

# Zusammenfassungen

## Abschnitt A

### A—1

#### Nachleuchten in Xenon-Blitzlampen

HAROLD E. EDGERTON and DAVID CAHLANDER [3]

Wenn eine Blitzlampe in rascher Aufeinanderfolge zu leuchten hat, so muss der aufladende Stromkreis eine grössere Menge Strom liefern. Dies führt schliesslich zu einem Zustand, in welchem die Blitzlampe nicht entionisiert wird sondern in einen dauernden Lichtbogen übergeht den man "holdover" (Überbleibsel) nennt. Der Artikel gibt die Daten der maximalen Frequenzen in der Form von Volt-Ampere-Charakteristiken für Stromkreis und Lampe. Auch werden experimentelle Daten für verschiedene Blitzlampen gebracht. Weiterhin folgt eine Erörterung der Stromkreise, welche eine Blitzlampe dazu zwingen mit hoher Frequenz zu arbeiten, selbst dann wenn sie nicht entionisiert ist.

### A—2

#### Die Regelung von Hochleistungs-Xenonblitzen durch magnetische Schaltung

E. J. G. BEESON [6]

Die Xenon-Lichtbogenentladung wird durch ein magnetisches Feld stark beeinflusst und der Lichtbogen kann bis zum völligen Erlöschen abgelenkt werden. Auf diese Weise kann eine Lampe einen doppelten Zweck erfüllen, indem sie sowohl Licht ausstrahlt als auch gleichzeitig als ihr eigener Stromunterbrecher wirkt. Die Untersuchungen behandeln hauptsächlich ein 2 kW-Modell einer kompakten Xenonlampe mit ansteigenden Gasdrücken und Lampenströmen bis zu 1000 A. Dadurch dass ein Magnetfeld zum Löschen des Lichtbogens und damit zum Unterbrechen des Lampenstroms verwendet wird, ergeben sich fast Rechteckwellen-Lichtimpulse von 10 bis zu 100 Millisekunden. Die Blei- und Säure-Batterie ist eine zufriedenstellende Kraftquelle für diese hohen Lampenströme und es wurden die Charakteristiken des Lichtbogens und der Nutzleistung an Licht an Lichtblitzen bis zu 50 kW untersucht. Es werden auch Vergleiche mit älteren Modellen von Entladungslampen angestellt, die für die Hochgeschwindigkeits-Photographie von besonderem Interesse sind.

Das Schalten mit magnetischem Lichtbogen wird bereits mit Erfolg dazu benützt ein aussetzendes Feuer im Leuchtturm von Dungeness zu betreiben. Grössere Blitzstärken werden mit kürzeren Dauerzeiten geschaltet, wodurch eine grössere Geschwindigkeit der Kamerabetätigung ermöglicht wird und man in das Gebiet kommt, wo Kameras mit rotierenden Spiegeln eine noch höhere Lichtintensität erfordern.

### A—3

#### Hochintensitäts-Lichtquellen für Mikrosekunden-Bruchteile

PHILIP NOLAN [11]

Zur militärischen Verwendung beim optischen Entfernungsmessen, zur Nachrichtenübermittlung und für die Schifffahrt wurden hochintensive Lichtquellen entwickelt. Sie liefern einen elektrischen Funken in kleinem Raum, der eine Spitzenhelligkeit von ca. 50 Millionen Kerzen-

stärken/cm<sup>2</sup> und eine Dauer von 0,5 Mikrosekunden oder darunter hat. Diese Funken können entweder in Resonanzfrequenzen betrieben oder, mit Hilfe von Auslöseelektroden, genau ausgelöst werden. Unter gewissen Umständen sind normale Frequenzen bis zu mehreren Kilohertz möglich. Spektrographische Messungen zeigen eine effektive Schwarzkörpertemperatur von ca. 30.000 Kelvin. Zu den Entwicklungsarbeiten gehörten auch Experimente mit Funkenatmosphären verschiedener Gase und Drücke.

### A—4

#### Millimikrosekunden-Lichtquelle

HEINZ FISCHER [13]

Eine Anzahl von Autoren hat in jüngster Zeit über kurze Lichtimpulse im Gebiet der Millimikrosekunden berichtet, doch waren die Helligkeiten äusserst gering und kaum genügend für eine technische Anwendung. Eine Luftfunken-Lichtquelle für solche Blitze beruhte auf einer koaxialen Kondensatorentladung geringster Induktivität und das Ergebnis war eine stark gesteigerte Helligkeit.

Geringste Induktivität bedeutet maximale Energiezufuhr zu dem Luftspalt bei geringstmöglicher Impulsdauer. Als Ergebnis dieser Betrachtung wurde vor einiger Zeit ein toroidförmiger Kondensator entwickelt, um den Spalt koaxial zu umgeben und es wurde eine einfache Quelle für Blitze von weniger als einer Mikrosekunde beschrieben, die dieses Prinzip anwendet. (Heinz Fischer, *J. Opt. Soc. Am.* 47: 981 (1957)). In der Zwischenzeit konnte die Induktivität durch sorgfältige Bauweise und verbesserte Technik so verringert werden, dass sie das absolut mögliche Minimum von ungefähr 1 Millimikrohenry erreicht.

Es wurden Lichtimpulse erzielt, die eine Anstiegszeit von 2 Millimikrosekunden und eine halbe Weite von  $\sim 6$  Millimikrosekunden haben, wobei die Helligkeit über 10 Millionen Kerzenstärken/cm<sup>2</sup> beträgt. Intensitäten von über 20.000 Kerzenstärken wurden gemessen und die Messmethoden werden in dem Artikel beschrieben. Das Verhältnis zwischen Lichtbogenstrom und Helligkeit für die verschiedenen Impulsweiten sowie die Form der Lichtimpulse werden betrachtet. Spektralmessungen bei 1 Atm. Luft bestätigen, dass das Spektrum während der Zeit des Strommaximums zwischen 6000 und 2000 Å kontinuierlich ist und dass die Intensität im Ultraviolett stark ansteigt.

Einzelaufnahmen von Objekten bei einer Öffnung von  $1:1\frac{1}{2}$  mit Tri-X Film bei normalem Entwickeln zeigen noch erkennbare Dichte bei reflektiertem Licht auf 30 cm Entfernung; bei durchscheinendem Licht ist das Bild hinreichend gut. Schattenbilder durch eine Linse 1:8 und 50 cm Brennweite zeigen eine maximale photographische Dichte von  $D > 0,8$  gegen einen Hintergrund von  $\sim 0,35$ ; die grösste Dichte liegt bei einem Intensitätsfaktor von 16 über den Hintergrund hinaus.

### A—5

#### Lichtquellen für kurzdauernde Funken grösster Lichtstärke

J. C. MODEN [17]

Der Bericht beschreibt die bei F.V.R.D.E.

## Blitzlichtquellen

vorgenommenen Untersuchungen der Lichtcharakteristiken von Funkenentladungen. Es werden die Konstruktionsdetails einer Kondensatoranordnung von äusserst geringer Induktanz behandelt, welche mit einer "Scheibenleitung" arbeitet. Auch wird eine Methode zur Errechnung der ungefähren Induktanz solcher Anordnungen angegeben. Drei Arten von Funkenstrecken werden beschrieben und ihre Eigenschaften beurteilt. Die Wellenform der Strom- und Helligkeitswerte für Entladungen in Luft werden dargelegt. Man betrachtet auch die Möglichkeit einer Stossheinzanlage für den Entladungskanal. Es wird eine Höchstgrenze der erreichbaren Lichtstärke für eine Entladung in Luft bei atmosphärischem Druck theoretisch festgelegt.

### A—6

#### Submikrosekunden-Blitzquellen

HAROLD E. EDGERTON, JOHN TREDWELL und KENNETH W. COOPER, JR. [29]

Es werden Einzelheiten über zwei Submikrosekunden-Blitzquellen für Vorderlicht, Schatten- und Schlierenphotographie mitgeteilt. Für Vorderlichtaufnahmen wird ein Gleitfunken in Luft bei 18 kV und 0.05  $\mu$ /F verwendet, der einen Lichtblitz von  $\frac{1}{2}$   $\mu$ s bei 5 Millionen Kerzen Spitzenlichtstärke erzeugt. Das Blitzrohr, eine Sonderkonstruktion, sowie die Stromquelle und der Auslösekreis werden beschrieben. Der letztere kann durch ein Mikrofon, eine Photozelle, einen Kontakt oder ein anderes Signal angestossen werden und enthält einen einstellbaren Verzögerungskreis. Mit dieser Anordnung hergestellte Aufnahmen werden gezeigt.

Ferner wird eine kleine Funken-Lichtquelle beschrieben, die Blitze von etwa 10 m  $\mu$ s Dauer für Schatten- und Schlierenaufnahmen erzeugt. Die relativen Spitzenhelligkeiten und die Blitzdauer für Luft, Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxyd, Wasserstoff und Argon bei verschiedenen Drücken werden angegeben, ausserdem für Luft der Funkenwiderstand als Funktion der Überschlagsweite.

### A—7

#### Physikalische und technische Parameter der Blitzlichtröhren.

I. S. MARSHAK und L. I. SHCHOUKIN [33]

Es wurden Untersuchungen an Blitzlichtröhren vorgenommen und zwar an solchen mit beschränkter Entladungskolonie (Kapillarröhren) und an solchen mit unbeschränkter Entladung (Lampen mit kugelförmigen Birnen) in einem Minimalinduktanz-Schaltkreis. Die Studien erstreckten sich auch auf extreme Fälle der Konstruktions- und Speisungsparameter. Die Entladungscharakteristiken in Kapillarröhren sind ähnlich denen in Röhren grosser Durchmesser, obwohl korrespondierende Werte spezifischen Widerstandes bei elektrischen Feldern vorkommen die viel leicht 5 oder 10 mal so hoch sind.

Der spezifische Widerstand von Plasma wird fast konstant ( $\sim 0,02$  Ohm/cm) bei  $E \geq 120$  V/cm. Die Löschespannung der Entladung ist ungefähr verkehrt proportional dem inneren Röhrendurchmesser. Die Steigerung der Beleuchtungswirkung hört bei  $E \approx 400$  V/cm auf (und erreicht sehr hohe Werte von ungefähr 40 lm/w). Die Abhängigkeit der Blitzdauer  $\tau$  von den

Konstruktionsdaten und den Speisungsparameter wurde für eine Anzahl sehr verschiedener Umstände ermittelt. Innerhalb enger Grenzen der Änderung der Parameter kann nachstehende Formel angewendet werden:

$$\tau = AU_{\text{Null}}^{0.6} (C l)^p d^{-q}$$

$A$  ist der Proportionalitäts-Koeffizient;  $U_{\text{Null}}$  die Anfangsspannung am Speisungskondensator;  $C$  die Kapazität des Kondensators;  $l$  und  $d$  die Länge und der Innendurchmesser der Röhre,  $p$  und  $q$  ungefähr konstante Exponenten, welche sich bei grosser Änderung der Parameter von 0,5 zu 1 resp. von 0,5 zu 2 ändern. Der Einfluss der eigenen Induktanz des Entladungsschaltkreises auf die Lichtcharakteristiken röhrenförmiger Lampen ist fast ohne jede Bedeutung. Die Arbeitstemperatur röhrenförmiger Lampen aus Quarz und Glas bei langdauernder stroboskopischer Verwendung (750°C bzw. 250°C) werden bei durchschnittlichen Leistungen von ungefähr 10 bzw. 1,8 W/cm der Röhrenlänge erreicht. Die Röhren arbeiten während einiger Sekunden (ohne künstliche Kühlung) mit Leistungen von 40 bzw. 4 W/cm.

Der Belastungsfaktor  $(CU)_{\text{max}}$ , welcher die Belastungsgrenzen bei Einzelblitzfunktion bestimmt, hängt bei Glasröhren zwischen 0,5 und 11 mm und bei Quarzröhren zwischen 0,5 und 2 mm nicht vom Durchmesser  $d$  ab. Die zur Entionisierung der Gasfunkenstrecke nötige Zeit verlängert sich in kapillaren Quarzröhren, die einen Verlust von  $\sim 2$  W/cm haben, von 80 auf 270 Mikrosekunden bei einer Steigerung des ursprünglichen elektrischen Feldes von 140 auf 280 V/cm. Bei hoher Leistung fällt die Entionisierungszeit von 500 auf 300 Mikrosekunden. Dementsprechend liegen die kritischen Blitzfrequenzen solcher Röhren (ohne ein zusätzliches Kommutationselement im Entladungskreis) bei 12 kHz bei niedrigen Wattstärken und ist ungefähr 3 kHz höher bei grösseren Wattstärken.

Zur Untersuchung von Höchstleistungen der Entladung in Röhren mit kugelförmigen Birnen wurden Versuche mit verschiedenen Kondensatoren niedriger Induktanz und mit verschiedenen Röhrenkonstruktionen unternommen. Hiezu gehörten scheibenförmige, topfförmige und zylindrische keramische Kondensatoren, zylindrische und kugelförmige Quarzkondensatoren, zylindrische Streifenkondensatoren, scheibenförmige und koaxiale Einführungen, Verbindungen und Elektroden. Das Ergebnis war die Ermittlung von Daten über Entladungsstromkreise der geringst möglichen Induktanz. Es wurden Untersuchungen der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Entladungssäule und der Entladungscharakteristiken für verschiedene Speisungsparameter vorgenommen. Es wurden Konstruktionsdaten und Speisungsparameter für Röhren von einer Blitzdauer von 0,1 Mikrosekunde, einer Blitzfrequenz von 3 kHz und einer Stärke von 1 kW festgelegt.

#### A—8

##### Untersuchungen der Helligkeit von Funkenentladungsstrecken in verschiedenen Gasen

M. P. VANYUKOV und A. A. MAK [41]

Die Helligkeit von Funkenentladungsstrecken in verschiedenen Gasen wurde mittels einer neu entwickelten photo-elektrischen Methode untersucht. Es hat sich gezeigt, dass bei entsprechend starker Energiedichte in der Entladungsstrecke die Helligkeit derselben einem Grenzwert nahekommt, der von der Art des Füllgases abhängt. Die erreichbaren Helligkeitswerte waren wie folgt: in Xenon  $11 \cdot 10^6$  Stilb; in Luft  $17 \cdot 10^6$  Stilb; in Argon  $22 \cdot 10^6$  Stilb; in Stickstoff  $32 \cdot 10^6$  Stilb, und in Helium  $37 \cdot 10^6$  Stilb. Es besteht eine Möglichkeit die Helligkeit der Funkenentladung zu erhöhen, indem man die Strecke durch die Wände einer Kapillarröhre einengt. Bei Funkenentladungen innerhalb von Kapillarröhren wurden Helligkeiten bis zu  $50 \cdot 10^6$  Stilb erzielt.

#### A—9

##### Eine Kapillarröhren-Impulslichtquelle die eine Schwarzkörperstrahlung von 40 000 K ergibt

N. N. OGURTZOVA und I. V.

PODMOSHENSKY [46]

Für Zwecke der Hochgeschwindigkeits-Photographie, Hoch-temperatur-Pyrometrie, Plasma-Spektroskopie usw. wurde eine Hochtemperatur-Impulslichtquelle ausgearbeitet. Ebenso wie die üblichen Lichtquellen ergibt sie—ungeachtet der Häufigkeit der Verwendung und der Lagerzeit—eine gleichbleibende Strahlungshelligkeit.

Die Strahlung ergibt sich durch eine elektrische Entladung mit rechteckig geformtem Lichtimpuls innerhalb einer Kapillarröhre, deren beide Enden offen sind. Die Röhre ist aus einem bruchfesten Kunststoff hergestellt. Die Lichtquelle strahlt ein gleichmässiges kontinuierliches Spektrum im Bereich von 1900 bis 7000 Å aus, wobei Leitungsemission und -absorption nicht mehr als 1% beitragen. Infolge des hohen Drucks ( $\sim 500$  Atm.), der in der Kapillarröhre unmittelbar vor dem Entladungsvorgang hervorgerufen wird, ist die Absorptionsfähigkeit des Entladungsplasmas im Sichtbaren und im Ultraviolett nahe der Einheit. Photoelektrische Messungen zeigen, dass im Bereich von 2500 bis 6000 Å die Strahlung der Impuls-Lichtquelle der eines absoluten Schwarzkörpers bei  $39\,000 \pm 2000$  K entspricht.

#### A—10

##### Eine intensive Lichtquelle mit rechteckigem Intensitätsverlauf für Kurzzeitphotographie

T. MARSHALL, B. J. CRAPO und L. L. HILL

[48]

Für viele Anwendungen der Kurzzeitphotographie wird ständig nach Lichtquellen höherer Intensität und steilem Abfall gesucht. Es wurde nun ein Verfahren zur Herstellung einer selbstlöschenden Lichtquelle grosser Intensität gefunden. Das Prinzip beruht auf der Verwendung einer künstlichen Übertragungsleitung, welche so ausgelegt ist, dass das Entladungsrohr gerade die angepasste Abschluss-Impedanz besitzt. Nach der Auslösung hält die Übertragungsleitung die Spannung am Entladungsrohr für eine bestimmte Zeit konstant, die sich durch die Dimensionierung der Leitung und eingeschaltete L-Glieder einstellen lässt. Dann erfolgt ein steiler Abfall der Röhrenspannung auf Null. Auf diese Weise erhält man einen rechteckigen Lichtimpuls.

Vier Blitzquellen dieser Art wurden hergestellt und arbeiten sehr erfolgreich in Verbindung mit mehreren kontinuierlich registrierenden Kameras. Sie liefern Lichtimpulse von 100  $\mu$ s bis zu 3 ms Dauer. Die Abweichungen von einem idealen Rechteck-Impuls sind für die 3 ms-Leitung kleiner als 10%, für die 100  $\mu$ s-Leitung kleiner als 1%. Diese Abweichungen ergeben sich aus Widerstandsverlusten in der Leitung.

#### A—11

##### Die Verwendung von Sprengstofflampen für die Photographie nach der Schardin-Methode

LOUIS DEFFET und RENE VANDEN BERGHE

[49]

Diese Transparenz-Methode ermöglicht es photographische Aufzeichnungen von Explosionsphänomenen zu machen, die eine bedeutende Zerstörungskraft und eine sehr intensive Eigenlumineszenz haben. Sie besteht in der Hauptsache darin, dass die Funken der Cranz-Schardin Methode durch Sprengstoff-Blitzlampen ersetzt werden die sich in einer Luft- eher als in einer Argon-Atmosphäre befinden. Die Intensität des

durch diese Lampen gelieferten Lichts ermöglichte es, die Bedingungen für die Aufnahmen so zu wählen, dass eine unerwünschte Wirkung des Eigenleuchtens der Objekte ausgeschaltet wurde. Die Synchronisierung der verschiedenen Sprengstofflampen wird durch Verwendung einer detonierenden Zündschnur gesichert. Die Bildgeschwindigkeit kann 1.000.000 Aufnahmen/s bei einer Belichtungszeit der Grössenordnung  $10^{-1}$  Mikrosekunde je Aufnahme erreichen.

#### A—12

##### Sprengstoff-Blitzlicht: eine Neuerung in Sprengstoff-Lichtquellen

J. GERSHON und R. H. STRESAU [54]

Bei der Armour Research Foundation wurde ein Sprengstoff-Blitzlicht zur Verwendung als Höchstgeschwindigkeits-Lichtquelle für die Photographie entwickelt. Das Blitzlicht besteht aus einem langen Zylinder aus Plexiglas mit einem inneren Durchmesser von 2 Zoll und einem äusseren Durchmesser von  $2\frac{1}{4}$  Zoll, dessen Innenwand teilweise mit dem DuPont Sprengstoff E L 506A-8 in Blattform belegt und der mit Argon gefüllt ist. Die Beleuchtungsdauer wird durch die Länge des Zylinders geregelt. Das Licht erreicht die notwendige Intensität in 10 Mikrosekunden und hat kein wirksames Nachleuchten. Die Lichtintensität genügt für Farbaufnahmen bei einer Belichtungszeit von Mikrosekunden.

Diese Lichtquelle hat folgende Vorteile: 1) man kann leicht damit hantieren (wegen ihres geringen Gewichts und der Gefährlosigkeit des DuPont Blatt-Sprengstoffes); 2) sie ist leicht im Voraus zusammensetzen und aufzubewahren; 3) sie ist wasserdicht. Da die Leuchtdauer geändert werden kann, ist das Blitzlicht eine geeignete Lichtquelle für photographische Zwecke, bei denen die Leuchtdauer den Zeitspannen verschiedener Ereignisse angepasst werden muss. Dieses Blitzlicht wurde als Lichtquelle für die Beckman and Whitley Reihenbildkamera Modell 189 verwendet.

#### A—13

##### Hochintensitäts-Sprengstofflichtquellen

ZEV PRESSMAN [56]

Es wurde eine Sprengstoff-Lichtquelle entwickelt um eine tagelichtähnliche Beleuchtung zu liefern, die intensiv genug ist bei reflektiertem Licht, unter Verwendung von Höchstfrequenz-Kameras, Farbenphotographien machen zu können. Die früher verwendeten Sprengstoff-„Kerzen“ benötigten viel mehr Sprengstoff und gaben ein schnell vergängliches Licht von bedeutend geringerer Brillanz. Sprengstoffe in Blattform werden mit aluminiumisiertem Mylar als spiegelähnlichem Reflektor kombiniert, um eine sehr wirksame pyramidenförmige Kerze herzustellen, welche je nach Bedarf 10 bis 200 Mikrosekunden ausreicht. Die Lichtintensität wird dadurch beibehalten, dass das Explosionsgebiet divergiert sobald die Detonationswelle sich entlang dem argongefüllten Behälter fortpflanzt. Ausser der vergrösserten Dauer und Helligkeitsleistung ist diese Ausführung auch mehr kompakt, beleuchtet gleichmässiger und verstreut weniger Licht ausserhalb des Objektraums.

Es wurden die Vorteile untersucht, die sich durch Verwendung verschiedener Konzentrationen von Argon sowie durch Verdünnungen und Zusätze von Luft, Krypton und Xenon ergeben. Es werden auch Methoden vorgeschlagen, nach welchen sich ein noch intensiveres Licht dadurch erzielen lässt, dass das Argon durch Krypton und Xenon ersetzt oder damit versetzt wird. Die relativen Intensitäten der verschiedenen Lichtquellen wurden alle verglichen und gemessen, indem man photometrische Untersuchungen und die Eichung von Filmen vornahm, die beim Photographieren des Lichts mit einer Hochfrequenz-Bildreihenkamera hergestellt wurden.

