

DEUTSCHES ELEKTRONEN-SYNCHROTRON **DESY**

DESY-Bibliothek

26. APR. 1967 ✓

DESY 67/44
November 1967

Wasserstoff-Kondensations-Target

von

Godehardt Kessler

Deutsches Elektronen Synchrotron, DESY

2 HAMBURG 52 · NOTKESTIEG 1

Wasserstoff-Kondensations-Target

von

Godehardt Keßler

Deutsches Elektronen Synchrotron, DESY

Zusammenfassung

Die nachfolgende Arbeit beschreibt ein Wasserstoff/Deuteriumtarget, das die mit dem Betrieb von flüssig Wasserstoff-Targets verbundenen Gefahren verringert, ohne dabei den flüssigen Wasserstoff als Kältemittel aufzugeben.

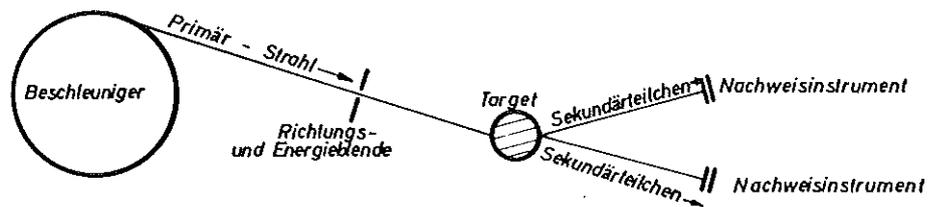
Abstract

A hydrogen-deuterium target is described, which reduces the safety problems connected with the handling of liquid hydrogen targets, without the liquid hydrogen being given up as the main cryogenic fluid.

I. Einleitung

Bei vielen Experimenten der Hochenergiephysik werden Targets verwendet. "Target" bedeutet so viel wie Ziel. Man bezeichnet damit einen Körper, in den man mit Strahlen oder beschleunigten Elementarteilchen schießt, um die Entstehung und die Reaktionen neuer Teilchen zu untersuchen.

Abb. 1: Prinzipieller Experimenteaufbau mit Target

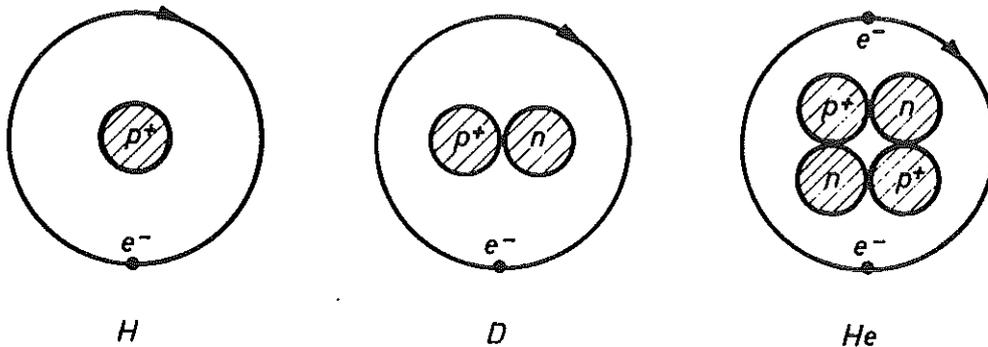


6245

4

Damit der Reaktionsmechanismus leichter zu deuten ist und die relativen Bewegungen der Protonen und Neutronen im Atomkern nur geringen Einfluß auf die Messergebnisse haben, verwendet man bevorzugt als Targetmaterial einfache Atomkerne mit niedriger Ordnungszahl. Besonders geeignet sind daher Wasserstoff, Deuterium und Helium.

Abb. 2: Schematischer Aufbau des Wasserstoff-, Deuterium- und Heliumatoms.



Um ein Targetmaterial mit ausreichend großer Protonendichte zu haben, bevorzugt man Flüssigwasserstoff, der bei 760 Torr eine Siedetemperatur von $20,4^{\circ}\text{K}$ ($-252,8^{\circ}\text{C}$) hat. Als einfachstes Neutronentarget bietet sich flüssiges Deuterium an, dessen Siedetemperatur bei 760 Torr $23,6^{\circ}\text{K}$ ($-269,6^{\circ}\text{C}$) beträgt. Im Falle des Heliumtargets muß man mit der Temperatur auf $4,3^{\circ}\text{K}$ ($-268,9^{\circ}\text{C}$) gehen.

II. Technische Probleme

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf Flüssigwasserstoff-Targets, gelten aber nahezu unverändert für Flüssigdeuterium-Targets und in manchen Punkten ebenfalls für Flüssighelium-Targets. Die eigentliche Targetzelle ist mit einem Druck von 1 kp/cm^2 belastet, da der flüssige Wasserstoff nur durch Vakuum hinreichend gegen Umgebungstemperatur thermisch isoliert werden kann. Festigkeitsüberlegungen verlangen, daß der Targetbehälter diesen Druck sicher aushalten kann. Es läßt sich für die Targetzelle eine lineare Abhängigkeit der Wandstärke vom Durchmesser ableiten.

$$e = \frac{D}{2} \cdot \frac{p}{\sigma}$$

(siehe Abb. 3)

e = Wandstärke der Zelle in (cm)

p = höchster Betriebsdruck der Zelle in (kp/cm²)

σ = zulässige Festigkeit des Materials in (kp/cm²)

D = Durchmesser der Zelle in (cm)

Beim Einsetzen des zulässigen Festigkeitswertes muß berücksichtigt werden, daß er sich in Abhängigkeit von der Temperatur beträchtlich ändern kann. Insbesondere muß die Veränderung der Kerbschlagzähigkeit berücksichtigt werden.

