

KfK 3783  
Oktober 1984

**$\alpha$ -spektrometrische Einrichtung  
mit Halbleitern zur  
Direktmessung von Transuranen  
auf großflächigen Filtern**

H. Fessler, J. Pawelzik  
Hauptabteilung Sicherheit

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Hauptabteilung Sicherheit

KfK 3783

$\alpha$ -spektrometrische Einrichtung mit Halbleitern zur  
Direktmessung von Transuranen auf großflächigen Filtern

H. Fessler, J. Pawelzik

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt  
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
ISSN 0303-4003

## Zusammenfassung

Um eine rasche Nuklididentifizierung von Alphastrahlern auf Aerosolfiltern aus Probenahmestellen der Abluftüberwachung durchführen zu können, wurde ein Gerät mit einer Anordnung von 8 Halbleiterdetektoren in einer Vakuumkammer entwickelt, in der die auszumessende großflächige Probe (200 mm Ø) in einer rotierenden Meßschale liegt. Nach Evakuierung der Meßkammer ist eine relativ gleichmäßige Erfassung der Alphateilchen möglich. Damit kann eine radiochemische Aufarbeitung von Einzelfiltern vermieden werden. Bei der Geräteentwicklung traten Schwierigkeiten durch Fabrikationsfehler bei Halbleitern sowie deren Temperaturabhängigkeit auf. Der Temperatureinfluß konnte weitgehend durch eine Kühleinrichtung beseitigt werden.

Bei der praktischen Erprobung wurde ein Wirkungsgrad von 13,6 % ermittelt und die Reproduzierbarkeit an ca. 10 mehrmals ausgemessenen Aerosolfilterproben überprüft. Es zeigte sich, daß es mit dieser Anlage möglich ist,  $\alpha$ -Nuklide mit einer Aktivität von  $10^{-1}$  Bq/Probe zu identifizieren (Meßzeit ca. 2 h). Geeignete Berechnungsmethoden sind im Kapitel 3 angedeutet. Die Datenausgabe der Anlage ist so gestaltet, daß eine automatische Übergabe an einen Computer erfolgen kann.

$\alpha$ -spectrometric Device Equipped with Semi-conductors for Direct Measurement of Transuranium Elements on Large Area Filters

## Abstract

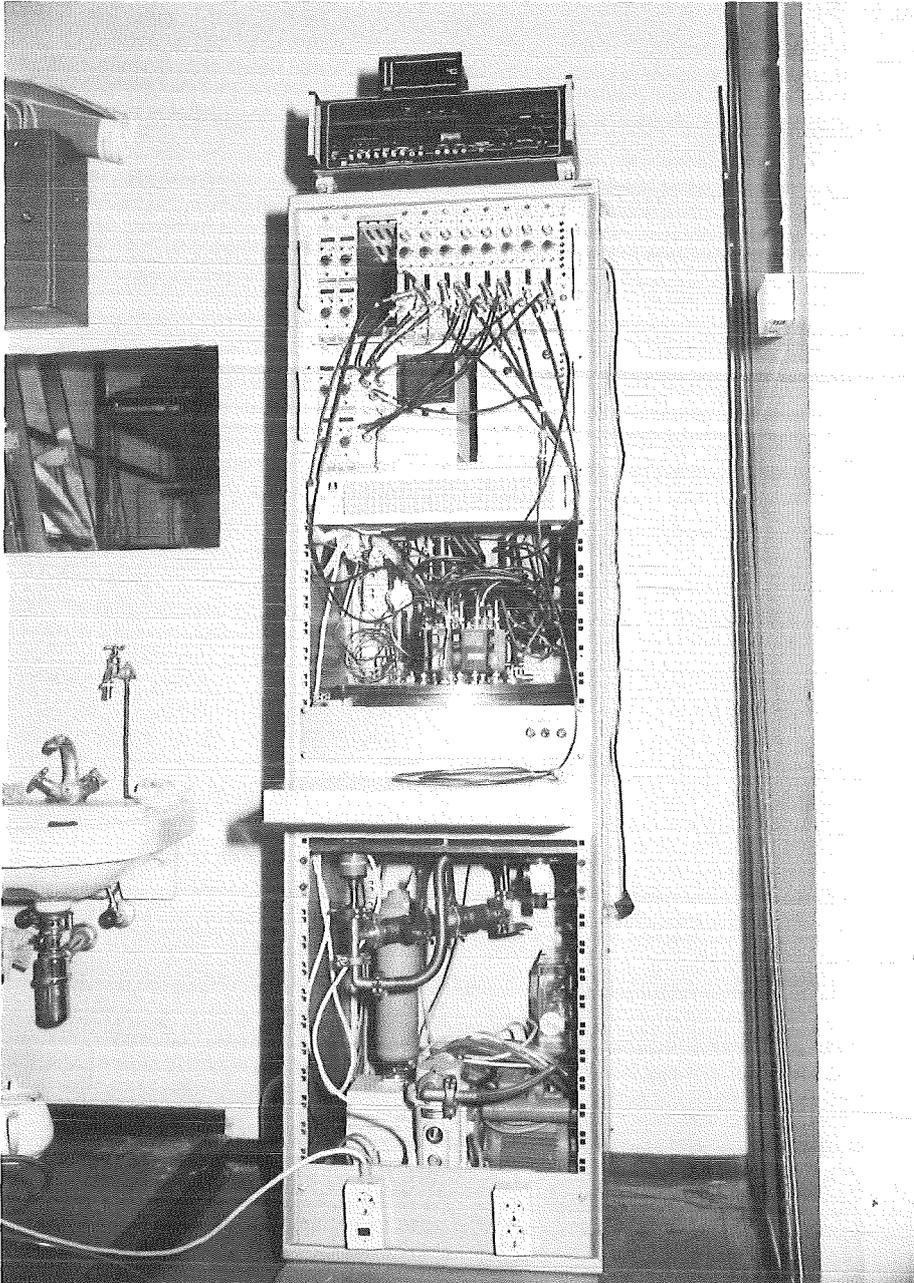
A device was developed with an array of 8 silicon surface barrier detectors inside a vacuum chamber containing a rotating sample holder for large areas (200 mm diam.) aerosol filters. It serves for quick identification of  $\alpha$ -emitters on these aerosol filters, and allows to measure the  $\alpha$ -particles with a relatively

