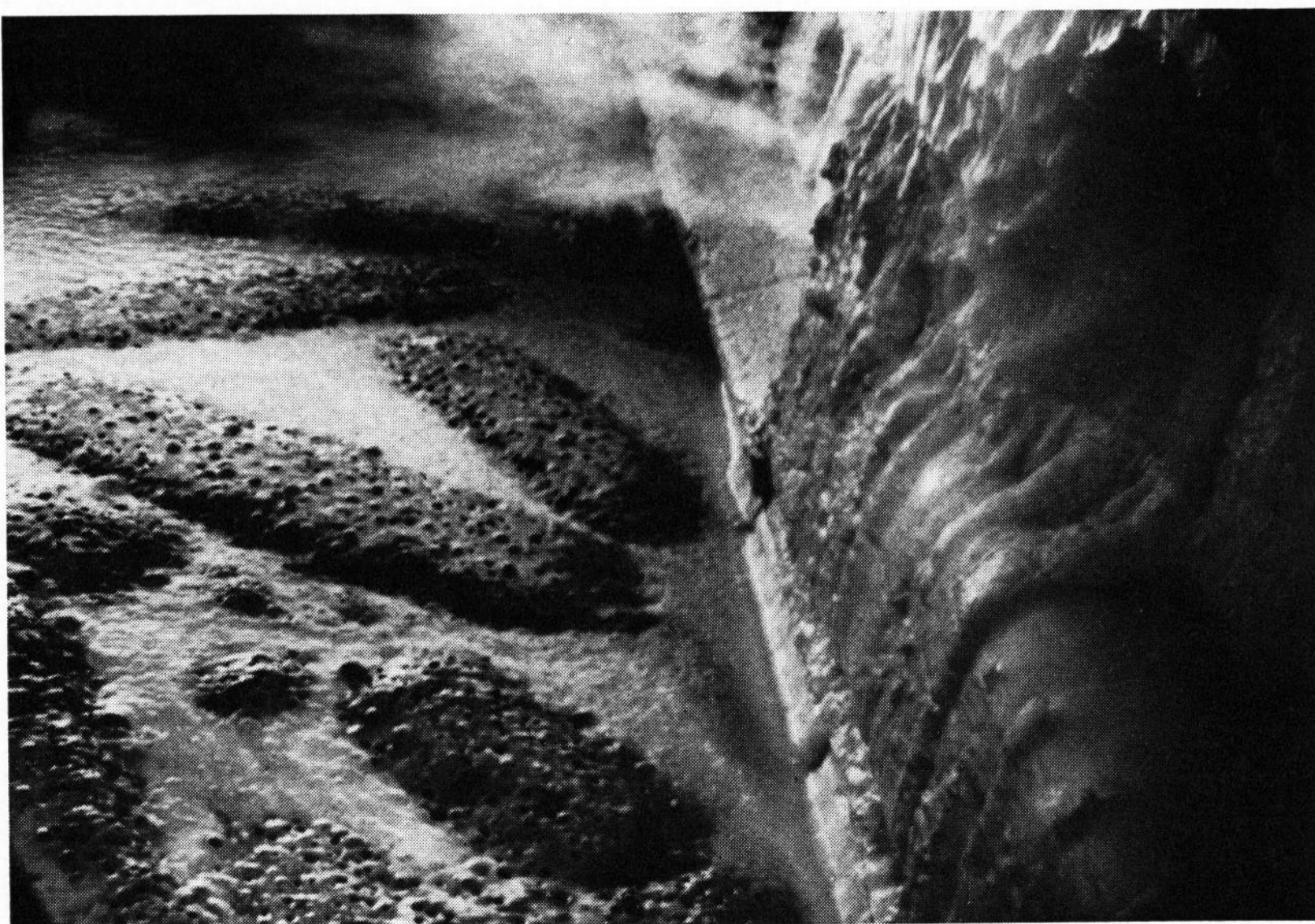


Bild 3. Seitenwand einer Querbrennerwanne, Gemenge und Spülkante ( $\frac{1}{125}$  s).

Bild 4. Stirnwand einer U-Flammenwanne, Brennermaul und Flamme ( $1/30$  s).



Bild 5. Stirnwand einer Querbrennerwanne, Anschluß an die Seitenwand ( $1/125$  s).



Bild 6. Blasdüsenreihe ( $1/30$  s).