Für die physikalischen Experimente ist es wünschenswert, daß der Wasserstoff mit möglichst wenig störendem Material in den Strahl gebracht wird. Die Wahrscheinlichkeit, daß zwischen dem Strahl und dem in den Strahl gebrachten Material Reaktionen stattfinden, steigt in etwa mit dem Quadrat der Ordnungszahl der Materialien. Dem reziproken Wert dieser Wahrscheinlichkeit entspricht die Strahlungslänge. Elemente mit niedriger Ordnungszahl haben große Strahlungslängen. Damit die Nullpunkteffekte der Targetzelle merklich kleiner sind als die Effekte, die im flüssigen Wasserstoff gemessen werden, kann man nur in seltenen Fällen Metallbehälter als Targetzelle verwenden, denn die Ordnungszahlen der Metalle sind hoch, d.h. die Wahrscheinlichkeit für Wechselwirkungen ist sehr groß. Aus Festigkeitsgründen kann man aber die Wandstärke nicht beliebig dünn ausführen. Tabelle 1 gibt für einige ausgesuchte Stoffe die Ordnungszahlen und die zugehörige Strahlungslänge in cm an.

Tabelle 1

Medium	Ordnungszahl	Strahlungslänge cm
H ₂	1	819 ⁺⁾
D ₂	1	703
He	2	683
Al	13	8,9
Fe	26	1,8
Pb	82	0,58
Mylar C ₅ H ₄ O ₂	11	28,7

+) bei 20,4°K und 760 Torr

Die Forderungen von seiten der physikalischen Experimente und die festigkeitsmäßigen Bedingungen legen nahe, Targetzellen aus Kunststofffolien wie z.B. Mylar oder Kapton* (Polyimid) zu bauen. Die Festigkeitswerte dieser Kunststofffolien sind außerordentlich hoch, nach eigenen Messungen an fertigen Targetzellen für Kapton ca. 1 500 kp/cm² bei Raumtemperatur. Der Hersteller, Du Pont, gibt 1 750 kp/cm² als Zugfestigkeit an¹⁾. Bei Flüssigstickstofftemperatur (-195,8°C) betragen die Festigkeitswerte für Kapton das 1,4-fache der Festigkeit bei Raumtemperatur. Das sind nach Angaben von Du Pont 2 450 kp/cm². Unsere eigenen Versuche haben Werte geliefert, die ca. 10% niedriger liegen. Die Festigkeitswerte für Mylar bei den beiden genannten Temperaturen sind nahezu gleich. Es sind aber bisher für beide Folien noch keine Festigkeitswerte für Flüssig-Wasserstofftemperaturen veröffentlicht worden. Man kann annehmen, daß die Festigkeitswerte weiter ansteigen. Aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, die Festigkeitsrechnung für Raumtemperatur durchzuführen. Als rechnerischer Festigkeitswert sollte man 40% der Zugfestigkeit nicht überschreiten, da andernfalls bleibende Verformungen von über 1% die Folge sind.

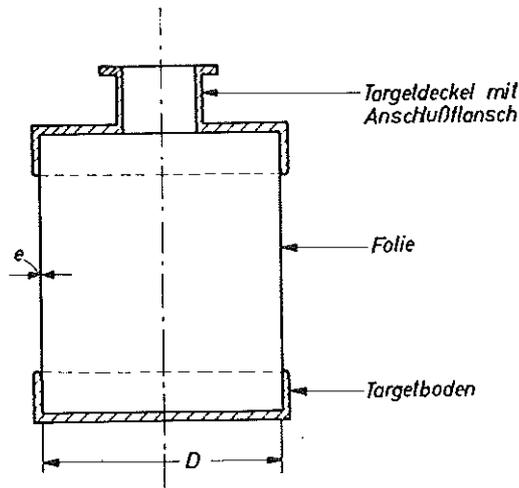
Kapton hat gegenüber Mylar den Vorteil der besseren Widerstandsfähigkeit gegen Elektronenstrahl und Gammastrahl. Es läßt sich sehr gut

* Kapton H, Handelsname für Polyimid der Firma Du Pont

1) Bulletin H-1, Technical Information, Du Pont Kapton-Polyimid film

kleben. Ebenfalls lassen sich Formteile daraus herstellen. Mylar ist darin aber der Kaptonfolie erheblich überlegen. Aus Mylar können zum Beispiel ohne Schwierigkeiten Halbkugelschalen gedrückt werden.