## Abschnitt B

## Photographische Materialien und optisches Zubehör

B—1

**Das Messen von Blitz-Lichtquellen**

GEORGE H. LUNN [63]

Der Autor beschreibt eine Methode zum Messen von Licht- und Zeitvariationen in Blitzlichtern. Eine Schlierenkamera (nach Brixner) trägt einen Stufenkeil über dem Schlitz und die zu messende Lichtquelle ist so eingestellt, dass sie den Schlitz und den Stufenkeil, der von neutraler Dichte ist, an allen Punkten gleichmässig beleuchtet. Auf diese Weise werden gleichzeitig eine ganze Anzahl von Aufzeichnungen über Lichtausbeute/Zeit gemacht, wobei das Verhältnis des einfallenden Lichts zu jeder Aufzeichnung bekannt ist. Es werden dann Mikrodensitometer-Studien dieser Aufzeichnungen vorgenommen, aus denen sich logarithmische und lineare D'agramme ergeben. Auch H und D Kurven verschiedener Emulsionsentwicklerkombinationen werden bei Belichtungszeiten von unter einer Mikrosekunde angefertigt. Der Vorteil logarithmischer Darstellung wird behandelt.

B—2

**Eine photometrische Untersuchung von Lichtquellen kurzer Dauer in Verbindung mit photographischen Emulsionen**

MICHEL PHILBERT und CLAUDE VERET [66]

Lampen mit kurzdauernden Entladungen werden dazu verwendet Vorgänge zu photographieren, die sich sehr schnell abspielen. Nun sind die photometrischen Charakteristiken dieser Lampen ebenso wenig bekannt wie die Reaktionen der photographischen Emulsionen auf kurze Belichtungen. Man prüfte daher, als eine Funktion der Zeit, die von den Strahlen der Lampe verursachte photographische Gesamtbeeinflussung, unabhängig von allen Betrachtungen der spektralen Verteilung.

Durch eine optische Anlage mit einem rotierenden Spiegel und einem photometrischen Stufenkeil, der nahe dem Schlitz angebracht wird, konnte man photographische Aufzeichnungen erhalten, welche direkt die Kurve des Logarithmus der Lichtintensität als Funktion der Zeit angaben. Die photometrischen Charakteristiken der verschiedenen Lichtquellen wurden mit einander verglichen, indem man ihr Verhältnis zu einer als Bezugselement dienenden Lichtquelle gleichmässiger Intensität, die durch die gleiche optische Einrichtung aufgenommen wurde, feststellte, so dass die gleiche Belichtungszeit erzielt wurde.

B—3

**Die Ursachen der Abweichungen vom Reziprozitätsgesetz bei sehr kurzen Belichtungszeiten**

H. SAUVENIER [72]

Eine feinkörnige AgBr-Emulsion, mit inerten Gelatine hergestellt, zeigt keine Abweichung von der Reziprozität bei sehr kurzen Belichtungszeiten, sofern das Ausreifen in Abwesenheit labiler S-Ionen erfolgte. Bei einer grobkörnigen (d.h. physikalisch ausgereiften) Emulsion zeigen sich dagegen Abweichungen von der Reziprozität bei starker Belichtung. Dies rührt daher, dass das Verhältnis Oberfläche/Volumen bei diesen Emulsionen kleiner ist als bei feinem Korn, so dass eine für feinkörnige Emulsion neutrale Gelatine bei größerem Korn nicht mehr als

innert anzusehen ist. Wenn man einer dem Reziprozitätsgesetz gehorchenden feinkörnigen AgBr-Emulsion Silberjodid zufügt, treten starke Abweichungen bei sehr kurzen Belichtungszeiten auf.

B—4

**Hochempfindliche Papiere für direkte Aufzeichnung**

HEMAN D. HUNT [76]

Silberhalogenid-Emulsionen zur direkten Aufzeichnung von Oszillographenkurven stellen eine neue Entwicklung in der photographischen Industrie dar. Bei Verwendung einer Quecksilber-Höchstdrucklampe als Lichtquelle ergeben diese Emulsionen ein sofort sichtbares Bild bei Schreibgeschwindigkeiten bis zu 25 cm/s. Mit derselben Lichtquelle wird jedoch noch ein latentes Bild erzeugt bei Schreibgeschwindigkeiten bis zu 1000 m/s. Diese latenten Bilder können in Bruchteilen von Sekunden durch Nachbelichtung sichtbar gemacht werden.

Die Belichtung, welche das Bild erzeugt, ist eine sehr starke, direkt absorbierte Licht-, Röntgen-, Gamma-, oder Elektronenstrahlung, während die Verstärkungs-Belichtung durch Lichtabsorption des Silberhalogenids bei mässiger Intensität erfolgt. Der gute Bildkontrast und die gute Stabilität des Untergrundes ergeben sich daraus, dass diese Spezial-emulsionen dem Reziprozitätsgesetz nicht folgen und dass sie schon durch Licht geringer Intensität desensibilisiert werden können. Der Kontrast selbst beruht auf den Absorptionsunterschieden zwischen dem Silber der belichteten Stellen und den unbelichteten Stellen. Die Eigenschaften und die Wirkungsweise dieser direktregistrierenden Papiere werden diskutiert.

B—5

**Ein Vergleich zwischen einigen hochempfindlichem Filmen unter verschiedenen "starken" Entwicklungsbedingungen**

ZEV PRESSMAN [80]

Es wurde eine Reihe von Versuchen zur Feststellung der wirksamsten Kombination von Belichtung und Entwicklung von Hochempfindlichkeitsfilm unternommen, um sie für Höchstgeschwindigkeits-Bildreihen- und Streakkameras bei der Untersuchung von Explosions- und Stosswellenerscheinungen zu benutzen. Daten, die sich aus den verschiedenen Erfahrungen des technischen Personals und nach den Ratschlägen der Filmfabrikanten ergaben, beeinflussten den Entwurf eines sensitometrischen Apparates mit Elektronenblitz für kurze Belichtungszeiten, bei dem eine Graustufenskala als Standard dient.

Es wurden die verschiedensten "starken" Entwickler verwendet, einschliesslich vorhandener Entwickler für Papier, Röntgenbilder und handelsüblicher Filmentwickler. Die Filme wurden bei 70° F durch normale, halbe normale und doppelte normale Zeit entwickelt. Die Dichten wurden am Welch Densichron gemessen und Kurven festgelegt. Die Einteilung der Filme geschah nach ASA und DIN Kriterien hinsichtlich der minimalen Belichtungszeit die nötig ist um die Filmdichte sowohl auf 0,1 über Schleier als auch auf 1,0 über Schleier zu steigern. Royal-X Pan (Kodak) erwies sich als der schnellste und Isopan Record (Agfa) kam ihm am nächsten, obwohl er eine halbe Blendenstufe mehr Licht für gleich gute Dichte benötigte. Andere Filme, die geprüft wurden,

wie Superior 4 (DuPont) und Filme für Spezialzwecke wie Shellburst, Photoflure und ID 2 zeigten Charakteristiken, die für besondere Anwendungen wohl berücksichtigt werden sollten.

B—6

**Einige Spezialoptiken**

RAPHAEL BOOLSKY [87]

Für Zwecke der Analyse und der Konstruktion wurde eine axiomatische Methode ausgearbeitet, die sich für besondere Optiken, darunter solche mit grosser Blende oder Weitwinkel, anwenden lässt. Sie erlaubt es, schon im frühen Stadium der Planung die optischen Eigenschaften zu bestimmen, welche mit einer optischen Einrichtung kompatibel sind, ohne dass eine ausführliche Kenntnis aller Teile der Anlage notwendig wäre und sie ist bei dem später angeführten synthetischen Konstruktionsentwurf von Nutzen.

Die nötigen Vorbedingungen für die scharfe Bilddarstellung von Linien und Flächen werden allgemein durch die Gesetze der Lichtfortpflanzung und im besonderen durch den Sinaus- und Kosinussatz von Abbe ausgedrückt. Die axiomatische Methode wurde von diesen Gesetzen dadurch abgeleitet, dass man letztere in geometrischer Konstruktion zur Darstellung physikalisch richtiger einfallender und gebrochener Strahlen entwickelte, die sogenannte "ikonische Modelle" vollkommener Optiken darstellen.

Diese Methode, welche von dem abstrakten Vorgang der Strahlenzeichnung nach Gauss ganz verschieden ist, wurde zur Untersuchung der Charakteristiken und zum tatsächlichen Bau von optischen Kombinationen verwendet, welche ihren "ikonischen Modellen" nahekommen. Von besonderem Interesse sind solche Systeme, welche eine sphärische Bildfläche besitzen, die zusammen mit Feldverflächern dazu dient ein scharfes Bild in einer Planfläche zu erzielen, sowie auch symmetrische Kombinationen, welche Blendenöffnungen haben, die sich  $f/0,5$  nähern.

B—7

**Einige Probleme der Spiegelabstatt-Theorie für geneigte Spiegel und geneigte Lichtstrahlbündel**

A. S. DUBOVIK [91]

Bei einer Anzahl von Geräten für Hochfrequenzkinematographie enthält die Spiegelabstattvorrichtung geneigte Spiegel, deren reflektierende Flächen nicht parallel zu ihrer Drehachse liegen. Auch geneigte Lichtstrahlbündel werden angewendet. Um solche Anlagen entwerfen zu können ist eine Kenntnis der Bildformung unter den besonderen gegebenen Umständen notwendig.

Der Bericht behandelt die theoretischen Probleme, welchen der entwerfende Ingenieur auf diesem Gebiet gegenübersteht. Es werden Spiegelpunkte für diese Art des Abstattens gefunden. Es wird auch die Form der Brennebene behandelt, welche gewählt werden muss, um die nötige photographische Güte des Bildes und die Genauigkeit der Messungen zu sichern.

Es werden in allgemeiner Form Formeln für die Bewegungsgeschwindigkeit des Bildes bei dieser Art des Spiegelabstattens gegeben. Auch werden die möglichen Verzerrungen der photographischen Aufnahme und Methoden zu deren Vermeidung erörtert. Verschiedene Abstattsysteme mit geneigten Spiegeln und geneigten Lichtstrahlbündeln, die gegenwärtig in Gebrauch stehen, werden mit einander verglichen

## Abschnitt C

C—1

**Die Astracon-Röhre und ihre Anwendung in der Kurzzeitphotographie**

A. E. ANDERSON, G. W. GOETZE und H. KANTER [95]

Für photographische Aufnahmen bei kurzer und extrem kurzer Belichtungszeit haben sich Kameras mit einstufigen elektronischen Bildwandlerröhren als sehr nützlich erwiesen. Diese elektronischen Kameras haben gewöhnlich den Nachteil geringer Lichtstärke, so dass eine intensive Beleuchtung des Objekts erforderlich ist. Durch den Gebrauch einer mehrstufigen Verstärkerröhre wie der Astracon lässt sich diese Schwierigkeit vermeiden.

Es wurde bereits eine Kurzzeitkamera für "grösste Lichtstärke" gebaut, die zwei Astracon-Röhren anwendet. Mit dieser Kamera ist es möglich einzelne Photoelektron-Erscheinungen auf photographischem Film festzuhalten. Der Artikel behandelt die allgemeine Leistung der Kamera als spezielle Anwendung der Astracon-Röhre in der Kurz- und Ultrakurzzeit-Photographie bei einem ausserordentlich niedrigen Lichtpegel.

C—2

**Bildverstärkeranlagen besonders hoher Leistung und das Photographieren einzelner Photonen mit einer Zeitauflösung von Mikrosekunden**

MARTIN L. PERL und LAWRENCE W. JONES [98]

Es wurde eine Anlage von Bildverstärkerröhren in Stufenanordnung verwendet, um die sehr schwachen Bildeindrücke der Spuren von Hochgeschwindigkeitsteilchen in Scintillationskristallen photographisch aufzunehmen. Diese Methode ist gegenwärtig für Experimente in der Physik der Hochenergiepartikel im Gebrauch, ist genügend empfindlich um einzelne Photoelektronen von der ersten Kathode der Anlage aufzunehmen und gestattet eine Zeitauflösung von wenigen Mikrosekunden. Durch kurzfristiges Speichern ist es möglich einen elektronischen Verschluss durch den zu untersuchenden Vorgang so regeln zu lassen, dass von  $10^6$  Vorgängen/s die sich ereignen, nur der eine Vorgang aufgenommen wird, der von besonderem Interesse ist.

Es wird eine Beschreibung der Anordnung der Bildröhren gegeben sowie eine Zusammenfassung der wichtigen Eigenschaften gegenwärtig erhältlicher Bildröhren und Linsen. Es folgt eine Erörterung der durch Geräusch und Auflösung gegebenen Grenzen und der Verbesserungen die von den Bildröhren zu erwarten sind.

C—3

**Elektronische Bildverstärkung: Bildverstärker benützt Kathoden-Leitungsfähigkeit**

R. A. CHIPPENDALE und J. R. FOLKES [104]

Durch jüngst vorgenommene Arbeiten an dem Bildverstärker eines Elektronenmikroskops wurde festgestellt, dass dünne Schichten von amorphem Selen, wenn mit Hochenergie-Elektronen bombardiert, die Aufladung um ungefähr das 200fache vervielfachen können. Es wird eine geschlossene Röhre beschrieben, welche eine Verstärkung vor dem Abtasten in einer solchen Selenschicht erzielt. Bei der "schreibe"-Funktion werden Elektronen einer halbtransparenten photonausstrahlenden Kathode gesammelt und in eine nicht gestützte Selenhaut von 10 Mikrons hineinbeschleunigt. Dadurch dass an der Vorderseite dieser Haut eine elektronendurchlässige Signalplatte vorgesehen ist, können die

Ladungen nach rückwärts getrieben werden, von wo sie durch einen Abtaststrahl niedriger Spannung entfernt werden, der die Oberfläche wieder auf das Potenzial der Ablesekathode zurückbringt. Um Rechteckigkeit zu erzielen wird elektrostatisches Abtasten in Verbindung mit verzögernden Feldelektroden verwendet.

Die Gesamtempfindlichkeit hängt sowohl von der Wirksamkeit der Photokathode wie auch von der Ladungsvervielfachung im Selen ab, die selbst von der schreibenden Elektronenspannung abhängig ist. Es lässt sich theoretisch beweisen, dass es bei Verwendung einer entsprechend beschränkten Bandbreite und optimalen Verstärkungsverhältnissen möglich sein sollte, einzelne Photoelektronen zu entdecken. Untersuchungen mit experimentellen Röhren haben gezeigt, dass eine Verstärkung von 500 vor dem Abtasten möglich sein sollte. In diesem Fall sollte die Röhre fähig sein, 40 Photonen je Bildpunkt der Kathode je Bild zu entdecken.

C—4

**Entwicklung einer photoelektronischen Verschlussröhre**

L. MANDEL [110]

Eine als Kurzzeitverschluss verwendbare photoelektronische Bildröhre wird entwickelt. Die Röhre ist ein magnetisch eingestellter Bildverstärker, worin der photoelektronische Strahl durch zwei Metallmaschen geführt wird, die ein Paar Zentimeter von der Photo-Kathode angebracht sind. Die erste Masche dient als Kontrollgitter während die zweite dient als Hilfselektrode. Ihr Gebrauch vergrössert die Empfindlichkeit der Kontrolle und ermöglicht, dass der Elektron-Fokus weniger von dem Potential der Kontrollmasche abhängt. Verschlussröhren sind schon angefertigt, die einen Kontrollspannungsbereich von ungefähr 3 v und ein Auflösungsvermögen von 15–20 Linienpaaren/mm besitzen. Der Verlust an Elektronenstrom durch die Maschen ist weniger als 20%. Kurven sind beigefügt, die die Penetration der Elektronen unter verschiedenen Sperrbereichbedingungen vorzeigen.

C—5

**Bildwandlersysteme mit rascher Bildgruppenwiederholung**

ROBERT W. KING, JR., und JOHN H. HETT [113]

Während der allerletzten Jahre wurden drei verschiedene Arten von Bildwandlerkameras entworfen, die zwar verschiedene Charakteristiken aufweisen, die aber alle eine schnelle Belichtungsfolge als Hauptmerkmal haben. Alle drei Kameras arbeiten mit der Mullard Wandlerröhre Mod. 1201 mit dem blauen Phosphor kurzer Beharrlichkeit für photographische Aufzeichnung. Die erste Kamera liefert eine Reihe von 6 rechteckigen Bildern im Formatverhältnis von ungefähr 5:1. Die Belichtungszeit von, 0,4 Mikrosekunden und der Belichtungsintervall von 5 Mikrosekunden sind unveränderlich. Diese Kamera nimmt eine Gruppe von 6 Aufnahmen auf einmal auf und hat eine verhältnismässig lange Rückführungszeit.

Die zweite Kamera ist bedeutend moderner; sie nimmt sechs Aufnahmen auf ein einziges Bild mit Geschwindigkeiten, die sich zwischen  $2 \times 10^6$  und  $2 \times 10^4$  Aufnahmen/s bewegen. Die Bildgeschwindigkeit ist von 0 bis zu 5000, wobei die obere Grenze von den Belichtungs-geschwindigkeiten abhängt. Die Belichtungszeiten zeigen die folgenden Werte: 0,1; 0,3; 1,0; 3,0 und 10,0 Mikrosekunden. Wiederholungsgeschwindigkeiten und Belichtungszeit-Arbeitszyklus dürfen 20% nicht überschreiten. Die Ablenkung des Bildes erfolgt an beiden Achsen und ergibt zwei Reihen von je drei Gruppen.

## Elektronische Verschlüsse

Die dritte und neueste Kamera-Bauart ist der zweiten ähnlich und hat Belichtungszeiten von 0,1; 0,3; 1,0; 3,0 und 10 Mikrosekunden und dementsprechend Aufnahmefolgen von  $2 \times 10^6$  und  $2 \times 10^4$  Aufnahmen/s. Die Sequenz der Generation von Impuls und Verschluss-Impuls ist sehr ähnlich. Das Absuchen jedoch geschieht vollkommen einachsig und daher ähnlich mit der erstbeschriebenen Kamera. Der Mechanismus für die Absuchbewegung ist jedoch ganz verschieden und die grundlegende Absuchform wird durch einen Zählstromkreis mit Diodenpumpe geschaffen. Es können nach Wahl 4 oder 8 Bilder gezeigt werden.

C—6

**Elektronisch-optische Zeitlupenkamera zur Untersuchung kurz dauernder Vorgänge**

V. S. KOMELKOV, Y. E. NESTERIKHIN und M. I. PERGAMENT [118]

Dieses Bildwandlergerät mit elektrostatischer Deflektion gibt Geschwindigkeiten bis zu  $5 \times 10^4$  Aufnahmen/Sek. und Belichtungszeiten einer Kürze bis zu  $5 \times 10^{-8}$  Sek. Eine Untergruppe von Aufnahmen enthält entweder 4 oder 8 Bilder und eine ganze Reihe enthält insgesamt 16 Aufnahmen. Die Belichtungsdauer jeder Aufnahme innerhalb der Reihe ist einstellbar und die Veränderung von der 1. bis zur 16. Aufnahme entspricht maximal einem Faktor von 20. Die Bildgrösse ist  $5 \times 5$  mm und die Auflösung ist 30 Linien/mm. Das Gerät kann auch eine Reihe von 4 Schlieraufnahmen mit veränderlichen Intervallen geben. Der Artikel enthält weiterhin eine Abhandlung über die wirksame relative Blendenöffnung des Bildwandlers und der Aufnahme- und Darstellungs-linsen für verschiedene elektrische und optische Vergrösserungen.

C—7

**Hochfrequenz-Bildreihenphotographie mit einem dreistufigen Bildwandler unter Benützung von Schaltkreisen mit nichtangepassten Speicherleitungen**

V. A. SIMONOV und G. P. KUTUKOV [123]

Um Bildreihen von Kurzzeit-Photographien rasch ablaufender Vorgänge geringer Helligkeit zu erzielen, wird eine dreistufige Bildwandler-röhre angewendet. Der Bildwandler hat eine 8000-fache Lichtausbeute. Es werden nichtangepasste Koaxialkabel dazu verwendet, die Ablenkungs- und Verschlussimpulse hervorzurufen. Die Aufnahmegeschwindigkeiten liegen zwischen  $10^6$ /Sek und  $10^8$ /Sek. Die Belichtungszeiten können einerseits so lange sein wie die Intervalle zwischen den Einzelaufnahmen oder andererseits von einer Kürze von  $5 \times 10^{-9}$  Sekunde. Die Anzahl der Aufnahmen in einer Reihe kann von 6 bis 15 betragen.

Das Gerät wurde dazu verwendet elektrische Entladungen im Vakuum zu untersuchen, wenn nichtzerstörende Stromimpulse durch dünne Metalldrähte geleitet werden. Es werden Proben der erzielten Bildreihen vorgeführt.

C—8

**Ein Vergleich zwischen Kerrzellen und Bildröhren als Kurzzeit-verschlüsse**

G. H. LUNN und E. D. MENZIES [127]

C—9

**Eine Kerrzellen-Kamera mit synchronisierter Lichtquelle für die Millimikrosekunden-Photographie bei reflektiertem Licht**

GEORGE A. THEOPHANIS [129]

Gewisse Vorgänge, welche sich photographisch untersuchen lassen, besitzen einen hohen Grad

eigener Lumineszenz. Um die sich an der Oberfläche zeigenden Erscheinungen solcher Vorgänge studieren zu können wurde eine Kamera entwickelt, die eine hohes Auflösungsvermögen zeigt und mit einer Kerrzelle von 50 Millimikrosekunden versehen ist und zu der eine synchronisierte Lichtquelle gehört. Infolge der verhältnismässig langen Dauer würde Licht der Eigenlumineszenz durch eine gewöhnliche, doppelt polarisierte Kerrzelle dringen und eine unerwünschte Belichtung des Films verursachen weshalb eine dreifach polarisierte Kerrzelle verwendet wird, die ein optisches Durchlassverhältnis von mehr als  $10^6:1$  besitzt. Die Zelle wird durch einen Laufzeitkabel-Impulsgenerator aktiviert, der imstande ist einen 60.000 V Rechteck-Impuls zu liefern.