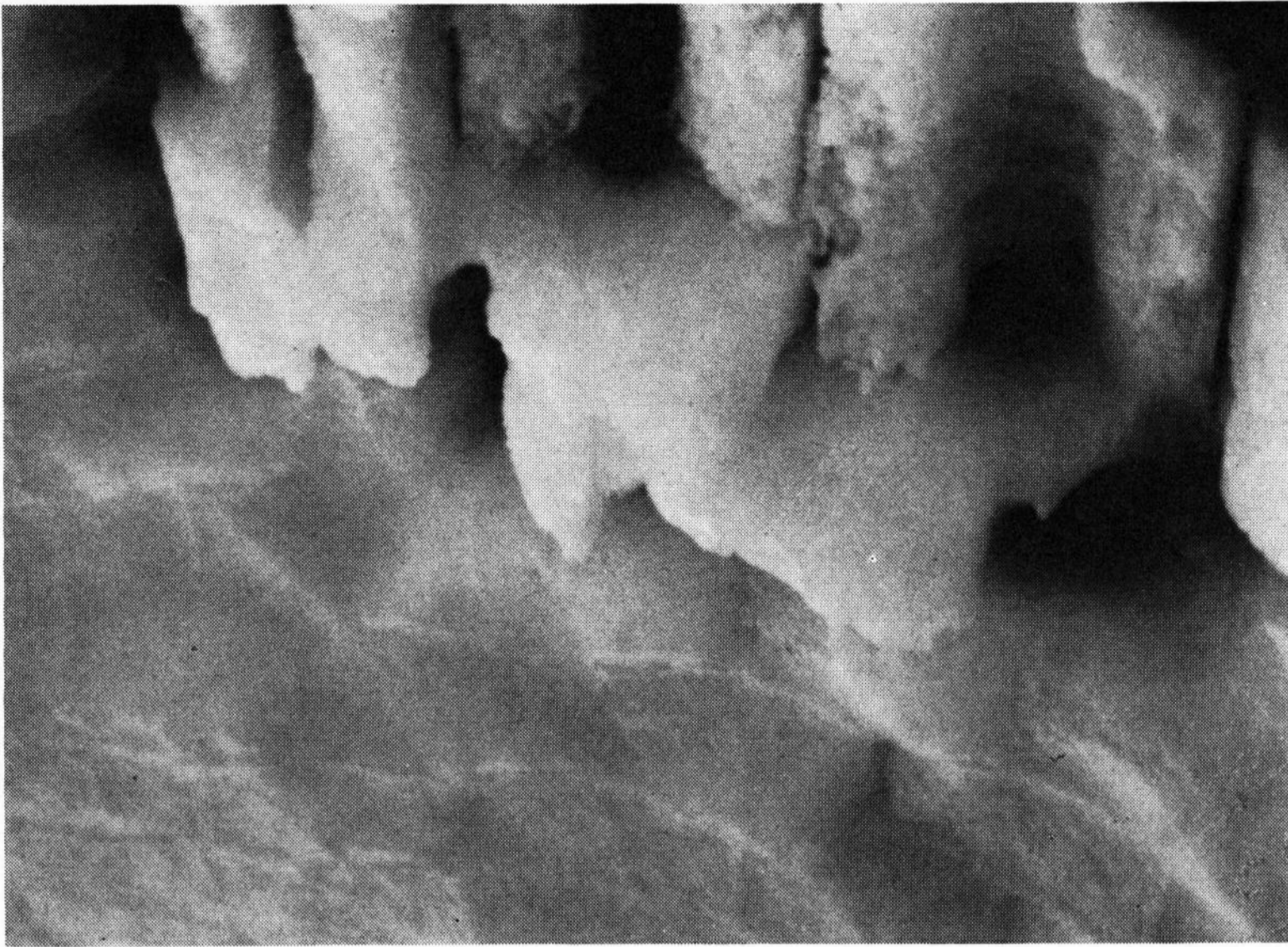


Bild 7. Stark verschlissenes Gewölbe einer U-Flammenwanne mit nachgesetzten Steinen ( $\frac{1}{30}$  s).

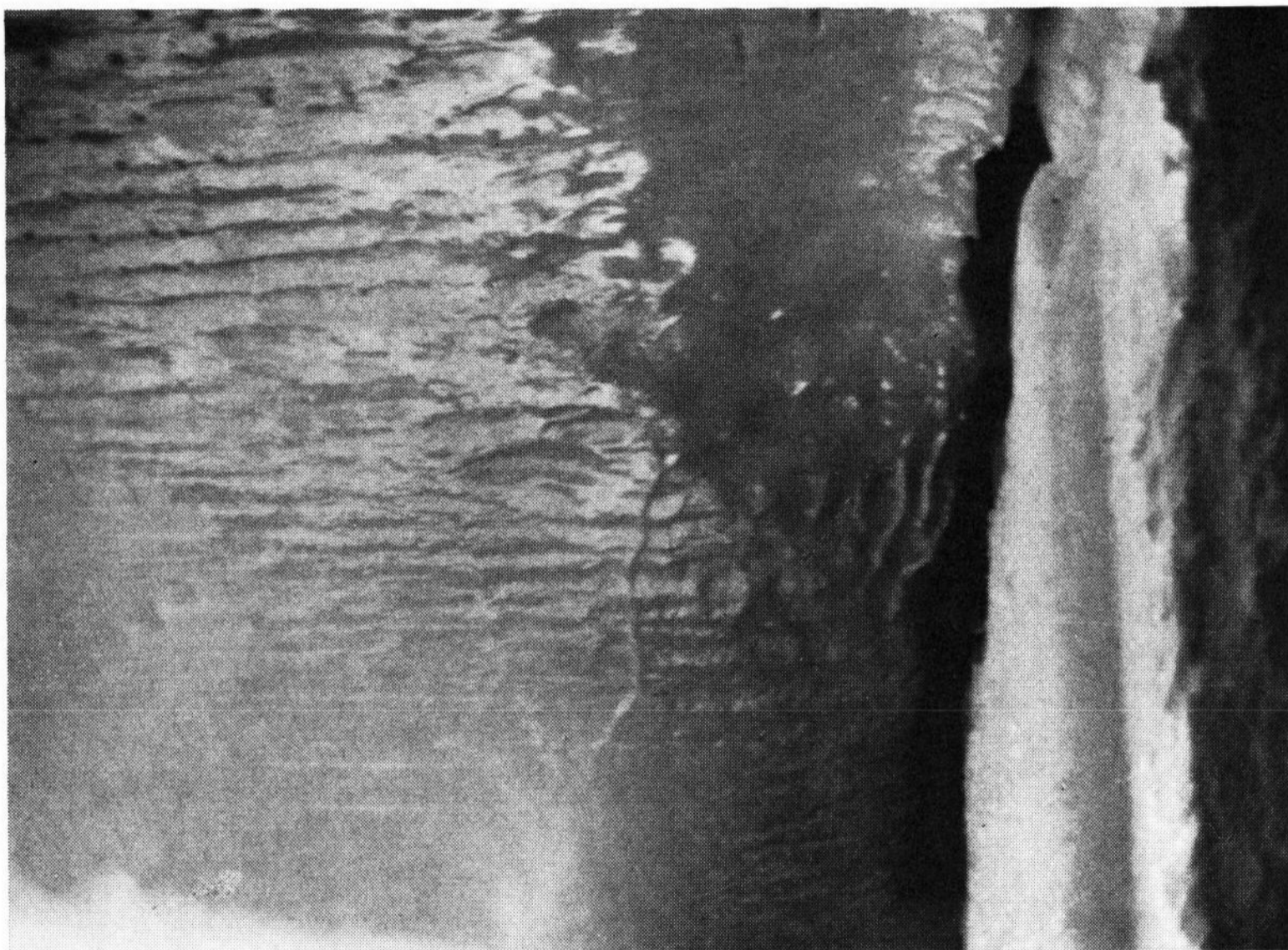


Bild 8. Gewölbe einer U-Flammenwanne mit Anschluß an die Stirnwand ( $\frac{1}{30}$  s).