constant efficiency along a filter diameter. Thus, the radiochemical treatment of single filters can be avoided. Troubles appeared in the course of development of defective semiconductors and their temperature dependence. To suppress the influence of temperature a cooling device was built. During practical testing a cross-efficiency of 13.6 % was measured. It is possible to identify  $\alpha$ -emitting nuclides with an activity of  $10^{-1}$  Bq per sample during about 2 hours of measuring time. Appropriate methods of calculation are indicated in Chapter 3 of this report. The data output of the device is suited for transfer to a computer.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Geräteaufbau und Zusammenstellung	2
2.1 Prinzipieller Aufbau	2
2.2 Vakuum-Kammer	2
2.3 Vakuum-Pumpe und Überwachung	2
2.4 Manuelle und automatische Hub- sowie Verschluß- vorrichtung des Meßkammerdeckels	4
2.5 Aufbau und Einordnung der Anlagenelemente	4
3. Meßverfahren	6
3.1 Wirkungsweise der Meßanordnung	6
3.2 Qualität des Abgleichs im Verbundsystem	9
3.3 Bestimmung des Wirkungsgrades bei einer Anordnung von 8 Halbleiterdetektoren im Verbundbetrieb	10
3.4 Praktische Erprobung und Rechenmethode zur Aus- wertung von $\alpha$ -Spektren bei Aerosolfiltern	11
4. Störeinflüsse	16
4.1 Störung bei Silizium-Halbleiter-Detektoren eines bestimmten Herstellers	16
4.2 Temperatureinfluß auf Silizium-Großflächen- Halbleiter-Detektoren	16
4.3 Verminderung der Temperaturänderungen an den verwendeten Halbleiter-Detektoren durch ein Kühlsystem	17
4.4 Durchführungstecker als Störquelle	19
5. Schlußbemerkung	20
6. Literatur	20





$\alpha$ -spektrometrische Einrichtung mit Halbleitern zur Direktmessung von Transuranen auf großflächigen Filtern

