

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK  
GARCHING BEI MÜNCHEN

APPARATUR ZUR HERSTELLUNG  
FESTER DEUTERIUMSTÄBCHEN

APPARATUS FOR PRODUCING  
STICKS OF SOLID DEUTERIUM

H. Krause

IPP IV/43

August 1972

*Die nachstehende Arbeit wurde im Rahmen des Vertrages zwischen dem  
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik und der Europäischen Atomgemeinschaft über die  
Zusammenarbeit auf dem Gebiete der Plasmaphysik durchgeführt.*

IPP IV/43 H. Krause

Apparatus for producing  
sticks of solid deuterium

August 1972 (in German)

A b s t r a c t

An apparatus is described for producing sticks of solid hydrogen or deuterium in high vacuum, which are used as targets for laser plasma experiments. The sticks are of quadratic cross-section (2 mm x 2 mm) and have a length up to 15 cm.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

---

	Seite
I. Einleitung .....	2
II. Beschreibung der Apparatur .....	3
III. Herstellung von Deuteriumstäbchen .....	6
Literaturverzeichnis . . . . .	9

## 1. EINLEITUNG

Seit einigen Jahren wird auf dem Gebiet der Plasmaerzeugung durch intensive Laserstrahlung gearbeitet. Durch die fokussierte Strahlung eines RiesenimpulsLasers auf Festkörper lässt sich Materie ionisieren und aufheizen. Von besonderem Interesse für die Fusionsforschung ist die Möglichkeit, ein reines Deuteriumplasma zu erzeugen. Dazu benötigt man zweckmässigerweise ein festes Deuteriumtarget im Hochvakuum. Deuterium liegt im Normalzustand als Gas vor. Es kann durch Abkühlung in den flüssigen und festen Zustand übergeführt werden (Siedepunkt bei 760 Torr,  $23,57^{\circ}\text{K}$ ; Schmelzpunkt bei 128,5 Torr,  $18,72^{\circ}\text{K}$ ). Um ein zu rasches Verdampfen des Deuteriumtargets im Hochvakuum zu vermeiden, eignet sich für die Verfestigung nur flüssiges Helium. Bei früheren Experimenten wurde dieses Verfahren durch die Entwicklung verschiedener Kryostaten zur Herstellung fester Wasserstoff- bzw. Deuteriumscheiben und -teilchen mit Erfolg angewendet /1/ und /2/.

In dieser Arbeit wird nun eine Apparatur beschrieben, mit der feste, glasklare Deuteriumstäbchen von quadratischem Querschnitt hergestellt werden. Aus einem Verdampferkryostaten werden sehr plane und gerade Stäbchen in ein Hochvakuum gedrückt und können dort über eine Justiervorrichtung verfahren werden. Gegenüber den Deuteriumscheibchen /1/ lassen sich die frei hängenden Stäbchen bequem seitlich beobachten. Dies und die ebene Fläche des Deuteriumstäbchens ermöglicht ein genaues Fokussieren des RiesenimpulsLasers auf das Target und gewährleistet reproduzierbare Messungen. Es kann somit zur besseren Untersuchung der Vorgänge beitragen, die bei der Bestrahlung des festen Deuteriums mit Laserlicht auftreten.

Eine ähnliche Apparatur ist in Limeil in Frankreich in Betrieb /3/, von der aber keine Einzelheiten bekannt sind.

## II. BESCHREIBUNG DER APPARATUR

Im Prinzip ist der Gesamtaufbau der Apparatur der gleiche wie bei früheren experimentellen Aufbauten. Lediglich der Verdampferkryostat zur Erzeugung fester Deuteriumstäbchen musste neu entwickelt werden.

Die Gesamtapparatur ist in Abb. 1 dargestellt. Sie unterteilt sich in Vakuumapparatur, Heliumkreislauf und Verdampferkryostat mit Justiervorrichtung.