Abb. 3: Schematische Darstellung einer Targetzelle



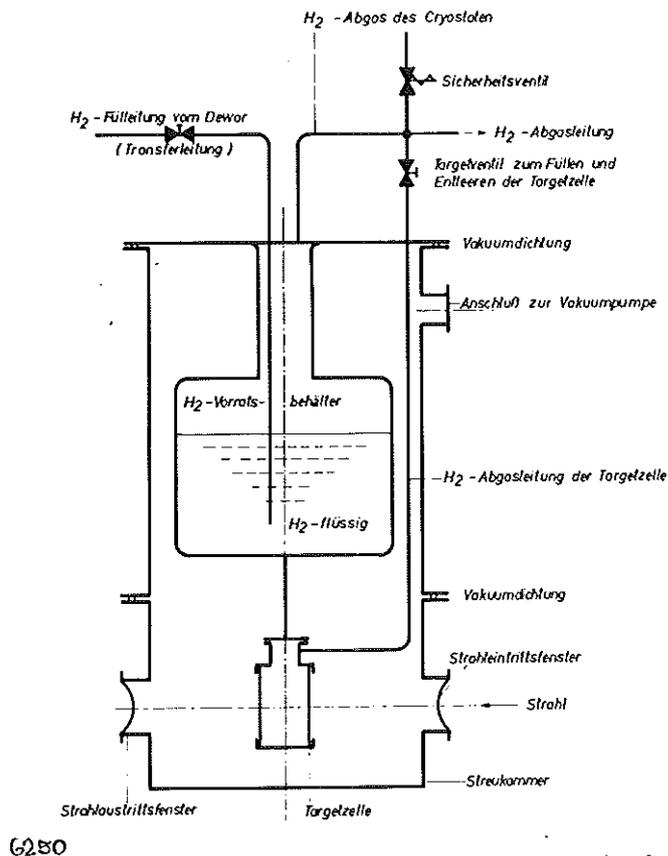
6247

III. Einfaches H_2 -flüssig Target

In der Vergangenheit wurden Wasserstoff-Targets häufig in der Art gebaut, daß man an die Unterseite eines Wasserstoff-Cryostaten die Targetzelle direkt angeflanscht hat.

Dieses Target besteht im wesentlichen aus einem vakuumisolierten Flüssig-Wasserstoff-Vorratsbehälter, an dessen unterem Ende die Targetzelle angeflanscht ist. Eine eigene Abgasleitung der Targetzelle ist durch ein Ventil vom Abgas des Cryostaten getrennt. So lange das Ventil geschlossen ist, bleibt die Targetzelle leer. Öffnet man das Ventil, kann der flüssige Wasserstoff in die Targetzelle fließen und der dort verdampfende Wasserstoff strömt nun über die Abgasleitung der Zelle ins Freie. An den äußeren Mantel des Cryostaten ist die Streukammer vakuumdicht angeschlossen. Der Strahl trifft durch ein Strahl-

Abb. 4: Schematische Darstellung eines einfachen Wasserstoff-Targets



eintrittsfenster auf die Targetzelle. Die Fenster bestehen genauso wie die Zelle aus dünnen Folien, vorwiegend Mylar oder Kapton, die geeignet eingespannt sind. Die Festigkeitsberechnung erfolgt in analoger Weise wie für die Targetzelle. Die Betriebstemperatur der Strahlfenster ist die Umgebungstemperatur. Da das Isoliervakuum einen Wert von $1 \cdot 10^{-5}$ Torr haben muß, damit die Wärmeleitung durch Konvektion ausgeschaltet ist, benötigt man einen Hochvakuumzustand, der aus Diffusionspumpe und Vorpumpe oder ähnlich leistungsfähigen Pumpen bestehen muß.

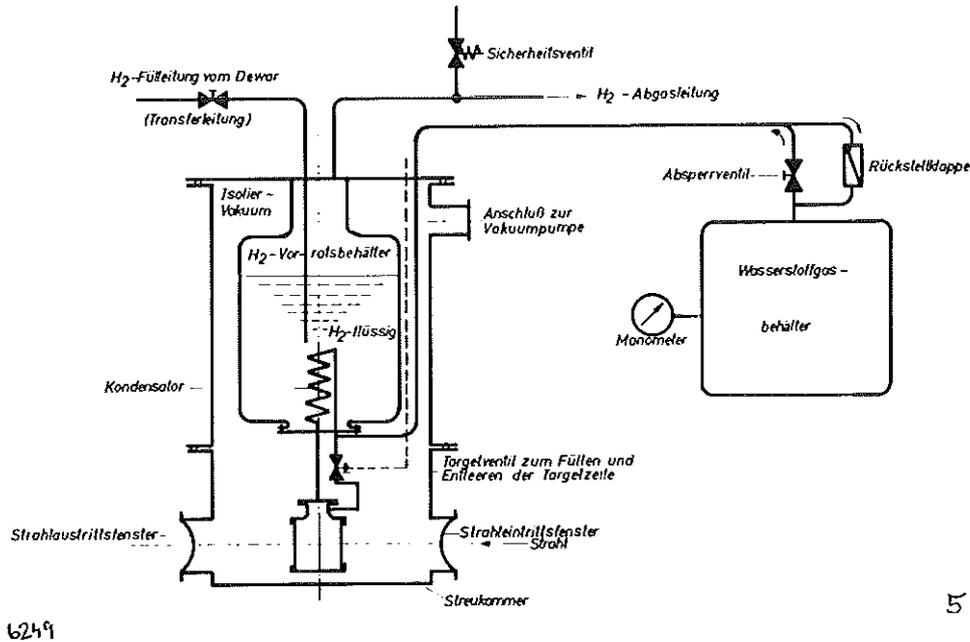
Das in Abb. 4 dargestellte einfache Wasserstoff-Target hat einen entscheidenden Nachteil. Wenn die Targetzelle bricht, dann ergießt sich