Die Lichtquelle besteht aus drei handelsüblichen mit Xenon gefüllten Blitzröhren, welche durch einen Wasserstoff-Thyatron Impulsgeber ausgelöst werden. In den Impulsgeber der Blitzröhre wurde ein Übertragungsleitungssystem eingebaut, um einen Synchronisierimpuls hoher Spannung zu erzeugen, sobald die Blitzröhren aufflammen. Dieser Impuls wird durch ein Verzögerungskabel zur Auslöse-Elektrode des Luftspaltschalters geleitet, der den Verschluss der Kerrzelle betätigt. Die Synchronisation geschieht mit einer Genauigkeit von 5 Millimikrosekunden. Die Kamera wurde dazu benützt die ersten Stadien elektrisch explodierter Metallfolien und Höchstgeschwindigkeits-Aufschläge auf einer Schiessstätte zu fotografieren.

#### C—10

##### Reihenbildkamera mit Kerrzelle

WILLIS C. GOSS [135]  
Es wird die Konstruktion einer Hochfrequenzkamera mit Kerrzelle beschrieben. Es wird eine einzige Kerrzelle mit Einzelimpuls in Verbindung mit einer Anordnung von optischen Verzögerun-

gen angewendet um sechs aufeinanderfolgende Bilder mit Zwischenbildintervallen von  $1,5 \times 10^{-8}$  Sekunde und Belichtungszeiten von  $5 \times 10^{-9}$  Sekunde zu erhalten. Die relative Öffnung ist 1:10 auf der 35 mm Filmfläche und die Bilder haben einen Inhalt von ungefähr  $240 \times 600$  Informationslinien. Die Schwellenenergie der Bildquelle wird voraussichtlich bei einer wirksamen Schwarzkörpertemperatur von  $\sim 0,5$  ev für Tri-X Film liegen. Man hofft, dass die Kamera weite Verwendung bei Studien an explodierenden Drähten und in der Detonations-Hydrodynamik finden wird.

#### C—11

##### Mehrfach-Kerrzellensystem mit rechteckiger Verschlusscharakteristik

LOTHAR LEIBING UND FRANK FRÜNGEL [138]  
Basierend auf den Forschungsarbeiten von Dipl.-Phys. Liebing wurde ein neuer und völlig kabelförmiger Kerrzellenverschluss konstruiert, der ausschliesslich Einsteckteile verwendet. Ein Verzögerungskabel mit eingebauter Druckfunkenstrecke funkt einen Rechteckimpuls von 35 kv und 50 m/ $\mu$ s Dauer. Dieser Impuls passiert ohne Reflektion ein biegsames 2,70 m langes Kabel, eine oder mehrere Kerrzellen die ebenfalls durch flexible Kabel miteinander verbunden sind, worauf der Impuls dann in einen Abflusswiderstand reflexfrei verschwindet. Vorteile dieser Einrichtung sind Rechteckige Verschlusscharakteristik und grosse Beweglichkeit. Mehrfach-Kerrzellenanordnungen gestatten die gleichzeitige Aufnahme eines Objektes aus mehreren Aufnahmerrichtungen. Bei Verwendung von Verzögerungskabeln zwischen den Kerrzellen arbeiten diese mit vorgegebener Frequenz und erfassen verschiedene Phasen des Vorganges.

Wegen der sehr niedrigen Kapazität des impulsbildenden Kabels ist die Nachladung des Systems sehr schnell. Dadurch ist die Bild-

aufnahmefrequenz einzig und allein durch die Qualität der verwendeten Löschfunkenstrecke begrenzt. Der Impuls kann ebenfalls durch die Zelle über mäanderförmige Elektroden geleitet werden, so dass damit der Bau von Grosszellen möglich wird. Mit Hilfe von Retardern können auch mehrere Kerrzellensysteme mit jeder gewünschten Bildfrequenz ausgelöst werden. Wenn dieses Kerrzellensystem mit hochfrequenten Blitzlichtquellen (Hochfrequenz-Blitzgerät Strobokin) synchronisiert werden, erzielt man eine erheblich verkürzte rechteckige Belichtungszeit. Für den ultra-violetten Bereich ist ein ähnliches Kerrzellensystem erhältlich, das Phenyl-Dissozianat (Phenyl-Senfol) verwendet.

#### C—12

##### Hochempfindlichkeits-Fernsehen als Hilfsmittel bei photographischen Aufnahmen mit geringer Helligkeit

BERNHARD A. BANG [141]  
Hochempfindliche industrielle Fernsehgeräte können dazu dienen eine Szene aufzunehmen, bei der die Belichtungszeit beschränkt und unter der für direkte Photographie nötigen ist. Die Begleitdaten werden auf normale Weise photographiert. Die wirksame Geschwindigkeit solcher Anlagen hat sich in den letzten drei Jahren stark erhöht.

Die Empfindlichkeit einer gut gebauten industriellen Fernsehanlage hängt hauptsächlich von der Aufnahmeröhre und der Optik ab. Die empfindlichste Röhre, die in den letzten Jahren erhältlich war, ist das Image Orthicon mit seinen Varianten. Die Empfindlichkeit wurde bis zu einem solchen Punkt gesteigert, dass die Grenze durch die statistische Variation an aufgenommenen Lichtphotons gebildet wird. Es werden die Charakteristiken dieser Röhren, ihre Arbeitsweise und ihre relative Empfindlichkeit erörtert.

## Abschnitt D

#### D—1

##### Eine 50-Millimikrosekunden-Röntgenblitz-Anlage für Kurzaufnahmen mit Röntgenstrahlen

F. J. GRUNDHAUSER, W. P. DYKE UND S. D. BENNETT [149]

Die kürzlich entwickelte kombinierte Glühfeldemission ist besonders für solche Anwendungen geeignet, bei denen es auf hohe Präzision und sehr kurze Zeiten ankommt. Diese Kathode wurde in einer neuartigen Serie von Röntgenröhren angewandt, die bei Strömen bis zu 200 A und Spannungen bis zu 600 kv arbeiten. Zuerst hergestellte Röhre dieser Art ergaben bei einer Blitzdauer von 0,2  $\mu$ s scharfe Röntgenbilder durch 20 cm Aluminium hindurch bei Belichtung mit einem einzigen Blitz.

Es wird eine Extrapolation dieser Technik auf eine Impulsdauer von 50 m  $\mu$ s gegeben. Aufösungsvermögen und Filmschwärzung sind ausreichend für Höchstgeschwindigkeits-Vorgänge. Das Rohr und die Röntgenanlage werden beschrieben.

#### D—2

##### Eine 600 kV-Dreifach-Röntgenblitz-Anlage

J. VIARD [154]

Drei Röntgenblitzgeneratoren sind in sternförmiger 120°-Anordnung in je einem Metallschutzhäuser untergebracht. Das aufzunehmende Objekt (Sprengstoff) befindet sich im Symmetriezentrum dieser Anlage. Achtstufige Stossgeneratoren erzeugen einen Spannungsimpuls von 600 kv bei 300 Joule Leistung. Die Auslösung erfolgt mit einer Genauigkeit von 0,1  $\mu$ s, wobei Verzögerungszeiten von 0 bis 100  $\mu$ s zwischen den einzelnen Blitzen eingestellt werden können. Die Auslösezeiten können mit einem

Oszillographen nachgeprüft werden. Die Röntgenröhre arbeiten mit kalter Kathode und kegelförmiger Anode, und können sowohl als Dioden wie als Trioden geschaltet werden. Die Glasröhre sind von der Pumpe abgeschmolzen, und die Glaswände durch zylindrische Bleche gegen Wolfram-Bedampfung geschützt. Der Brennfleck-Durchmesser hängt vom Durchmesser des Anodenstiels ab. Die Arbeitsweise der Röhre wurde eingehend untersucht in Bezug auf Spannung, Strom und Röntgenemission und zwar sowohl in Dioden- wie in Triodenschaltung. Die schon von Zuckermann erwähnte von der Anode ausgehende Plasmaausbreitung wurde bestätigt. Die beobachteten extrem hohen Ströme lassen sich nach der Theorie von Flynn erklären wenn man die von der Kathode ausgehenden Gasstrahlen durch diese Plasmaausbreitung ersetzt.

#### D—3

##### Röntengerät mit Megavoltblitz

E. W. WALKER [161]

Das Gerät besteht aus einem Marx Generator von ungewöhnlich niedriger Induktanz zusammen mit Röhren von geringstmöglicher Impedanz. Die erzeugten Blitze haben eine wirksame Dauer von 0,2 Mikrosekunde und sind von genügender Intensität um eine grosse Anzahl verschiedener explosiver Systeme untersuchen zu können. Es wurden Beispiele von Stosswellen in Metallen und von der Verformung von Metallplatten durch Sprengladungen gezeigt.

#### D—4

##### Anwendungen der Röntgenblitzphotographie

J. S. McVEAGH [162]

Es wird die Funktion der 3 Elektroden-Hochvakuum-Röntgenblitzröhren besprochen, beson-

## Röntgenblitzphotographie

ders in bezug auf ihre Verwendung in sogenannter Niederspannungsschaltung. Es wird festgestellt, dass diese Röhre Röntgenimpulse abgeben können, die sehr kurz sind im Vergleich zu der Eigenzeit des dazugehörigen Stromkreises.

Es wird eine Theorie aufgestellt, um diese und andere Eigenschaften der Röhre zu erklären. Diese Theorie nimmt die Entstehung eines Plasmastrahls an, der—vom Zündfunken erzeugt—durch einen elektromagnetischen Pincheffekt zur Anode "gepumpt" wird. Die Dauer des Röntgenblitzes entspricht der Übergangszeit dieses Strahls. Die Theorie fordert auch eine Grundverzögerung zwischen Zündentladung und Stromanstieg im Rohr. Gewisse Bestätigungen dieser Theorie werden angeführt und einige Anwendungsbeispiele der Röntgenblitztechnik gezeigt.

#### D—5

##### Die Hochfrequenz-Röntgenblitz-Kinematographie kleiner Objekte

F. FRUNDEL, H. ALBERT UND W. THORWART [170]

Es wird eine Hochfrequenz-Röntgenblitzanlage beschrieben. Das Gerät enthält eine abnehmbare Röntgenröhre mit auswechselbarer Wolfram-anode und ebensolchem Hostaphan-Fenster. Die Röhre gibt Röntgenstrahlen für Impulsspannungen von 30 bis zu 250 kv. Sie wird von einem Impuls-Transformator gespeist, dessen Primärleitung mit Kondensatorentladungen von 1 bis zu 8 Joule versorgt wird. Diese Primärimpulse können von einem Strobokin Ultrapid-Blitzgerät geliefert werden. Der Abstand von der Quelle der Röntgenstrahlen bis zum Film ist gewöhnlich kürzer als 200 mm. Die Bilder werden von einer Trommelkamera am Film aufgenommen, wobei die Höhe der einzelnen Bilder durch Bleimasken bestimmt wird. Bei der höchsten Blitzfrequenz von 10 000 Aufnah-

men/Sek—und einer Filmgeschwindigkeit von 100 m/Sek. können 150 Aufnahmen im Format  $10 \times 35$  mm in einer Reihe hergestellt werden. Es werden Proben der Hochfrequenz-Röntgenblitzaufnahmen vorgeführt.

## D—6

### Kinematographie mit Röntgenblitzen bei Frequenzen bis zu 12.000 Bildern/s

A. STENZEL und G. THOMER [173]

In Fortführung der auf dem letzten Kongress (Köln 1958) vorgetragenen Versuche wurden die Bedingungen untersucht, die für eine Erhöhung der Frequenz periodischer Entladungen durch ein Röntgenblitzrohr von Bedeutung sind. Bei der früher verwendeten Schaltung, bei welcher der Wiederanstieg der Anodenspannung durch einen R-C- bzw. R-L-C-Kreis bestimmt wird und die Steuerung der Blitze allein durch Impulse auf die Zündelektrode des Röntgenrohres erfolgt, liegt die erreichbare Grenzfrequenz bei etwa 5.000/s. Um zu höheren Frequenzen zu gelangen, ist es notwendig, dass die Anodenspannung während der Pausen völlig abgeschaltet bleibt.

Bei der neuen Apparatur wird die periodische Trennung von Entladekapazität und Blitzrohr durch eine elektronisch gesteuerte Löschfunkenstrecke erreicht. Die Anordnung erlaubt eine präzise Einstellung der Frequenz und der Serienlänge. Ein kapazitiver Spannungsteiler sorgt für die nötigen synchronisierten Zündimpulse auf die Triggerelektrode des Röntgenrohres. Mit einer nach diesem Prinzip aufgebauten Apparatur wurden bei 30 kV Anodenspannung periodische Röntgenblitze mit Frequenzen bis zu 12.000/s, bei einer Serienlänge von 60 Blitzen erzeugt. Die Bildtrennung erfolgt mit Hilfe einer Trommelkamera mit Aussenfilm bei 80 m/s maximaler Filmgeschwindigkeit. Als Anwendungsbeispiele werden Ausschnitte aus Bildstreifen gezeigt, welche den Materialübergang bei der Lichtbogenschweißung sowie die Primavorgänge beim Ansprechen einer elektrischen Zündpille sichtbar machen.

## D—7

### Versuche zur Anwendung des Bildverstärkers in der Röntgenblitzphotographie

G. THOMER und R. SCHALL [176]

Für gewisse Anwendungen der Röntgenblitzphotographie (z.B. bei Freistrukturuntersuchungen) reicht derzeit die Intensität der bei einem Blitz emittierten Strahlung für eine direkte photographische Registrierung mit Film und Verstärkungsfolien nicht aus. Eine weitere wesentliche Steigerung der Blitzintensität ist kaum zu erwarten; die Leuchtdichte der Anode

bleibt aus Gründen der theoretischen Belastbarkeit begrenzt und die Belichtungszeit (0,2–1,0  $\mu$ s) soll selbstverständlich nicht erhöht werden. Eine Erhöhung der Empfindlichkeit der Registrierung dürfte daher der Röntgenblitztechnik neue fruchtbare Anwendungsgebiete erschliessen. Eine Möglichkeit zu einer solchen Verbesserung bieten die nach dem Prinzip der elektronischen Bildwandler arbeitenden Röntgenbildverstärker. In der vorliegenden Arbeit wird experimentell die Anwendbarkeit eines solchen Gerätes in der Blitztechnik geprüft.

Es zeigt sich, dass man zwar einen gewissen Verlust an Auflösungsvermögen gegenüber der direkten Registrierung in Kauf nehmen muss aber dies gilt schon für den stationären Fall. Die zusätzlich durch Raumladungen im Elektronenbild bei Impulsbelastung auftretenden Bildfehler sind bis zu Dosisleistungen von  $10^6$  r/s vernachlässigbar. Als Gewinn an Empfindlichkeit ergibt sich bei Verwendung lichtstärkster Optik und hochempfindlichen Films etwa ein Faktor 10 gegenüber der direkten Registrierung. Das Verfahren kann ausser für Einzelaufnahmen auch für Hochfrequenzkinematographie mit Röntgenblitzen von Vorteil sein.

## D—8

### Die Bestimmung der Gasdichte in einer Argon-Entladung mit Hilfe von weichen Röntgenblitzen

KARL VOLLRATH [179]

Der Zusammenhang zwischen elektrischer Wiederverfestigung und zeitlicher Zunahme der Gasdichte nach einer primären Entladung wurde im Falle des Argonfunken experimentell untersucht. Zu diesem Zweck wurde der Entladungskanal eines Argonfunken mit Röntgenblitzen besonders weicher Strahlung in Richtung des Kanals zu verschiedenen Zeiten nach dem Durchschlag durchstrahlt. Die Absorption der Röntgenstrahlung und damit die radiale Dichteverteilung des Gases im Kanal wurde aus der Schwärzung eines hinter der Entladung befindlichen Filmes photometrisch bestimmt.

Der Zeitliche Zwischenraum wurde dabei von wenigen Mikrosekunden bis 1,5 ms variiert. Man findet dass die zeitliche Zunahme der Gasdichte nach dem Durchschlag der elektrischen Wiederverfestigung entspricht.

## D—9

### Kompressibilitätsmessungen im 1-Mbar-Bereich an intensiven Stosswellen in Festkörpern

R. SCHALL [184]

Durch Beschuss mit flachen Hochgeschwindigkeitsgeschossen oder Hohlladungen werden in

Festkörpern höhere Drücke erreicht als bei direkter Einwirkung hochbrisanter Sprengstoffe. Kompressibilitätsmessungen im 1 Mbar-Gebiet liegen für Metalle, Wasser und geologische Formationen vor. Derzeit sind 3 experimentelle Methoden zur Bestimmung der Verdichtung in Stössen bekannt: (1) die Beschussmethode (Ud-SSR); (2) die Methode der freien Oberfläche (Los Alamos Lab.); (3) die Röntgenblitzmethode (St.-Louis).

Experimentell ergibt sich aus diesen, dass die Stosseschwindigkeit  $U_s$  von der Materiegeschwindigkeit  $U_p$  für  $U_p = 1.5$  km/s linear abhängt:  $U_s = U_0 + \lambda U_p$ , wobei  $\lambda \sim 1,6$  angenähert für alle kondensierte Stoffe gilt.  $U_0$  unterscheidet sich u.a. wesentlich von der Schallgeschwindigkeit. Für kompakte Metalle gruppieren sich die experimentellen  $U_0$ -Werte eng um eine Funktion des Argumentes  $(Z-10)/\rho$ , wobei Z die Ordnungszahl bedeutet.

## D—10

### Anwendung von Röntgen- und optischen Kurzzeitmethoden auf die Untersuchung des Aufschlags bei Höchstgeschwindigkeit

J. WILLIAM GEHRING, JR. [188]

Es werden einige Ergebnisse behandelt, die auf einem Gebiet der Forschung erzielt wurden, auf dem eigentlich erst seit Erscheinen der ferngelenkten Geschosse und der Erschliessung des Weltraumes intensive Bemühungen unternommen wurden, die hierbei auftretenden Phänomene zu beschreiben. Gegenstand dieser Forschungsarbeiten ist die Untersuchung des Verhaltens des Zieles beim Aufschlag eines Meteors oder eines Geschosses mit Höchstgeschwindigkeit. Die jüngste Entwicklung von Höchstgeschwindigkeits-Geschossen und Explosiv-Vorrichtungen hat es ermöglicht, Geschossen eine Beschleunigung auf Geschwindigkeiten von mehr als 15 km/sek zu verleihen. Gleichzeitig sind die Röntgen- und Kurzzeitmethoden in den letzten Jahren so verfeinert worden, dass die bei höchsten Geschwindigkeiten auftretenden Phänomene beobachtet werden können. Diese neuen Entwicklungen ermöglichen nun eine unmittelbare und genaue Untersuchung der bei Höchstgeschwindigkeiten auftretenden Kraterbildung, und, was noch bedeutender ist, es werden direkte Messungen verschiedener bisher unbekannter Beiwerte ermöglicht.

Die vorliegende Abhandlung lenkt die Aufmerksamkeit auf die Verwendung neuesten Röntgen- und Höchstgeschwindigkeits-Aufnahmegeräten bei der Untersuchung der bei Höchstgeschwindigkeiten auftretenden Kraterbildung und Material-Verformung.

## Abschnitt E

### E—1

#### Einige ungewöhnliche Methoden der Hochfrequenz-Photographie

J. S. COURTNEY-PRATT [197]

Mehrere neue Methoden der Hochfrequenz-Photographie werden beschrieben.

#### I. Teil: Hochfrequenz-Photographie mit Verwendung einer in einzelne Abschnitte zerlegten Linse

Eine Linse wurde in Abschnitte geteilt, Abstandsstücke wurden dazwischen eingesetzt und alle diese Teile wurden zu einer festen Vorrichtung zusammengesetzt. Diese Vorrichtung liefert eine Anzahl getrennter reeller Bilder des Gegenstandes. Diese Bilder können reihenfolgegemäss durch Drehung einer, nahe der Linsenvorrichtung befindlichen kleinen mit einer geeigneten Blendöffnung versehenen Scheibe ausgewählt und aufgenommen werden. Drei solcher Kameras wurden hergestellt und geprüft.

#### II. Teil: Hochfrequenz-Röntgenstrahl-Kinematographie

Bilderleger-Methoden sind in Betracht gezogen worden. Eine kleine Bilderlegerkamera mit Faseroptik ist hergestellt worden. Eine Reihenfolge von 10 Bildern mit einer Bildzahlgeschwindigkeit bis zu 10<sup>6</sup>/Sekunde bei sichtbarem Licht kann damit erzielt werden. Erwartungsgemäss könnte es auch für die Aufnahme von Reihenfolgen von Röntgenstrahlbildern mit ähnlichen Geschwindigkeiten Verwendung finden.

#### III. Teil: Ein magneto-optischer Verschluss mit Faseroptik

Dieser Verschluss bietet viele der Vorteile gewöhnlicher magneto-optischer Verschlüsse und vermeidet eine Anzahl ihrer Beschränkungen. Die Induktivität sollte sehr klein sein und Belichtungszeiten im Bereich von Millimikrosekunden sollten erzielbar sein.

#### IV. Teil: Linsenraster-Vielfach-Schattenbildaufnahmen

## Spezielle-Verfahren

Eine neue Vorrichtung, bei der die Bildzerlegungs-Grundsätze und Funkenbeleuchtung verwendet werden, wurde hergestellt. Es kann eine Reihenfolge von 12 Schattenbildaufnahmen von je einer Belichtungsdauer von weniger als einer Mikrosekunde bei zeitlichen Abständen zwischen hintereinanderfolgenden Bildern von einigen Sekunden bis 2 Mikrosekunden wünschensgemäss erzielt werden. Ein Auflösungsvermögen von 600 Linien über das Feld in beiden Richtungen ist erzielbar. Ein gleichwertiges System mit Linsenrasterfilm gestattet kleine Bilder mit einem Auflösungsvermögen von 25 Linien/mm aufzunehmen. Mehrere Methoden für die Auflösung der komplexen Aufnahmen werden beschrieben.

#### V. Teil: Eine verbesserte Nipkowscheibe-Linsenraster-Kamera

Diese Kamera mit Bildzerlegung und Blendenloch-Abtastung kann eine Reihenfolge von ungefähr 300 Bildern mit einer Bildzahlgeschwindigkeit bis 10<sup>6</sup>/Sekunde bei einer Auflösung

von über 550 Linien über das Feld (und zwar in jeder Richtung) bewirken. Es eignet sich besonders für Vergrößerungen von 1:∞ bis 1:4.

