

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

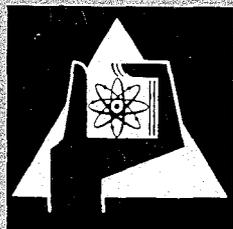
Dezember 1967

KFK 685

Zyklotron-Laboratorium

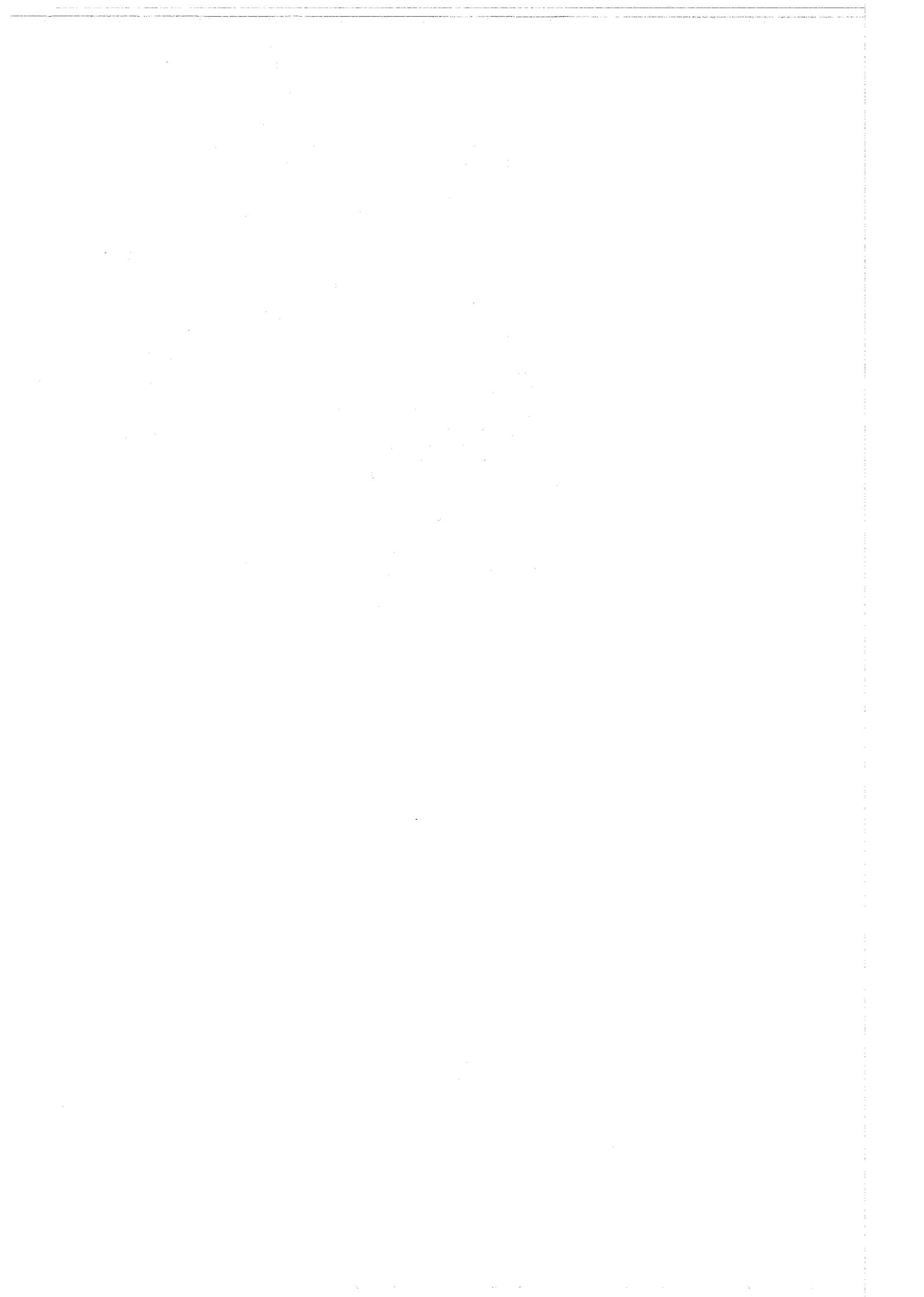
Ein Target für Hochstrom-Bestrahlungen im Zyklotron

F. Schulz, H. Bellemann



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE



Kernforschungszentrum Karlsruhe

Dezember 1967

K F K - 685

Zyklotron-Laboratorium

EIN TARGET FÜR HOCHSTROM-BESTRAHLUNGEN IM ZYKLOTRON

Vorgetragen beim "Third Meeting on Accelerator Targets
Designed for the Production of Neutrons, Lüttich, 18./19.9.67

F. Schulz und H. Bellemann

Gesellschaft für Kernforschung mbH., Karlsruhe

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY

1100 EAST 58TH STREET

CHICAGO, ILL.