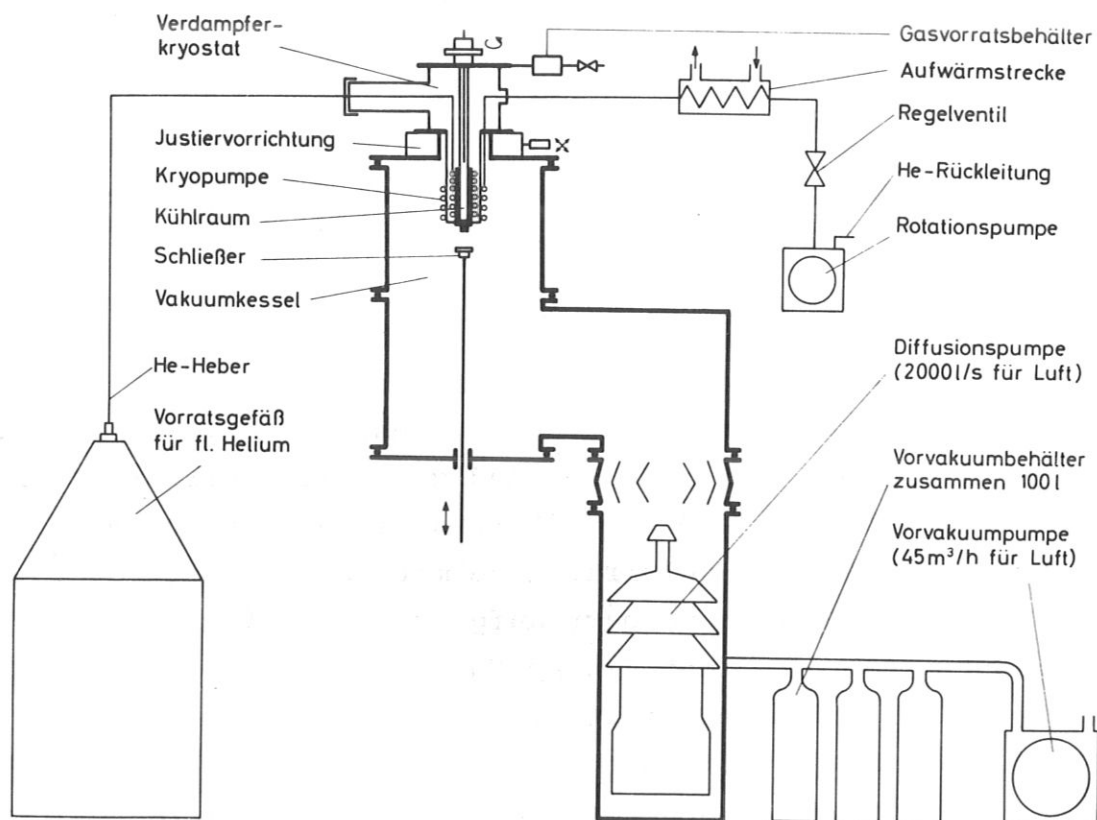


Abb. 1 Vakuumapparatur, Heliumkreislauf und Verdampferkryostat (schematisch)

Vakuumanlage: Die Vakuumkammer wird von einer Öldiffusionspumpe mit vorgeschaltetem Vorvakuumbehälter und Vorvakuumpumpe evakuiert. Die Diffusionspumpe wird durch den als Kryopumpe wirkenden Kryostaten unterstützt. Im abgekühlten Zustand beträgt der Druck im Vakuumkessel etwa  $10^{-6}$  Torr.

Heliumkreislauf: Am Ende der Heliumleitung erzeugt eine Rotationspumpe Unterdruck. Unter dessen Wirkung steigt flüssiges Helium aus dem Vorratsbehälter in den Verdampferkryostaten mit der Kühlvorrichtung zur Erzeugung der Deuteriumstäbchen, durchfließt anschließend die Kryopumpe und wird dann in einer Aufwärmstrecke auf Zimmertemperatur erwärmt. Ein Regelventil ermöglicht es, den Heliumfluss und damit die Temperatur des Kühlkopfes im Kryostaten zu regeln.

