

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 61 (1970)

**Heft:** 20

**Artikel:** Thermische Strömungen in einer Halogenglühlampe

**Autor:** Mäder, F. / Res, M. / Biffiger, J.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915982>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 08.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Thermische Strömungen in einer Halogenglühlampe

Von F. Mäder, M. Res und J. Biffiger, Wabern/Bern

2027-2035

621.326.72

In einigen Arbeiten [1; 2]<sup>1)</sup> über Halogenglühlampen wurden bevorzugte Wolframablagerungen an den Wendelenden und am Übergang von den Wendelenden zu den Wendelhalterungen beschrieben. Falls nicht einzig die Temperaturverteilung längs der glühenden Wendel diese maximale Ablagerung hervorruft, müssen dabei noch andere physikalische Vorgänge mitwirken. Die Autoren machten bereits auf die mögliche Mitwirkung der seitlich gerichteten thermischen

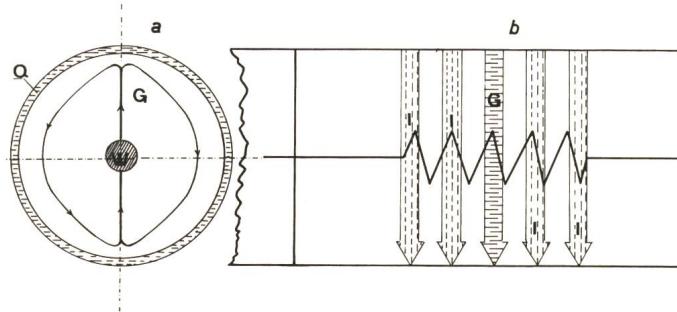


Fig. 1

## Thermische Strömungen in einer Halogenglühlampe

a thermische Strömungen nach J. Guanter [3]; b angenommener Verlauf thermischer Strömungen in einer Halogenglühlampe 6,6 A, 200 W; *Q* Quarzglaskolben; *G* Guantersche Strömung; *W* Wolframdraht; *I* für den Halogenkreisprozess wohl ideale Strömung (verläuft wie *G*)

Strömungen aufmerksam [1]. In ausgefallenen Halogenglühlampen 6,6 A, 200 W, wurden an den Innenwandungen hinterlassene Spuren solcher Strömungen beobachtet. Um diesen Befund eingehend überprüfen zu können, wurde für die brennende Halogenglühlampe eine Modellströmung angenommen. Sie stimmte gut mit den in ausgefallenen Lampen dieses Types vorgefundenen Strömungsspuren überein. Daraus ist eine Mitwirkung der seitlich gerichteten thermischen Strömungen bei der maximalen Wolframablagerung am Übergang zwischen den Wendelenden und der Wendelhalterung mindestens nicht auszuschliessen.

## 1. Einleitung

Halogenglühlampen des Types 6,6 A, 200 W, wiesen nach dem Ausfall charakteristische Schäden auf. An einer grösseren Anzahl von Lampen konnte man Brüche in der Verschmelzung über der Mo-Folie, durch Wolframkristallisation hervorgerufene Windungskurzschlüsse und Kontaktschäden feststellen [2]. Die aus lichttechnischen Gründen variierten Lampenströme hatten ebenfalls zur Entstehung der beschriebenen Schäden beigetragen.

Bei den Untersuchungen kam an einer grösseren Anzahl der ausgefallenen Lampen ein charakteristisches Merkmal zum Vorschein, dem diese Abhandlung gewidmet ist. Es handelt sich um sichtbare Spuren, die an der Kolbeninnenwand

der untersuchten Halogenglühlampen hinterlassen wurden. Diese Spuren bestehen aus Oxydationsprodukten von Wolfram und Halogenelement, die auf Grund der beim Betrieb der Lampe im Lampeninneren herrschenden thermischen Strömungen an der Lampeninnenwand abgelagert wurden. Sie weisen auf eine mögliche Störung des erwarteten idealen Wolframhalogenkreisprozesses hin.

Strömungen die der Wendelachse entlang wirken, können eine Ablenkung der Wolframhalogenidzyklen (nach Guanter [3]) in Richtung zu den Wendelenden und der Wendelhalterung bewirken.