Bild 9. Blick von der Schmelzwanne durch das Brennermaul auf die Brennerhalsseitenwand einer U-Flammenwanne ( $\frac{1}{8}$  s).

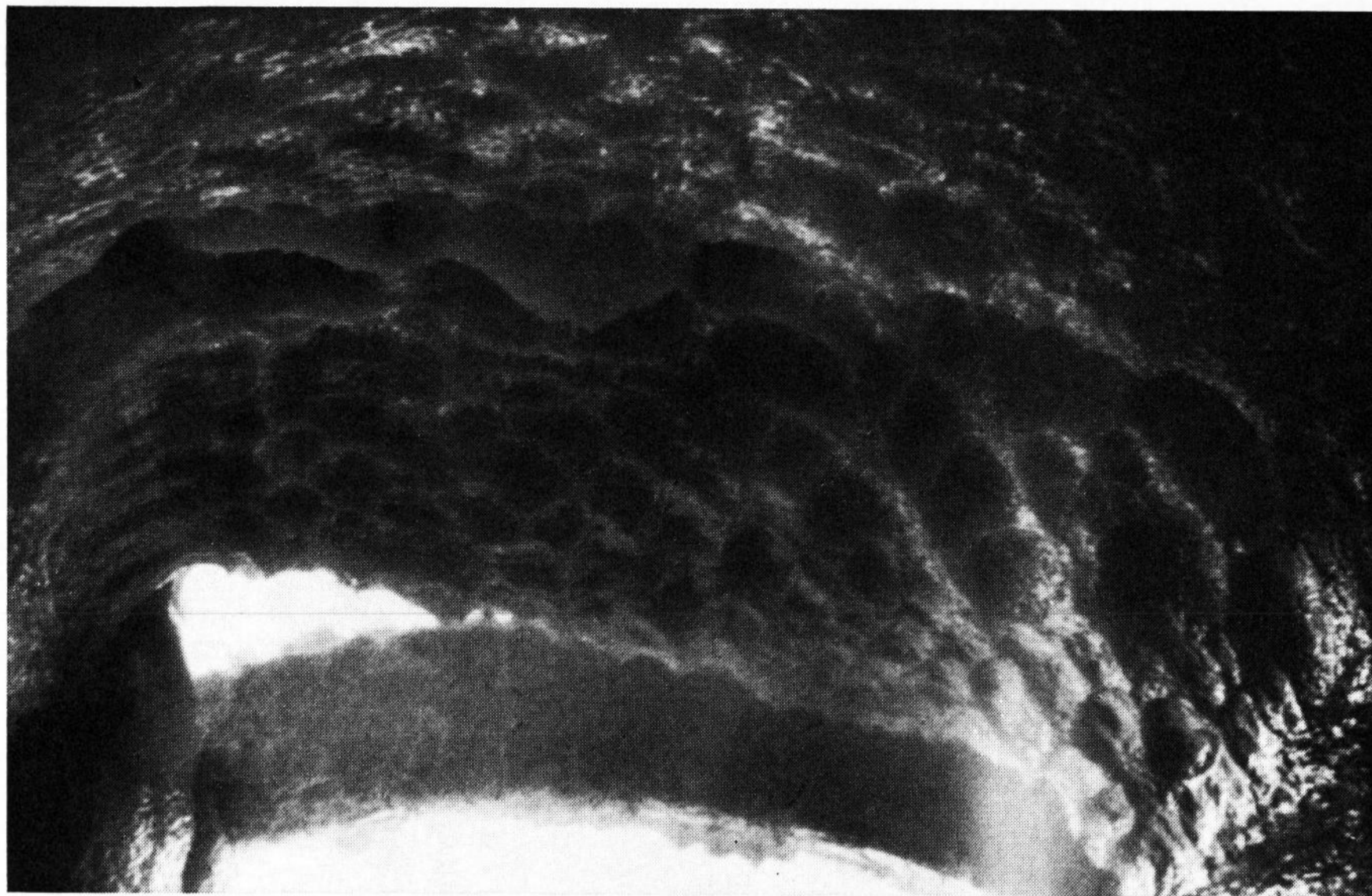


Bild 10. Blick durch den Kammerspiegel auf ein Brennergewölbe ( $\frac{1}{8}$  s).