60637

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

500 EAST LEXINGTON AVENUE

NEW YORK, N.Y. 10017

TEL. (212) 850-6600

Abstract

A target assembly was developed for irradiation with the internal beam of the Karlsruhe Isochronous Cyclotron. The sample to be irradiated is placed directly into the cooling water. The assembly was loaded with up to 100 μ A of 50 MeV deuterons.

1. Einleitung

Bei Bestrahlungen am Innenstrahl des Karlsruher Isochronzyklotrons ist es in vielen Fällen nicht möglich, die volle Stromstärke des Beschleunigers auszunutzen, da es nicht gelingt, die in der Targetsubstanz freigesetzte Wärme wirksam abzuführen. Dazu ist zu bedenken, daß einer Stromstärke von $100\ \mu\text{A}$ bei der maximalen Deuteronen-Energie von 50 MeV eine Leistung von 5 kW und - bei einem Strahlquerschnitt unterhalb $0,1\ \text{cm}^2$ - eine Leistungsdichte von über $50\ \text{kW/cm}^2$ entspricht. Es wurde deshalb eine Targethalterung entwickelt, bei der wasserbeständige oder wasserdicht eingepackte Targets während der Bestrahlung direkt im Kühlwasser liegen. Man erreicht eine gute Kühlung des Targets, muß aber eine Reduzierung der maximal möglichen Teilchen-Energie in Kauf nehmen, da die Teilchen - bevor sie auf das Target treffen - zunächst ein Wolframfenster und eine dünne Kühlwasserschicht passieren müssen. Der Energieverlust beträgt bei 50 MeV Deuteronen 4 MeV, bei 100 MeV α -Teilchen 8,5 MeV.

Das Wassertarget kann Wärmebelastungen durch den Deuteronenstrahl bis zu 5 kW bei einer Leistungsdichte von $50\ \text{kW/cm}^2$ aufnehmen, ohne daß eine Undichtigkeit oder Beschädigung eines Teiles erfolgt.

2. Beschreibung des Targets

Das Wassertarget besteht aus zwei Hauptteilen, die aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzt sind. Der eine Teil ist die Vakuumabschlußhaube (Teil 2, 3, 5 und 8 in Bild 1). Eine $50\ \mu\text{m}$ dicke Wolframfolie, die U-förmig gebogen zwischen zwei Kupferteile eingelötet wird, dient als Eintrittsfenster für den Strahl. Die Haube wird nach mehreren Bestrahlungen so radioaktiv (1 - 2 r/h nach mehreren Tagen Abklingzeit), daß sie mit Manipulatoren gehandhabt werden muß.

Der andere Hauptteil ist die eigentliche Targethalterung. Sie besteht aus einem Aluminiumfuß, der den Manipulatoren, Aufsteckschuhen und der Transportbahn angepaßt ist. Darauf ist ein Kunststoffsockel (Teil 4) aufgeklebt, in dem die Kühlbohrungen verlaufen. Das Target (Teil 7) wird

mit Hilfe eines Spannstücks (Teil 6) gegen ein eingeschraubtes und verklebtes Kupferfenster gepreßt. Spannstück und Fenster sind so geformt, daß das Kühlwasser das Target umspülen muß und eine Kühlung von allen Seiten gesichert ist. Zur Entnahme des bestrahlten Targets wird mit Hilfe eines Drehmanipulators die Madenschraube (Teil 10) gelöst. Das Target fällt dann in eine bereitgestellte Schale und wird mit einem Schlitten aus der Ankunftszone ausgeschleust. Dann kann die Targethalterung ohne große Vorsichtsmaßnahme zur evtl. erforderlichen Dekontamination oder zum Einsetzen eines neuen Targets gegeben werden. Die Targethalterung wird nicht vom Strahl getroffen und ist durch Neutronen nur schwach aktiviert. Maximal beträgt die Strahlung 50 mr/h an der Oberfläche nach einigen Tagen. Im Rücklauf des Kühlwassers befindet sich ein Thermoelement, das mit dem Kunststoffsockel vergossen ist.