## 2. Theoretische Vorstellungen über den Verlauf thermischer Strömungen in einer Halogenglühlampe

J. Guanter [3] macht in einer graphischen Darstellung sowohl auf die chemischen Vorgänge beim Jod-Wolfram-Kreisprozess, wie auch auf thermische Strömungen des Füllgases um den Wendeldraht aufmerksam. Diese Anschauung wird durch Untersuchungen bekräftigt. In Fig. 1 sei an die von J. Guanter [3] angegebene thermische Strömung erinnert. Die Betrachtung der Fig. 1a unter einem Winkel von 90° könnte zur Annahme des in Fig. 1b angedeuteten Strömungsverlaufes führen. Diese thermische Strömung weist jedoch nicht das idealisierte und erwünschte Verhalten auf, sondern richtet sich nach den Strömungsgesetzen. Es sei vor allem auf die Strömungen von einer Quelle gegen eine Platte hingewiesen.

Ausgehend von der Quelle, die in Fig. 2 graphisch dargestellt ist, soll eine einfache Gliederung der thermischen Strömungen in einer Halogenglühlampe diskutiert werden. Die in Fig. 2 gezeichnete «Quelle» würde in einer Halogenglühlampe mit einer punktförmigen Wendel entstehen. Durch die thermischen Strömungen steigen die Füllgase und Wolframhalogenelemente senkrecht von der Wendel zum Be-

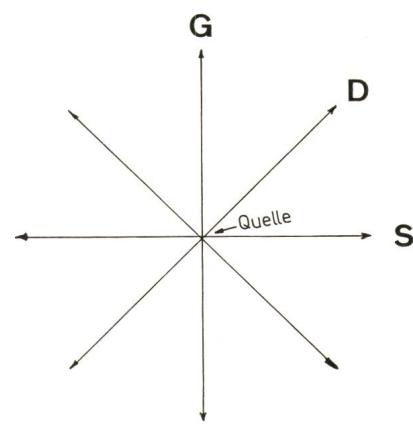


Fig. 2  
«Quelle»

Strömungen bezogen auf den Wolframhalogenidkreisprozess; *G* Guantersche Strömung; *D* Diagonalströmung; *S* seitlich gerichtete thermische Strömung

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

obachter und stossen auf die Kolbenwandung. Um nun diese Vorstellung auf die Verhältnisse in der Halogenglühlampe 6,6 A, 200 W, anzuwenden, soll vorausgesetzt werden, dass die in Fig. 2 waagrecht wirkende Komponente der Strömung (*S*) parallel zur Wendel verläuft, während die senkrechte Komponente (*G*) der von *J. Guanter* [3] gezeigten Strömung entspricht. In der hier betrachteten Halogenglühlampe sollten danach beide Grundströmungskomponenten vorkommen. Der Einfachheit halber wurden die «diagonalen» Strömungen (*D*) nicht in Betracht gezogen, obwohl in einigen Fällen ihre Spuren ebenfalls an der Kolbenwandung beobachtet werden konnten. Um zu erkennen, welche Arten thermischer Strömungen im Betrieb dieser Halogenglühlampen zu erwarten sind, wurde ein Modell konstruiert dem eine Strömung zugrunde liegt, die gegen eine Platte wirkt.

Das Modell ist in Fig. 3 graphisch dargestellt. Die in Fig. 3 gezeigte Vorstellung darf selbstverständlich nicht als endgültiges Schema von allen hier wirkenden thermischen Strömungen angesehen werden. Es sind nur die in der Ebene senkrecht zur Wendelachse (*G* in Fig. 1a) und in der senkrechten Ebene durch die Wendelachse (*S* in Fig. 3) verlaufenden Stromlinien dargestellt. Die in einem von Quarzglas ab- den Stromlinien dargestellt. Die in einem von Quarzglas ab-