der Wasserstoff der Zelle ins Isoliervakuum und verdampft dort explosionsartig. Zusätzlich kann der gesamte Flüssigwasserstoff-Vorrat aus dem Vorratsbehälter in das Isoliervakuum entweichen. In der Praxis führt dieser Vorgang fast immer dazu, daß bereits nach Bruchteilen einer Sekunde die Strahleintritts- und Austrittsfenster bersten. Dadurch kommt Wasserstoff und Luft miteinander in Berührung und die Gefahr einer Knallgasexplosion oder eines Brandes ist außerordentlich groß. Eine ähnliche gefährliche Situation entsteht, wenn das Strahleintritts- oder Austrittsfenster zuerst bricht. Die Druckwelle zerstört sofort die Targetzelle und wieder ist Luft und Wasserstoff miteinander in Verbindung. Die Luft wird am Wasserstoffvorratsbehälter kondensieren und dabei tritt ein Sauerstoffanreicherungsprozeß hinzu, der die Gefahr einer explosionsartigen Verbrennung noch vergrößert. Gelegentlich sind in der Vergangenheit derartige Unfälle an Targets passiert. Da das Volumen des Wasserstoffvorratsbehälters in vielen Fällen Werte von 10 - 20 l erreicht, muß das mit dem Betrieb eines Wasserstofftargets verbundene sicherheitstechnische Risiko beachtet werden.

IV. Kondensations-Wasserstoff-Target

Wir haben ein Kondensationstarget konstruiert, um die mit dem Betrieb der Wasserstoff-Targets verbundenen Risiken zu verringern. Das Target besteht ähnlich wie in Abb. 4 aus einem vakuumisolierten Wasserstoff-Cryostaten mit angeflanschter Streukammer. Die Targetzelle ist aber nicht mehr mit dem Wasserstoff-Vorratsbehälter durch eine Leitung direkt verbunden. Statt dessen führt von außen eine Wasserstoff-Gasleitung in den Kondensator, der sich im Flüssigwasserstoffbad befindet, und nur der Kondensator ist mit der Targetzelle verbunden. Der in der Targetzelle verdampfende Wasserstoff wird über ein Ventil zum Kondensator zurückgeleitet. Außerhalb des Cryostaten befindet sich der geschlossene Wasserstoff-Gasbehälter, der mit hochreinem Wasserstoffgas gefüllt ist. Gasbehälter, Kondensator und Targetzelle bilden einen nach außen abgeschlossenen Wasserstoffkreis. Wenn die Targetzelle leer ist, befindet sich fast der gesamte Wasserstoff dieses geschlossenen Kreises im Wasserstoff-Gasbehälter bei Umgebungstemperatur. Kondensiert der Wasserstoff im Kondensator und füllt sich die Targetzelle mit flüssigem

Abb. 5: Schematische Darstellung des Wasserstoff-Kondensations-Targets



Wasserstoff, dann sinkt der Druck im gesamten System so lange, bis die Targetzelle und der Kondensator voll Flüssigkeit sind bzw. bis der Druck im geschlossenen Kreis auf den Dampfdruck bei der im Kondensator herrschenden Temperatur gesunken ist. Der Druck im Wasserstoff-Gasbehälter kann somit als zuverlässige Anzeige dafür verwendet werden, ob die Targetzelle voll oder leer ist. Wenn bei diesem Target die Targetzelle bricht, kann nur der Wasserstoff, der sich in der Targetzelle befindet und der Wasserstoff aus dem Gasbehälter mit der Luft in Berührung kommen. Durch den Zusammenbruch des Isoliervakuum steigt die Verdampfungsrate im Wasserstoffvorratsbehälter zwar erheblich an (nach unseren Versuchen auf das 30-50-fache der normalen Verdampfung), aber die entsprechend dimensionierte Wasserstoffabgasleitung bewirkt, daß der Druck im Flüssigwasserstoff-Vorratsbehälter keinen kritischen Wert annimmt und der gesamte Flüssigwasserstoff-Vorrat über die Abgasleitung ins Freie geführt wird. In vielen Fällen läßt sich, besonders bei kleineren Targetzellen, erreichen, daß selbst im