## 1. Einleitung

Der Betrieb kerntechnischer Anlagen wird nach gesetzlichen Bestimmungen überwacht. Gemäß Bescheid des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung des Landes Baden-Württemberg zur Durchführung des Atomgesetzes und der ersten Strahlenschutzverordnung hat die KfK und deren Hauptabteilung Sicherheit (HS) einen Teil der Überwachungsaufgaben zu erfüllen. Dieser Bescheid regelt u. a. die Abgabe radioaktiver Stoffe aus den kerntechnischen Einrichtungen im KfK in die Atmosphäre. Dazu wird ein Abluftplan erstellt, der für das gesamte KfK Gültigkeit hat und für jede Anlage Angaben über die höchstzulässigen Ableitungen, aufgliedert nach Nukliden und Nuklidgruppen, enthält. Durch Bilanzierung der Ableitungen wird die Einhaltung der vorgegebenen Grenzen überwacht. Dazu müssen in den meisten Fällen Messungen an repräsentativen Proben (z. B. Aerosolfiltern) aus dem Abluftstrom durchgeführt werden, aus deren Ergebnissen man die Abgabewerte berechnen kann. Eine dieser Nuklidgruppen- die Gruppe A, enthält außer anderen langlebigen  $\alpha$ -Strahlern die Transurane.

Transurane in Aerosolfilterproben werden bisher mittels radiochemischer Analysen, die an Quartals- bzw. Monatsmischproben durchgeführt werden, separiert und dann  $\alpha$ -spektrometrisch ausgemessen. Einzelnen werden diese Filter sofort nach Entnahme und ca. 4 Tage später auf Gesamt- $\alpha$ -Aktivität untersucht.

Es ist wünschenswert, diese Filter, die einen Durchmesser von 20 cm haben, direkt zu spektrometrieren. Die verwendeten Detektoren müssen die gesamte Filterfläche erfassen. Der Einsatz von Frischgitterionisationskammern ist nicht möglich, da dort Schwierigkeiten mit der Energiekalibrierung auftreten, die infolge elektrischer Aufladung zählratenabhängig wird. Halbleiterdetektoren sind nur bis zu einem Durchmesser von 5 cm erhältlich. Diese Überlegungen führten zur Entwicklung einer Anlage, die unter Verwendung mehrerer Detektoren eine Bestimmung der Transurannuklide, soweit sie  $\alpha$ -Strahler sind, auf dem Filter ermöglicht. /PAW 80/.

## 2. Geräteaufbau und Zusammenstellung

### 2.1 Prinzipieller Aufbau

Wie aus den Abb. 1a und 1b ersichtlich, wird die Meßprobe auf einen Drehteller gebracht. Die Rotationsachse derselben geht durch die Symmetrieachse der Detektoranordnung und den Rand der empfindlichen Fläche des inneren Detektors. Dadurch erreicht man eine gleichmässige Messung aller Flächenelemente. Um Absorptionsverluste der  $\alpha$ -Strahlung zu vermeiden, muß im Vakuum gemessen werden.

### 2.2 Vakuum-Kammer

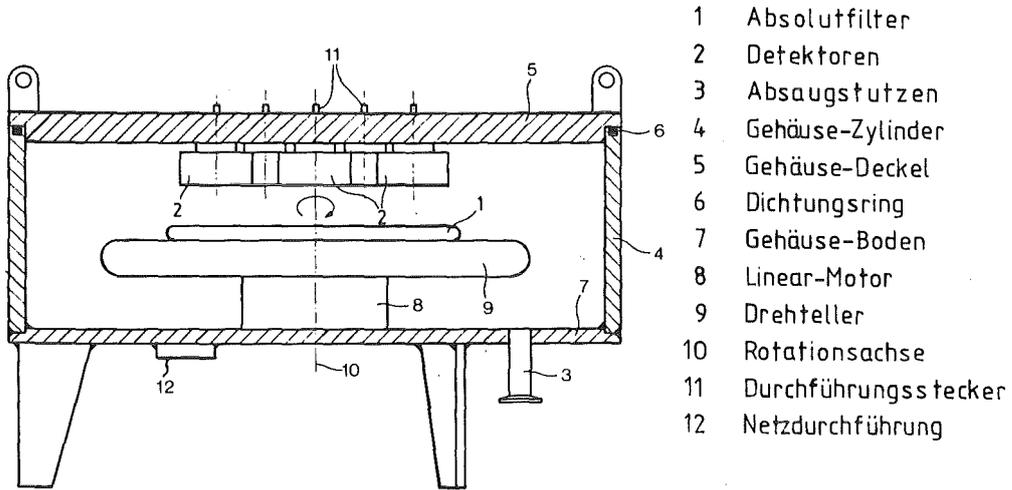
Die Größe der Meß-Vakuumkammer wurde durch das aufzunehmende Rotationswerk, den hier üblichen Durchmesser der Probenahme-Abluftfilter sowie durch die nötige Anzahl der Halbleiter für die gewünschte Meßfilterfläche festgelegt. Ihr Volumen beträgt ca. 19 l, das Gesamtgewicht ca. 64 kp und der Außendurchmesser 45,2 cm.