Verdampferkryostat: Abb. 2 zeigt einen Schnitt durch den Verdampferkryostaten. Dieser ist ähnlich aufgebaut wie die Apparaturen zur Herstellung der Wasserstoff-Folien und kleinen Wasserstoff-Teilchen, die in /1/ und /2/ beschrieben werden.

In dem evakuierten Gehäuse des Verdampferkryostaten befindet sich als Hauptteil der Kühkopf. Dieser Kühkopf ist aus Kupfer hergestellt und hat eine Bohrung mit dem Durchmesser des Stempels von 6 mm. Der obere Teil ist mit dünnwandigen Edelstahlrohren verlötet, die als Stempelführung und Gaszuführung dienen. Der untere Teil wird durch das Aussengehäuse geführt. Eine mit dem Heliumeingang verbundene dichtgewickelte und hart aufgelötete Kupferrohrspirale mit 2 mm Innendurchmesser dient als Abkühlvorrichtung. In diese Kühlschlange strömt flüssiges Helium und verdampft dort. Nach Verlassen des Kühlkopfes durchströmt das noch kalte Helium eine zweite Kühlschlange, die auf einen dünnwandigen Edelmantel aufgelötet ist. Dieser befindet sich im Hochvakuum und dient als Abschirmschild und Kryopumpe. Die Heliumleitung wird als Strahlungsschutz in den Kryostaten zurückgeführt, aus dem das Helium dann in die Aufbereitungsanlage geht. Eine schnell auswechselbare Kupferdüse ist mit einer Indiumdichtung in den Kühkopf geschraubt. Die Bohrung der Düse ist von einem Konus übergehend zu einem Vierkant von 2 x 2 mm Kantenlänge ausgearbeitet. Über einen gegen die Düse drückenden Schliesser kann der Kühlraum vom Hochvakuum getrennt werden. Die Deuteriumzufuhr