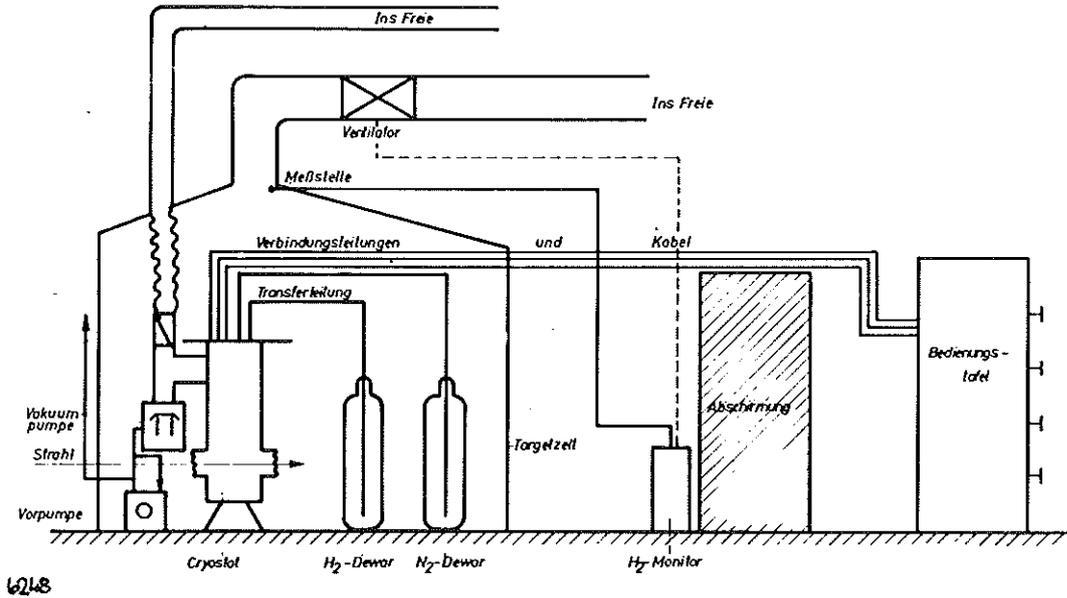
Falle des Targetzellenbruches der Druck im Isoliervakuum nur einen Wert erreicht, der unterhalb 1 ata liegt. Dadurch werden Strahlfenster mechanisch nicht in ungünstiger Weise beansprucht. So tritt in diesen Fällen auch keine Vermischung des frei gewordenen Wasserstoffs mit Luft ein. Der Pumpstand ist in der Lage, den Wasserstoff abzusaugen und über eine eigene Leitung gefahrlos ins Freie zu fördern.

V. Technische Ausführung des Kondensations-Targets

1. Aufstellung der Installation

Das von uns entwickelte Kondensationstarget besteht aus drei Hauptteilen: dem Cryostaten und den damit verbundenen Dewars für Flüssigwasserstoff und Flüssigstickstoff, dem Hochvakuumumpstand zur Aufrechterhaltung des Isoliervakuums im Cryostaten und in der Strahlkammer, und aus der Bedienungstafel und der Pumpe zum Evakuieren der wasserstoffführenden Leitungen und Behälter. Der Cryostat und die Dewars stehen aus zwei Gründen dicht beieinander. Erstens ist man bestrebt, die Transferleitungen möglichst kurz zu halten, da sie aufwendige Bauteile darstellen, zum anderen stehen der Cryostat und alle anderen Bauteile, die Flüssigwasserstoff enthalten, unter einem Zelt, das einen explosionsgeschützten Raum innerhalb der Experimentierhalle abgrenzt. Dieses Zelt soll in vielen Fällen klein sein. Das Zelt wird durch einen Ventilator belüftet, der normalerweise den ca. 30fachen Luftwechsel/h sicherstellt. Ein Wasserstoffüberwachungsgerät schaltet automatisch den Ventilator auf 60fachen Luftwechsel, falls der Gehalt an Wasserstoff auf 0,4 Volumen% in der Luft des Zeltes angestiegen ist. Der Bedienungsstand kann innerhalb eines Bereiches bis etwa 50 m beliebig weit vom Cryostaten aufgestellt werden. Prinzipiell sind größere Entfernungen möglich, erschweren jedoch das Evakuieren der wasserstoffführenden Leitungen.

Abb. 6: Schematischer Aufstellungsplan des Kondensations-Targetts

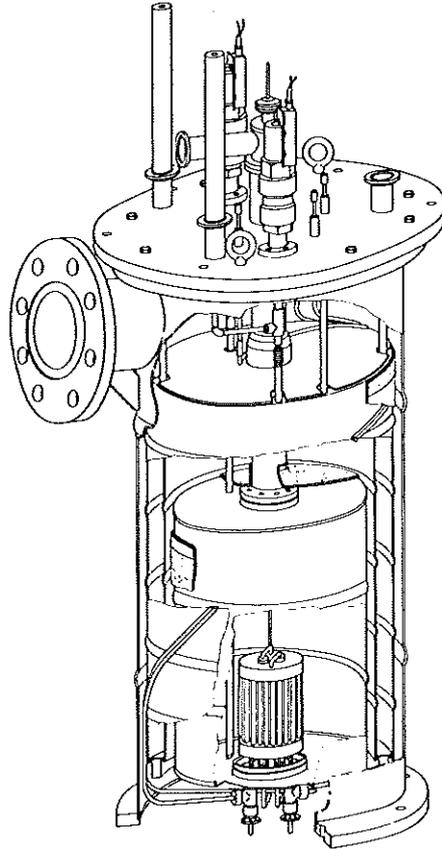


Die Bedienungstafel, die außerhalb der Abschirmung und des Interlocks aufgestellt werden soll, enthält alle Ventile, Schalter und Anzeigen, die für den normalen Betrieb des Targetts erforderlich sind. Die Schaltung der einzelnen Komponenten ist auf der Bedienungstafel abgebildet, so daß Fehlbedienungen weitgehend vermieden werden können. Im übrigen ist das System durch Sicherheitsventile so gesichert, daß auch Fehlbedienungen keinen gefährlichen Betriebszustand herbeiführen.

2. Cryostat

Der Cryostat, Abb. 7, besteht aus einem zylindrischen Flüssigwasserstoff-Vorratsbehälter, der eine Kapazität von 15 Litern hat. Sein Durchmesser beträgt 220 mm. Der Behälter besteht aus V2A und ist über ein dünnes V2A-Rohr mit 36 mm Innendurchmesser am Deckel des Cryostaten aufgehängt.