#### VI. Teil: Einige photographische Anwendungsmöglichkeiten für optische Maser

Durch die ausserordentliche Helligkeit des brennpunktscharfen Maser-Strahles ist eine ideale Lichtquelle für Hochvergrößerungs-Mikrographie bei kurzer Belichtung, für Schattenrissaufnahmen und auch für Schlierenlichtbilder geschaffen worden. Die Monochromasie des Strahles verleiht der Maser-Lichtquelle weiterhin ausserordentliche Bedeutung für interferometrische Untersuchungen. An Hand von Aufnahmen werden einige Anwendungsmöglichkeiten der Maser-Lichtquelle vorgeführt.

#### VII. Teil: Photographie mit der Bildwandleröhre

A. *Neus Linsenraster* zur Verwendung mit Bildwandleröhren wurden hergestellt. In gewissen Fällen können diese hellere zerlegte Bilder geben als bisher möglich war.

B. *Faseroptik-Fenster* werden beschrieben. Mit einem Faseroptik-Fenster kann ein grosser Teil des Lichtes von einem Leuchtschirm auf eine photographische Emulsion übertragen werden. Es ist kennzeichnend, dass 10 bis 100-mal mehr Licht die photographische Emulsion erreicht als wenn Linse und Film verwendet werden. Faseroptik-Fenster können bei elektronischen Mikroskopen, bei Kathodenröhren und besonders bei Bildwandleröhren Verwendung finden. Sie würden Aufnahmen bei geringerem Lichtpegel oder mit kürzeren Belichtungszeiten ermöglichen. Das wichtigste Merkmal ist, wahrscheinlich, dass eine Bildwandleröhre mit einem Faseroptik-Fenster als ein Bildverstärker wirken kann. Röhren mit Faseroptik-Fenstern an beiden Enden können stufenweise zusammengeschaltet werden um jede gewünschte Verstärkung zu erzielen.

C. Ein *Gitter-Verschluss* wird vorgeschlagen. Die Herstellung eines einfachen elektronischen Verschlusses der im Millimikronsekundenbereich oder möglicherweise mit noch kürzeren Zeiten ohne übermässigen Lichtverlust arbeitet wird anscheinend dadurch ermöglicht.

D. *Zwei in der Bildebene angeordnete Bildwandleröhren-Verschlüsse* werden vorgeschlagen. Diese Bildwandleröhren sind den in der Bildebene angeordneten Verschlüssen mit rotierendem Spiegel ähnlich.

E. *Ein neuer Bildverstärker* der eine einfache Bildwandleröhre verwendet wird vorgeschlagen. Durch Anwendung der Faseroptik wird das Bild nach einem Durchgang durch die Röhre wiederum auf einen Teil der Kathode angelegt und eine zweite Verstärkungsstufe bewirkt. Der Vorgang kann wiederholt werden um jede erwünschte Verstärkung zu erzielen.

#### E—2

#### Eine Methode der Kontrastverbesserung beim Kopieren zerlegter Bilder

J. W. McLAUGHLIN [227]

Eine Methode der Kontrastverbesserung beim Kopieren zerlegter Bilder wurde angegeben. Ein optischer Vernier wird während der Kopierbelichtung verwendet um die schmalen Bildelemente über die zwischenliegenden Emulsionsstreifen um einen Betrag streichen zu lassen, der gerade etwas kleiner ist als der Abstand korrespondierender Punkte der Linienelemente. Dies arbeitet der Kontrastverminderung durch das Licht entgegen, das sonst durch die relativ grossen Flächen unbelichteter Emulsion gehen würde.

#### E—3

#### Neue Entwicklungen im Courtney-Pratt-Hochgeschwindigkeitskamera

M. B. PRUDENCE [231]

Dieser kurze Beitrag beschreibt einige im Courtney-Pratt-Kamera gemachten Verbesserungen und bespricht die Vorteile eines alternativen optischen Systems.

#### E—4

#### Eigenschaften und Anwendungsprinzipien von Linsenplatten in der Hochgeschwindigkeits-Photographie

B. T. IVANOV [234]

In der Zeit seit dem IV. Internationalen Kongress über Hochgeschwindigkeits-Photographie hat das Wissenschaftliche Kinematographie-Forschungsinstitut der Sowjetunion weitere Untersuchungen der optischen Eigenschaften von lenticulären Platten verschiedener Parameter, die für Zwecke der Hochgeschwindigkeits-Photographie dienen, durchgeführt und hat versucht ihre Erzeugungstechnik zu vervollkommen.

Bei der üblichen Anordnung ergibt das photographische Objektiv ein Bild des zu photographierenden Objekts in der Ebene der lenticulären Platte. Jedes Linschen der ganzen Gruppe bildet die Blendenöffnung des photographischen Objektivs in der Brennebene der Linsenplatte ab und formt in dieser Ebene ein in Bildelemente zerteiltes Bild des zu photographierenden Objekts.

Es wurden für jeden praktisch vorkommenden Fall die Formeln für die Bestimmung des Durchmessers des Bildelements festgelegt, wobei auf Abweichungen, Diffraktionserscheinungen, Lichtstreuung in photographischen Schichten usw. Rücksicht genommen wurde.

Wenn die Lage der photographischen Platte während der Belichtungszeit gegenüber der der Linsenplatte verändert wurde, wird die ganze Platte mit Teilbildern von aufeinander folgenden Phasen des Vorganges bedeckt sein. Linsenplatten verschiedener Bauart und verschiedener Eigenschaften lassen sich für Zwecke der Hochgeschwindigkeits-Photographie verwenden und haben diese Verwendung in der Sowjetunion auch vielfach gefunden. Um die optische Leistungsfähigkeit, (d.h. die Anzahl von Bildern) der Bilderteilungsanlage zu erhöhen, muss die Gruppe der Linschen gegenüber der photographischen Platte in einem bestimmten Winkel gedreht werden. Der die beste optische Leistung ergebende Rotationswinkel der Linsenplatte, die Länge der Spur des Bildelements und die optische Leistung wurden für alle praktisch vorkommenden Fälle ermittelt. Der Abstand der Linsenmittelpunkte von einander kann erhöht werden um die Anzahl der Aufnahmen zu vergrössern. Um jedoch das ursprüngliche Auflösungsvermögen des Apparats beizubehalten ist es nötig, die Abmessungen der Linsenplatte im gleichen Verhältnis wie die Abstände der Linschen von einander zu vergrössern.

Die Anwendung der Linsenplatte beim Photographieren von Hochgeschwindigkeits-Vorgängen ermöglicht es auch Farbenphotographien zu erzielen, die nach einer Anzahl verschiedener Methoden gemacht werden können. Manchmal ergibt sich die Notwendigkeit Stereobilder anzufertigen, um Hochgeschwindigkeits-Vorgänge besser untersuchen zu können. Kameras mit lenticulären Bildzerlegungsplatten lassen sich leicht so einrichten, dass sie Stereoaufnahmen liefern. Stereo-Bildpaare einer jeden Phase des Vorganges lassen sich dadurch erzielen, dass man die zusammengesetzte Aufnahme aufschlüsselt und diese Paare lassen sich dann nach jeder üblichen Methode stereoskopisch beobachten. Gegenwärtig sind Kameras mit Linsenplatten zur Aufnahme von Hochgeschwindigkeits-Vorgängen in der Sowjetunion in Verwendung, welche Geschwindigkeiten bis zu 100 Millionen Aufnahmen/Sek aufweisen.

#### E—5

#### Gruppenanordnungen von hexagonalen Linschen

S. P. IVANOV und L. V. AKIMAKINA [235]

Bei dem im Jahre 1958 in Köln abgehaltenen IV. Internationalen Kongress für Hochgeschwindigkeits-Photographie wurde über eine neue Methode zur Herstellung von Linsenplatten berichtet, die in der Sowjetunion im Jahre 1948 ausgearbeitet wurde.

Seit 1958 haben die Verfasser dieses Berichts im Wissenschaftlichen Kinematographie-Forschungsinstitut der Sowjetunion eine neue Methode gefunden, durch die es möglich ist, mit Hilfe einer rotierenden Blende Linsenplatten herzustellen, deren Brennweiten innerhalb weiter Grenzen liegen können.

Messungen an Probestücken, die nach der neuen Methode hergestellt wurden, zeigen, dass ihr Auflösungsvermögen bei grosser relativer Öffnung steigt.

Zum Beispiel ist das Auflösungsvermögen:

$$R = 130 \text{ Linien/mm bei } \frac{2a}{F} = 1:10$$

$$R = 350 \text{ Linien/mm bei } \frac{2a}{F} = 1:3,4$$

$$R = 530 \text{ Linien/mm bei } \frac{2a}{F} = 1:2,3$$

Hierbei bedeutet 2a den Durchmesser jedes einzelnen Linschens und F ist seine Brennweite.

Die Leistungsfähigkeit der Linsenplatten ergibt sich aus der Gleichung  $E = t_2 R_2$  und kann, gemäss den oben angegebenen Ziffern, bis zu 7 000 oder 9 000 Bilder betragen.

E bedeutet hier die Leistungsfähigkeit der Linsenplatte und ist die Anzahl von Einzelbildern, die hinter einer Linsenplatte ohne doppelte Belichtung aufgenommen werden können. Der Zentrumsabstand der Linschen von einander ist t. R bezeichnet das Auflösungsvermögen.

Zur Zeit werden in der Sowjetunion Hexagonal-Linsenplatten folgender Charakteristiken hergestellt:

Charakteristiken	Zentrumsabstand t der Linschen bei Hexagonalanordnung	
	0,70 mm	0,44 mm
Zulässige Abweichung im Zentrumsabstand der Linschen(mm)	0,010	0,005
Linsendurchmesser 2a (u)	500	350
Relative Öffnung 2a/F	bis f/3	bis f/3
Brennweite F (mm)	1,5	0,8
Visuelles Auflösungsvermögen R der Linschen (Linien/mm)	bis zu 500	bis zu 500
Stabilität der Brennweite für Platten von 9x12 cm bis 60x60 cm	2 bis 5% F	2 bis 5% F
Glasdicke (mm)	3-5	2-3

Durch den Gebrauch von Linsenplatten als Stereo-Gitter ist es möglich, die Helligkeit der Bilder, gegenüber den mit einfachen Schlitzern erzielten, auf das Mehrhundertfache zu steigern. In der Photographie erlauben sie die Verwendung von Linsen geringer Lichtstärken.

Die Hochgeschwindigkeits-Bildzerlegungs-Kinematographie ist nicht der alleinige Verwendungszweck für Hexagonal-Linsenplatten. Vollbild-Stereophotographie, das Photographieren von Objekten in Bewegung, stereoskopisches Farbenfernsehen und Vervielfältigung sind andere Gebiete, auf denen Hexagonal-Linsenplatten mit Erfolg angewendet werden können.

#### E—6

#### Eine dauernd aufnahmebereite Universal-Bildzerlegungskamera für Hochgeschwindigkeits-Photographie

S. M. PROVORNOV, O. F. GREBENNIKOV, V. P. GUSEV und S. M. PERTSEV [236]

Das Leningrader Institut kinematographischer Ingenieure hat seit mehreren Jahren theoretische und praktische Untersuchungen von Bildzerlegungsgeräten für Hochgeschwindigkeits-Photographie durchgeführt. Wie beim IV. Internationalen Kongress für Hochgeschwindigkeits-

Photographie berichtet wurde, hat das Institut im Jahre 1958 eine Bildzerlegungskamera mit Linienplatte ausgearbeitet, die bei recht gutem optischem Auflösungsvermögen eine Bildgeschwindigkeit bis zu 100 Millionen Aufnahmen/Sek. aufweist.

Diese Kamera war ursprünglich für das Photographieren selbstleuchtender Vorgänge, wie z.B. von Blitzröhren, gedacht. Die Synchronisierung erfolgte dadurch, dass von der Kamera aus ein auslösender Impuls zu dem zu photographierenden Objekt gesandt wurde. Die Dauer des Photographierens war durch die Emissionszeit der Röhre begrenzt. Gewisse Vorgänge lassen sich jedoch nicht dadurch regeln, dass ein auslösender Impuls von der Kamera ausgeht (wie beispielsweise die Aufnahme der Lichtbogenbildung, wenn ein starker Strom abgeschaltet wird). Vorgänge dieser Art können nur mit Kameras aufgenommen werden, die zu jeder Zeit photographieren können, also Kameras mit dauernder Aufnahmebereitschaft.

Besonders günstig für eine stets bereite Bildzerlegungskamera wäre eine gleichmäßig rotierende scheibenförmige Linienplatte, bei welcher die Linien entlang einer archimedischen Spirale angeordnet sind. Linienplatten dieser Art werden gegenwärtig nicht hergestellt. Die Verfasser haben einen Entwurf für eine stets bereite Bildzerlegungskamera vorgeschlagen, bei welcher übliche Linienplatten einer Linienanordnung entlang parallelen Achsen verwendet werden können.

Im Jahre 1959 entwickelte dieses Institut die dauernd bereite Bildzerlegungskamera Typ PKC-2 (RKS-2). Die Bildreihe wird auf einer von zwei vorhandenen photographischen Platten im Format von 130 × 180 mm aufgenommen. Vor jeder dieser Platten ist eine Linienplatte, welcher durch eine besondere Kurvenscheibe eine hin- und hergehende Bewegung gegeben wird. Während die eine Linienplatte sich mit gleichmässiger Geschwindigkeit vor ihrer zugehörigen photographischen Platte bewegt, verlangsamt sich die zweite Platte, bleibt stehen und beginnt sich dann in entgegengesetzter Richtung zu bewegen.

Der Lichtfluss wird mittels eines Spiegelverschlusses zu der Zerlegungsplatte geleitet, welche sich im gegebenen Moment mit gleichmässiger Geschwindigkeit bewegt. Die Zeit für das Aufnehmen selbstleuchtender Objekte wird durch einen elektromagnetischen Verschluss begrenzt, der von dem zu photographierenden Objekt einen ihn auslösenden Impuls bekommt. Bei Objekten, die nicht selbstleuchtend sind, wird die Belichtungszeit durch die Dauer der Helligkeit der Leuchtröhre beschränkt. Die Betätigung des Verschlusses oder der Impulsröhre wird von der Steuervorrichtung der Kamera mit dem zu photographierenden Objekt synchronisiert.

Die technischen Charakteristiken der Kamera Typ PKC-2 (RKS-2) sind wie folgt:

a) Die Bildgeschwindigkeit kann durch Geschwindigkeitsregelung der Vorrichtung für die Bewegung der Bildzerleilerplatten von 1000 bis

auf 100 000 Aufnahmen/Sek.  $^{-1}$  geändert werden.

b) Die Bildzerleilerplatten haben eine hexagonale Anordnung der Linien. Der Zentrumsabstand ist 0,7 mm. Diese Platten werden von dem Kinematographie-Forschungsinstitut der Sowjetunion in Moskau hergestellt.

c) Die optische Leistung der Kamera ist wenigstens 250 Photographien.

d) Die Aufnahmen werden in der Kamera selbst aufgeschlüsselt.

e) Die Kamera ist mit einem elektrischen Geschwindigkeitsmesser zum Messen der Bildgeschwindigkeit ausgestattet.

## E—7

### Das Kopieren unterexponierter Aufnahmen mittels "Optischer Kontraster"

MICHEL CLOUPEAU [240]

Die optischen Kontraster sind Apparate, die ganz besonders dazu bestimmt sind, das Betrachten oder Kopieren stark unterexponierter photographischer Filme oder Platten zu ermöglichen. Das Prinzip dieser speziellen photographischen Vergrößerungsapparate besteht darin, dass man das Licht mehrmals durch den Film durchgehen lässt, so dass der Kontrast ungefähr mit der Anzahl der Durchgänge multipliziert wird.

Beim Kontraster Typ A wird der Film zwischen zwei, in einem kleinen Winkel zu einander angeordnete, halbretektierende dünne Platten gebracht und durch paralleles Licht beleuchtet; das austretende Licht besteht aus Strahlenbündeln, die den Film, je nach dem, einmal, dreimal, fünfmal oder öfter passiert haben. Ihre Richtungen sind etwas von einander verschieden, wodurch es möglich ist ein beliebiges Strahlenbündel auszuwählen. Beim Kontraster Typ B wird das Filmbild mittels einer Objektiv-Spiegelanordnung auf sich selbst wiedergeformt. Verschiedene Kopieversuche zeigen die Wirksamkeit dieser Apparate, die die Hoffnung zulassen, dass die Leistung der Kameras systematisch gesteigert und die Verwendung zufällig unterexponierter Negative ermöglicht werden wird.

## E—8

### Ein Kurzzeit-Jalousie-Verschluss

J. KÜHNE [245]

## E—9

### Kurzzeitphotographie im Ultravioletten zur Ausfilterung störenden Eigenleuchtens

R. WAYNE ANDERSON [246]

Bei den meisten selbstleuchtenden, schnellverlaufenden Vorgängen, wie Lichtbogenschweiss-

ung, Plasma-Untersuchungen und Verbrennung fester Brennstoffe, werden wichtige Einzelheiten des Vorganges durch die Intensität des Eigenleuchtens verdeckt. Zur Vermeidung dieser unerwünschten Überbelichtung wurde ein Verfahren zur Kurzzeitphotographie im nahen UV unter Ausfilterung des sichtbaren Teiles des Spektrums ausgearbeitet. In den Fällen, in denen nicht genügend UV-Licht durch den Vorgang selbst erzeugt wird, können durch zusätzliche UV-Beleuchtung genügend kurze Belichtungszeiten erreicht werden. Diese Verfahren wurden auch angewandt um durch Flammen hindurchzusehen und ausreichende Kontraste zwischen glühenden Materialien in Hochtemperatur-Öfen zu erzielen.

## E—10

### Die Anwendung der Hochgeschwindigkeits-Photographie und photoelastischer Überzüge zur Bestimmung dynamischer Spannungen

C. A. COLE, JR., JOHN F. QUINLAN und FELIX ZANDMAN [250]

Hochgeschwindigkeits-Photographie und Photoelastizität wurden bereits vielfach dazu gebraucht dynamische Spannungen in transparenten Kunststoffmodellen zu bestimmen, die Stößen, Vibrationen usw. ausgesetzt wurden. Die jüngste Ausarbeitung einer Beschichtungsmethode mit photoelastischen Stoffen hat der Untersuchung von dynamischen Spannungserscheinungen in undurchsichtigen Bauteilen neue Gebiete eröffnet. Der Teil wird mit einer photoelastischen Kunststoffschicht überzogen und statisch oder dynamisch belastet. Die Spannungen werden von der Oberfläche des Teiles zur Kunststoffschicht weitergeleitet. Das Interferenzbild, welches man erhält sobald man den Kunststoff mit polarisiertem Licht beleuchtet, wird nach bekannten photoelastischen Methoden ausgewertet. Das Interferenzbild wird mittels einer Kamera aufgenommen, deren Bildfrequenz als Funktion der Geschwindigkeit der dynamischen Spannungserscheinungen gewählt wurde.

Der Artikel beschreibt Farb- und Schwarz-Weiss-Photographie im reflektierten Licht, ausgeführt mit einer Bildreihenkamera für eine Frequenz von 48.000 bis 1.200.000 Aufnahmen/s unter Benützung von Argon-Blitzbomben oder Elektronenblitz. Es wird das Photographieren von Materialien, die mit photoelastischem Kunststoff beschichtet wurden, hervorgehoben. Es wird auch die dynamische Spannungsverteilung infolge Wellenfortpflanzung untersucht. Weiters wird der Einfluss der Kunststoffdicke und die Verzögerung erörtert, die auf die Differenz des Elastizitätsmoduls und die Dichte des Kunststoffs verglichen mit dem Grundmaterial zurückzuführen ist. Es wird versucht von den beobachteten photoelastischen Interferenzbildern quantitative Daten abzuleiten.

## Abschnitt F Stereoskopische, spektroskopische und mikroskopische Untersuchungen

### F—1

#### Eine Stereo-Hochgeschwindigkeits-Bildreihenkeramemethode zur Untersuchung des Zusammenschlagens von Hohlladungseinlagen

BRADLEY O. REESE [265]

Für die Untersuchungen wurde eine Beckman and Whitley Bildreihenkamera Modell 189 mit einer Bildgeschwindigkeit von 600.000 Aufnahmen/s verwendet. Eine aussen angebrachte stereoskopische Spiegelanordnung entwirft Paare von Stereobildern auf der Filmfläche. Die

Hohlladungseinlage ist plattiert und mit Markierungen versehen. Sie schießt durch einen 45° Spiegel in ein Zielmaterial und liefert daher gleichzeitig Leistungsdaten. Da die wirksame Verschlussgeschwindigkeit  $\frac{1}{4}$  Mikrosekunde und die wirksame Öffnung 1:14,5 ist, benötigt man die intensive Beleuchtung eines Argon-Sprengstoffflashes. Um angemessene Belichtungen zu erzielen, werden die photographischen Materialien bis zu ihrer Leistungsgrenze beansprucht. Um an den Vergrößerungen der erzielten Bilder genaue Messungen vornehmen zu können, wird grosse Schärfe und geringster Schleier benötigt.

Die Bildreihen eignen sich sehr gut zur Beobachtung mit einem Stereo-Schaugerät, um Einzelheiten der Wirkung zu betrachten. Genaue Messungen für Geschwindigkeitsprofile werden nach Querschnittsdiagrammen gemacht, die auf einem geometrischen Zeichengerät rekonstruiert werden. Diese Vorrichtung wirt, das Filmbild auf einen Messschirm; durch Einstellen von Fadenkreuzen auf korrespondierende Punkte wird ein Punkt im Raum mit einer Normalabweichung von 0,08 mm festgelegt. Die so erhaltenen Geschwindigkeiten der Hohlladungseinlage wird dann benützt, um die Strahlbildung in der Hohlladung zu analysieren.

## F—2

**Hochgeschwindigkeits-Stereo-Photographie**

V. V. GARNOV und A. S. DUBOVIK [269]

Durch Anbringen eines Stereo-Betrachtungs-Periskops an eine Reihenbildkamera des Typs CöP (SFR) mit rotierendem Spiegel ist es möglich, eine Bildreihe von Stereopaaren voller Bildgröße mit einer Geschwindigkeit bis zu 1 250 000 Paaren/Sek. aufzunehmen. Da die Stereopaare gleichzeitig aufgenommen werden ist es möglich, mit Hilfe eines Stereometers die genauen Beziehungen eines Vorganges hinsichtlich Raum und Zeit festzustellen. Auch ist eine stereoskopische Kinovorführung möglich. Es wurden Untersuchungen der ersten Phasen von Sprengstoffexplosionen gemacht.