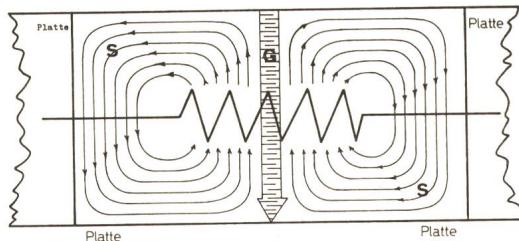


Fig. 3

**Modell thermischer Strömungen in einer Halogenglühlampe 6,6 A, 200 W, beruhend auf dem Prinzip der Strömung gegen eine Platte**  
*S* seitlich gerichtete Strömungen; *G* Guantersche Strömungen

geschlossenen Hohlraum glühende Wendel gibt den Impuls zur thermischen Strömung nach oben. Das auf Grund der thermischen Auftriebskräfte sich nach oben bewegende Transportgas stösst gegen die Lampenwandung am Kolbenschaft (Platte). Die strömenden Gase werden zur Seite abgelenkt, stossen an die Seitenwandung des Kolbens, wo sie erneut abgelenkt werden. Danach tritt, sobald die Gase gegen die untere Wandung des Kolbens stossen, die dritte Ablenkung des strömenden Gases ein. Die vierte Ablenkung ist weniger deutlich zu erklären. Sie scheint durch das Anprallen der von links und rechts kommenden Gase gegeneinander zu entstehen. Auch könnte die hier anwesende Guantersche Strömung mitwirken. Nachdem die strömenden Gase wiederholt abgelenkt wurden, entstehen zuletzt im linken und rechten Strömungsfeld Wirbel, deren senkrecht zum Beobachter liegende Achsen etwa in der Höhe des Überganges von den Wendelenden zu den Wendelhalterungen der Halogenglühlampe 6,6 A, 200 W liegen.

### 3. Beobachtungen thermischer Strömungen an ausgefallenen Lampen

Die unter 2. beschriebenen Vorstellungen über die thermischen Strömungen wurden bei Untersuchungen an Halogenglühlampen 6,6 A, 200 W, tatsächlich bekräftigt. Bei diesen untersuchten Lampen war durch eine Bruchstelle

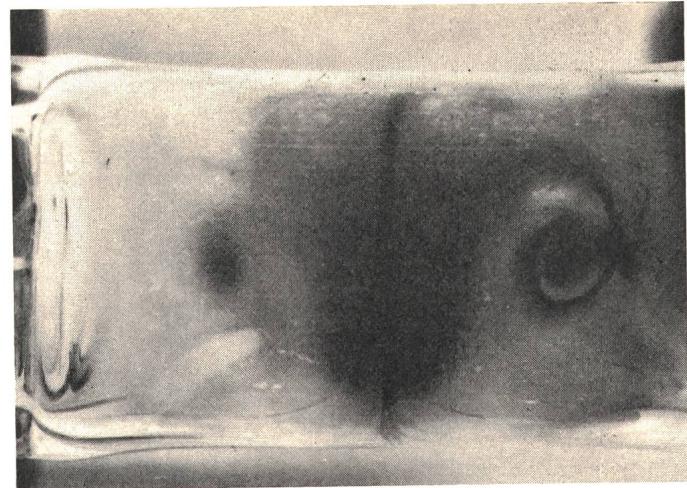


Fig. 4  
**Seitlich gerichtete Strömungen in einem Wirbel endend**  
 An der inneren Kolbenwandung einer ausgefallenen Halogenglühlampe 6,6 A, 200 W, hinterlassene Spuren thermischer Strömungen

über der Verschmelzung [2] Luft in das Lampeninnere eingedrungen. Die Oxydationsprodukte aus Wolfram, Luftsauerstoff und Halogen wurden durch die im Lampeninneren anwesenden thermischen Strömungen mitgerissen und an der Kolbenwandung abgelagert. Diese Ablagerungen sind bei vielen ausgefallenen Lampen leicht feststellbar; sie wurden auch fotografiert. Die Strömungslinien verliefen nicht an allen ausgefallenen Halogenglühlampen gleich. Immerhin weisen die an der Kolbenwandung der einzelnen Lampen hinterlassenen Spuren eine bemerkenswerte Ähnlichkeit auf.