Abb. 7: Schnitt durch den Cryostaten



6384

Im Boden ist durch eine Flanschverbindung der Kondensator eingebaut. Die Dichtung erfolgt durch Nut und Feder mit Indium. Der ganze Behälter ist mit 10 Lagen Superisolierung versehen, wobei geknitterte, einseitig mit Aluminium bedampfte Mylarfolie mit 0,01 mm Stärke verwendet wurde. Vom Cryostatendeckel führt die Transferleitung zu einem pneumatisch betätigten Absperrventil und von dort aus in den Flüssigwasserstoff-Behälter. Das Abgas wird zunächst im Halsrohr nach oben und von dort in die Abgasleitung geführt. Um den Flüssigwasserstoff-Behälter ist ein ringförmiger Flüssigstickstoff-Behälter als Strahlungsschutz angeordnet. Dieser Behälter hat ein Volumen von ca. 9 Litern. Der Behälter ist an drei dünnen V2A-Rohren am Deckel

aufgehängt. Die Transferleitung führt über ein pneumatisch fernbedientes Ventil zum Flüssigstickstoff-Behälter. Ein Aufhängungsrohr ist als Abgasleitung ausgebildet. Der Flüssigstickstoff-Behälter ist ebenfalls mit 10 Lagen Superisolierung versehen. Um eine Anzeige der Stellung der pneumatisch betätigten Kaltventile zu erhalten, ist auf den Ventilspindeln ein Permanentmagnet befestigt. Dieser betätigt je nach Stellung einen elektrischen Kontakt, der in einem Glasrohr unter Schutzgas eingeschmolzen ist und direkt Signallampen in der Schalttafel schaltet. Die Ventile, die den Kreislauf unterbrechen, um die Targetzellen zu entleeren, sind ebenfalls pneumatisch fernbedient ausgeführt. Pneumatische Ventile wurden gewählt, weil sie gegenüber Magnetventilen zwei Vorteile haben. Sie sind leichter mit den Bedingungen des Explosionsschutzes in Übereinstimmung zu bringen und sie arbeiten auch in der Nähe großer Magnetstreufelder noch zuverlässig.

3. Standanzeige

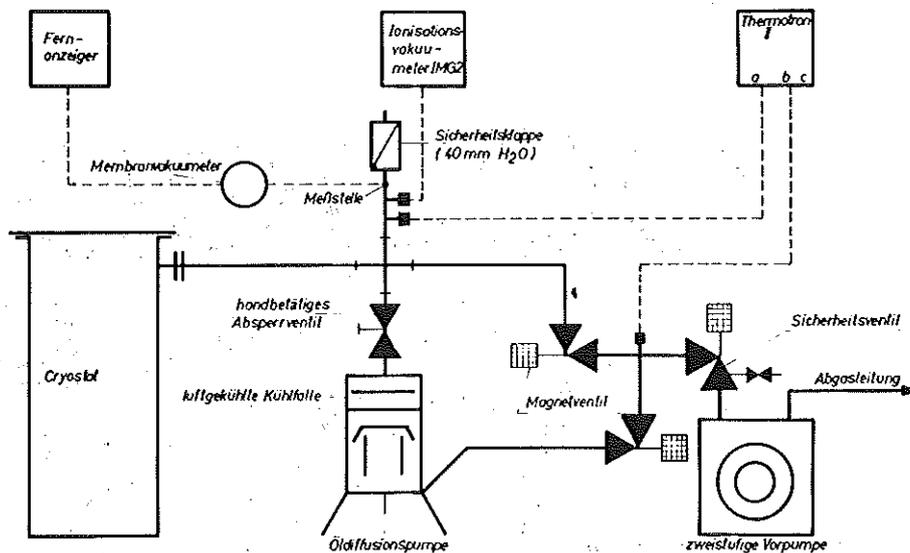
Flüssigwasserstoff-Vorratsgefäß und Flüssigstickstoff-Mantel sind mit kontinuierlich arbeitenden Standanzeigern ausgerüstet. Das System arbeitet ähnlich wie das Kondensationssystem der Targetzelle. Eine Kupferkapillare reicht vom warmen Ende des Cryostaten bis auf den Grund der Flüssigkeit. Die Zuleitung zu einem Manometer ist so ausgewählt, daß das Einkondensieren in der Kupferkapillare proportional zum Flüssigkeitsstand im Vorratsbehälter eine entsprechende Druckabsenkung im System bewirkt. Bei geeigneter Wahl des Manometers und der Zuleitung läßt sich erreichen, daß das Meßgerät nahezu linear anzeigt. Als Füllgas wird jeweilig das Medium verwendet, das als Flüssigkeit im Vorratsgefäß vorliegt, also Wasserstoff für die Messung von Flüssigwasserstoff, aber Stickstoff für die Messung von Flüssigstickstoff.

4. Hochvakuumpumpstand

Am oberen Ende des Cryostaten ist seitlich der Evakuierungsstutzen angebracht. An ihn schließt sich ein T-Stück an. Nach oben ist über eine Rückschlagklappe die Sicherheitsleitung angeschlossen, die ins

Freie geführt wird. Nach unten ist die luftgekühlte Öldiffusionspumpe anmontiert. Es wurde eine Pumpe mit 120 Litern/sec Saugfähigkeit der Firma Leybold verwendet. Abb. 8 zeigt den schematischen Aufbau des Hochvakuumpumpstandes. Alle wichtigen Magnetventile können von der Bedienungstafel aus geschaltet werden. Als Vorpumpe ist eine zweistufige Rotationspumpe der Firma Brand mit $12 \text{ m}^3/\text{h}$ eingebaut.