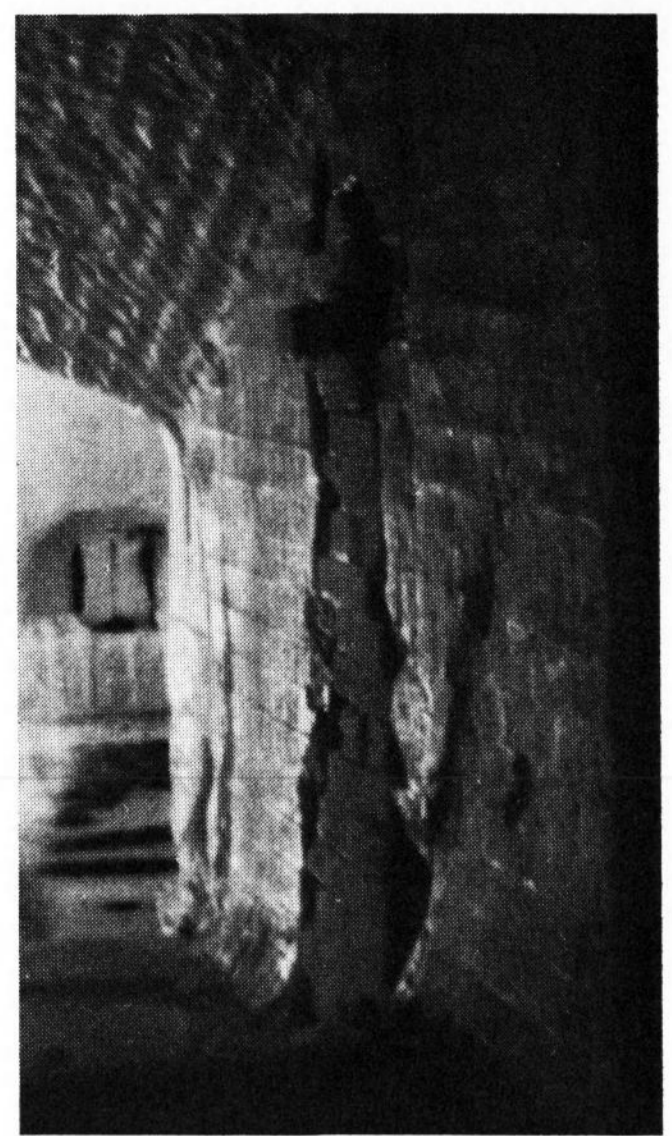


Bild 11. Blick wie Bild 10 ( $\frac{1}{125}$  s).

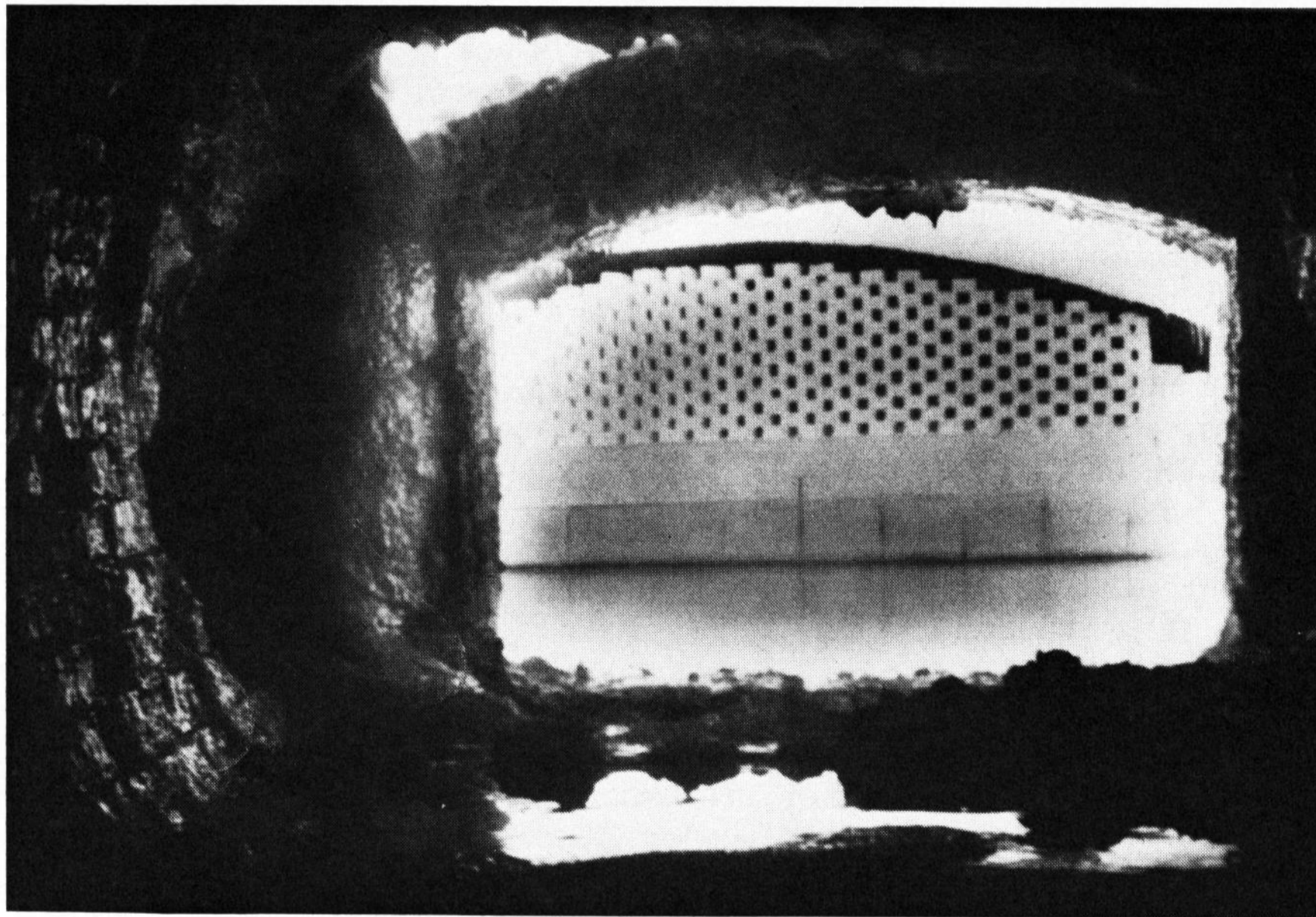


Bild 12. Blick durch den Kammerspiegel auf Brennerhals und Schattenwand ( $\frac{1}{30}$  s).