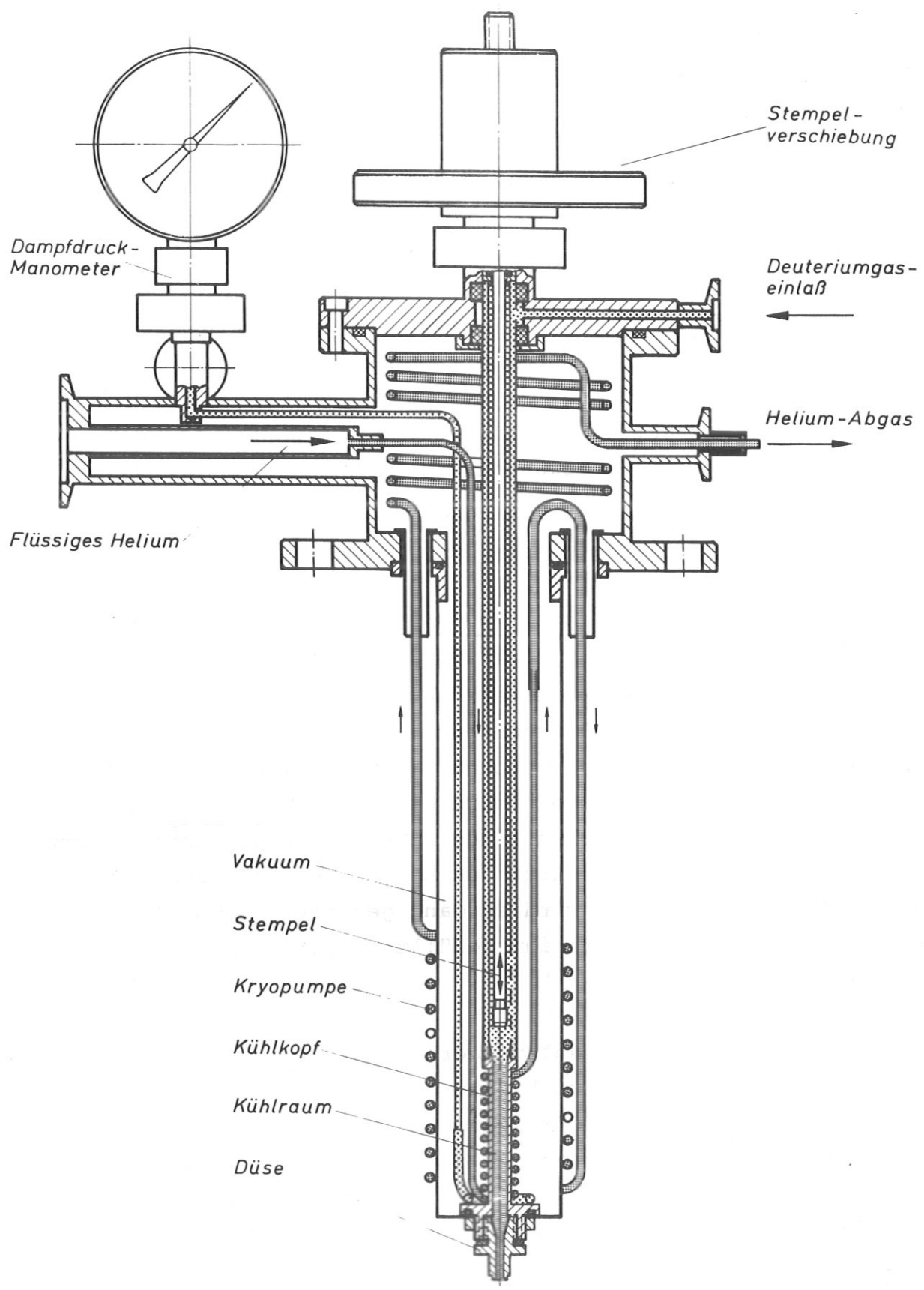


Abb. 2 Verdampferkryostat (Schemazeichnung)

zum Kühlkopf erfolgt über den Deckelanschluss und den Gaszuführungsrohren. Durch eine Drehvorrichtung kann der stehende Stempelverfahren werden.

Zur Messung der Temperatur im Abkühlraum dient ein Feinmessmanometer, das über ein dünnes Edelstahlrohr und eine Kupferrohrschleife mit dem Kühlkopf verbunden ist. Das Dampfdruckmanometer ist mit Deuteriumgas gefüllt.

Der Verdampferkryostat ist durch einen vakuumdichten Kreuzschlitten und einer Schwenkvorrichtung mit dem Experimentierkessel verbunden. Mit dieser Justiervorrichtung kann der Kryostat bzw. das erzeugte Deuteriumstäbchen in jede gewünschte Stellung gebracht werden.

### III. HERSTELLUNG VON DEUTERIUMSTÄBCHEN

In der auf  $1 \cdot 10^{-5}$  Torr evakuierten Vakuumapparatur wird der Schliesser gegen die Düse gepresst und trennt die Verbindung vom Kryostaten zum Hochvakuum. Das Volumen ( $1000 \text{ cm}^3$ ) der Gasleitungen des Kryostaten und des Gasvorratsbehälters wird mit Deuteriumgas unter einem Druck von 1300 Torr gefüllt. Mit dem Einschalten der Rotationspumpe strömt das flüssige Helium durch den Heliumkreislauf und die Abkühlung des Deuteriumgases wird in Gang gesetzt. Dieser Abkühlvorgang kann über das mit Deuterium gefüllte Dampfdruckmanometer genau beobachtet werden.

Für das Kaltfahren der Kryoanlage werden 10 Minuten benötigt. Der Verbrauch an flüssigem Helium hierzu beträgt ca. 0,5 Liter. Durch die zusätzliche Mitwirkung der Kryopumpe stellt sich ein Druck von  $1 \cdot 10^{-6}$  Torr in der Vakuumapparatur ein.

Das in den Verdampferkryostaten gefüllte Deuteriumgas kondensiert in der Bohrung des Kühlkopfes, es bildet sich ein Deuteriumbad und gefriert bei weiterer Abkühlung. Bei der Dampfdruckmanometeranzeige von 126 Torr ist dieser feste Zustand erreicht. Über ein Regelventil wird der flüssige Heliumdurchsatz auf eine konstante Tem-



peratur eingeregelt. Der Schliesser wird von der Düse entfernt und der Stempel über die von Hand betriebene Drehvorrichtung auf das Eis gedrückt. Dadurch wird das Deuteriumstäbchen aus der Düse gepresst und hängt nun im Hochvakuum.