Für die Bestrahlung von Pulvern, z.B. Metalloxyden wurde eine zusätzliche Halterung entwickelt. Die Pulversubstanz preßt man zunächst in einer Tablette mit etwas größerer Fläche, als das Strahlprofil beträgt. Die Tablette wird von zwei Kupferblechen gehalten, die die halbe Dicke der Tablette haben. In die Breitseite der Bleche wird an einer Kante ein Ausschnitt von der Größe der Tablette gefräst. Um die Tablette im Wasserstrom zu halten, wird gleichzeitig als Klappscharnier ein Edelstahldrahtnetz (2 - 20 μ Maschenweite) auf die Bleche gelötet. Diese Anordnung wird mit dem Spannstück (Teil 6 in Fig. 1) fest zusammengedrückt. Die Tablette wird auf diese Weise während der Bestrahlung direkt mit Wasser gekühlt.

3. Herstellung

Die Herstellung eines Wassertargets stellt einige Anforderungen, da das Wolframfenster (eine 50 μ m dicke reine Wolframfolie) vakuumdicht zwischen Teil 3 und 5, die aus Elektrolytkupfer bestehen, eingelötet werden muß. Die Folie wird mit zwei Schrauben so eingespannt, daß Lötspalte von 0,2 mm Breite entstehen. In diese Spalte wird auf beiden Seiten der Folie das Lot in Form von Blech eingeschoben. Das Vakuumlot ist eine Legierung von 72 % Ag, 20 % Cu und 8 % Ti. Seine Arbeitstemperatur von 780° liegt um

300° C unter dem Schmelzpunkt von Kupfer. Das Lot ist sehr geeignet, da es das Wolfram nur an der Lötstelle benetzt und die spätere Strahl-auftreff-Fläche vom Lot freigehalten werden kann. Nach dem Lötprozeß im Vakuum ($<10^{-4}$ Torr) läßt man den Teil im Vakuumofen erkalten, um eine Oxydation zu vermeiden. Nach dem Erkalten ist die Wolframfolie durch die verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten von W und Cu leicht gewellt. Dies stört aber bei Bestrahlungen nicht. Der fertiggestellte Aufsatz wird dann mit einem dazu passend angefertigten Flansch auf Vakuumdichtigkeit geprüft. Dann lötet man diesen Aufsatz mit Weichlot (4 Teile Silber und 96 Teile Zinn) auf Teil 2. Das ergibt die fertige Targetkopfhaube.

Die Targethalterung besteht aus einem chemisch eloxierten Aluminium-Teil und einem aufgeklebten Polypropylenteil. Die Eloxalschicht schützt vor Korrosion durch vollentsalztes Wasser. Der Polypropylenteil ist strahlenschutztechnisch günstig, da er wenig aktiviert wird und durch Säuren leicht dekontaminiert werden kann. Polypropylen wurde wegen guter Strahlenbeständigkeit und seiner Dauertemperaturbeständigkeit bis zu 100° C gewählt. Es nimmt praktisch kein Wasser auf, quillt daher nicht und kann auf leichtem Gleitsitz mit der Targetkopfhaube bearbeitet werden. Als Thermoelement wurde eine NiCr-Ni-Anordnung gewählt (4,1 mV bei 100° C).

Bei Belastungsversuchen für das Strahleintrittsfenster wurden mehrere Materialien getestet: Cu, Ta, Pt, Ag, Au, Cu-Be und W. Eine 200 µm dicke Kupferfolie kann bei 50 MeV Deuteronen mit bis zu 40 µA belastet werden (20 kW/cm²), eine 50 µm dicke W-Folie bis zu 100 µA (50 kW/cm²). Die anderen Metalle waren ungeeignet. Die Kupferfolie oxydiert im Wasser auch bei geringen Wärmebelastungen. Die Folie wird infolge der auftretenden Kühlverluste zerstört, also auch bei sehr langen Bestrahlungen mit geringem Strahlstrom. Die Lebensdauer ist aber immer 1000 µAh. Die Wolframfolie oxydiert bei den angegebenen Belastungen und genügender Kühlung kaum, ist aber gegen mechanische Belastungen sehr empfindlich. Über die Lebensdauer können wir noch keine Aussagen machen, sie ist aber mindestens gleich groß. In Zukunft soll bei uns noch eine 50 µm dicke Iridiumfolie getestet werden.