Abb. 8: Aufbau des Hochvakuumpumpstandes



4333

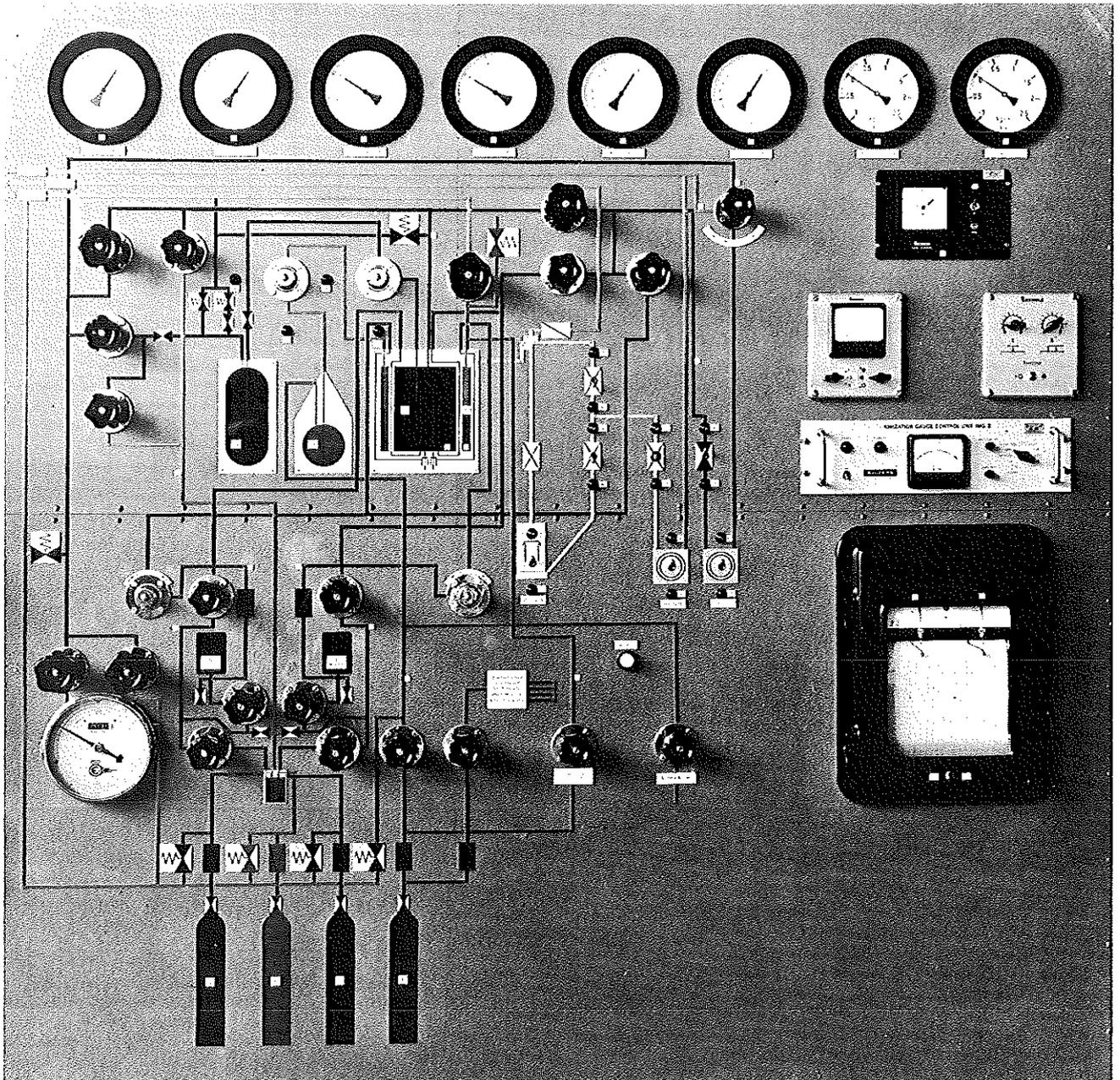
5. Kondensator

Der Kondensator für den Targetwasserstoffkreis ist als Röhrenkondensator ausgebildet. Zwischen zwei Rohrböden sind Kupferrohre $4 \cdot 0,5 \text{ [mm]}$ eingelötet. Die Heizfläche wurde so berechnet, daß bei einer Temperaturdifferenz zwischen Wasserstoff im Vorratsbehälter und Wasserstoff im Kondensator von $0,2 \text{ [}^\circ\text{K]}$ die im Beharrungszustand zu erwartende

Wärme übertragen werden kann, die der Targetzelle durch Wärmestrahlung zugeführt wird. In der Praxis liegen diese Werte zwischen 1 und 3 $[\text{Kal/h}]$. Die Wärmeübergangszahlen α sind sowohl auf der Außen- als auch auf der Innenseite des Kondensators sehr hoch, da es sich um siedende bzw. kondensierende Flüssigkeit handelt. Die Versuche am fertigen Cryostaten haben bestätigt, daß man mit α -Werten von 1 000 $[\text{Kal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{K}]$ rechnen kann, so daß sich ein K-Wert von 500 $[\text{Kal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{K}]$ (Wärmedurchgangszahl) ergibt.