Mit dem Verdampferkryostaten können feste Deuteriumstäbchen bis zu einer Länge von 15 cm hergestellt werden. Zum Experimentieren eignen sich am besten bis zu 2 cm lange Targets, da diese gegenüber den langen Stäbchen besser vom Kryostaten gekühlt und damit eine viel kleinere Abdampftrate besitzen. Mit einer Deuteriumgasfüllung des Verdampferkryostaten lassen sich über 10 Stäbchen von 20 mm Länge nacheinander herstellen.

Diese Deuteriumstäbchen haben eine lange Lebensdauer und können bei nur geringer Verdampfung über 15 Minuten im Vakuum hängen. Von einem 20 mm langen Target mit einem Querschnitt von 2 x 2 mm verdampfen in 5 Minuten 0,1 mm von der Oberfläche. Der flüssige Heliumverbrauch während dieser Zeit beträgt ca. 0,3 Liter. Es wird ein Druck von 1 bis  $2 \cdot 10^{-5}$  Torr in der Vakuumapparatur gemessen.

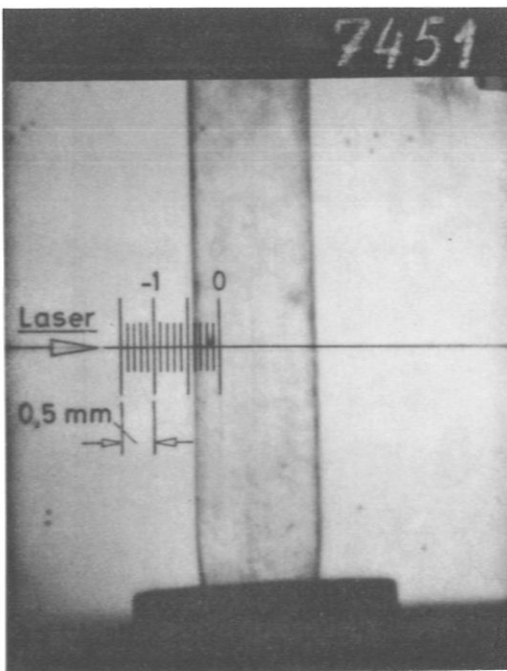


Abb. 3 Aufnahme eines zu Justierzwecken auf einen Schirm abgebildeten Deuteriumstäbchens ( $180^\circ$  seitenverkehrt)

Die Abb. 3 zeigt die Aufnahme eines Deuteriumstäbchens, das auf einen Bildschirm abgebildet ist. Mit einem verschiebbaren Kreuzschlitten der Justier Vorrichtung kann das Target mit einer Genauigkeit von  $\pm 10 \mu\text{m}$  auf der Rasterung des Bildschirms eingestellt werden. Dies ermöglicht ein exaktes Fokussieren der Laserstrahlung und gewährleistet damit reproduzierbare Messungen am Target.

Auf das Deuteriumstäbchen wird die Strahlung eines Nd-Glaslasers fokussiert, der eine Ausgangsenergie bis zu 80 Joule bei einer Pulshalbwertsbreite von 5 ns erreicht. Bei dem auf Abb. 4 vom Laser bestrahlten

Target betrug die Energie ca. 20 Joule. Die Abb. 4 ist von der Seite unter einem Winkel von  $45^\circ$  gegen das einfallende Laserlicht bei offener Kamera durch das Eigenleuchten des lasererzeugten Plasmas fotografiert worden und zeigt die von der Oberfläche des Deuterium-targets wegströmende Plasmawolke.