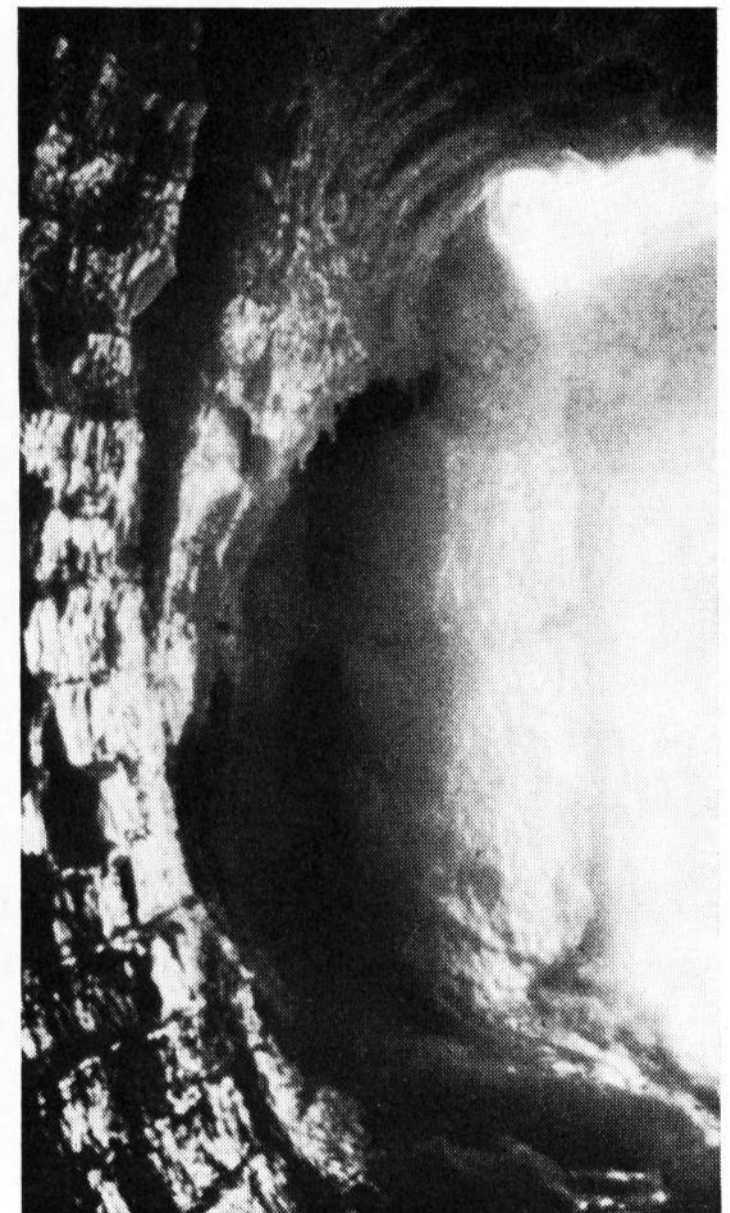


Bild 13. Blick wie Bild 12 ( $\frac{1}{8}$  s).

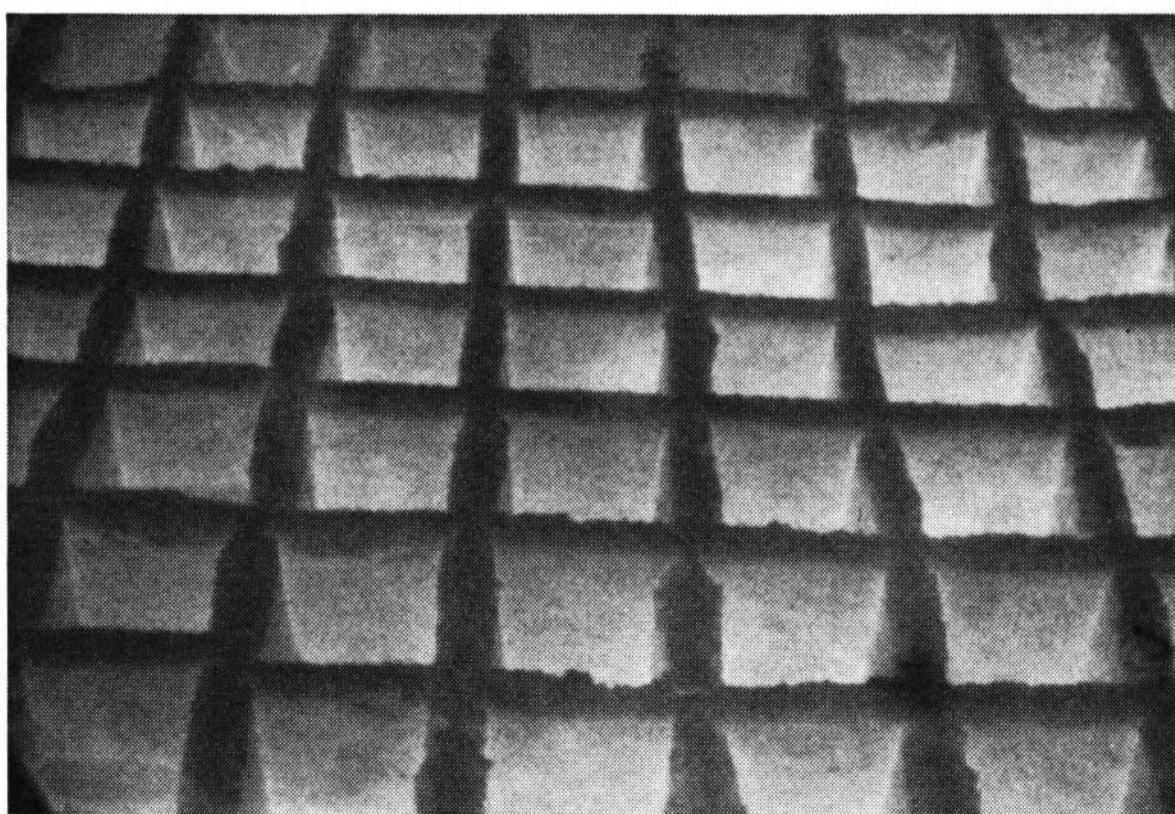


Bild 14. Gut erhaltene Kammergitterung im Bereich des dritten Brenners.