### 2.3 Vakuum-Pumpe und Überwachung

Für die Evakuierung der Meßkammer wurde eine ölgedichtete Drehschieberpumpe mit Wechselstrommotor beschafft. Das Saugvermögen nach PNEUROP beträgt  $4,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  mit einem Endpartialdruck von kleiner als  $2,5 \cdot 10^{-4}$  mbar.

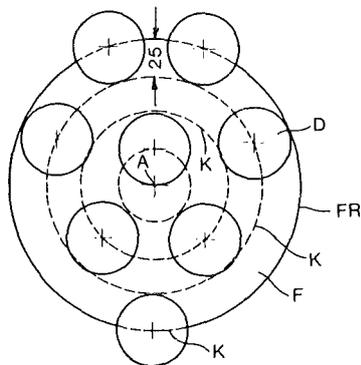
Als Zusatzausrüstung wurde ansaugseitig eine Feinvakuum-Adsorptionsfalle angebracht, um Rückströmung von Wasserdampf und Kohlenwasserstoffen aus dem Pumpenöl zu verhindern. Zur Regenerierung der mit Zeolith gefüllten Falle steht ein Ausheizstab zur Verfügung.

Für die Überwachung des Meßkammerdrucks ist ein elektronisches Anzeigegerät angeschlossen. Es ist mit 2 integrierten Meßstellen ausgerüstet, die als Wärmeleitungs-Vakuummeter ausgeführt sind (Prinzip: Wheatstonsche-Brücke). Beim Anzeigegerät wird die Meßspannung durch elektronische Mittel logarithmiert und als analoges Signal ausgegeben. Zusätzlich wird die Spannung einem



- 1 Absolutfilter
- 2 Detektoren
- 3 Absaugstutzen
- 4 Gehäuse-Zylinder
- 5 Gehäuse-Deckel
- 6 Dichtungsring
- 7 Gehäuse-Boden
- 8 Linear-Motor
- 9 Drehteller
- 10 Rotationsachse
- 11 Durchführungstecker
- 12 Netzdurchführung

Abb. 1a: Vakuu-Kammer



- F Absolutfilter
- FR Probenrand
- D effektive Detektorfläche,  
 $\phi$  50mm
- A Rotationsachse
- K Kreisbahnen von Punkten,  
 die bei Rotation mindestens  
 eine Detektorachse durch-  
 laufen

Abb. 1b: Schema der Detektor-Anordnung

Analog-Digital-Wandler zugeführt, dessen Ausgangswerte durch einen PROM\*) linearisiert werden und als Druckwert zwischen  $1,0 \cdot 10^{-3}$  und  $1,0 \cdot 10^3$  mbar zur Anzeige kommen. Das Gerät ist für eine IEC-Bus-Schnittstelle zur Verwendung entsprechender Rechner vorbereitet.

#### 2.4 Manuelle und automatische Hub- sowie Verschlusvorrichtung des Meßkammerdeckels

In der ersten Erprobungsphase der Meßkammer wurde das Heben und Senken des Deckels über Rollen und Ausgleichsgewichte bewerkstelligt. Diese mechanische Bewegungseinrichtung erforderte viel Platz und Kräfteaufwand. Es war angebracht eine Bedienungsvereinfachung zu finden, die routineorientiert ist. So ist eine Hubeinrichtung mit elektromotorischem Antrieb, einem Getriebe, einer Hubspindel und einer Vorrichtung mit automatischer Höhen- und Tiefenbegrenzung entstanden. Damit ist es möglich, den Deckel der Meßkammer an jeder beliebigen Stelle der Bewegungstrecke sicher zu positionieren. Die Bewegung des Deckels wird durch Druckknopfbetätigung ausgelöst und er kommt durch Loslassen des Druckknopfes oder durch Erreichen eines der beiden Endschalter für die Höhen- oder Tiefenbegrenzung zum Stillstand. Auch bei einem eventuellen Netzausfall ändert sich an der jeweiligen Stellung des Kammerdeckels nichts.