Zwei besonders charakteristische Erscheinungen sind in den Fig. 4 und Fig. 5 wiedergegeben. In Fig. 4 ist die von *J. Guanter* [3] gezeigte thermische Strömung um den Wendeldraht (Wendelachse) zu erkennen. Sie verläuft an der Kolbenwand senkrecht von oben nach unten. Reste weiterer Guanterschen Strömungen könnte man sich auch im dunkelsten Mittelteil der Fig. 4 und Fig. 5 vorstellen. Sie führen nicht direkt vom Scheitel der Lampe herab, sondern sind wohl von den thermischen Strömungen gemäss dem Modell in Fig. 3 seitlich abgelenkt (zurückgedrängt) worden. Die

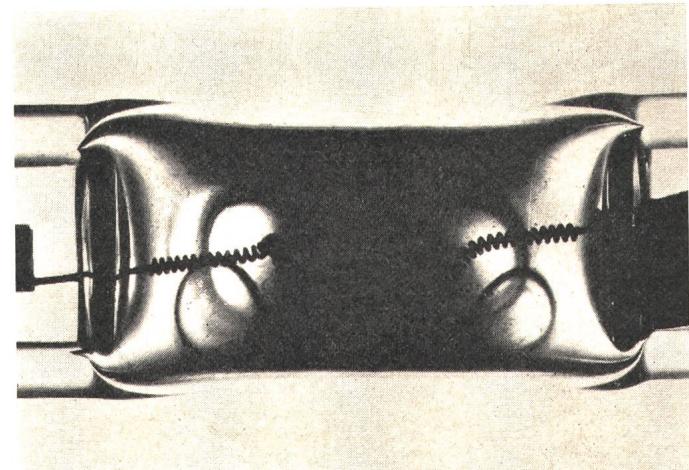


Fig. 5  
**Seitlich gerichtete thermische Strömungen in einer Halogenglühlampe 6,6 A, 200 W, mit horizontal glühender Wendel**  
 Der Übergang von den Wendelenden zur Wendelhalterung liegt im Aktionsbereich der Wirbelachsen

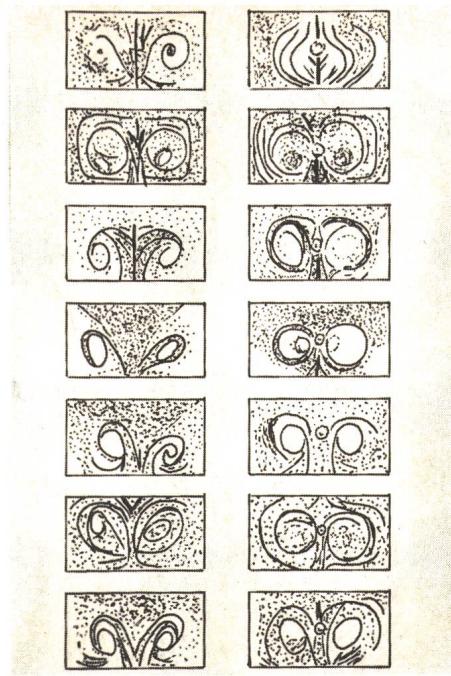


Fig. 6

Nach Original gezeichnete Spuren thermischer Strömungen

seitlich gerichteten Strömungen, wie sie sich aus Fig. 3 theoretisch ergeben, vor allem der zu erwartende Wirbel, sind besonders auf der rechten Bildseite in Fig. 4 gut sichtbar. Auch die in Fig. 5 gezeigten, an der Kolbenwandung hinterlassenen Spuren stimmen in ihrem Verlauf mit den theoretischen Erwartungen gemäss Modell in Fig. 3 überein.