4. Betriebliche Einzelheiten

Das Wassertarget wird mit Hilfe einer Kupplung während einer Bestrahlung isoliert (Isolationswiderstand ca. $2 \cdot 10^8 \Omega$ gegen Masse) in der Bestrahlungskammer gehalten, so daß die Strahlstrommessung mit einem μA -Meter erfolgen kann. Die entstehenden Sekundärelektronen werden mit dem Rahmen (Teil 5) wieder eingefangen und bei der Strommessung kompensiert. Vergleichsmessungen mit Meßtargets haben ergeben, daß die Strahlstrommessung im allgemeinen bis 1 % genau erfolgen kann. Das vollentsalzte Kühlwasser wird über 2 m lange Kunststoffschläuche an das Target herangeführt. Die Leitfähigkeit des Wassers beträgt zu Beginn der Bestrahlung 1 - max. $10 \mu\text{S}/\text{cm}$. Durch Reaktionen des Targetmaterials mit dem Kühlwasser kann die Leitfähigkeit während der Bestrahlung stark zunehmen. Das Wasser wird während einer Bestrahlung stark radioaktiv und muß nach mehreren Bestrahlungen gewechselt werden. Aus diesem Grund wurden die Kühlwasserpumpe (Förderung 6 l/min bei 4 atü Staudruck) und der Rückkühler in einer wasserdichten Wanne installiert. Außerdem verlegten wir alle Ventile und Rohrverbindungsstücke in dieser Wanne, damit auftretendes Leckwasser aufgefangen wird. Nach jeder Bestrahlung wird das Kühlwasser aus dem Targetkopf in den Rückkühler ausgeblasen. Um bei einer Zerstörung der Wolframfolie zu vermeiden, daß das Zyklotron mit Wasser geflutet wird, bauten wir Magnetventile in Vor- und Rücklauf ein, die mit einem Vakuumwächter geschaltet werden (Schaltpunkt 5×10^{-3} Torr). Selbst nach einem Platzen der Folie gelangen nur wenige Tropfen Wasser in die Vakuumkammer, da der Riß sofort nach dem Druckabfall des Kühlwassers im Vakuum zueist. Das Target wird dann sofort aus der Vakuumkammer ausgeschleust, und man erhält nach einigen Minuten gutes Vakuum.

Bei einer Bestrahlung im Zyklotron im Wassertarget ist die kritische Stelle bei der entstehenden Wärme häufig nicht die dünne Vakuumabschlußfolie, sondern das eingespannte Target. Bei einer Bestrahlung von Tantal mit $50 \mu\text{A}$ Deuteronen bei 40 MeV war das Target nach 1,5 h im Strahlprofil leicht angeschmolzen, obwohl das Metall unmittelbar im Wasser lag. Die Wolframfolie und alle übrigen Teile des Wassertargets waren unverändert.

Solche Vorkommnisse lassen sich schlecht vermeiden, da Belastungsversuche im Wassertarget sehr zeitraubend sind. Nach jeder Probebestrahlung (ca. 5 min) muß die Vakuumabschlußhaube mit einem Manipulator demontiert und das Target kontrolliert werden.

Bildunterschriften

Fig. 1 Querschnitt durch das Target

1 Aluminiumfuß; 2, 3, 5 Teile der Vakuum-Abschlußhaube (Cu);
4 Kunststoffsockel; 6 Spannstück zur Befestigung des Target-
materials; 7 Targetmaterial; 8 Wolframfolie; 10 Madenschraube
zur Befestigung des Targetmaterials; 11, 12 Dichtringe;
13 Befestigungsschraube der Vakuum-Abschlußhaube.

Fig. 2 Querschnitt durch die Targetanordnung zur Erzeugung von
Neutronen. Mit Target ist die Substanz bezeichnet, die mit
schnellen Neutronen aktiviert werden soll.

Fig. 3 Perspektivische Darstellung des Kühlwasserflusses.

Fig. 4 Photographie des Wassertargets. Haube und Targethalterung
sind getrennt.