#### 2.5 Aufbau und Einordnung der Anlagenelemente

Im Hinblick auf die Transportfähigkeit der Gesamtanlage ist es zweckmäßig, die Einzelelemente in einem fahrbaren 19"-Elektronikschrank anzuordnen. Die räumliche Anordnung ist in Abb. 2 skizziert.

---

\*) PROM = Programmierbares Read Only Memory

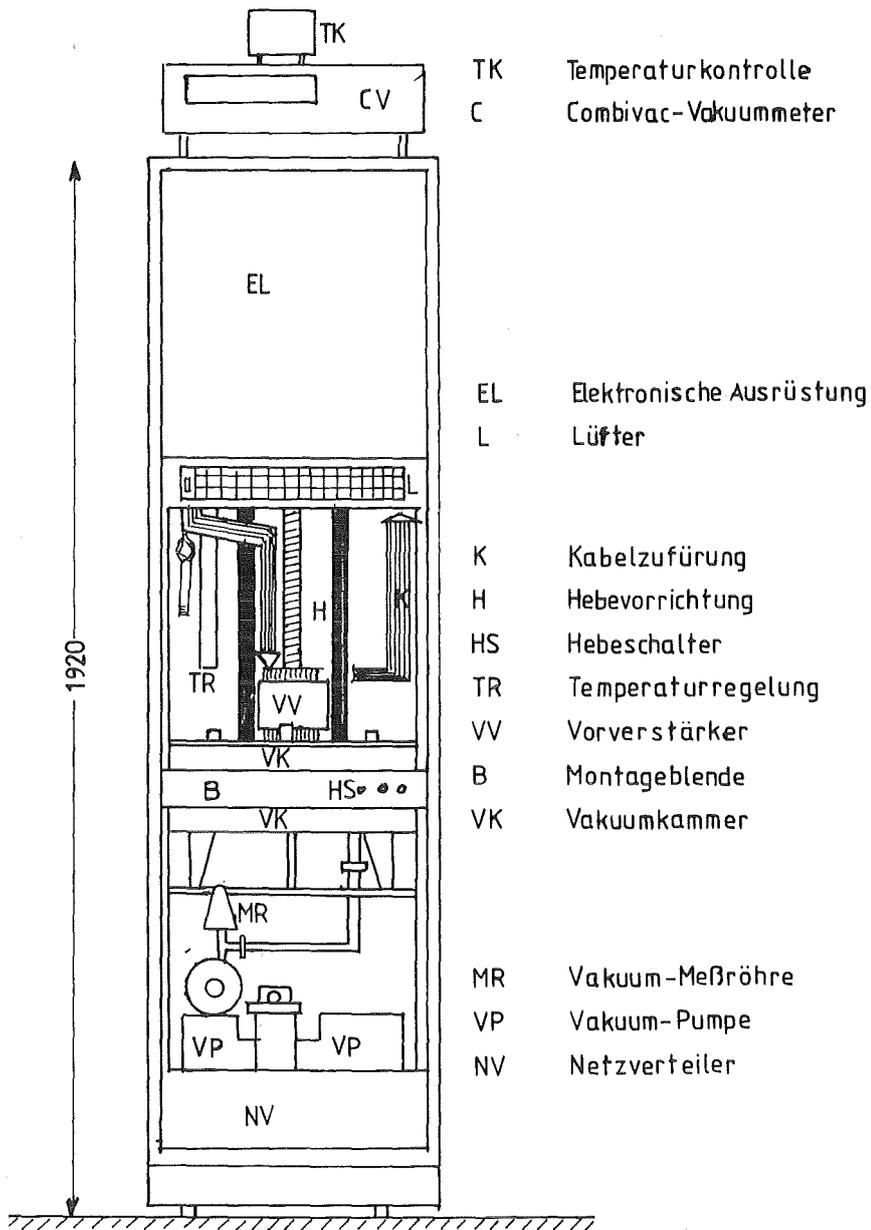


Abb. 2: Skizze der räumlichen Anordnung der Einzelkomponenten

### 3. Meßverfahren

Halbleiter-Detektoren haben den Vorteil guter Energie- und Zeitauflösung verbunden mit linearer Charakteristik für spektrometrische Messungen. Aufgrund dieser Eigenschaften wurden diese zur Lösung unserer Probleme bei der Direktmessung von Transuranen auf Großflächenfiltern eingesetzt. Es wurden dafür 8 SSB-Detektoren in Ruggedised Ausführung \*) mit der effektiven Fläche von jeweils 2000 mm<sup>2</sup> (50 mm Ø) und einer Energieauflösung von 80 keV eingebaut. Da keine großflächigen Halbleiterdetektoren erhältlich sind, mußten die zur Verfügung stehenden Detektoren zu einer Anordnung kombiniert werden, die bei möglichst engen Abständen der Detektoren eine möglichst gleichmäßige Erfassung der Filteroberfläche gewährleistet, wie aus Abb. 1b ersichtlich.