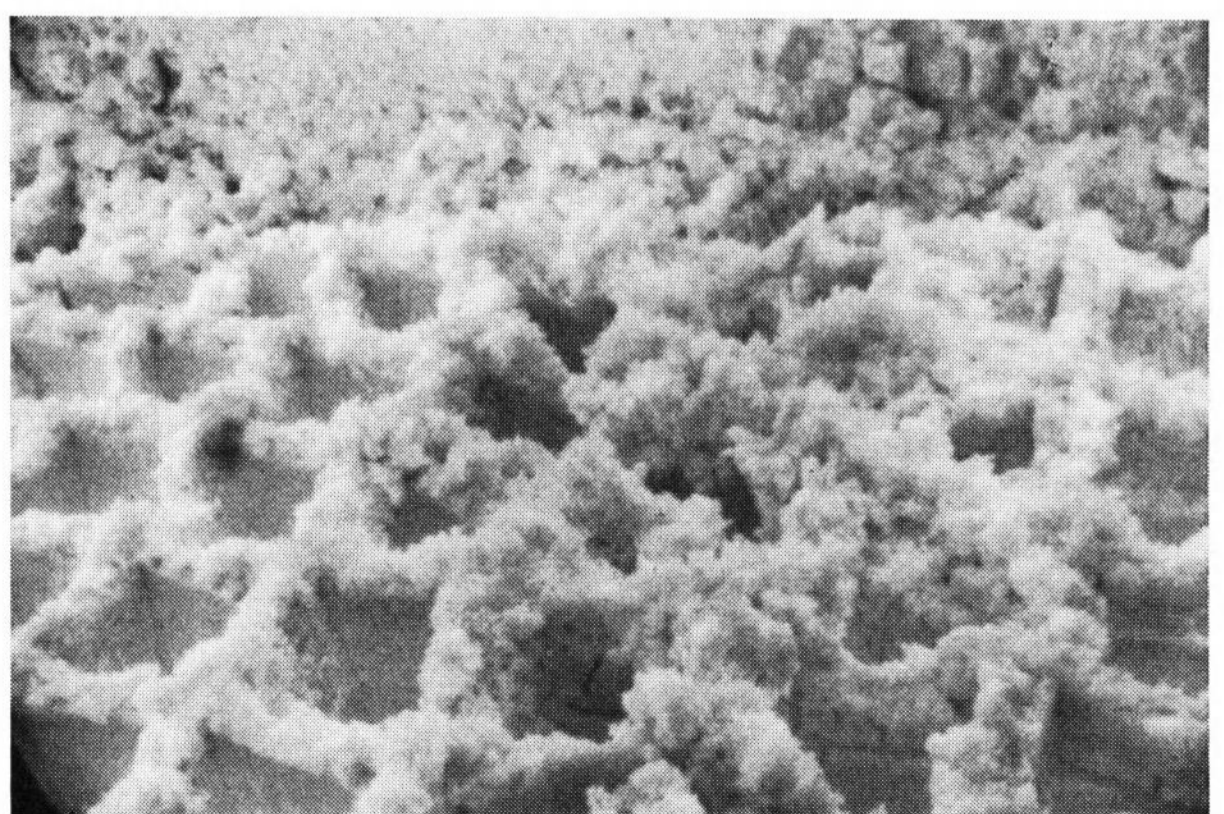


Bild 15. Kammergitterung des ersten Brenners mit versinterten Ablagerungen.

Wanne möglich, die er ohne das Hilfsmittel Periskop während des Betriebes meist nur von der gegenüberliegenden Wannenseite aus, also von sehr weit her, oder gar nicht beobachten kann.

Um einen Eindruck von dem Bereich zu gewinnen, der mit Hilfe des Periskops von einem Standpunkt aus durch bloße Drehung des Sehrohres um seine Längsachse im feststehenden Periskopkühlrohr zu übersehen ist, betrachte man die Bilder 1, 2 und 3. Dreht man das Periskopsehrohr — ausgehend von der Stellung bei Bild 1 — weiter nach links, dann übersieht man zusätzlich noch das gesamte Gewölbe einschließlich Schattenwand, Flammen und hinteren Brennern der linken Ofenseite. Bild 1 bildet die Fortsetzung der zuletzt genannten Übersicht nach der rechten Seitenwand hin.

Durch ein verhältnismäßig kleines Schauloch (etwa 70 mm Durchmesser) in der Wand des Einlegevorbaues wurden z. B. die Wannenseitenwand (Bilder 1 bis 3), der Anschluß an das Gewölbe mit Brennermaulanschluß (Bild 1), die Brennerbank mit Flammenwurzeln und die Auswaschungen an einem Schauloch (Bild 2) und die Badoberfläche mit Spülkante (Bild 3) inspiziert.

Auch die Stirnwand, die im allgemeinen nur sehr schwer zu beobachten ist, läßt sich von der Wannenseitenwand aus betrachten, wie die Bilder 4 und 5 zeigen. Auf Bild 4 sind deutlich die Auswaschungen in der Stirnwand am Anschluß an das Gewölbe sowie der sehr späte Beginn der Zündung der betreffenden Ölflamme (in etwa 50 cm Abstand von der Brennermündung) zu erkennen. Bild 5 zeigt die Korrosion einer Stirnwand über dem Einlegevorbau mit dem Anschluß an die Seitenwand. Man kann mit Hilfe des Periskops auch die Flammen beobachten und nötigenfalls richtig einstellen, was beispielsweise bei Unit-Meltern ohne Periskop nur durch eine große Anzahl von Schaulöchern möglich ist.

Bild 6 zeigt an der Badoberfläche sich bildende Blasen aus einer Blasdüsenreihe. Links und rechts ist das Bild von einer kräftigen hellen Schaumlinie eingerahmt. Man erkennt, daß sich unter jeder kurz vor dem Aufplatzen stehenden Blase schon die nachfolgende zeigt. Die dunkle Stelle in der Mitte des Bildes rechts neben der Blasenreihe zeigt den blanken, stärker reflektierenden Glaspiegel.