## F—3

**Entwurf und Anwendung eines Hochgeschwindigkeitsspektrochronographen**

DONALD BAKER MOORE und JOHN K.

CROSBY [273]

Es wird der Entwurf und der Bau eines Spektrochronographen mit einer Zeitauflösung von 0,02 Mikrosekunden und einer optischen Auflösung von 3 Å beschrieben. Das Instrument wurde von der Beckman and Whitley Corp. für die Poulter Laboratories des Stanford Research Institute zur Verwendung bei der Untersuchung von Sprengstofferscheinungen gebaut. Das Instrument wird unter Verwendung einer Wolframbandlampe geeicht.

Zu dieser Eichung gehört auch eine Untersuchung des Intermitzenzeffekts bei Belichtungszeiten um 0,02 Mikrosekunden. Es werden Beispiele für die Anwendung des Geräts zum Messen hoher Temperaturen gegeben, die von Sprengstoffen erzeugt werden. Die Abbildungen zeigen Temperaturmessungen an Detonationsfronten in Sprengstoffen und explosiv angeregten Stosswellen in Luft und Argon. Auch sind Untersuchungen enthalten über den Macheffekt, der durch konvergierende gewöhnliche Detonationsfronten, explodierende Brückendrähte und Hochenergie-Funken sowie durch Lichtbogenentladungen entstand.

## F—4

**Instrumente für Hochgeschwindigkeitspektroskopie**

FRANCIS D. HARRINGTON [277]

Die Gruppe für Radiometrie I der optischen Abteilung des U.S. Naval Research Laboratory hat sich seit einer Reihe von Jahren mit der Erforschung von schnell sich abspielenden Erscheinungen befasst. Der Grossteil der Arbeiten gehörte zu einem Projekt, das vom Los Alamos Scientific Laboratory der University of California angeregt und unterstützt wurde. Die spektroskopischen Probleme dieser Arbeiten erforderten die Ausbildung vieler ungewöhnlicher dynamischer Hochgeschwindigkeits-Spektrogra-

phen mit sehr verschiedenen Auflösungsstärken für Zeit und Wellenlänge und für verschiedene Spektralbereiche. Es gibt drei Haupttypen von zeitauflösenden Spektrographen: 1) kinematographische; 2) mit rotierender Trommel; 3) mit rotierendem Spiegel.

Es wurden zwei Apparate der kinematographischen Art entwickelt: der "Cine" Hochgeschwindigkeits-Prismenspektrograph 1:6,6 gibt 4000 Aufnahmen/s von Spektren mit geringer Auflösung für die ultravioletten und sichtbaren Gebiete; der NIGS Gitterspektrograph 1:2,8, eine Abänderung des Cine ist dazu bestimmt Streak-Aufnahmen von Spektrogrammen mit geringer Auflösung im sichtbaren Bereich aufzunehmen. Die grösste Zeitauflösung des letzteren Instruments ist 1,0 Mikrosekunde. Der Hochgeschwindigkeits-Ultraviolet-Spektrograph MK 55 ist ein Apparat mit rotierender Trommel für mittlere spektrale Auflösung und eine Zeitauflösung von 0,1 Mikrosekunden. Es wurde von der University of Rochester für NRE entworfen und gebaut. Die beiden folgenden Apparate, der 1:6,6 Nr. 102 Prismenschlieren- und der 1:7,5 N9GS Gitterspektrograph besitzen rotierende Spiegel. Der 102 ist ein Gerät mit geringer Auflösung im ultravioletten und sichtbaren Bereich; und der N9GS ist ein Spektrograph mit sehr hohen Auflösung im sichtbaren Bereich. Beide dieser Spektrographen haben eine maximale Zeitauflösung von 0,01 Mikrosekunden.

## F—5

**Untersuchungen elektrisch explodierter Metallschichten und -Drähte durch Hochgeschwindigkeitsphotographie**

L. ZERNOW, G. WOFFINDEN und F. WRIGHT, JR. [283]

Die jüngsten Arbeiten betreffend die Kine-Mikroskopie elektrisch explodierter Drähte betreffen die Untersuchung der Einwirkung von Verunreinigungen im Draht auf das beobachtete Verhalten beim Explodieren desselben. Die Erscheinung der Blasenbildung das zur Bildung von Transvers-Schlieren führt wurde durch das Vorhandensein einer kleinen Menge von Thoriumoxyd im Wolframdraht bedeutend herabgesetzt. Dieser Effekt wird durch kinemikroskopische Beobachtungen mit der Hochgeschwindigkeits-Bildreihenkamera bei 25facher Vergrößerung veranschaulicht.

Das Verhalten einer elektrischen Entladung durch eine dünne Metallschicht lässt sich sowohl durch elektrische Registrierung wie durch photographische Beobachtung mit einer Hochgeschwindigkeits-Bildreihenkamera verfolgen. Es wurden zwei Typen optischer Phänomene beobachtet. Das erste spielt sich schnell ab und fällt mit einem anfänglichen Stromimpuls zusammen, der mit dem Leitungsvorgang durch die Schicht zu tun haben mag. Die zweite Erscheinung, ein Oberflächenphänomen, ergibt einen zweiten Stromimpuls sobald die Spannung über die Elektroden einen kritischen Wert übersteigt. Diese Erscheinungen werden durch typische Beobachtungen illustriert und Erklärungen angedeutet.

## F—6

**Hochgeschwindigkeits-Kinematographie mikroskopischer Phasenänderungen**

J. E. BENJAMIN und J. W. WESTWATER

[290]

Die Absicht, das Wachstum mikroskopischer Bläschen während des nuklearen Kochens studieren zu können, führte zum Gebrauch der Hochgeschwindigkeits-Photographie. Durch Ausbildung der Methoden zur Erzielung genügender Beleuchtung für die Photographie mit hoher Geschwindigkeit und starker Vergrößerung—dabei mit möglichst geringer Vibration der Geräte—führte zu dem gegenwärtigen Apparat. Es wurden auf einem 16 mm Negativ brauchbare kinematographische Bilder mit 6000 Aufnahmen/s und einer 66fachen Bildvergrößerung erzielt.

Man benützte eine Wollensak Fastax WF-15 Kamera mit Goose Regler und einem 1000 Hertz Signalgenerator. Die Kamera photographierte durch ein metallographisches Mikroskop, das horizontal angeordnet war, und wurde durch ein dünnes Glasfenster in der Versuchszelle gerichtet. Die Vergrößerung auf dem Film zwischen 3fach und 66fach wurde dadurch geändert, dass man sowohl Okulare und Objektive wie auch die Entfernung zwischen Mikroskop und Kamera änderte. Die Lichtbogenbeleuchtung kam von 10 mm Dochtkohlen mit Seelen aus seltenen Erden, die mit 30 A arbeiteten. Die ganze Apparatur wurde auf in Beton eingebetteten Eisenbahnschienen aufmontiert. Die Einrichtung ist äusserst wichtig für Phänomene die sich rasch abspielen und vom mikroskopischen Standpunkt aus interessant sind. Sie wird jetzt dazu verwendet, die tropfenweise Kondensation, Bläschenentstehung während der Elektrolyse, sowie aus in Flüssigkeiten gelösten Gasen, das Schmelzen von festen Körpern und das Frieren von Flüssigkeiten zu studieren.

## F—7

**Photographische Hochgeschwindigkeitsaufnahme verschiedener Daten bei starker Vergrößerung**

B. H. AMSTEAD [293]

Dieser Artikel beschreibt eine Methode, nach der zwei oder mehrere physisch verschiedene Arten von Daten gleichzeitig und gemeinsam auf einem einzigen Filmstreifen mit einer Bildfrequenz von über 4.000 Aufnahmen/s aufgenommen werden können. Das physische Bild des zu photographierenden Objekts wird auf dem Film nach den in der Hochgeschwindigkeitskinematographie üblichen Methoden aufgenommen; zusätzlich zu diesem Bild wird jedoch noch eine zweite physikalische Eigenschaft der Objektanlage als beweglicher Lichtpunkt auf dem Film registriert. Dieser Lichtpunkt bewegt sich nach Weisungen, die er von einem verstärkten elektronischen Zeichen erhält, das von einem Spannungsmesser, einem piezoelektrischen Kristall oder von einem ähnlichen Gerät hoher Reaktionsgeschwindigkeit gegeben wird. Nach dieser Methode lassen sich wenigstens zwei Arten von Angaben für eine kurze Zeitperiode mit einer Geschwindigkeit von über 3.000 mal/s aufnehmen.

## Abschnitt G

## G—1

**Eine f/1-Streifenkamera für Funkenuntersuchungen im ultravioletten und sichtbaren Lichtbereich**

J. DYSON, R. F. HEMMINGS und R. T. WATERS [297]

Eine Streifenkamera mit Rotationspiegel und mit einer 0,015 in. (0,038 cm)/ $\mu$ Sek. Schreib-

geschwindigkeit, einer f/1 Objektivöffnung und einer sphärischen Reflexionsoptik (mit Ausnahme eines Fensters aus geschmolzenem Quarz) ist konstruiert worden. Die Kamera, die nicht nur im ultravioletten, sondern auch im sichtbaren Lichtbereich brauchbar ist, hat einen rotierenden Spiegel, der durch eine elektrischen Motor von 1500 U.p.M. angetrieben ist. Eine Technik, die es ermöglicht, den Film der erforderlichen sphärischen Brennpunktfläche entsprechend

abzuformen, wurde entwickelt.

Die Kamera wird angewandt um die Verlaufsgeschwindigkeit des Durchschlags und die Struktur der 2-m Luftspalten bei Hochspannungsentladungen, hauptsächlich die der leuchtenden Schlussphase des Bogens vorangehende Vorgänge die eine niedrige Leuchtkraft besitzen und die mit grösster Geschwindigkeit vor sich gehen, zu untersuchen. Diese letztgenannte Bogenphase muss unterdrückt werden um eine starke Ver-

## Streak-Kameras

schleierung der Aufnahme zu vermeiden. Die Technik, die es ermöglicht Bezugspunkte auf dem Bilde zu überlagern um die Zeit- und Spaltachse, sowie Funkenlage im Raum und Schreibgeschwindigkeit zu bestimmen, wird beschrieben. Aufnahmen zeigen das Auftreten der Fadenkorona, das Anwachsen der Glimmentladung bei Schnelligkeiten die mehr als  $10^8$  cm/Sek. betragen und den diskontinuierlichen Stufenablauf des Leitfunken.

## G—2

### Neue Streak-Kameras des National Research Council

E. H. DUDGEON [303]

Der National Research Council hat zwei neue Streak-Kameras entwickelt, um verschiedene Hochgeschwindigkeits-Phänomene in Gasen zu untersuchen. Beim Entwurf beider Kameras wurde besonderes Gewicht auf einfachen Bau gelegt, ohne die Leistung oder die Einfachheit der Bedienung zu beeinträchtigen. Beide Kameras können ohne den Gebrauch von Werkzeugmaschinen oder Prüfgeräten besonders hoher Präzision hergestellt werden. Um Hochgeschwindigkeits-Phänomene zu fotografieren, wurde eine Kamera mit rotierendem Spiegel gebaut. Dieser Spiegel ist auf hydrostatischen Luftlagern gelagert und wird durch eine Radialfluss-Luftturbine angetrieben, um jede Verschmutzung des Films oder des Spiegels durch Ölnebel zu vermeiden.

Die Kamera kann bei Tageslicht geladen und in jeder Lage betrieben werden. Die maximale Aufnahmegeschwindigkeit ist 5 mm/Mikrosekunde. Das derzeit benutzte Linsensystem hat eine wirksame Öffnung von 1:14. Es wurde eine elektronische Messung und Regelung der Geschwindigkeit eingebaut, um den Vorgang auszulösen, sobald der Spiegel in der zur Aufnahme geeigneten Stellung ist. Für Zwecke, wo eine geringere Geschwindigkeit genügt oder eine Synchronisierung mit dem Ereignis unmöglich ist, wurde eine Kamera entwickelt, die kompakt gebaut ist und eine luftgelagerte rotierende Trommel besitzt.

## G—3

### Die verbesserte 1:10 Schlitzkamera: ein vielseitiges Modell für Explosionsforschungen

BERLYN BRIXNER [309]

Die früher beschriebene 1:10 Schlitzkamera wurde mit einer Anzahl verbesserter Zubehörteile versehen, um sie verschiedenen Problemen der Explosionsforschung anzupassen. Für den Gebrauch der Kamera mit austauschbaren Objektiven sind folgende Zubehörteile vorgesehen: Kamera- und Linsenfassungen, austauschbare Linsen, eine fern gesteuerte Scharstellung, Spalthalter- und Feldlinsenfassungen und Sucher.

## Abschnitt H

## H—1

### Die Anwendung der Mehrfachfunkenkamera bei der Untersuchung von Vorgängen, die eine hohe Gesamtinformation verlangen

H. SCHARVIN, Institut Franco-Allemand de Recherches, St.-Louis, Frankreich [329]

Das Prinzip der Mehrfachfunkenkamera besteht bekanntlich darin, dass man mithilfe von getrennten Beleuchtungsfunkentrecken eine rein optische Bildtrennung vornimmt, so dass jede mechanische Bewegung vermieden wird. Als Nachteile können gelten die auftretende Parallaxe bei räumlich zu tief ausgedehnten Objekten, die Notwendigkeit zusätzlicher Verkehrungen bei

Zubehörteile für die richtige relative Einstellung zwischen Objekt und Endbild sind ein Projektor für den beleuchteten Spalt, eine Justierung für die Astigmatismus-Ausgleichslinse, und ein Streifenbildsucher. Aus Sicherheitsgründen für den Fall einer Drehspiegelexplosion wurde eine Panzerplatte eingesetzt.

## G—4

### Ein rotierender Hochgeschwindigkeitspiegel mit grösserer dynamischer Resolution

WILLARD E. BUCK [318]

Ein neuer Drehspiegel mit Turbinenantrieb ermöglicht bessere dynamische Auflösung. Dies geschieht einerseits dadurch, dass die um den rotierenden Spiegel herum entstehenden Luftwirbel dadurch ausgeschaltet werden, dass man die Kamera evakuiert; andererseits durch Benützung eines Berylliumspiegels, der eine ausserordentlich geringe dynamische Verzerrung hat. Die evakuierte Kamera besitzt noch folgende weitere Vorteile: 1) Man kann Licht aus dem Vakuum-Ultraviolett verwenden und damit die Gesamthelligkeit erhöhen; 2) Der Spiegel kann mit Luft bis zu seiner Berstgeschwindigkeit betrieben werden, ohne dass Helium benötigt wird; 3) Die Vorrichtung für die Luftzufuhr wird so verkleinert, dass eine fast tragbare Anordnung möglich wird.

Zwecks einfacherer Bedienung hat die neue Konstruktion auch eine eingebaute Ölpumpe vorgesehen, die das Öl unter Druck umpumpt, das für die Lager und den Vakuumabschluss dient; ferner einen magnetischen pick up mit regelbarem Ausgang zum genauen Synchronisieren willkürlicher Vorgänge; schliesslich einen Vakuumabschluss zwischen Turbine und Spiegel zum Evakuieren der Kamera. Eine Querschnittszeichnung und die Betriebscharakteristiken werden angegeben.

## G—5

### Ablenkungskamera Modell 200 mit reflektierender Optik

THURE ANDERSON [319]

Es handelt sich um eine "bildbestreichende" Kamera mit reflektierenden Optiken um gewisse im Voraus gewählte Leistungscharakteristiken zu erzielen: 1) hohe Aufnahmegeschwindigkeit (30 bis 60 mm/ $\mu$ s); 2) relative Öffnung um eine Bilddichte zu erzielen, die bei vorhandenen Ablenkungskameras allgemein annehmbar ist; sie ist 1:8; 3) eine Resolution die zum dem gewöhnlich gebrauchten Film passt, nämlich 70 Linien/mm; 4) Nichtvorhandensein chromatischer Aberration, und 5) solide Kompaktheit. Es werden zwei grundlegende Entwürfe besprochen: der einer grundlegenden Kamera für unendlich oder fast unendlich, mit 3 reflektierenden Bestandteilen, einem Parabolspiegel-

selbstleuchtenden Vorgängen, und die beschränkte Gesamtbildzahl in der bisher üblichen Ausführungsform.

Mit einer neuen Anordnung, die die Nachteile des letzten Punktes behebt, soll sich die vorliegende Mitteilung beschäftigen. Die Anlage umfasst 5 Reihen a 10 Funkenstrecken. Der Film auf den zugehörigen 5 Trommeln ist 25 cm breit und 1 m lang, so dass bei 100 m/s Geschwindigkeit des Filmes bei einer Bildhöhe von 2 cm 2.500 Gesamtbilder maximal von einem Vorgang aufgenommen werden können, 5000 bei 1 cm Bildhöhe. Die Bildfrequenz kann auf 250000 B/s bei 2 cm Bildhöhe und auf 500000 B/s bei 1 cm Bildhöhe gesteigert werden. Damit ergibt sich eine ausserordentlich hohe Gesamtinformation.

objektiv abseits der Achse, einem flachen "diagonal"-Spiegel und dem rotierenden Spiegel. Die andere ist eine grundlegende Kamera mit äusserem unabhängigen Objektiv oder Teleskop für jede Distanz, die einen sphärischen, nicht in der Achse liegenden Spiegel mit zylindrisch korrigiertem Diagonal- und einem rotierenden Spiegel hat.

Es wird ein dreiseitiger rotierender Spiegel mit grossem Verhältnis zwischen Länge und Durchmesser verwendet, der entwerfsmässig eine Geschwindigkeit von 32.000 Umdrehungen/Sekunde maximal zulässt. Die stationären Spiegel haben das gleiche Formatverhältnis wie der Rotor, nämlich ungefähr 6:1. Der Körper der Kamera ist explosionsicher und leicht für Vakuumbetrieb einzurichten. Es wird 16 mm Film verwendet. Der Filmhalter weicht vom genauen Kreis ab um eine konstante optische Pfadlänge zu ermöglichen. Die Kamera registriert kontinuierlich und jede Seite nimmt 240 Grade mit einem Übergreifen das die Kontinuität mit der nachfolgenden Seite erlaubt, so dass eine Synchronisierung mit dem aufgenommenen Vorgang überflüssig ist.

## G—6

### Methoden für die Schmier-Kamera

T. P. LIDDIARD, JR., und B. E. DRIMMER [322]

Verschiedene Arbeitsmethoden sind ausgearbeitet worden, welche die Verwendbarkeit der Ablenkungs-"Schmier"-Kamera bedeutend erhöhen. Bei ungenügender Eigenluminosität werden verschiedene Mittel angewendet um das Licht zu verstärken, wie z.B. Zellophan-Klebestreifen auf Sprengstoff-Oberflächen, Luft- oder Argonspalten usw. Wenn notwendig wird äusseres Licht durch explodierende Drähte, Sprengstoff-Blitzlampen usw. verwendet. Die scharfe Veränderung in der Intensität des von der Oberfläche undurchsichtbarer Stoffe reflektierten Lichts wird benützt um das Eintreffen der Stosswellen an ihrer Oberfläche zu registrieren. Wenn die Reflexivität der zu untersuchenden Oberfläche gering ist so zeigt ein Überzug mit dünn aluminisierten Plastik-Film die Ankunftszeit des Stosses deutlich an. Sehr geringe Störungen werden mit Schlierenmethoden beobachtet, wobei entweder Durchleuchtung oder reflektiertes Licht angewendet wird. Mehrfache Schlitz- oder Gittersysteme verschiedener Formen können angewendet werden, um die Menge der aufgenommenen Daten zu vergrössern. "Lichtleitungen" aus optisch klaren Fäden können dazu benützt werden um Lichteindrücke zu übermitteln und zwar von Punkten, die direkter Beobachtung unzugänglich sind zu Stellen die in einer Linie mit einem bestimmten Schlitz oder geeigneten Stellen liegen. Es werden auch noch andere Methoden beschrieben, wie z.B. Geschwindigkeits-Synchronisation, Schattenaufnahmen, zeitabhängige Spektroskopie, und der Gebrauch von Farbfilm.

## Bildreihenkameras

## H—2

### Schlitzverschlüsse und der Entwurf von Kameras für hohe Bildfrequenzen

SIGMUND J. JACOBS [335]

Es wird unter Anführung von Beispielen die Arbeitsweise einer Gruppe neuer Bildreihenkameras mit rotierenden Spiegeln und Schlitzverschlüssen erläutert. Die Grundidee beruht auf dem Isotransport von Bild und Film wie man ihn gegenwärtig nur bei Kameras mit bewegtem Film kennt. Der rotierende Spiegel und eine Anzahl von Prismen, Plan- und Konkavspiegeln werden verwendet, um eine Reihe zusammenhängender Aufnahmen zu erzeugen, die an einem stationären Schlitz in der Kamera mit konstanter

Geschwindigkeit vorüberziehen. Die durch den Schlitz gesehenen sich bewegenden Bildsegmente werden dann mittels einer "Streak"-Kamera die den gleichen Dreh-Spiegel hat, auf einen stationären Film übertragen. Die Optik der Streackkamera ist so angeordnet, dass auf dem Film die Bewegung jedes Bildes gestoppt wird. Der Gebrauch des Schlitzverschlusses (in der Bildebene) gibt die Möglichkeit sehr genauer Zeitdefinition.

Die Charakteristiken des Schlitzverschlusses haben — im Vergleich mit dem Verschluss zwischen den Linsen — sowohl Vor- als auch Nachteile. Ein Vorteil ist der, dass mehrfache Schlitz angewendet werden können. Wenn die Bilder von verschiedenen in gleichen Abständen von einander liegenden Schlitz auf unabhängige Filmabschnitte übertragen werden, lässt sich die Anzahl der Aufnahmen und die wirksame Bildfrequenz einer Kamera steigern ohne die Geschwindigkeit des Rotors zu steigern oder die relative Öffnung zu vermindern.