#### 3.1 Wirkungsweise der Meßanordnung

Das Staubfilter ist unter der Detektor-Kombination so angeordnet, daß bei Rotation des Filters jeder Punkt des Filters mindestens einmal pro Umlauf von einem Detektor erfaßt wird. Der Abstand von Filteroberfläche zu Detektoroberfläche wurde mit ca. 25 mm festgelegt. Die Rotation sorgt für eine gleichmäßigere Berücksichtigung eines jeden Punktes der Filteroberfläche (z.B. heiße Teilchen). Für den Staubfiltermeßvorgang wird die Meßkammer vorher durch eine Drehschieber-Vakuumpumpe auf ca. 2 bis  $3 \cdot 10^{-2}$  mb (oder 2 bis 3 Pa) evakuiert und dieser Wert mittels Vakuummeter laufend kontrolliert.

Nach Einstellung der Betriebs-Hochspannung (10) der Detektorhalbleiter ist die Meßapparatur funktionsfähig. Die Abb. 3 zeigt ein Blockschaltbild der Meßanlage. Die Ausgangsimpulse (11) der ladungsempfindlichen Vorverstärker (12) werden in den jeweiligen Linear- oder Spektroskopie-Hauptverstärker (13) eingespeist. Dessen Ausgangsimpulse werden einem Analog-Multiplexer (14) zugeführt, der die einzelnen Meßkanäle zu einem gemeinsamen Kanal vereinigt (Verbundsystem) und alle Signale

---

\*) Oberflächensperrschicht-Detektoren dekontaminierbar

in den ADC (Analog-Digital-Wandler) (15) weiterleitet. Dieser Einschub, der die Analog-Digitalwandlung der Signale vornimmt, liefert dem MCA (Vielkanalanalysator) (16) die zur spektroskopischen Auswertung geeigneten Informationen. Die daraus resultierende Impulshöhenverteilung kann auf dem Display (Bildschirm) (16) sichtbar gemacht werden. Die Auswertung der Impulshöhenverteilung kann qualitativ am Bildschirm durch Ermitteln der Energie sichtbarer Peaks unter Berücksichtigung des Auflösungsvermögens (Halbwertsbreite) erfolgen.

Für Dokumentationszwecke wird ein vorprogrammierter Zeilendrucker verwendet, der je nach Einstellung im Protokoll die Gesamtheit der Kanalinhalte zusammen mit der Meßzeit und der Kanalnummer des ersten Kanals jeder Druckzeile oder bei Vorhandensein sogenannter "Regions of Interest" deren Kanalinhalts-Summen ausdrückt.

Solche Ergebnisse können bei einem erweiterten Ausbau der Peripheriegeräte dann über ein Programm eines Computers bequem ausgewertet und gespeichert werden. Damit ist die Meßaufgabe gelöst.

- |     |  |    |                        |    |         |
|-----|--|----|------------------------|----|---------|
| 1-8 | Meßkanäle                                  | 14 | Analog-Multiplexer     | 19 | Rechner |
| 9   | Meßkammer                                  | 15 | Analog-Digital-Wandler |    |         |
| 10  | Detektorbetriebsspannungs-<br>versorgungen | 16 | Vielkanal-Analysator   |    |         |
| 11  | Detektoren                                 | 17 | Drucker                |    |         |
| 12  | Vorverstärker                              | 18 | Terminal               |    |         |
| 13  | Hauptverstärker                            |    |                        |    |         |