Wassergekühltes Target

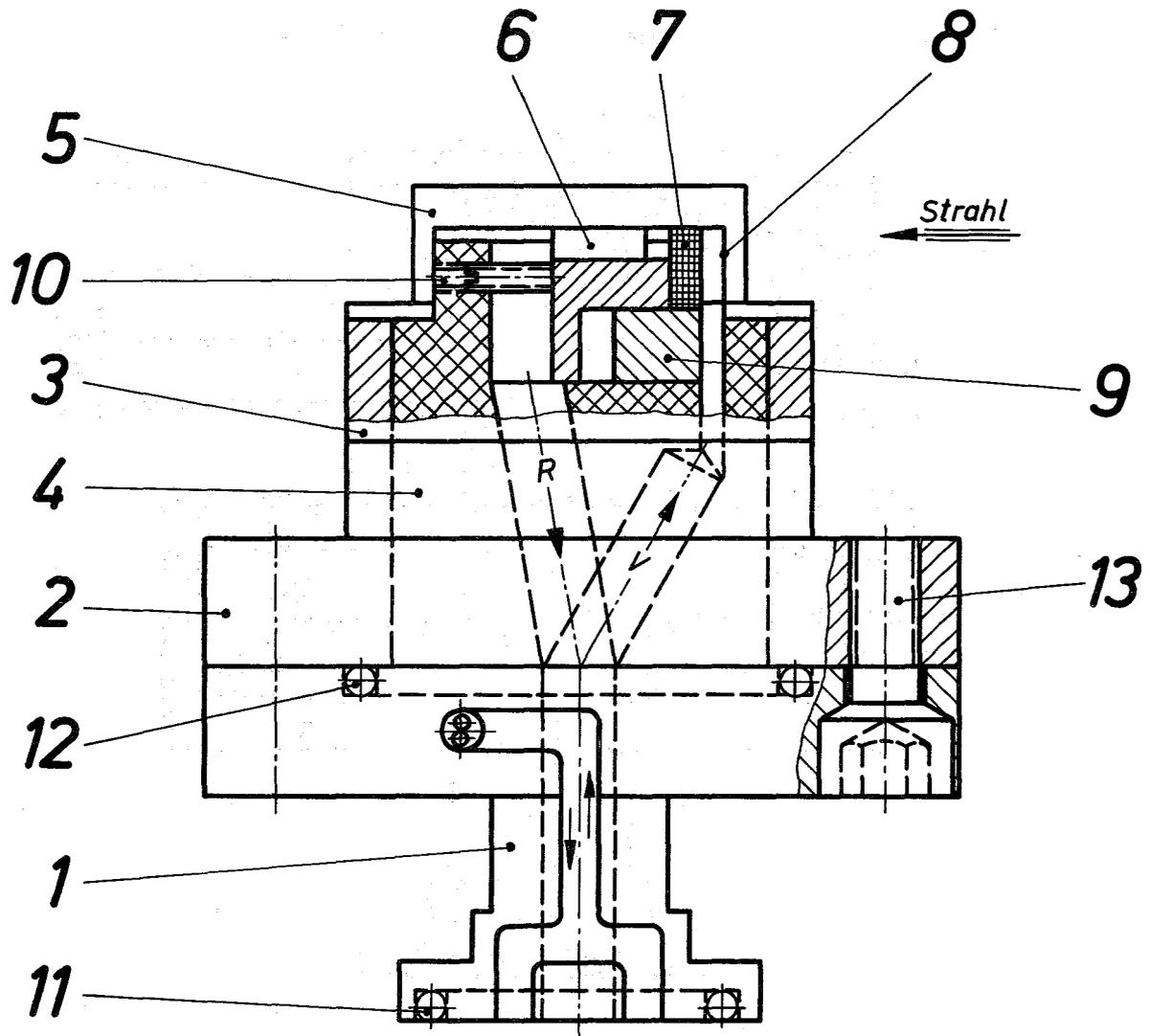


Fig. 1

Neutronentarget - wassergekühlt