### H—3

#### Eine Bildreihenkamera mit rotierendem Spiegel und Mehrfach-Schlitzverschlüssen

S. J. JACOBS, J. D. MCLANAHAN und P. F. DONOVAN [341]

In einem früheren Artikel von Jacobs wurde eine neue Gruppe Bildreihenkameras mit rotierenden Spiegeln beschrieben. Der vorliegende Artikel beschreibt eine Kamera von dieser Gruppe, die eine Anzahl konkaver Spiegel sowie einen einzelnen rotierenden Spiegel hat, um eine zusammenhängende Sequenz von Bildern zu schaffen, die an mehreren Schlitz (die als Schlitzverschlüsse wirken) vorbeiziehen. Die durch die Schlitz gesehenen Bilder werden übertragen um in einer Mehrfach—"Streak"—Kamera Anordnung getrennte Reihen von Aufnahmen zu ergeben. Durch eine Kombination von 30 Konkavspiegeln mit 6 entsprechend angeordneten Schlitz können insgesamt 180 Bilder in ungefähr 1/10 Umdrehung eines rotierenden Spiegels aufgenommen werden.

Die jetzt beim Naval Ordnance Laboratory im Bau befindliche Kamera wird 2 verspiegelte 6 × 2 Zoll Flächen eines rechteckigen rotierenden Spiegels benützen. Bei der erwarteten Geschwindigkeit des Rotors von 600 Umdrehungen/s werden ungefähr 10<sup>6</sup> Bilder je Sekunde erzielt werden. Jedes Bild wird ungefähr 0,8 Zoll hoch und 1,0 Zoll breit sein. Durch Änderung der Breite der verwendeten Spalte wird es möglich sein, das Verhältnis zwischen Verschluss und Aufnahmezeit von rund 0,5 zu rund 0,05 zu ändern. Die wirksame Öffnung wird bei rund 1:20 fixiert bleiben.

### H—4

#### Eine neue Hochfrequenz-Bildreihenkamera kombiniert einen rotierenden Spiegel mit einer Filmtrommel

TSUNEOYOSHI UYEMURA [346]

Dieser Artikel beschreibt drei neue Bildreihenkameras, deren jede einen mit Höchsthochfrequenz rotierenden 4-flächigen Spiegel mit einer langsam rotierenden Filmtrommel kombiniert. Einer von diesen Kameras gehören folgende Merkmale: kontinuierliche Aufnahme, Bildfrequenz 120.000/s, 200 Aufnahmen je Lauf, 1 μs Minimalbelichtungszeit, Rotationsspiegelantrieb 90.000 Umdrehungen/m, Motorantrieb der rotierenden Filmtrommel 900 Umdrehungen/m, wirksame Öffnung 1:9, Bildgröße von 5 × 20 mm. Eine zweite, ähnliche Kamera gibt zweimal so grosse Bildfrequenz. Die Belichtungszeit kann bei ihrem Minimalwert und 200 Aufnahmen je Lauf beibehalten werden, auch wenn mit niedriger Bildfrequenz gearbeitet wird. Eine dritte Kamera wird jetzt erzeugt, die 2000 Aufnahmen bei einer Bildfrequenz von 10<sup>6</sup> Sekunden machen soll.

### H—5

#### VFK-ÚVOJM Kamera mit schnellster Verschlussgeschwindigkeit

JAN HAMPL [350]

Eine Doppeltrommel-Kamera mit schnellster Verschlussgeschwindigkeit, mit welcher sich schnell bewegende mechanisch und elektrisch angetriebene Maschinen zwecks quantitativer Analyse photographiert werden können, erzielt 1304 5 × 8mm Aufnahmen auf einem 1850 mm langen 35 mm Filmstreifen. Die Kamera registriert 8000 bis 42.000 Bild/Sek. bei einem Öffnungsverhältnis von f/7 und einer Auflösung von 80 Linien/mm. Synchronisierung der Bildbewegung mit dem sich bewegenden Film wird erzielt, indem die mit Linsen eines Sekundärobjektivs versehene Innentrommel mit solch einer Geschwindigkeit rotiert wird, die dazu erforderlich ist um das Bild ebenso schnell wie den an der Aussentrommel befindlichen Film bewegen zu lassen.

### H—6

#### Auf Dreifuss montierte Hochgeschwindigkeits-Bildreihenkamera

RICHARD J. KRUMHANSL [355]

Es wurde eine tragbare Bildreihenkamera mit rotierendem Spiegel gebaut, die 35 Pfund wiegt und für normale 35 mm Filmkassetten eingerichtet ist. Jeder eingesetzte Filmstreifen von 5 Fuss Länge genügt für 5 Belichtungen von je 12 Bildern. Das Einsetzen und Verschieben des Films geschieht bei vollem Tageslicht. Die Kamera hat ein Intervall von 1 Mikrosekunde zwischen den einzelnen Bildern und die Blendenöffnung kann von 1:10 bis 1:64 geändert werden. Innerhalb der Kamera ist ein absolut verlässliches optisches Synchronisier-Bildfenster. Die Distanzeinstellung ist von 5 Fuss bis unendlich und die Auflösung beträgt in Zeit- und Raumrichtung 30 bzw. 60 Linien je mm auf Panatomic-X Film.

Die elektronische Einrichtung für Synchronisierung ist zwischen Kamera und einem getrennten tragbaren Kasten aufgeteilt. In dem Kameragehäuse ist ein transistorisierter Synchronisier-Vorverstärker. Zu den getrennt untergebrachten elektronischen Teilen gehören: Stromquelle, Kamerabetätigungsmechanismus, Hochspannungsimpuls- und Impulsverzögerungsstromkreise, Regler für Frequenz und Öldruck, Kamera-Synchronisationsstromkreise, Rotorantriebsdruck und alle darauf eingerichtet mit Lochstreifen, von Hand oder fernbetätigt zu werden. Diese Kasten sind auf einem normalen Traggestell, 36 Zoll hoch × 24 Zoll breit, montiert.

### H—7

#### Die CORE Kamera: kontinuierliche Aufnahmefähigkeit—ein rotierendes Element

J. N. WHYTE [357]

Es werden die Vorteile einer Schlierenkamera mit kontinuierlicher Aufnahmefähigkeit und nur einem rotierenden Element erörtert. Der Hauptbestandteil einer solchen Kamera ist eine Kombination von Prisma und Spiegel, die mit grosser Geschwindigkeit rotiert. Es sind verschiedene Anordnungen dieser Kombination möglich und sie wurden im Hinblick auf die Möglichkeit der Kompensation für Aberrations- und "Spalt"-effekte untersucht. Es wird die Theorie der Bildformung durch die Kombination behandelt und es werden alternative Pläne erörtert.

### H—8

#### Anwendung der Rotationsspiegelkamera mit hoher Verschlussgeschwindigkeit

K. R. COLEMAN und A. SKINNER [362]

Während der Tagung in Köln wurden fünf verschiedene Arbeiten vorgelegt, in denen die

verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten der Hochfrequenzphotographie, wie sie in den Britischen Atomwaffen-Versuchslaboratorien zur Anwendung kamen, besprochen wurden. Die vorliegende Arbeit beschreibt drei Anwendungsmöglichkeiten des C-5 Kameratyps bei Geschwindigkeiten bis zu 7 × 10<sup>6</sup> Bild/Sek, im Falle solcher Erscheinungen, wie die  $\Theta$ -Entladung und die von aussen beleuchteten Explosionswirkungen.

### H—9

#### Intermittierende Beobachtung mit Hochgeschwindigkeit

ROBERT L. RODGERS [365]

Die neue Anwendung eines alten Prinzips wird es einer Präzisionskamera für haargenau aufeinanderpassende intermittierende Aufnahmen gestatten, durch 2 Minuten mit einer Bildgeschwindigkeit von 9.600 Aufnahmen/s zu arbeiten. Die kurzen Belichtungszeiten, die gewöhnlich mit hohen Bildfrequenzen verbunden sind, können durch die intermittierende Kamera bei niedrigeren Bildfrequenzen erzielt werden und viele wichtige Vorteile bringen. Es werden jetzige Konstruktionsziele und die sich dadurch ergebenden Steigerungen der Leistungsfähigkeit und der gegenwärtigen Möglichkeiten erörtert. Es werden die verschiedenen Anwendungen für technische Probleme besprochen. Zum Kongress wurden sie durch kinematographische Aufnahmen illustriert.

### H—10

#### Betrachtungen über die Konstruktion von Kameras mit rotierenden Prismen

JOHN H. WADDELL [367]

Die Leistungen der ersten Kameras mit rotierenden Prismen liessen viel zu wünschen übrig. Es gab Unzulänglichkeiten wie: 1) Bei der Wahl eines Prismas mit optimalem Einfallswinkel; 2) bei der Wahl des Glases für das Prisma (das zu inneren Reflektionen neigte); 3) bei der Bauart des Zapfenrades (da es leicht erhaltliche handelsübliche Filme nicht aufnehmen konnte); 4) bei der Wahl der Motoren (die entweder zu schwach oder zu schwer waren um höchste Beschleunigung zu geben); 5) bei der Bauart der Verschlüsse und Blenden (wodurch sich Streifen in den Bildern ergaben; schliesslich 6) hinsichtlich der allgemeinen mechanischen Ausführung (wodurch der Gebrauch der Kamera auf besondere Anwendungszwecke beschränkt war).

Über die Entwurfsparameter von Kameras mit rotierenden Prismen wurde noch sehr geschrieben. Charakteristiken im Bau der ersten Kameras—als man knapp an Zeit war und bessere Bestandteile nicht vorhanden waren—wurden oft von anderen Konstrukteuren kopiert, die nicht wussten warum die betreffenden Faktoren ursprünglich angewendet wurden. In den letzten 20 bis 25 Jahren hat sich die allgemeine Bauart mancher Kameras mit rotierenden Prismen überhaupt nicht geändert.

Der vorliegende Bericht behandelt ältere und neuere Konstruktionsmerkmale unter besonderer Berücksichtigung von Prismen, Optiken ohne Prismen, Verschlüssen, Zapfenrädern, mechanischen Erfordernissen und elektrischen Bestandteilen.

Seit im Jahre 1932 die erste Kamera mit rotierendem Prisma erschien, wurden bedeutende Fortschritte in der Entwicklung besserer Motoren, Lager, optischer Bestandteile, Filme und anderer wichtiger Komponenten gemacht. Das Ergebnis dieser bedeutenden Verbesserungen ist, dass man jetzt mit Prismenkameras neuer Bauart bedeutend bessere Bilder erzielen kann.

Wenn den besprochenen Punkten die nötige Aufmerksamkeit geschenkt wird, ist es möglich, Kameras mit rotierenden Prismen zu entwerfen und zu bauen, welche klare und scharfe Bilder ergeben. Bei der Projektion werden diese Bilder mindestens ebenso gut sein wie die von Kameras mit Zapfeneinstellung.

## Abschnitt I

I—1

**Eine moderne Reflex-Schattenbild-Apparatur für aeroballistische Hochgeschwindigkeits-Schiesstände**

PAUL H. CORDS, JR., PAUL A. THURSTON und WILLIAM R. NOYES [369]

Für den 300 Meter langen Hyperballistik-Schiesstand des Waffenlaboratoriums der Marine wurde eine Präzisions-Schattenbildaufnahme-Apparatur neuer Art ausgearbeitet. Das wichtigste Merkmal des neuen Geräts ist seine bei photographischen Aufnahmen erzielte ungemein hohe Leistungsfähigkeit in der Ausnützung des von einem Funken ausgestrahlten Lichts. Dies ist vor allem deshalb ein bedeutender Vorteil bei zum Photographieren von Hochgeschwindigkeitsvorgängen benutzten Lichtquellen, weil dadurch ermöglicht wird, zweckdienliche latente Bilder auf photographischem Material mit einer Beleuchtung zu erzielen, welche relativ viel schwächer ist als sonst erforderlich wäre. Dieser Vorteil ist bei der vorliegenden Anlage von besonderem Wert, weil die Zeiteinstellung des Apparats nur von der Zeitdauer der Funkenlichtquelle abhängt und weil die gewünschte Belichtungszeit von ungefähr  $10^{-7}$  Sek. umso leichter zu erzielen ist je niedriger die erforderliche Lichtleistung ist.

Der Bestandteil, welcher die besonders hohe Leistung der Anlage ermöglicht, ist ein 48-zölliger (1219,2 mm) sphärischer Reflektor aus poliertem Aluminium von 94 Zoll (2387,6 mm) Kugelradius, der in Bezug auf den Funken und die Kameralinse so angebracht ist, dass er innerhalb der Blendenöffnung der Linse ein Bild des Funkens formt. Die Kamera wird auf die Oberfläche des Reflektors scharf eingestellt und ergibt daher ein scharfes Bild des Schattens, der von einem ballistischen Vorgang geworfen wird, der sich, in dem Moment als der Funke gezündet wird, zwischen dem Funken und dem Reflektor abspielt.

Der vorliegende Bericht gibt eine Beschreibung der gesamten Anlage, die gebaut wurde um bestimmte Konstruktionserfordernisse zu erfüllen und beschreibt auch andere, im Verlauf der Arbeiten untersuchte Bestandteile, die unter Umständen verwendet werden könnten.

I—2

**Eine neue Methode der Geschwindigkeitsmessung von Hochgeschwindigkeitsobjekten**

DONALD A. HALL und W. W. ATKINS [372]

Zur laboratoriumsmässigen Messung der Geschwindigkeit von Partikeln, Projektilen, Modellen und anderen Massen mit regelmässiger Flugbahn wird eine neue Methode benützt. Ihr Hauptvorteil ist der, dass die Geschwindigkeiten einzelner Objekte bei jedem einzelnen Schuss in einem breiten Geschwindigkeitspektrum gemessen werden können.

Das System benützt eine normale Fastax Streak-Kamera für den Filmtransport. Entlang der vom Projektil oder Partikel zu durchlaufenden Strecke werden kollimierte Lichtfelder angeordnet. Ein enger vertikaler Schlitz, nahe der Flugbahn und senkrecht zu ihr, bildet einen Verschluss für weniger als eine Mikrosekunde, wenn Bildverkleinerung mal Filmfortbewegung gleich oder nahe der Geschwindigkeit des Objekts sind. Eine Reihe von Spiegeln, die das Schlitzbild um  $90^\circ$  drehen, entwirft entlang der ganzen Filmlänge eine bandförmige Belichtung.

Ein in das Lichtfeld eindringendes Projektil erzeugt kurzzeitig einen Schatten auf dem Schlitz und wird als solcher registriert. Dies wiederholt sich bei zwei oder mehreren geeignet angeordneten Stationen entlang der Flugbahn. Da die Bilder des Projektils und die Zeitpunkte gleichzeitig erhalten werden, ist es nur nötig, die Bildverschiebung zu messen und die Geschwindigkeit der Filmbewegung zu bestimmen, um die Objektgeschwindigkeit errechnen zu können.

I—3

**Verwendung der "Schlitzapertur"-Kamera für Beobachtung und Messung in Projektilen-Studien**

STANLEY M. KEEN [375]

Die "Schlitzapertur"-Kamera wurde zuerst so gebaut, dass man an einer normalen Fastax Hochgeschwindigkeits-Kamera zwei Abänderungen vornahm. Die erste bestand darin, das rotierende Prisma herauszunehmen, welches als Verschluss diente, und die zweite, eine Maske mit einer schmalen Öffnung oder einem Schlitz vor der Filmfläche anzubringen. Die Richtung des Schlitzes war so, dass seine Länge sich über die Breite des Films erstreckte und die Breite des Schlitzes in der Richtung des Filmtransports war.

Die Kamera wurde für folgende Aufgaben benützt: 1) Qualitative Aufnahmen in grossem Format von Hochgeschwindigkeits-Projektilen; 2) Winkellage der fliegenden Geschosse; 3) Geschwindigkeitsdaten über Geschosse einer Minimallänge von 2 Fuss unter Benützung einer Kamera; 4) Rotationsgeschwindigkeit eines Geschosses um seine Längsachse; 5) Verlangsamung des Geschossbodens während des Zerdrückens des Zünders nach dem Aufschlag auf ein starres Ziel und 6) Beschleunigung eines Geschosses während der Anfangsphase des Schusses.

I—4

**Unterwasser-Hochgeschwindigkeits-Photographie**

JOHN V. PFLAUM [379]

Experimente, die vom U.S. Navy Electronics Laboratory durchgeführt wurden, erforderten die Hochgeschwindigkeits-Kinematographie von schallerzeugenden Geräten (pneumatisch und mittels Funken arbeitend) in Tiefen von 100 bis 300 Fuss unter der Wasseroberfläche. Um das Funktionieren der Geräte beobachten und bewerten zu können waren Bildfrequenzen von 1500 bis 3.000 Aufnahmen/s notwendig. Zwei Eastman Hochgeschwindigkeitskameras und ihre Lichtquellen wurden in besonderen Unterwassergehäusen untergebracht, die für Drücke entsprechend einer Wassertiefe von 700 Fuss gebaut waren.

Wegen der Tiefe war es nicht möglich SCUBA-Taucher (Schwimmtaucher mit Sauerstoffgerät) zur Bedienung der Ausrüstung einzusetzen; es mussten daher sowohl die zu untersuchenden Geräte wie auch die photographische Ausrüstung an ein halbragbares Gestell montiert und, nachdem alles gut ausgerichtet war, in die Tiefe versenkt werden. Manche Probleme mussten überkommen werden: Länge der Kabel, Spannungsabfälle, synchronisieren der Kamera und des Vorgangs und Ausarbeiten der Filme an Ort und Stelle. Sowohl auf Eastman Tri-X Panchromatic und Super Ansochrome Filmen wurden brauchbare Daten erzielt.

## Anwendungen-Ballistik

I—5

**Untersuchung der chemischen Reaktionen in von der Rohrmündung eines Geschützes austretenden Gasen mittels Hochgeschwindigkeits-Photographie**

KARTAR SINGH [383]

Die Intensität von Reaktionen, die eine Dauer von ungefähr 100 Mikrosekunden haben, an verschiedenen Punkten eines Gasstrahls hängt von der Temperatur und der Konzentration des Sauerstoffs in diesen Zonen ab. Die Hochgeschwindigkeits-Photographie ist bei der Untersuchung dieser Reaktionen von grosser Wichtigkeit. Der Artikel beschreibt Untersuchungen des Mündungsfeuers von W und NH Treibladungen bei Bildfrequenzen von 1500 und 3.000 Aufnahmen/s.

I—6

**Mikrosekundenbeobachtungen der dynamischen Reaktion von Sprengstoffen bei sehr starken Belastungen**

H. S. NAPADENSKY, J. SAVITT und R. H. STRESAU [388]

Die Empfindlichkeit von Sprengstoffen wird geprüft, indem Proben des Sprengstoffs im Gewicht von einem Pfund zwischen einer durch Sprengstoff beschleunigten Platte und einem massiven Amboss zusammengedrückt werden. Unter Benützung einer Beckman and Whitley Bildreihenkamera Modell 189 ist es möglich, die Bewegung der Stossplatte, die Fortpflanzung des nichtreaktiven Stosses im Sprengstoffmuster, die Verformung des Sprengstoffs durch das Zusammendrücken und manchmal auch den Beginn und die Fortpflanzung einer explosiven Reaktion zu beobachten. Aus den Photographien lassen sich die Verhältnisse innerhalb des Sprengstoffs, Dichteänderungen und Partikelgeschwindigkeit ohne weiteres errechnen.

I—7

**Eine photographische Methode zur Beobachtung des Verhaltens poröser Stoffe bei plötzlicher Kompression**

H. S. NAPADENSKY, J. SAVITT und R. H. STRESAU [388]

Es wurde bei der Armour Research Foundation eine Versuchsmethode ausgearbeitet, um das dynamische Verhalten poröser Stoffe bei starker Kompression durch photographische Beobachtung zu bestimmen. Bei diesem experimentellen Vorgang wird eine Metallplatte durch die Detonation einer dünnen Schicht von Sprengstoff geringer Dichte in einer solchen Weise verschossen, dass sie eine Probe des zu prüfenden Stoffes gleichmässig zusammendrückt.

Zur Aufnahme der Bewegung der Metallplatte und der Linien eines Referenzgitters, das auf die Probe aufgezeichnet wird, verwendet man eine Streak-Kamera. Aus den photographischen Aufnahmen lässt sich die Bewegung der Platte, die Verformung der Probe und die Wellenfortpflanzung in derselben direkt beobachten. Es lassen sich dann leicht verschiedene Erscheinungen errechnen: Grösse und Nachlassen der Druckimpulse in der Probe, Rückfederung und Spannungs-Dehnungskurven für verschiedene Belastungen. Es wurden mit dieser Methode die physikalischen Eigenschaften verschiedener poröser Stoffe untersucht.

## Abschnitt J

## Anwendungen-Industrie und Biologie

J—1

**Die Mikrophotographie schnellbewegter Faser-Suspensionen**

E. L. SCOTT [393]

Die industrielle Entwicklung intensiver Kurzzeitlichtquellen wie Strobolumen und schneller magneto-optischer Verschlüsse wie Rapatronic (0,5  $\mu$ s Öffnungszeit) hat die Ausarbeitung eines Verfahrens zur einwandfreien photographischen Registrierung strömender wässriger Suspensionen von Zellulosefasern ermöglicht. Die Strömungsgeschwindigkeit beträgt dabei 7,5 bis 10 m/s.

Zur Erzeugung eines gleichmässig ausgeleuchteten Gesichtsfeldes wird bei dieser Technik eine Fresnel-Linse zwischen Lichtquelle und Suspension verwendet. Eine Hilfslinse zwischen Rapatronic-Verschluss und Objekt sorgt für die gewünschte Vergrößerung von 1,5 zu 1 auf ein 4  $\times$  5 Negativ. Kodak Royal Panfilm erwies sich als geeignet, so dass normale photographische Methoden ausgezeichnete Negative lieferten.

J—2

**Hochfrequenzkinematographie bei der Entwicklung einer neuartigen Pulverisiermaschine**

R. JACKSON und D. V. SIMPSON [398]

Mit normalen Untersuchungsmethoden wurden an einer neuen Pulverisiermaschine gewisse schwer zu erklärende Anomalien gefunden. Durch Zeitlupenaufnahmen der Partikelbewegung in der Maschine konnten sofort einige Ursachen dieser Unregelmässigkeiten geklärt werden. Auf Grund dieser Erkenntnisse wurde die Mühle neu konstruiert und ihr Funktionieren hochfrequenzkinematographisch beobachtet. Das dabei angewandte Aufnahmeverfahren arbeitet mit einer Fastax-Kamera bei Frequenzen bis zu 1000 Bildern/s. Die Hauptschwierigkeiten bei dem—sonst einfachen—Verfahren lagen in der Unzugänglichkeit des Objekts und in der Beleuchtung, da es sich bei dem Mahlgut um Kohle handelte.