Wie erwähnt, handelt es sich dabei um keinen Einzelfall. An einer Reihe ausgefallener Halogenglühlampen von 6,6 A, 200 W, mit horizontal brennenden Wendeln wurden ähnliche Beobachtungen, wie in den Fig. 4 und 5 gemacht. Photographische Aufnahmen von Schattenbildern der hinterlassenen Spuren thermischer Strömungen waren zwar zur Auswertung ausreichend, für den Druck aber im allgemeinen nicht geeignet. Deshalb wurden die Hauptstromlinien dieser Spuren von Hand aufgezeichnet. Diese einzelnen beobachteten Strömungsbilder sind in Fig. 6 zu sehen. Ähnliche Bilder wurden auch an neuen Lampen durch Einführung von Luftsauerstoff in die brennende Halogenglühlampe «künstlich» erzeugt. Die beim Betrieb der Lampen von Produkten aus Wolfram, Luftsauerstoff und Halogen «aufgezeichneten» Bilder wurden zusammengestellt, und die Hauptströmungsspuren aller untersuchten Prüflinge in Fig. 7 eingetragen. Die senkrecht verlaufene Guantersche Strömung ist hier ebenso gut sichtbar, wie die seitlich gerichteten thermischen Strömungen aus den Fig. 4 und Fig. 5. In den in der Höhe des Übergangs von den Wendelenden zu den Wendelhalterungen zirkulierenden kreisförmigen Strömungen wurden Wirbel beobachtet. Da sie sich zwar alle in den Kreisfeldern befanden, jedoch nicht bei allen Prüflingen die gleiche Lage einnahmen, wurden sie übersichtshalber nicht in Fig. 7 eingezeichnet. Von den 14 in Fig. 6 einzeln aufgezeichneten Strömungsbildern sind in den erwähnten Kreisfeldern (Fig. 7) 13 wirbelförmige Strömungen vorhanden. Dabei befinden sich die Wirbelachsen zwischen der ersten bis zweiten Doppelwindung der Wendel und der Wendelhalterung der Doppelwendel und zwischen der ersten bis fünften Windung und der Wendelhalterung der einfachen Wendel.

#### 4. Mögliche Folgen für den Wolframhalogenidkreisprozess in der Halogenglühlampe 6,6 A, 200 W

Die seitlich gerichteten thermischen Strömungen können den um den Wolframdraht (hier um die Wendel) zirkulierenden Wolframhalogenidkreisprozess störend beeinflussen. Die in chemischer Verbindung oder einzeln transportierten Elemente Wolfram, Sauerstoff und Halogenelement befinden sich mit der glühenden Wendel nicht in jenem Gleichgewicht, welches für einen idealen Wolframhalogenidkreisprozess erwünscht wäre. Sie werden in Richtung des Wirbels abgelenkt und gelangen mehr als an andere Wendelteile an die Wendelhalterung und an die erste bis zweite Doppelwindung oder an die erste bis fünfte einfache Windung. Möglicherweise führt nicht einzig die Temperaturverteilung längs der glühenden Wendel zur maximalen Wolframablagerung am Übergang Wendelhalterung—Wendelenden, sondern auch die seitlich gerichteten thermischen Strömungen könnten eine bevorzugte Wolframablagerung in der Nähe der Wirbelachsen (Fig. 4 und 7) unterstützen oder gar selbst hervorrufen. Die in Fig. 8 und 9 angeführten Beispiele von Halogenglühlampen 6,6 A, 200 W, deren Wirbelachsen mit dem Übergang von den Wendelenden zur Wendelhalterung in gleicher Höhe standen, schliessen jedenfalls eine Mitwirkung der seitlich gerichteten thermischen Strömungen an der Bildung der bevorzugten Ablagerungsmaxima nicht aus. Das in Fig. 8 dargestellte Teilstück zeigt die kritische Stelle an einer einfachen Wendel, den Übergang von der Wendelhalterung zur 1. bis 5. Windung. In Fig. 9 ist ebenfalls ein vom Übergang der Wendelhalterung bis zur ersten Doppelwindung einer Doppelwendel reichendes Teilstück zu sehen.

#### 5. Zusammenfassung

Das Vorhandensein der von J. Guanter [3] beim Wolframhalogenkreisprozess angegebenen thermischen Strömungen um den Wendeldraht (hier um die Wendelachse) herum,

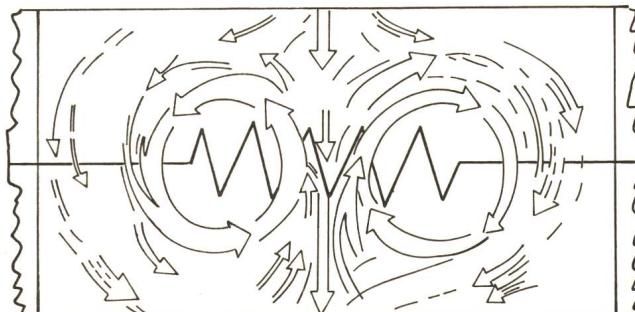
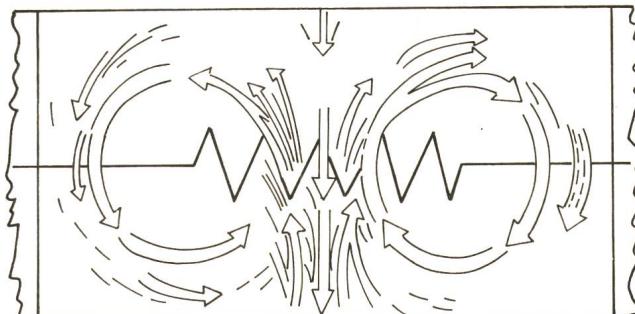