Die Bilder 7 bis 9 sind ebenfalls Beispiele für Aufnahmen, die ohne Periskop nicht möglich wären. Das Periskop wurde dabei durch ein Schauloch in der Seitenwand unmittelbar neben der Stirnwand eingeführt. Bild 7 zeigt ein stark verschlissenes Gewölbe, fast direkt an der Seitenwand, in das Steine nachgesetzt wurden. Diese Steine sind nachgerutscht und stark ausgewaschen. Bild 8 zeigt das Gewölbe einer U-Flammenwanne mit dem Anschluß an die Stirnwand. Man kann deutlich die muldenförmige Auswaschung im Gewölbe direkt neben dem Gewölbeanschluß erkennen. Ganz rechts im Bild ist die senkrechte Brennereinfassung abgebildet, die wegen der Nähe zum Periskop außerhalb des Tiefenschärfenbereiches der auf das Gewölbe scharf eingestellten Optik liegt. Links unten im Bild die helle äußere Kontur der Flamme. Bild 9 vermittelt einen Einblick von der Schmelzwanne in den Brennerhals. Ganz links im Bild ist das auch auf Bild 8 zu sehende Gewölbe abgebildet. Weiter rechts folgt die senkrechte Brennereinfassung, während die rechte Bildhälfte die stark ausgewaschene senkrechte Seitenwand des Brennerhalses zeigt.

Bei den Bildern 10 bis 13 wurde das Periskop durch den Kammerspiegel eingeführt. Bild 10 vermittelt einen Blick auf ein ausgewaschenes Brennergewölbe und die stark hinterspülte Brennereinfassung. Gleichmaßen bietet Bild 11 einen Blick in den Hals eines anderen Brenners, ebenfalls vom Kammerspiegel aus. Bild 12 vermittelt einen Blick durch den Brennerhals auf die Schattenwand einer U-Flammenwanne. Wie auf Bild 10 ist auch hier die hinterspülte Brennereinfassung gut zu erkennen; links im Bild die Brennerhalsseitenwand. In Bildmitte unten spiegelt sich die Brennereinfassung in einem auf der Brennerbank angesammelten Schlackenfluß. Während die Schattenwand gut zu erkennen ist, wurde der gegenüber der Schattenwand kältere Brennerhals unterbelichtet, so daß dort Einzelheiten nur in begrenztem Umfang zu unterscheiden sind.

Auf Bild 13 sind u. a. wegen der längeren Belichtung Schattenwand und Brennerbogen vollkommen überstrahlt. Dagegen treten nun Einzelheiten des Brennerhalses deutlich hervor, da diese Schattenpartien ihrer Temperatur entsprechend besser belichtet wurden. Besonders gut sind jetzt die Auswaschung hinter der linken Seite der Brennereinfassung und Teile des Brennergewölbes zu erkennen, die bei Bild 12 unterbelichtet wurden. Die Bilder 14 und 15 zeigen die oberste Lage der Gitterung in den Kammern einer Querbrennerwanne vom Kammerspiegel aus aufgenommen. Hierbei mußte das Periskop etwas in vertikaler Richtung gekantet werden, was jedoch im allgemeinen keine Schwierigkeiten bereitet. Bild 14 zeigt eine gut erhaltene Kammergitterung im Bereich des dritten Brenners. Die Aufnahme wurde während der Frischluftperiode gemacht. Auf Bild 15 ist die Kammergitterung des ersten Brenners mit versinterten Ablagerungen zu sehen. Bei diesem Bild wurde während der Abgasperiode fotografiert. Ein Vergleich der Bilder 14 und 15 zeigt deutlich den Einfluß unterschiedlicher Temperaturverteilungen auf das fotografische Abbildungsergebnis.

#### 4. Richtlinien für die Handhabung des Periskops

Vor dem Filmen oder Fotografieren müssen die Schutzgläser am Kopf des Periskopkühlrohres sowie sämtliche zugängliche Linsen auf Schmutz und Staubfreiheit geprüft und gegebenenfalls gesäubert werden. Schmutz macht sich besonders beim Filmen störend bemerkbar.

Für die Kühlung der Schutzgläser eignet sich nur ein möglichst trockenes und ölfreies Medium. Preßluft aus dem normalen Hüttennetz ist gewöhnlich ölhaltig, was zur Folge hat, daß sich bei ihrer Verwendung ein Ölfilm auf den Schutzgläsern niederschlägt, der die Durchsicht stark verschlechtert. Außerdem können geringere Mengen Öl in das optische System des Periskops eindringen. Es empfiehlt sich deswegen die Verwendung von ölfreier Preßluft aus Flaschen, die über ein Reduzierventil und eine geeignete Schlauchleitung dem Periskopkühler zugeführt wird. Kühlluft aus Mitteldruckgebläsen muß vor ihrem Eintritt in den Periskopkühler evtl. gekühlt werden, um die erforderliche Eintrittstemperatur der Luft zu gewährleisten.

Die vorgeschriebene Kühlluftmenge muß während des Verweilens des Periskops im heißen Ofenraum unbedingt aufrechterhalten werden, da sich sonst die Schutz-

gläser zu stark erhitzen, die Durchsicht verschlechtert und die Aufnahmequalität vermindert werden. Bei zu starker Aufheizung der Schutzgläser kann sogar das empfindliche Objektiv des Periskops beschädigt werden.