J—3

**Grundlegende Forschung und Theorien betreffend Konservenmaschinen**

C. C. COLLIER und J. J. LARISH [401]

Die Konservenindustrie hat sich zu einer Hochgeschwindigkeits-Produktionsarbeit entwickelt, wodurch eine Verbesserung der Konstruktion der Maschinen notwendig geworden ist. Die Food Machinery and Chemical Corp. hat weitgehenden Gebrauch von der Hochgeschwindigkeits-Kinematographie gemacht, um die grundlegenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu beschleunigen. Einer Untersuchung von Füllmaschinen mit volumetrischen Ventilen folgte eine solche der beim Füllen von Fruchtsaftdosen verwendeten Ventile und ergab verbesserte Ventile mit schnellerem Durchlauf. Es wurden auch Untersuchungen anderer Maschinen, wie von Maisschäl- und Maisschneidemaschinen vorgenommen. Ein weiteres Ergebnis dieser Versuche ist eine grundlegende Kenntnis der Maschinen und ihrer Betriebsweise sowie eine Anzahl neuer Betriebstheorien.

J—4

**Verschiedene Anwendungen der Hochfrequenz-Kinematographie für Marinezwecke**

DANIEL H. LAMB [403]

All die verschiedenen Produkte der Outboard Marine Corp. werden von dem Research Center mit Interesse beobachtet. Zu den von dieser Gruppe gemachten Studien gehören solche über Geräuschverminderung, Analyse und Verminderung der Vibration, Untersuchungen über Verbrennung und Zündung, Strukturanalysen usw. Bei all diesen verschiedenen Aufgaben hat

die Hochgeschwindigkeitsphotographie eine bedeutende Rolle gespielt. Ein wichtiges Problem, sowohl hinsichtlich des Lärms als der Vibration, war die Folge der Biegsamkeit von Kurbelwelle und Kurbelwellengehäuse des Aussenbordmotors. Die Hochgeschwindigkeitsphotographie trug dazu bei, die Frequenz, Moden und Amplituden der betreffenden Bewegung zu analysieren.

Sie zeigte ihre Nutzbarkeit auch beim Untersuchen der schädigenden Bewegung die stattfindet, wenn der Aussenbordmotor auf ein im Wasser befindliches Objekt auftrifft. Diese Arbeit geschah in Verbindung mit der Entwicklung hydraulischer Stosdämpfer für starke Aussenbordmotoren. Die Schneidwirkung der Klingen von Rasenmähern und Kettensägen wurde mit Hilfe dieser Kamera analysiert und andere Probleme dieser beiden Produkte wurden auf die gleiche Weise untersucht.

J—5

**Hochfrequenz-Kinematographie von Rühr- und Mischvorgängen (Film)**

WERNER KRAUS [408]

J—6

**Das Messen der Blutzellengeschwindigkeit in transparenten Gefässen an Tieren**

P. A. G. MONRO [408]

Wenn man unter dem Mikroskop den Blutstrom in einer ganz feinen Arterie mit Hilfe einer Blitzlichtquelle untersucht, deren Frequenz langsam auf einen gewissen Punkt reduziert wird, zeigen die Bilder der Blutkörperchen keine allgemeine Bewegungsrichtung. Diese Blitzfrequenz ist bezeichnend für jedes der Blutgefässe und steht in einem bestimmten Verhältnis zu der tatsächlichen Geschwindigkeit der Blutkörperchen. Wenn die Blitzfrequenz weiter herabgesetzt wird so ergibt sich eine *scheinbare* Bewegungsrichtung im umgekehrten Sinn.

Wenn ein kinematographischer Film bei einer langsam steigenden (oder fallenden) Aufnahmegeschwindigkeit (10–100 Bilder/Sek.) belichtet wird, die diese kritische Blutfrequenz passiert und wenn man ihn dann bei gleichbleibender Geschwindigkeit vorführt, zeigt sich noch immer diese scheinbare Umkehrung der allgemeinen Richtung des Blutstroms. Die wahre Geschwindigkeit der Blutzellen lässt sich aus dem Vergrößerungsfaktor und aus einer Messung der Blutzellenbewegung durch eine Reihe von Einzelaufnahmen errechnen, die mit einer bekannten Bildfrequenz gemacht wurden. Relative Änderungen der Blutzellgeschwindigkeit in verschiedenen Blutgefässen im gleichen Mikroskopfeld können eine bessere Einsicht in die Vorgänge geben, die sich in einem Blutgefäss als Folge eines Versuches abspielen.

Nach dieser Methode arbeitend gibt eine Blitzkathodenröhre Lichtimpulse (von ungefähr einer Millisekunde) und wird auf photo-elektrischem Wege durch den Rotationsverschluss der Kamera ausgelöst. Am Rand des Films werden Zeitmarkierungen, 100 Zeichen je Sekunde, angebracht.

J—7

**Photographische Probleme, Methoden und Geräte bei der Untersuchung der Fortbewegung von Seetieren**

IRVING REHMAN [408]

Es liegen Forschungsberichte über die Fortbewegungsweise von Seetieren vor, nach denen viele Seesäugetiere und Fische in der Lage sind, über lange Zeiten hohe Geschwindigkeiten bei sehr geringem Energieaufwand und ohne sichtbares Nachlassen zu erzielen. Der Energiebedarf für diese Geschwindigkeiten ist weit grösser als ihn die Muskeln und die Gefässsysteme der Tiere leisten können, und es war daher notwendig, objektiv festzustellen, ob diese anormale Leist-

ungsfähigkeit wirklich erzielt wurde; man musste unter kontrollierten Bedingungen genaue Daten erhalten und Messungen des Kraftbedarfs für die Beschleunigung zur Höchstgeschwindigkeit, Beibehaltung der Höchstgeschwindigkeit, Weitergleiten und Verlangsamen vornehmen.

Für dieses Forschungsprogramm wurde ein Delphin dazu abgerichtet, verschiedene Aufgaben auf Befehl durchzuführen. Sowohl bei NOTS als auch bei verschiedenen anderen angeschlossenen Stellen wurden hydrodynamische, physiologische und akustische Untersuchungen des Vorgangs gemacht. Man verwendete Hochgeschwindigkeits-Photographie (auf und unter dem Wasserspiegel), Unterwasser-Schlieren, Spiegellicht, Funken, Hochenergie-Stroboskopie und synchronisierte stroboskopische Kinematographie. Weitere Methoden (Perlen neutraler Dichte, Blasen und Farbstoffe) wurden benützt, um die Strömungsfelder und die Grenzschichten sichtbar zu machen. Gleichzeitig wurden ausserordentlich genaue Zeitmessungen gemacht. Untersuchungen des anatomischen Baues des Delphins, des Walfisches und einiger schnell schwimmender Fische zeigten Besonderheiten, welche physiologische Studien der Blutzirkulation erforderten, um deren Einfluss auf die Grenzschichtensteuerung und das Strömungsfeld festzustellen. Im Lauf dieser hydrodynamischen und physiologischen Versuche wurden auch akustische Daten aufgenommen. Es wird ein Film gezeigt, aus dem die Versuchsanlage, die Ausrüstung (für Zeitmessung, Photographie usw.) und einige der erzielten Resultate ersichtlich werden.

J—8

**Die Hochgeschwindigkeits-Photographie in der medizinischen Forschung**

E. S. GURDJIAN, H. R. LISSNER und L. M. THOMAS [409]

1. Der Film zeigt zuerst die Sichtbarwerdung eines Farbstoffs (Diatrast), der in die Halsschlagader injiziert wurde, so wie er sich an der Gehirnoberfläche in den Arterien und Venen der Pia Mater zeigt. Bei 16 Aufnahmen/Sek. gehen die Veränderungen zu rasch vor sich, als dass sie richtig erfasst werden könnten. Bei 128 Aufnahmen/Sek. ist es dem Beobachter des gleichen Versuchs möglich, die Veränderungen in Ruhe zu betrachten.

2. Die Gefässe der Pia Mater des Affengehirns werden mit 12-facher Vergrößerung gezeigt. Man kann einige Gruppen und Klumpen von Blutplättchen sehen. Es lässt sich das Abbrechen eines Klumpens von Blutplättchen beobachten.

3. Ein künstlicher Pfeilschnittteil des Kopfes einschliesslich des Gebietes des Foramen Magnum wird aus Kunststoff hergestellt und mit gemahlenem Gelb gefüllt und dann, nachdem er einem mit der Hand oder mittels eines Hammerschlags ausgeübtem Druck ausgesetzt wurde, bei 16, 50 und 500 Aufn./Sek. beobachtet. Bei Betrachtung unter dem Polarisator wird das gemahlene Gelb unter dem Einfluss der Spannung doppelrefraktierend. Es zeigen sich die überlagernden Farblinien an den Stellen der grössten Beanspruchung. Dies scheint die Gegend zu sein, wo das Foramen Magnum in die allgemeine Höhlung des simulierten Kopfes übergeht.

4. Man lässt einen menschlichen Leichnam auf eine Glasplatte fallen, wobei Aufnahmen des Falls sowohl mit 16 wie auch mit 1500 Bildern/Sek. gemacht werden. Es lässt sich deutlich das Brechen des Glases sehen, sowie die Bewegung des Kopfes beim Auftreffen auf die Glasplatte.

J—9

**Biologische Anwendungen der Hochfrequenz-Kinematographie (Film)**

ERIC LUCEY [409]

## Abschnitt K

K—1

**Einige philosophische Betrachtungen über die Apparate der Hochgeschwindigkeits-Photographie**

MORTON SULTANOFF [411]

Es werden die Quellen der Ungewissheit geprüft, die sich bei der Interpretation photographischer Aufnahmen ergeben, die nach vielen der mit photographischen Hochgeschwindigkeits-Instrumenten angewandten Methoden erzielt werden. Es wird gezeigt, dass es absolut notwendig ist die zu studierenden Ereignisse physikalisch zu verstehen, wenn man ihre photographisch aufgenommenen Lichtspuren analysieren und in die rechte Beziehung bringen will.

Es werden die Schwierigkeiten beschrieben, die sich bei der Analyse von Streakaufnahmen ergeben, die mit Rotorspiegel-Kameras gemacht wurden und es wird der gleichzeitige Gebrauch verwandter Geräte empfohlen, um diese Schwierigkeiten zu vermeiden. Es wird die Notwendigkeit für eine "geistige Vorbereitung" bewiesen, um die Gefahr falscher Auslegung photographischer Hochgeschwindigkeitsaufnahmen zu vermeiden. Man muss die Natur der Kameras, des aufgenommenen Lichts und die physikalischen Eigenschaften der untersuchten Ereignisse sorgfältig analysieren um typische Falschauslegungen zu vermeiden, von denen einige in diesem Artikel illustriert werden.

K—2

**Was ist die Empfindlichkeit eines photographischen Systems?**

FRED H. PERRIN [417]

Der Begriff der Informationsempfindlichkeit wird anschaulich abgeleitet als der Gradient  $g = dD/dE$  geteilt durch das Produkt der Selwyn-Körnigkeit  $\delta$  und der Quadratwurzel der Fläche  $s$  der Ausbreitungsfunktion. Falls der Durchmesser der Kameralinse und die Grösse des endgültigen Bildes konstant bleiben, dann verändert sich für die gleiche Wiedergabe der Einzelheiten die relative Brennweite der Kameralinse unmittelbar mit dem Product  $\delta\sqrt{s}$ . Die erforderliche Belichtungszeit verändert sich dann im umgekehrten Verhältnis zum Product  $g/\delta\sqrt{s}$ . Im Falle einer stationären Kamera verbessert sich die Wiedergabe der Einzelheiten, insoweit als die Brennweite der Kameralinse vergrössert wird. Aber die Belichtungszeit wird gleichweise erhöht und wenn sich die

## Werte und Probleme der Hochfrequenzkinematographie

Kamera im Verhältnis zum Aufnahmeobjekt bewegt, dann wird die Wiedergabe der Einzelheiten durch diesen Umstand beeinträchtigt, wobei diese auch das Optimum für eine gewisse Brennweite darstellt. Angeführte Beispiele bestätigen diese Schlussfolgerungen.

K—3

**Entdeckung von Partikel-Fluss durch Funkeln und der Gebrauch von Funkstrahlen als Untersuchungsmittel**

K. R. COLEMAN [424]

Der Versuch ist gemacht worden, gegenwärtige Methoden der Datenverarbeitung bei gewissen Arbeiten zu verbessern.

Es wurde ein Schritt dahin unternommen, ein Minimum der Anzahl von Transformationen des physischen Signalträgers zu machen, wobei das Minimum von den physikalischen Eigenschaften der Art von Experimenten abhängt. Von diesem Gesichtspunkt aus ist eine elektronisch-optische Vorrichtung fundamentaler mit einer elektrischen Signalleistung oder einer Elektronenaufzeichnung wie sie Lallemant beschrieben hat. Es werden Beispiele solcher Vorrichtungen in praktischer Verwendung gegeben. Die wichtigste in Zukunft noch zu lösende Frage hinsichtlich der Hochgeschwindigkeitsaufnahmen wird die sein, die erzielten Angaben gut zu verwerten. Es werden jetzt die Angaben um so vieles schneller erzielt, dass man die Methoden im Kopf der analysierenden Person berücksichtigen muss und die Art in der gewählte Kriterien erfüllt werden.

K—4

**Wert erhalten—der Gebrauch photographischer Hochgeschwindigkeitsmethoden in Forschung und Industrie**

R. WAYNE ANDERSON [427]

Die wirtschaftliche Seite der Hochgeschwindigkeits-Photographie als grundlegendes Verfahren in Forschung und Industrie wird erörtert. Stichprobenweise wird eine Übersicht der nichtmilitärischen Gebraucher von Hochgeschwindigkeitskameras und der Art der Verwendung gegeben, um das enorme Ansteigen der Anwendung von Hochgeschwindigkeitsmethoden in den letzten 10 Jahren und die noch möglichen Anwendungen der Hochgeschwindigkeits-Photographie als grundlegende Hilfsmittel von

Industrie und Forschung zu zeigen. Es werden Beispiele für die Verschiedenartigkeit der Anwendungsmöglichkeiten der Hochgeschwindigkeits-Photographie in Forschung und Industrie gebracht. Eine Besprechung der in der Industrie hauptsächlich verwendeten Kamertypen und der allgemeinen Richtung bezüglich der Entwicklung von Kameras höherer Geschwindigkeit, einfacherer und leistungsfähigerer Lichtquellen und Auswertegeräten führt zu der Schlussfolgerung, dass die Hochgeschwindigkeits-Photographie als grundlegendes wirtschaftliches Werkzeug für Forschung und Industrie von immer grösserer Bedeutung wird.

K—5

**Untersuchungen der Grenzen des Auflösungsvermögens von Hochgeschwindigkeits-Bildreihenkameras**

THOMAS E. HOLLAND [430]

Der Bericht befasst sich hauptsächlich mit einer gründlichen theoretischen Ausarbeitung der von Schardin gegebenen Beschreibung des Dateninhaltsprinzips betreffend die Grenzen des Auflösungsvermögens von Bildreihenkameras mit rotierendem Spiegel. Ausführliche Angaben beschreiben das Verhältnis der Blendenöffnung, Auflösungsvermögen, Bildfrequenz, wirksame Belichtungszeit und Lichterfordernisse in Abhängigkeit von der Grösse des rotierenden Spiegels und der Geschwindigkeit des aufzunehmenden Objekts. Aus diesen Angaben lässt sich das durchschnittliche Auflösungsvermögen je Aufnahme als eine Funktion der photographischen Bildgeschwindigkeit ermitteln. Diese Funktion könnte dazu verwendet werden, verschiedene Arten von Bildreihenkameras mit rotierenden Spiegeln auszuwerten. Ausserdem enthält der Bericht eine kurze Abhandlung über eine Weiterentwicklung der theoretischen Untersuchung, die sich auch auf Kameras mit rotierenden Prismen und Bildzerteiler-Kameras, sowie elektro-optische Verschlüsse und Bildwandlerrohre erstreckt. Das geringe Auflösungsvermögen von Bildzerteilern und Bildwandlerrohren lässt vermuten, dass ihre wirksamste Anwendung auf dem Gebiet höchster Bildgeschwindigkeiten liegt und dass kinematographische Apparate grossen Auflösungsvermögens mit rotierenden Spiegeln oder rotierenden Prismen bei niedrigeren Geschwindigkeiten am zweckmässigsten sind.

## Abschnitt L

L—1

**Die Anwendung der Hochgeschwindigkeits-Photographie bei der Entwicklung von Kernreaktoren**

DANIEL S. GIROUX und GEORGE W. LINDHOLM [441]

In einem 16 mm Film werden kinematographische Hochgeschwindigkeitsaufnahmen gezeigt, die als Teil der technischen Untersuchungen über Kernreaktoren im Argonne National Laboratory erzielt wurden. Diese Hochgeschwindigkeits-Aufnahmen haben zum Verständnis vieler Faktoren betreffend Konstruktion und Betrieb von Kernreaktoren und ähnlichen Anlagen beigetragen. Die Hochgeschwindigkeits-Studien behandeln Uran-chemische Reaktionen, Studien der Hitzeübertragung, Analyse mechanischer Bestandteile, Natrium-Wasser Reaktionen, Erzeugung von Kern-Heizelementen und Reaktor-Kraftausgleiche. Eine Reihe von Kraftaus-

gleichen zeigt als Höhepunkt die absichtliche Selbsterstörung eines alten Kernreaktors.

L—2

**Aussergewöhnliche Anwendungen optischer Geräte bei NOTS**

D. KEYES, C. KOINER, W. LAMBERT, GEORGE G. SILBERBERG und D. TIEMANN [443]

Die Naval Ordnance Test Station (Waffentechnische Versuchsanstalt der amerikanischen Marine) hat ihr Arbeitsprogramm auf neue Gebiete ausgedehnt; Bestimmung der Elemente der Bahnen von Satelliten, Prüfen von Bestandteilen und von Versuchsaufzeichnungen betreffend Überschallgeschwindigkeiten, das Sammeln von Daten über Unterwasser-Raketenabfeuerungen, die Untersuchung der Vorwärtsbewegung von Seetieren, das Auffinden der Ursachen von Versagern bei der Prüfung von Raketenmotoren

## Zusammenfassende Vorträge

am Versuchsstand und die Untersuchung von hydroballistischen Erscheinungen in Modell-tanks. Dieses neue Arbeitsprogramm erforderte ungewöhnliche Anwendungen optischer Methoden und Geräte und diese hingen ihrerseits zum grossen Teil von den Fortschritten ab, die auf dem Gebiet der Hochgeschwindigkeits-Kameras und der betreffenden Methoden gemacht wurden und von denen einige in dieser Versuchsstelle ausgearbeitet worden sind.

L—3

**Hochgeschwindigkeitskamera - Anlagen des Lawrence Radiation Laboratory, Universität von Kalifornien, Livermore**

DAVID C. OAKLEY [449]

Zu den Hochgeschwindigkeitskamera-Anlagen des University of California Ernest O. Lawrence Radiation Laboratory gehören fünf Schiessplätze,

die Bildreihenkameras mit Bildfrequenzen bis zu 3,3 Millionen Aufnahmen/s benützen, Kerrzellenkameras mit Belichtungszeiten von 0,005  $\mu$ sec und "Weg-Zeit"-Kameras mit Aufzeichnungsgeschwindigkeiten bis zu 15 mm je Mikrosekunde. Diese Kameras werden mit anderen Methoden für gleichzeitige Aufzeichnungen koordiniert. Es wurden Methoden entwickelt, um zwei nichtkontinuierlich aufzeichnende Kameras gleichzeitig zu verwenden. Man verwendet Sprengstoff-Lichtquellen und es wurden elektronische Lichtquellen entwickelt, welche Farbphotographie mit 1,2 Millionen Aufnahmen/s ermöglichen. Die Aufzeichnung wird durch einen einfachen Spiegelschalter beendet, der nur drei Mikrosekunden braucht um von offen auf geschlossen zu gehen.

Die Anordnungen der Kameras und des Zubehörs wurde im Hinblick auf möglichst vielseitige Verwendbarkeit und verlässlichen Betrieb entworfen. Der Sicherheit des Personals wurde grosses Augenmerk geschenkt. Die Belästigung der Nachbarschaft wurde auf ein Minimum herabgesetzt. Diese Arbeit wurde durch die U.S. Atomic Energy Commission beim Lawrence Radiation Laboratory unterstützt.

## Abschnitt M

### M—1

#### Löschfunkenstrecken als Zündelemente für Hochfrequenz-Kinematographie

FRANK FRÜNGEL und WALTER THORWART [469]

Löschfunkenstrecken sind verhältnismässig einfache und zuverlässige Vorrichtungen für präzise Steuerung von Hochspannungs-Impulsen grosser Energie, besonders wenn bei extrem hohen Frequenzen gearbeitet wird. Die Aufgabenstellung der Forschung waren die Parameter der Impulsenergie, der Impulsfrequenz, der Anfall und Formen der Scheiben und der Füllgase. Unter anderem ergaben die Resultate, dass ein Scheiben-Paar eine Belastung von ungefähr 350 v aushalten kann. Daher kann eine Löschfunkenstrecke, die aus 25 Scheiben besteht, zum Steuern von Spannungen bis zu 9 kv eingesetzt werden. Die steuerbare Frequenz erhöht sich ebenfalls mit der Anzahl der Scheiben. So ist es z.B. möglich, eine 50 kHz-Frequenz mit einer aus 25 Scheiben bestehenden Löschfunkenstrecke zu steuern.

Bei ungesteuertem Betrieb können Löschfunkenstrecken sogar erheblich höhere Frequenzen schalten. Eine 25 Scheiben Löschfunkenstrecke erreicht so Frequenzen bis zu 300 kHz. Selbst bei solchen ungesteuerten Entladungen kann ein präziser Start und Stopp einer Blitzserie z.B. mit Hilfe von Hochleistungs-Thyratronen sichergestellt werden, wobei ein Thyatron in Serie mit dem Lade-Widerstand liegt und eins die Löschfunkenstrecke über ein Verzögerungsglied kurzschliesst. Als geeignetste Füllgase erwiesen sich reiner Wasserstoff oder Helium und mit diesen Gasen gaben Kupferscheiben bei einem Abstand von 0,15–0,2 mm die besten Resultate.