Fig. 7  
Zusammengestellte Hauptströmungen an einer Serie ausgefallener Halogenglühlampen 6,6 A, 200 W

Oben: die Vorderseite; unten: die Rückseite des Lampenkörpers

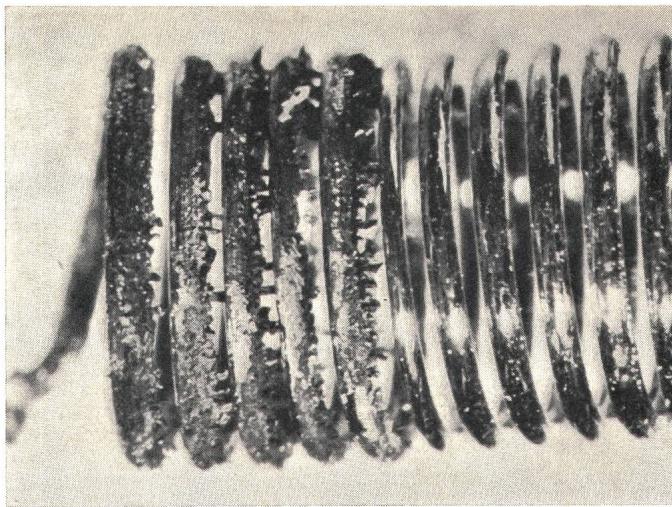


Fig. 8  
Maximale Wolframablagerung an einer einfachen Wendel in der  
Wirbelachse  
Übergang zwischen Wendel und Wendelhalterung

wurde bei den Untersuchungen an defekten Halogenglühlampen 6,6 A, 200 W, wiederholt nachgewiesen. Auf Grund theoretischer Überlegungen wurde für die brennende Halogenglühlampe 6,6 A, 200 W, ein Strömungsmodell aufgestellt. Es ergibt sich aus den bekannten Begriffen der Strömungslehre: «Quelle» und «Strömungen gegen eine Platte».

Anhand von Abbildungen konnte gezeigt werden, dass an ausgestorbenen Lampen Spuren thermischer Strömungen hinterlassen wurden, die mit diesem theoretischen Modell übereinstimmen. Die Grundform der einzelnen Strömungsbilder ist charakteristisch und die charakteristischen Merkmale wurden einerseits an ausgestorbenen Lampen wiederholt vorgefunden andererseits an neuen Lampen künstlich erzeugt. Möglicherweise ist die Temperaturverteilung längs der glühenden Wendel für die maximale Wolframablagerung an den Wendelenden und der Wendelhalterung nicht allein verantwortlich, sondern die regelmässigen, seitlich abgelenkten und in einem Wirbel endenden thermischen Strömungen können die Transporterscheinungen des gewünschten idealen Wolf-

ramhalogenidkreisprozesses störend beeinflussen. Das Wolfram wird nicht gleichmässig längs der ganzen Wendel verteilt zu dieser zurückgebracht. Es lagert sich zum grösseren Teil an den Wendelenden und der benachbarten Wendelhalterung ab.

Für die Mitarbeit an den Versuchen, sowie für die photographischen Aufnahmen sehen sich die Autoren verpflichtet