6. Bedienungstafel

Abb. 9: Bedienungstafel

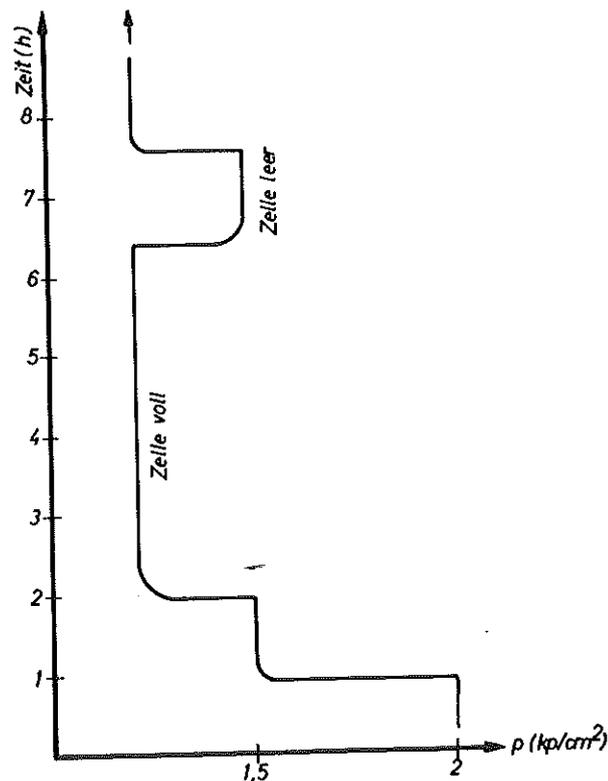


Die in Abb. 9 gezeigte Bedienungstafel enthält alle für den Betrieb erforderlichen Regel- und Bedienungselemente. Auf der rechten Seite der Bedienungstafel sind die Vakuumkontrollgeräte angeordnet und ein Schreiber, der den Druck in der Targetzelle registriert. Für die Vakuumkontrolle wird ein Membranvakuummeter mit Fernanzeige von der Firma Heraeus verwendet, für die Kontrolle des Vorvakuums ein Thermotron II mit drei Meßstellen der Firma Leybold und als Hochvakuumgeräte ein Ionisationsvakuummeter IMG 2 der Firma Balzers. Ein Torrostat ermöglicht das Auslösen eines akustischen Signals im Falle des Zusammenbruchs des Isoliervakuums. Der Druckschreiber für die Targetzellen gestattet eine Kontrolle auch noch nach Abschluß des Experiments, ob die Targetzelle gefüllt oder leer war.

Abb. 10 zeigt einen typischen Ausschnitt aus dem Schreiberprotokoll. Man sieht deutlich den stufenartigen Verlauf des Druckes, wenn das Kreislaufventil geöffnet bzw. geschlossen wird.

Abb. 10 Schreiberprotokoll des Zellendruckes

40



Die Schalttafel ist aus einem Stahlrohrrahmen aufgebaut, so daß auch die Gasflaschen, die für den Betrieb des Targets erforderlich sind, untergebracht werden können. Das sind die Deuterium-Gasflasche für den Fall, daß das Target mit Deuterium betrieben werden soll, die Heliumflasche zum Spülen aller wasserstoffführenden Rohrleitungen und Behälter vor Inbetriebnahme, die Wasserstoffflasche für das Wasserstoffkreislaufsystem und eine Stickstoffflasche, um die fernbedienten pneumatischen Ventile zu betätigen und den Stickstoff aus der Stickstoffkanne in den Cryostaten zu drücken.

Um eine genaue Kontrolle über den abgasenden Wasserstoff des Cryostaten zu haben, ist in der Bedienungstafel eine Gasuhr der Firma Elster angebracht. Die am oberen Ende der Schalttafel angeordneten Manometer zeigen in der Reihenfolge von links nach rechts den Druck des Heliumkreises hinter dem Druckminderer der Hochdruckflasche, den Druck des Stickstoffs nach dem Druckminderer der Stickstoffflasche, den Flüssigwasserstoff-Stand im Stickstoffbehälter des Cryostaten, den Druck im Wasserstoffgasbehälter, den Druck im Deuteriumgasbehälter und schließlich den Druck des Wasserstoff-Vorratsbehälters und des Stickstoff-Vorratsbehälters an. Kontakte lösen für die beiden letztgenannten Behälter Alarm aus, falls der Druck den Wert von 0,5 atü überschreitet. Alle Sicherheitsventile öffnen bei 0,5 atü. Soweit Ventile nicht in der Schalttafel selber angeordnet sind, ist ihr Vorhandensein jedoch durch ein Symbol auf dem Schema angedeutet, so daß sie beim Betätigen der Ventile an der Schalttafel mit berücksichtigt werden können.

Inzwischen ist das erste Kondensationstarget der beschriebenen Bauart seit Monaten erfolgreich in Betrieb und hat seine Zuverlässigkeit ausreichend bewiesen. Versuche haben ergeben, daß man das Kondensationsprinzip auch verwenden kann, um Stickstoff 15-Targets zu bauen.

Für die Mitarbeit bei der Entwicklung des beschriebenen Targets bin ich den Herren Metka und Duderstadt in besonderer Weise zu Dank verpflichtet. Ich möchte an dieser Stelle auch Herrn Dr. Gerd Harigel danken für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