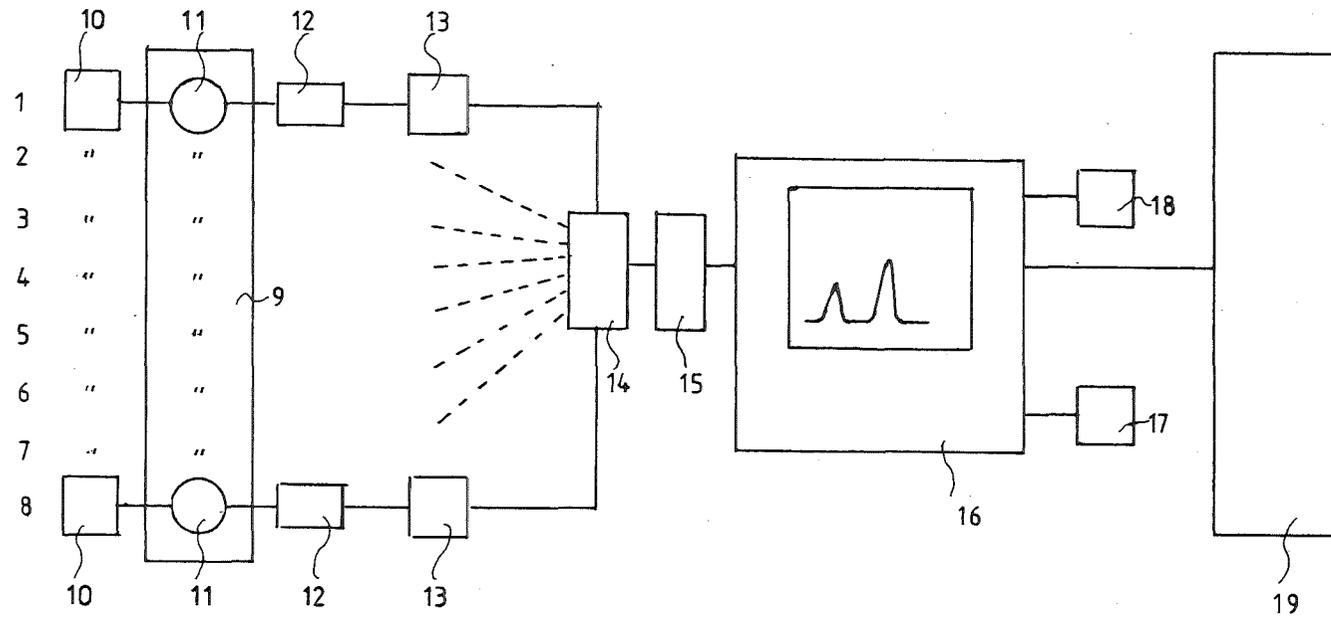


Abb. 3: Blockschaltbild der Anlage

### 3.2 Qualität des Abgleichs im Verbundsystem

Vor der ersten spektrometrischen Messung im "Verbundsystem", d.h. einem Meßvorgang mit mehreren Halbleiterdetektoren, die alle zu einer einzigen Impulshöhenverteilung beitragen, muß ein Abgleich zu Energiekalibrierungen der Einzel-Meß-Kanäle durchgeführt werden. Stellmöglichkeiten bieten Verstärkungsregelung und Base-Line-Regelung (DC-Level) der einzelnen Hauptverstärker. Nach einiger Zeit muß dieser Abgleich wiederholt werden. Die folgenden Tabellen 1 und 2 geben darüber Aufschluß, wie gut in der Praxis ein solcher Abgleich gelingt. Als Kriterium dient hierzu die im "Verbundbetrieb" erreichte Halbwertsbreite im Vergleich zum Mittelwert der Halbwertsbreiten, der bei Messung mit jeweils nur einem Detektor erreicht wird.

Tab. 1: Peak-Auflösung von Einzel-SSB-Halbleiterdetektoren mit jeweils 2000 mm<sup>2</sup> wirksamer Fläche, 100 µm Oberflächen-sperrschichtdicke und 80 keV Auflösungsvermögen

Det. Nr.	Auflösung keV	A=HWB- $\bar{m}_1$ keV	Det. Nr.	Auflösung keV	A=HWB- $\bar{m}_2$ keV
1	85,6	-10,0	1	87,3	-6,9
2	115,6	+20,0	2	81,6	-12,8
3	108,1	+12,5	3	100,4	+6,0
4	79,3	-16,3	4	87,2	-7,2
5	77,7	-17,9	5	124,4	+30,0
6	79,0	-16,6	6	115,5	+21,1
7	96,4	+0,8	7	76,6	-22,2
8	123,8	+28,2	8	84,6	-10,2
Summe:	765,5 → $\bar{m}_1 = 95,6$ keV		Summe:	757,6 → $\bar{m}_2 = 94,4$ keV	

Tab. 2: Peak-Auflösung bei Verbundbetrieb mit jeweils 8 Halbleiterdetektoren aus zwei Meßreihen