Die Lebensdauer der Scheiben hängt davon ab, in welchem Masse die Oberfläche verkratert, da die Löschfunkenstrecke jedoch demontabel ist, ist eine ein- oder zweimalige Aufarbeitung der Elektrodenscheiben möglich. Da in diesem System keine Kathode verwendet wird, besteht keine Begrenzung des Spitzenstroms, sondern nur eine thermische Belastungsgrenze, die sich nach der spezifischen Temperatur der Materialmasse und dem Kupplungs-Koeffizienten des Füllgases errechnet. Die Löschfunkenstrecke hat somit ein sehr weites Anwendungsgebiet als Schaltelement niedriger Widerstands für hochfrequente energiereiche Impulse zur Versorgung von Funkenentladungslampen, Luftfunken oder Impuls-Transformatoren u.s.w. Eine Auswahl von Beispielen wird demonstriert werden.

### L—4

#### Die Evolution der Methoden für Höchstgeschwindigkeits-Photographie und -Kinematographie beim Laboratoire Central de l'Armement seit der Pariser Konferenz im Jahre 1954

PAUL DEVAUX [453]

Schon lange vor dem Kriege 1939–1945 hatte sich das Laboratoire Central de l'Armement mit Ingénieur-Général Libessart für die Methoden der Höchstgeschwindigkeits-Photographie und -Kinematographie interessiert. Nach einer Unterbrechung von mehreren Jahren wurde 1946 eine neue Gruppe von Leuten für diesen Gegenstand eingesetzt. Die Periode von 1946 bis 1954 wurde dazu benützt Ingenieure und Techniker in diesen ganz besonderen Methoden heranzubilden, wobei man sich auf das Studium beschränkte und nur wenige praktische Ergebnisse suchte.

Mit der Pariser Konferenz von 1954 endete dieser Abschnitt der Heranbildung und man wendete sich folgenden Zielen zu: Erforschung der Genauigkeitsgrenzen verschiedener Typen bereits existierender Geräte, Schaffung neuer Apparate und Festlegung der Vorgänge für

industrielle Herstellung, die zu vollständig gefahrlosen Ausrüstungen hoher Leistungsfähigkeit bei einfacher Bedienung führen sollte. Die betreffenden Richtungen und Durchführungen auf folgenden zwei Gebieten werden besprochen werden: Die Photographie und Kinematographie nichtleuchtender Objekte im transparenten und reflektierten Licht und die Photographie und Kinematographie selbstleuchtender Objekte.

### L—5

#### Photographische Geräte zur Erlangung ballistischer Daten

L. E. DAVIDSON [459]

Auf den weit voneinander entfernten Plätzen am Aberdeen Proving Ground werden regelmässig ballistische Daten aufgenommen, welche die Leistung eines Bestandteils oder einer Bestandteilgruppe vieler Arten von Waffen angeben. Dieser Artikel beschreibt die vielfache Anwendung photographischer Geräte, die zum Prüfen von Waffen verwendet werden, einschliesslich der Hochgeschwindigkeits-Photographie, verschlussloser Schlitzphotographie, photogrammetrischer Kameraanlagen, zielwegverfolgender Kine-Theodoliten und Blitz-Röntgenmethoden.

### M—2

#### Präzisions-Geschwindigkeitsregelung für eine Hochgeschwindigkeitskamera

DAVID A. CAHLANDER [473]

Es wird eine wirksame Methode zur Geschwindigkeitsregelung einer Hochgeschwindigkeits-Kinekamera beschrieben. Ein magnetischer Abnehmer wird nahe den Zähnen der Antriebspindel einer Fastax Kamera angebracht. Jedesmal wenn ein Zahn am Abnehmer vorbeigeht entsteht ein Stromimpuls. Die Zeitspanne zwischen den Impulsen wird gemessen und mit der gewünschten Zeit verglichen. Es ergibt sich ein Fehlersignal, das den Leitungswinkel für ein Paar von Thyatronen regelt. Die Thyatronen regeln den den Kameramotoren zugeführten Strom und damit die Geschwindigkeit der Kamera.

Diese Rückkopplungsschleife gemessener Daten gestattet eine sehr genaue Regelung der Aufnahmezeit der Kamera. Sobald der Strom eingeschaltet wird, erfolgt eine rasche Beschleunigung der Kamera bis zu der im Voraus gewählten Geschwindigkeit, die dann so lange beibehalten wird, bis man den Strom abschaltet. Diese Methode ist nicht nur bei hohen Aufnahme-frequenzen nützlich sondern ist auch bei Geschwindigkeiten wirksam, die viel niedriger liegen, als bei einer Hochgeschwindigkeitskamera normaler Weise möglich ist. Diese Arbeit wird vom Heer, der Marine und den Luftstreitkräften der Vereinigten Staaten unterstützt.

### M—3

#### Automatische Regleranlage für eine Hochgeschwindigkeitskamera

JOHN G. G. HEMPSON [478]

Die kurze effektive Aufnahmezeit einer Hochgeschwindigkeits-Kinekamera wie Fastax macht eine genaue Synchronisierung der Vorgänge notwendig, welche die zu photographierenden Ereignisse auslösen und regeln. Das beschriebene Gerät ermöglicht es, bis zu sechs Ereignisse hinsichtlich ihrer Sequenz und Dauer in genauem Verhältnis zum ablaufenden Kamerafilm zu regeln. Es werden Methoden und Bauteile des automatischen Telefons angewendet und die Sequenzen werden auf einem Schaltbrett festgelegt. Es ist ein stufenloser Akzelerator für die Kameramotoren vorgesehen, der — im Vergleich zur Spannungsbelastung des Films — hohe Beschleunigungen zulässt. Im gegenwärtigen Fall handelt es sich um das photographieren von

## Regelung und Auswertung

Injektions- und Verbrennungsphänomenen in einem Kompressionszündungsmotor; das Gerät ist jedoch vielseitig und lässt sich — mit entsprechenden Abänderungen — für andere Aufgaben und mehrere Ereignisse oder für längere Perioden verwenden. Es wird auch eine Hilfsmethode beschrieben, um 16mm Aufnahmen halber Bildhöhe auf normales 16mm Format zu bringen und um durch Bildwiederholung wichtige Sequenzen zu dehnen.

### M—4

#### Vorrichtung zur Fernsteuerung von Mehrfach-Kinekameras

FRED METLEN [481]

### M—5

#### Impulsprogramm-Generator

JAKOB H. HOHL and ROLF F. MÜNGER [482]

Als Triggerquelle für ein Gerät zur Erzeugung von Kurzzeit-Lichtimpulsen hoher Leistung wurde ein Impulsprogramm-Generator entwickelt. Dieser erzeugt Serien von 110 Impulsen mit unter sich gleichen Abständen. Bis zu 30 von den 110 Impulsen können beliebig ausgewählt werden und bilden das Impulsprogramm. Der Abstand zwischen zwei Impulsen ist kontinuierlich variabel von 10  $\mu$ s bis 1 s. Der Generator kann manuell oder durch einen externen Triggerimpuls gestartet werden, worauf das Programm entweder einmal oder repetitiv durchläuft. Das Gerät ist mit Transistoren bestückt und enthält keine Röhren.

### M—6

#### Auslöser für Hochgeschwindigkeitskamera

C. P. JOHNSON und S. A. LOTT [484]

Die Auslösvorrichtung ruft ein Funkenbild nahe der Kante des Films hervor, um den Moment zu bezeichnen, in dem sich ein äusseres Ereignis abspielt. Ein Thyatron wird dadurch zum Aufflammen gebracht, dass ein Lichtstrahl unterbrochen wird, der durch einen Verschluss auf eine nichtmikrophonische Photozelle fällt; der Verschluss kann vor dem Ereignis zu jeder passenden Zeit geöffnet werden. Mit kleinen Änderungen lässt sich der Apparat zum Zünden der drahtgefüllten Einmal-Blitzbirnen verwenden.

M—7

**Verfahren zur Auswertung von Hochfrequenz-Filmen**

FRANZ TOPFER [486]

Wenn man Zeit/Weg-Kurven von Hochfrequenz-Filmen aufzeichnet, soll der Vorschub des Diagrammpapiers dem jeweiligen Zeitabstand zwischen den einzelnen Bildern genau proportional sein. Die Länge der einzelnen Vorschubbe-

wegungen muss durch vorherige Bestimmung der Bildfrequenz festgelegt werden. Diese umständliche Vorarbeit kann dann durch das unten beschriebene Verfahren vermieden werden. Das Verfahren besteht darin, auf jedem Bild eine rotierende Zeitskala aufzunehmen. Das Filmauswertegerät ist mit einer Nachbildung dieser Zeitskala versehen, und die Rotation dieser zweiten Zeitskala ist der Bewegung des Diagrammpapiers proportional. Bei jedem neuen Bild wird das Papier seinerseits vorgeschoben bis

Nachbildung der Zeitskala sich in der gleichen Stellung befindet wie die Zeitskala auf dem Filmbild. Somit wird festgelegt, dass der Vorschub des Diagrammpapiers jederzeit automatisch dem vorhergehenden Filmbild proportional ist. Das Verhältnis der Rotation der Zeitskala und der Vorschubbewegung des Papiers kann eingestellt werden. Es ist daher möglich, den Zeitmasstab der Zeit/Weg-Kurve beliebig zu wählen.

**Abschnitt N**

N—1

**Die Anwendung der Hochgeschwindigkeits-Photographie zur Erforschung der Hochgeschwindigkeits-Aerodynamik beim National Physical Laboratory**

R. J. NORTH [489]

Es wird über die Blitzlichtanlagen berichtet, die bei der Aerodynamics Division, National Physical Laboratory zum Photographieren von Hochgeschwindigkeits-Strömungen in Windkanälen und Stossrohren angewendet werden. Die Anlagen bestehen aus Grundeinheiten, die in verschiedener Weise, entweder einzeln oder in Mehrfacheinheiten wie bei einer Cranz-Schardin-Anlage gebraucht werden. Es werden einige mit einer solchen Blitzlichtanlage erzielte Ergebnisse gezeigt und kurz besprochen. Dazu gehören Photographien von Strömungen in Kanälen, Stossrohren und Stosskanälen, die mit Schlieren-, Farbschlieren- und Schlieren-Interferenzmessern gemacht wurden.

N—2

**Hochfrequenz-Photographie schneller Luftströmungen und Schockwellen mit Hilfe von hochfrequenten Hochspannungsfunken**

H. G. PATZKE, WALTER THORWART und FRANK FRÜNGEL [498]

Die Bömelburg/Weske/Herzog — Methode ist besonders für Anwendung bei Arbeiten im Windtunnel vervollkommen worden mit Funken von 2.03–50 cm Länge. Ein Impuls-Transformer neuer Konstruktion zulässt Energien bis zu 40 Megawatt bei gesteuerten Frequenzen bis zu 50.000/s, wobei die Entladung 0,3–1  $\mu$ s dauert.

Nach dem neuen System werden Strobokin-gesteuerte ultra-schnelle Funkenentladungen bei 2000–300.000 Entladungen/s in die Primärwicklung eines speziellen Impuls-Transformators geleitet, dessen wesentlichster Bestandteil ein laminiertes Eisenblechkern aus Hyperblechen mit Hostaphanisolierung ist. Bei einer Spannung von ungefähr 5 kv pro Windung ist der laminierte Hyperblechkern in ungefähr 0,2  $\mu$ s auf seinen magnetischen Sättigungswert aufgeladen. Das Ergebnis ist ein steiler Spannungsanstieg in der Sekundärwicklung der bei z.B. 75 Windungen eine Leerlaufspannung von 300 kv ergibt.

Wegen der kurzen Funkenentladungszeit kann kein Verschmieren der Bilder entstehen selbst bei Luftströmungen von mehreren Mach. Obwohl die Helligkeit der Funken aus reichend für Hochfrequenz-Photographie ist, hat die praktische Erfahrung gezeigt, dass ihre geringe Energie keinerlei thermodynamische Störungen des beobachteten Luftstromes verursacht. Die niedrigste mögliche Funkenfolge wo keine Deionisation auftritt ist 2000 pro Sekunde bei einem Funkenabstand von 1 mm, was einer Luftströmungsgeschwindigkeit von 5 m/s entspricht, während die maximale Funkenfolge 300.000/s bei 10 mm Funkenabstand einer Luftströmungsgeschwindigkeit von 3 km/s entsprechen würde, d.h. ungefähr Mach 9. Ebenso können die Luftströmungszersetzungen von Explosionen und Detonations-Schockwellen und ihre nachfol-

genden Luftverwirbelungen mit der oben erwähnten Funkenmethode aufgezeichnet werden.

N—3

**Hochgeschwindigkeits-Photographie des Auftreffens von Flüssigkeiten auf Festkörper**

J. H. BRUNTON [503]

Unter Anwendung von photographischen Zeitdehner-Methoden wurde eine Untersuchung der Phänomene vorgenommen, die sich abspielen, wenn eine kleine Menge einer sich mit grosser Geschwindigkeit bewegenden Flüssigkeit auf eine feste Oberfläche auftrifft. Es wurde ein Apparat gebaut, um kleine Zylinder von Wasser (1 mm Durchmesser) mit Geschwindigkeiten bis zu 1000 m/s gegen feste Flächen zu treiben. Das Strömen der Flüssigkeitsmenge und das Zerbrechen des festen Zieles beim Aufschlag wurde photographiert, indem man eine Beckman and Whitley Rotationspiegelkamera (Modell 189) und auch eine 6-Funken Cranz-Schardin-Anlage verwendete. Um die Beanspruchung und Spannungen zu bestimmen, die sich innerhalb des Zielmaterials beim Aufschlag verteilen, wurden Schlieren- und photoelastische Methoden angewendet.

Ihre Verwendung ermöglichte es zu zeigen, dass der grösste Teil der Deformierung des Zieles auf das kompressible Verhalten der aufschlagenden flüssigen Masse zurückzuführen ist. Es wird auch die Möglichkeit des Brechens infolge der Scherwirkung der über die Zioberfläche strömenden Flüssigkeit und der Reflexion und Interferenz von Spannungswellen im Ziel selbst betrachtet.

N—4

**Untersuchungen der Struktur und der Ultraschallwellen eines Luftstroms grosser Geschwindigkeit durch die Schlierenmethode und die Schattenphotographie**

F. CANAC und M. MERLE [508]

Ein Luftstrom grosser Geschwindigkeit ruft ein Feld von Ultraschallwellen hervor, das durch die Schlierenmethode vorstellbar gemacht werden kann. Auf diese Weise lassen sich gewisse Beziehungen zwischen der ausgesandten Frequenz und dem verursachenden Druck bestimmen. Andererseits gibt das Verfahren der Schattenphotographie für einen gegebenen Druck zwei verschiedene Typen von Angaben, je nachdem wie lange die Belichtungszeit ist: Bei Aufnahmen von ungefähr einer Sekunde lässt sich eine charakteristische Zellenstruktur eines Druckintervalls beobachten; bei Aufnahmen von einer Millionstel Sekunde kann man, zu einem gegebenen Moment, diese Struktur beobachten und eine periodische Oszillation des Strahls darlegen, indem man eine Elektronenkamera höchster Geschwindigkeit (z.B. von  $10^{-6}$  s) verwendet. Man stellt fest, dass diese Periodenzahl der ausgestrahlten Frequenz gleich ist. Indem man jede einzelne Aufnahme der Elektronenkamera auf einem Film mehrfach wiederholt, kann man

**Strömungsdynamik**

diese Erscheinungen in allen ihren Einzelheiten in Zeitlupenform auf den Schirm werfen.

N—5

**Photographische Untersuchung eines pulsierenden Strahls der auf eine heisse Platte auftrifft**

G. F. COCHRANE, JR., und R. G. NEVINS [510]

Es war der Zweck dieser Untersuchung eine Methode zu finden, mittels welcher man die nötigen photographischen Aufzeichnungen machen kann, um die Richtigkeit ungefährender Gleichungen zu prüfen, die mit willkürlichen Annahmen gemacht wurden und die dazu dienen die Dicke der thermischen Grenzschicht zu beschreiben, die gebildet wird, wenn ein pulsierender Luftstrom auf eine flache geheizte Platte auftrifft.

Um die Temperaturgradienten zu finden, die zeitveränderlich sind, wurde ein Mehrfachschlitz-Gitterschlierenapparat benützt. Um die Temperaturgradienten aufzuzeichnen, die durch den Schlierenapparat sichtbar gemacht wurden, verwendete man eine Hochgeschwindigkeits-Kinekamera. Es wurden Aufnahmen erzielt, welche die Temperaturgradienten in der senkrecht zur geheizten Platte liegenden Richtung und ihre zeitmässigen Schwankungen zeigen.

N—6

**Die Anwendung eines photomikroskopischen Apparats zur Untersuchung der Zerstäubung flüssiger Brennstoffe innerhalb einer Verbrennungskammer**

WILLY DIAMANT [513]

Man erhält die kritische Beleuchtung in richtiger Weise mittels eines sehr hellen Vertikal-schlitzes verstellbarer Breite, wodurch man das Bild eines beliebigen Teiles des Strahls erzielt. Ein für die Beobachtung bestimmtes Mikroskop trägt einen sehr gut ausgewählten rotierenden Spiegel, dessen Geschwindigkeit geändert werden kann. Wenn die Abtastgeschwindigkeit des Spiegels der Geschwindigkeit der Tröpfchen angepasst ist, die sich im Objektivfeld bewegen, bleibt deren Bild in der Okularebene unbeweglich, womit dann auch das Photographieren möglich wird. Die optischen Elemente wurden sorgfältig bestimmt, denn die Senkung des Kontrasts ist grossenteils die Folge optischer Aberrationen. Andererseits ist es ein möglichst starker Kontrast der die beste Beobachtung der Tröpfchen ermöglicht. Der experimentelle Teil behandelt die mechanische Form der Zerstäubung.

N—7

**Photographie und Analyse der Zeitvariation bei der Verteilung der Tröpfchengrösse in einem Flüssigkeits-Zerstäubungsnebel**

MARCUS F. HEIDMANN [519]

Es wurden Schattenbilder einer bestimmten Zone im Zerstäubungsnebel zweier aufeinander auftreffenden Wasserstrahlen gemacht, um den

Einfluss der Probengröße auf die Verteilung der Größe der Tröpfchen durch pseudo-kontinuierliche Probenentnahme zu untersuchen und die Natur der Zeitvariationen zu analysieren, die bei einem konstanten Zerlegungsprozess vorkommen. Zur optischen Einrichtung gehörte eine stroboskopische Lichtquelle, mit einer Funkenentladung von weniger als  $1 \mu\text{s}$  Dauer und eine 35 mm Trommelkamera von 5 Fuss Umfang. Kontinuierliches Probenentnahme wurde dadurch simuliert, dass die Zerstäubungs- und die Filmgeschwindigkeit (500 Zoll/s) in Einzelbildern, die 500 mal je Sekunde aufgenommen wurden, in der Hauptsache aufeinander eingestimmt wurde. Zur Untersuchung von Zeitvariationen wurde eine Filmgeschwindigkeit von 3.000 Zoll/s und eine Blitzfrequenz von 10.000/s angewendet. Ein elektronischer Partikelanalysator mit Elektronenstrahl-Abtastung und Dezimal-Anzeige wurde zum Zählen der Tröpfchen verwendet.

Es wurden insgesamt ungefähr 300 Photographien, die fast 35.000 Tropfen enthielten, für diese Untersuchungen analysiert. Die Verteilungen der Tropfengrößen waren bimodal und brauchten eine Ansammlung von wenigstens 10.000 Tropfen um sich vollkommen zu entwickeln. Die Zufallsvariation mit

## ZUSAMMENFASSUNGEN

größerer Störungen in allen Tropfengrößen kam ungefähr 1000mal/s vor oder alle 0,2 Zoll entlang der Stosslinien.

N—8

#### Kurzzeitphotographie von Hyperschallvorgängen mit Hilfe des Schlieren-Interferenz-Verfahrens

H. OERTEL [525]

Mit Hilfe eines mit Wollastonprismen und Linsen arbeitenden Differentialinterferometers und einer 24-Funkezeitlupe wurden Bildserien von Kopfwellen und Grenzschichten verschiedener Körper in Hyperschallströmungen von  $\text{N}_2$ , Luft oder  $\text{CO}_2$  aufgenommen. Die Strömungen wurden in einem kleinen Hyperschallstossrohr erzeugt mit Machzahlen zwischen 4 und 8, Stautemperaturen zwischen 1000 K und 4000 K und Gasdichten zwischen  $3 \cdot 10^{-4}$  und  $10^{-1}$  der Normaldichte. Die Blaszeiten betragen zwischen  $4 \cdot 10^{-6}$ s und  $8 \cdot 10^{-4}$ s. Es wurde mit Funkenfrequenzen bis  $2,5 \cdot 10^5$  Hz in derselben Beleuchtungsfunkstrecke gearbeitet. Die Bildtrennung erfolgte auf rotierendem Film. Die optische Anordnung erlaubte die Verwendung einer Flächenlichtquelle.

N—9

#### Funkenkinematographische Ermittlung des Modell-Verhaltens von Wirbeln

H. REICHENBACH [530]

Während die Ausbreitung von Stosswellen in Gasen sehr exakt dem Cranz'schen Modellgesetz genügt und daher pseudostationär erfolgt, ist dies für die Entstehung und Ausbreitung von Wirbelgebieten nicht ohne weiteres zu erwarten. Verschiedene Autoren (z.B. Howard und Matthews) zeigten an Einzelaufnahmen, dass trotzdem auch für Wirbelgebiete pseudostationäre Ausbreitung angenommen werden kann.

In Weiterführung experimenteller Arbeiten von H. Schardin wurde die Wirbelausbreitung an einer Schneide im Stosswellenrohr mit Hilfe einer Mehrfachfunkenkamera untersucht, wobei sowohl schatten- als auch interferenzoptisch beobachtet wurde. Diese Versuche zeigten, dass die Wirbelausbreitung quasipseudo-stationär erfolgt; d.h. nach einer bestimmten Zeit — in unseren Versuchen etwa  $20 \mu\text{sec}$  — stellt sich eine konstante Geschwindigkeit für die Wirbelausbreitung ein. Der wesentliche Einfluss der Zähigkeit bleibt also auf die allererste Phase der Wirbelbildung beschränkt.