Es ist deswegen von Nutzen, den Kühlluftmengenfluß mittels eines geeigneten Gerätes zu messen und zu überwachen und sich nicht nur auf den einmal als zum erforderlichen Kühlluftdurchfluß gehörig ermittelten reduzierten Druck am Druckminderventil zu verlassen. Es hat sich gezeigt, daß bei der Ausströmung der Kühlluft aus Flaschen die Armaturen am Druckminderventil u. U. vereisen. Wenn dadurch der Austrittsquerschnitt am Druckminderventil verengt wird, sinkt der Luftmengenstrom trotz gleichbleibender Druckanzeige am Druckminderer, so daß eine ausreichende Kühlung der Schutzgläser nicht mehr gewährleistet ist. Der einzustellende Druck am Druckminderer der Preßluftflasche richtet sich bei einer bestimmten Größe der ausströmenden Luftmenge nach den Abmessungen des Luftzuführungsschlauches und der Ausbildung der Luftanschlüsse. Zur einmaligen überschlägigen Bestimmung des notwendigen reduzierten Druckes ist der pro Zeiteinheit sich einstellende Abfall des Primärdruckes an der Preßluftflasche bei angeschlossenem Periskopkühler zu ermitteln. Ein Flattern des Ventilsitzes (Flattern der Druckanzeige) ist dabei zu vermeiden. Auf alle Fälle sicherer

für den Betrieb des Periskops ist jedoch die laufende Mengemessung der Kühlluft.

Ist der Primärdruck an der Preßluftflasche auf etwa 25 atü abgesunken, so muß der Druck an der Sekundärseite des Ventils laufend nachgeregelt (hochgeregelt) werden. Erfahrungsgemäß dauert es dann nur noch eine sehr kurze Zeit, bis der erforderliche Druck nicht mehr gehalten werden kann. In diesem Fall ist das Periskop sofort aus dem Ofen zu ziehen, um Beschädigungen der Optik zu vermeiden.

Die Füllung einer großen Preßluftflasche (40 l, etwa 150 atü) reicht gewöhnlich für eine Beobachtungszeit von 12 Minuten. Will man das Periskop ohne Unterbrechung länger im Ofen belassen, dann müssen mehrere Preßluftflaschen mittels einer geeigneten Armatur zu einer Batterie hintereinander geschaltet werden.

### 5. Zusammenfassung

Es wird über die Anpassung einer Kleinbildkamera und einer Filmkamera an das optische System eines Ofenperiskops berichtet, und es werden Empfehlungen für die Aufnahmetechnik gegeben. An Hand von Bildern werden Anwendungsmöglichkeiten beschrieben und die Leistungsfähigkeit des Gerätes belegt. Ein kurzer Abschnitt befaßt sich mit wichtigen Punkten bei der Handhabung des Periskops im Einsatz. (50236)

DK 666.1.031.391:666.342:666.11.019.23:666.11.019.245

## Die Bedeutung des Einbrennens von Glasschmelzhäfen auf die Glasqualität und Hafendanzzeit

Von DIETRICH STARZINSKY, Frankfurt (Main)

(Mitteilung aus der Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG), Frankfurt (Main))

(Eingegangen am 21. Juli 1969)

Durch die wiederholt in Mundblashütten aufgetretenen Schwierigkeiten durch Steinchen und Schlieren im Glas bei der Hafendanzschmelze bestand für die HVG die Aufgabe, durch eingehende Untersuchungen die Ursachen dieser Störungen herauszufinden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung wiesen eindeutig auf eine unsachgemäße Behandlung der Häfen beim Einsatz neuer Häfen hin. Bei der grundsätzlichen Bedeutung des Problems sollten die geschilderten Vorkommnisse zum Anlaß genommen werden, Richtlinien für die sachgemäße Behandlung der Häfen und mögliche Fehler zusammenfassend in einem fünf Punkte umfassenden Programm darzustellen.

In letzter Zeit sind wiederholt in Mundblashütten bei der Hafendanzschmelze von Blei- und Kaligläsern Schwierigkeiten durch Steinchen und Schlieren im Glas beobachtet worden.

Es bestand für die HVG die Aufgabe, die Herkunft der störenden Steinchen und Schlieren herauszufinden. Die vorgefundene Meinung, die Ursache des häufigen Auftretens der Steinchen ist in der fehlerhaften Einlege- und Schmelztechnik oder evtl. sogar in der Gemengezusammensetzung und den Rohstoffen zu suchen, konnte durch mikroskopische und chemische Untersuchungen der Fehlerproben im Labor widerlegt werden.

Diese Untersuchungen ließen vielmehr erkennen, daß die Steinchen aus einem tonerhaltigen Material stammen müssen. Der in den Fehlerproben festgestellte Tonerdegehalt von über 20%  $Al_2O_3$  sowie das Vorhandensein von dichtverfilzten Mullitnadeln und Tridymit in den größeren und einer netzartigen Nephelinstruktur in den kleineren Relikten wiesen auf eine starke Korrosion und Ablösung des Hafendanzmaterials hin.

Die Untersuchung der ausgetragenen Häfen bestätigte diese Ergebnisse. Bei einigen Häfen waren teilweise beulenartige Aufblähungen an der Innenseite der Hafendanzwänden und bei fast allen Häfen eine starke Korrosion und Ribbildung, bevorzugt im Bodenbereich, zu erkennen.

Diese Fehlerquellen, die für die Häufung der Steinchenbildung verantwortlich sind und zu Tagesausschußquoten von nahezu 40% bei der Bleiglasschmelze führten, wiesen eindeutig auf eine unsachgemäße Behandlung der Häfen beim Tempern und Dichtbrennen hin. Durch sorgfältiges Behandeln und Dichtbrennen der Häfen gelang es, den Steinchenanfall stark zu reduzieren. Die Herkunft der Steinchen wurde somit richtig erkannt, und es gelang, durch entsprechende Maßnahmen die Fehler abzustellen. Bei der grundsätzlichen Bedeutung des Problems sollen die Vorkommnisse zum Anlaß genommen werden, die richtige Behandlung von Häfen und mögliche Fehler zusammenfassend darzustellen. Dies soll in dem nachfolgenden, fünf Punkte umfassenden Programm einer richtigen Behandlung der Häfen geschehen.