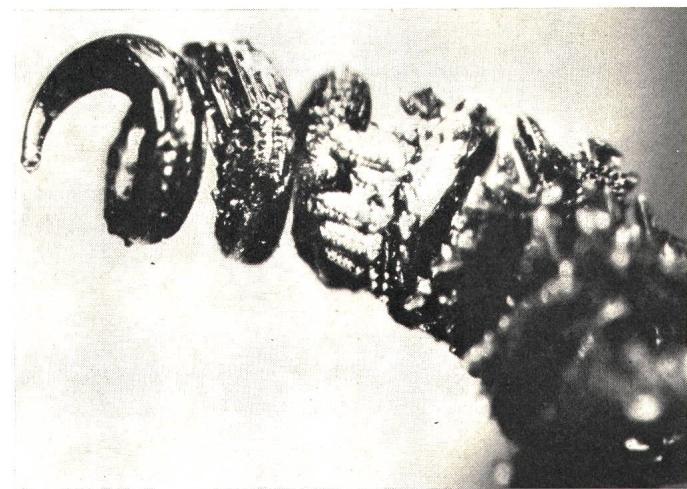


Fig. 9  
Maximale Wolframablagerung an einer Doppelwendel in der Wirbelachse  
Übergang zwischen Wendelhalterung und der ersten Doppelwindung

*Dr. W. Lotmar, H. Dudli und A. Wittwer, alle am Eidgenössischen Amt für Mass und Gewicht, ihren Dank auszusprechen.*

#### Literatur

- [1] F. Mäder, M. Res und J. Biffiger: Formen von Wolframablagerungen und Veränderungen der Drahdicke in einer Halogenglühlampe. Bull. SEV 61(1970)13, S. 541...547.
- [2] F. Mäder, M. Res und J. Biffiger: Erfahrungen mit einer Halogenglühlampe 6,6 A, 200 W, für Landepistenbefeuерung. Bull. SEV 60(1969)22, S. 1039...1044.
- [3] J. Guanter: Neuere Lichtquellen und deren Anwendung. Bull. SEV 58(1967)11, S. 490...497.

#### Adresse der Autoren:

Dr. F. Mäder, M. Res und J. Biffiger, Eidg. Amt für Mass und Gewicht, 3084 Wabern/Bern.

#### Kurzberichte — Nouvelles brèves

**In den USA** hat eine Firma für die Rückkühlung eines noch zu erstellenden Reaktors Sand gekauft. Mit diesem wird ein künstlicher See für die Rückkühlung erstellt. Die Kühlung im künstlichen See soll dort nicht teurer kommen als Rückkühltürme.

**Die Leistung von Reaktoren** soll in den USA als Folge von Unregelmässigkeiten des Brennstoffes bis zu 20 % schwanken.

**Ein in Bau befindliches Kernkraftwerk** von 800 MVA wurde in den USA auf 78 Mill. \$ budgetiert. Trotzdem das Kraftwerk noch nicht fertig ist, rechnet man schon heute mit Baukosten von 136 Mill. \$.

**Messungen der Molekülstruktur mit sehr hoher Genauigkeit.** Im Laboratorium für Molekülstruktur der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt werden die Abstände der Atomkerne und der Elektronen in freien Molekülen gemessen. Im Hochvakuum kreuzt ein feiner Strahl von schnellen Elektronen, die eine einheitliche Geschwindigkeit haben und daher fast monochromatisch sind, den Strahl des zu untersuchenden Gases. Die Elektronen

werden an den positiven Ladungen der Atomkerne und an den negativen Ladungen der Hüllen- und der Bindungselektronen des Moleküls gebeugt. Die gebeugten Elektronenstrahlen interferieren miteinander und erzeugen auf einem Empfänger, der in einer Ebene senkrecht zum Primärstrahl aufgestellt ist, ein System von mehr oder weniger breiten konzentrischen Ringen. Dieses Ringsystem wird nach Intensitäten und besonders nach Ringgradien ausgemessen.

**1000. Gleisbildstellwerk der Deutschen Bundesbahn.** Am 17. August 1970 wurde in Bad Oeynhausen — an der Bahnstrecke Hannover-Dortmund gelegen — das 1000. Gleisbildstellwerk der Deutschen Bundesbahn in Betrieb genommen. Es handelt sich dabei um eine Spurplanstellwerkanlage der Bauform SpDrS60. Die beiden Nachbarbahnhöfe von Bad Oeynhausen — Vennebeck und Gohfeld, in je 6 km Entfernung — sind mit ihren Weichen und Signalen direkt an das neue Stellwerk angeschlossen, so dass sie ohne örtliches Stellwerkpersonal betrieben werden können. Die Aufwendungen der Deutschen Bundesbahn für diese Zentralstellwerkanlage betrugen rund 5,1 Mill. DM.