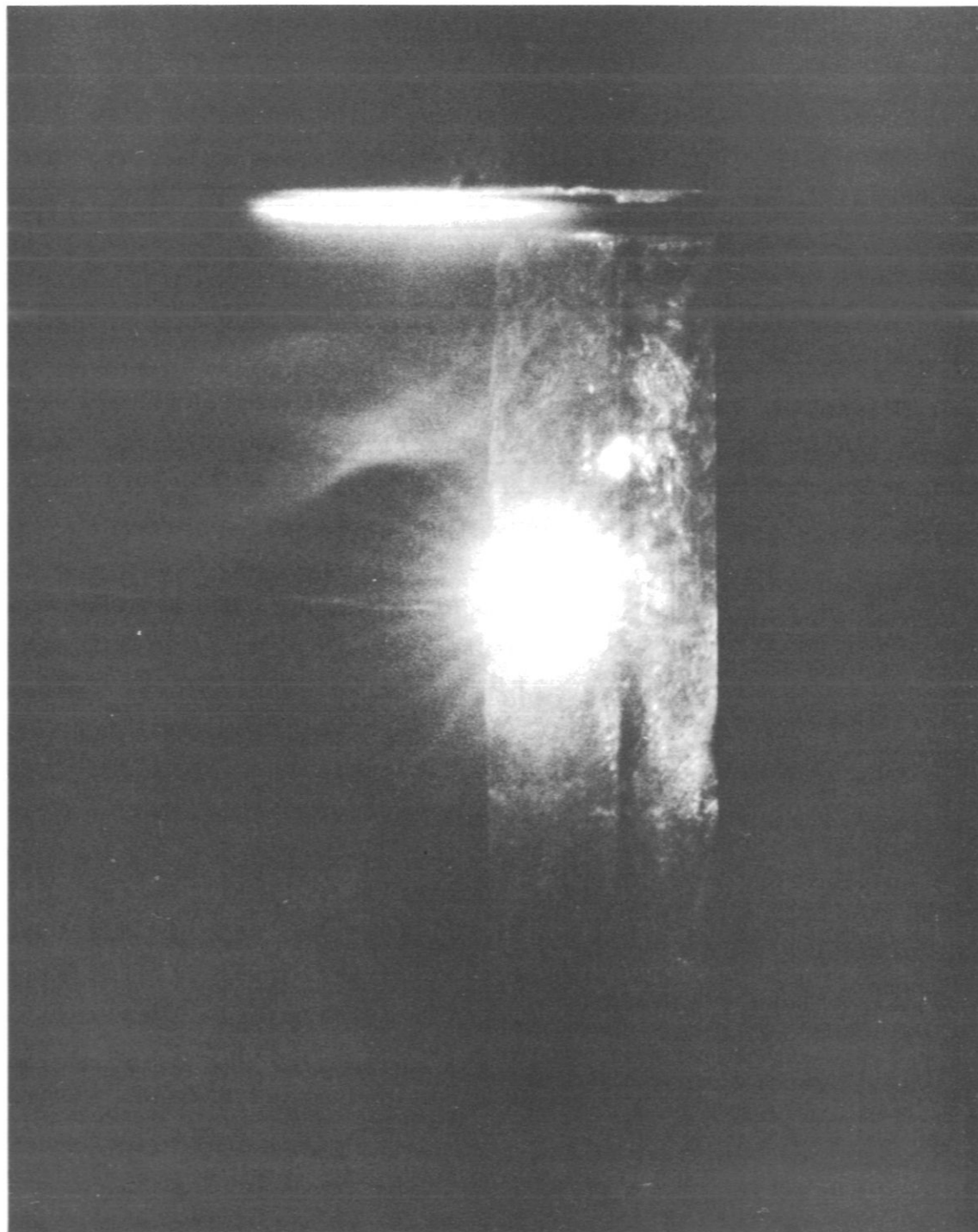


Abb. 4 Fotografie des Deuteriumtargets bei Einstrahlung von Laserlicht

LITERATURVERZEICHNIS

- 1 R. Sigel, H. Krause, S. Witkowski: J. Sci. Instr. 2, 187 (1969)
- 2 H. Krause, P. Sachsenmaier, H. Salzmann, R. Sigel: Laborbericht IPP IV/3 (1970)
- 3 J.L. Bobin, F. DeLobbeau, G. De Giovanni, C. Fauquignon, F. Floux: Nuclear Fusion 9 (1969)