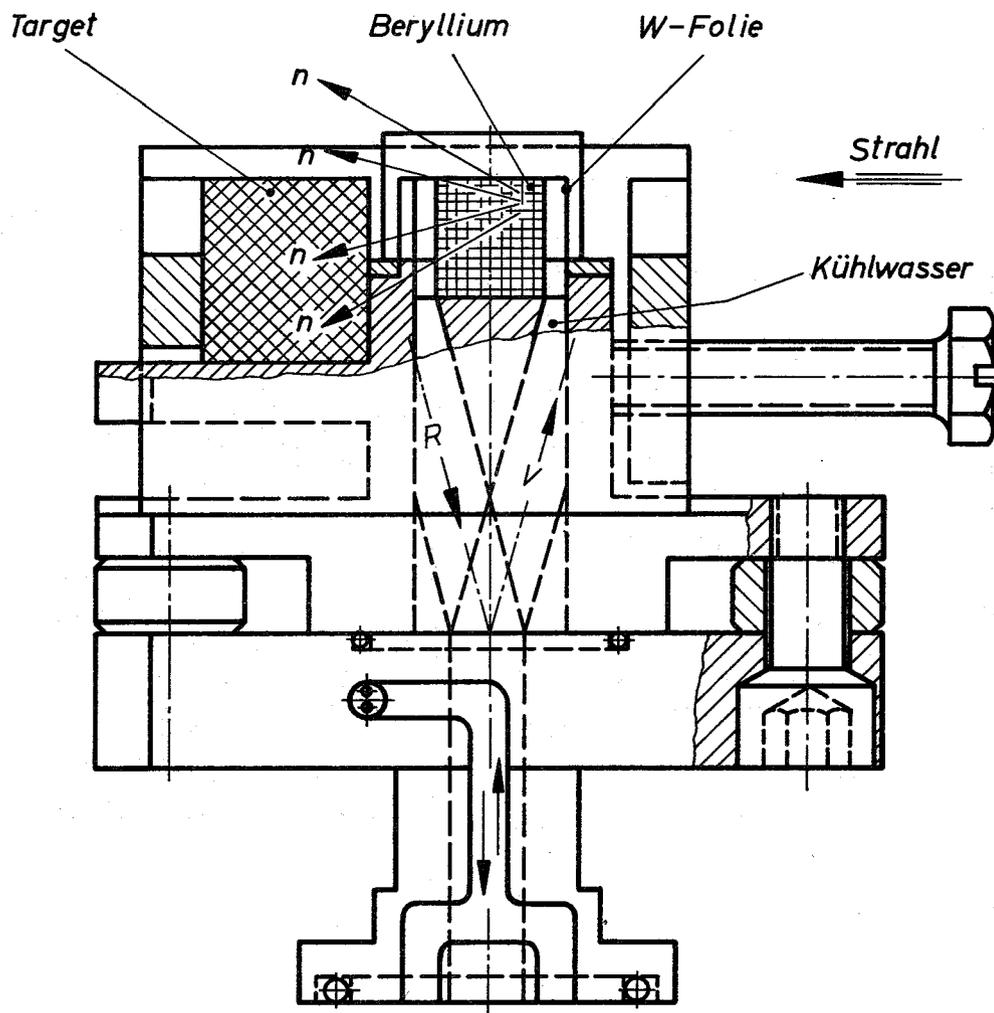


Fig. 2

Wasserkühlung für Beryllium-Einsatz

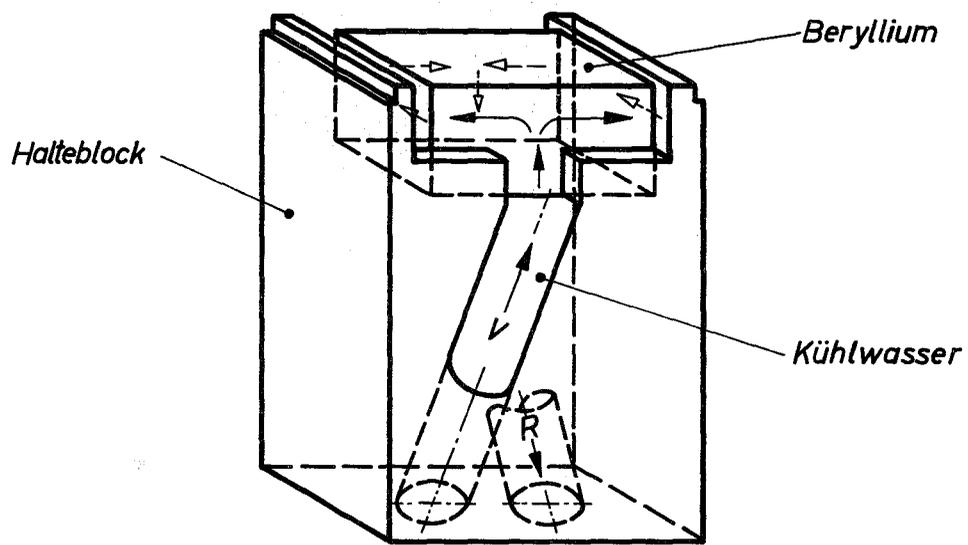


Fig. 3

Fig. 4