Meßreihe 1 bei ruhender Quelle			Meßreihe 2 bei rotierender Quelle		
Lfd. Nr.	Auflösung keV	$A=HBW-\bar{m}_O$ keV	Lfd. Nr.	Auflösung keV	$A=HBW-\bar{m}_R$ keV
1	102,4	-21,7	1	134,1	+17,0
2	142,6	+18,5	2	99,9	-17,2
3	126,6	+ 2,5	3	120,9	+ 3,8
4	125,1	+ 1,0	4	113,4	- 3,7
Summe:	496,7 $\rightarrow \bar{m}_O = 124,1$ keV		Summe:	468,4 $\rightarrow \bar{m}_R = 117,1$ keV	

Wie aus den Tabellen 1 und 2 ersichtlich, sind die mittleren Halbwertsbreiten bei Verbundbetrieb größer als diejenigen der Einzeldetektoren. Der Unterschied zwischen  $\bar{m}_O$  und  $\bar{m}_R$  ist nicht signifikant. Für die Peak-Auflösung aus zwei Gruppen von Meßwerten der Einzelsysteme ergibt sich ein Mittelwert von 95,1 keV während das Verbundsystem bei 120,6 keV liegt.

Die Auflösungseigenschaften des Verbundsystems sind also um 25,5 keV oder 27% schlechter als der Mittelwert der Auflösungen der Einzelsysteme. Bei Vergleichen zwischen Messungen mit ruhender und rotierender Quelle ergaben sich nur Halbwertsbreitenunterschiede im Rahmen des statistischen Fehlers.

### 3.3 Bestimmung des Wirkungsgrades bei einer Anordnung von 8 Halbleiterdetektoren im Verbundbetrieb

Um den Wirkungsgrad für großflächige Proben bestimmen zu können, mußte ein Kalibrierpräparat mit ca. 300 cm<sup>2</sup> und 20 cm Ø hergestellt werden. Um eine quasi gleichmäßige Belegung dieser Fläche zu erreichen, wurden etwa 90 Tropfen aus einer Lösung, die die Nuklide Pu-239, Pu-238 und Cm-244 enthielten, in gleichmäßiger Verteilung auf eine Meßschale aus Edelstahl aufgebracht und eingetrocknet. Die Gesamtaktivität dieses Mischpräparates ist 6,1 nCi entsprechend 226 Bq.

Eine mit diesem Präparat aufgenommene Impulshöhenverteilung ist in folgender Abb. 4 in logarithmischer Darstellung aufgezichnet. Wie man sieht, sind die Peakflanken auf der niederenergetischen Seite gut durch folgende Funktion

$$y = A \cdot e^{a(m-j)} \quad ( 2 )$$

anzunähern.

Dabei bedeuten:  $m$  = Kanalnummer des Peakmaximums

$i$  = laufende Kanalnummer

$y = f(j)$

wobei gilt  $i+0,5 > j \geq i-0,5$

Zur Berechnung von  $A$  bzw.  $a$  verfährt man am besten folgendermaßen: man teilt den Bereich dieser niederenergetischen Peakflanke, soweit er nicht durch einen anderen Peak überlagert ist, in zwei Kanalbereiche mit den Grenzkanalnummern  $b, c, d, f$ , wobei gilt  $c = d-1$  und  $c-b = f-d$ . Dann kann gesetzt werden

$$\sum_{i=b}^c N(i) = \int_{b-1/2}^{c+1/2} y \, dj \quad \text{und} \quad \sum_{I=d}^f N(i) = \int_{d-1/2}^{f+1/2} y \, dj$$

Aus diesen beiden Gleichungen kann man die Konstanten  $A$  und  $a$  bestimmen und damit den Untergrund im Bereich von Peaks mit niedrigerer Energie berechnen.

Bei einer Bestimmung des Wirkungsgrades mit einem Großflächenpräparat von  $6,1$  nCi entsprechend  $226$  Bq ergab sich als mittlerer Wirkungsgrad ein Wert von  $13,6$  %.

### 3.4 Praktische Erprobung und Rechenmethode zur Auswertung von $\alpha$ -Spektren bei Aerosolfiltern

Am Beispiel der Impulshöhenverteilung, die bei der Messung eines Filters aus der radioaktiven Abluft des Institutes für Radiochemie entstanden ist, wird gezeigt, daß die im vorhergehenden Abschnitt beschriebene Methode im Grundsatz auch hier

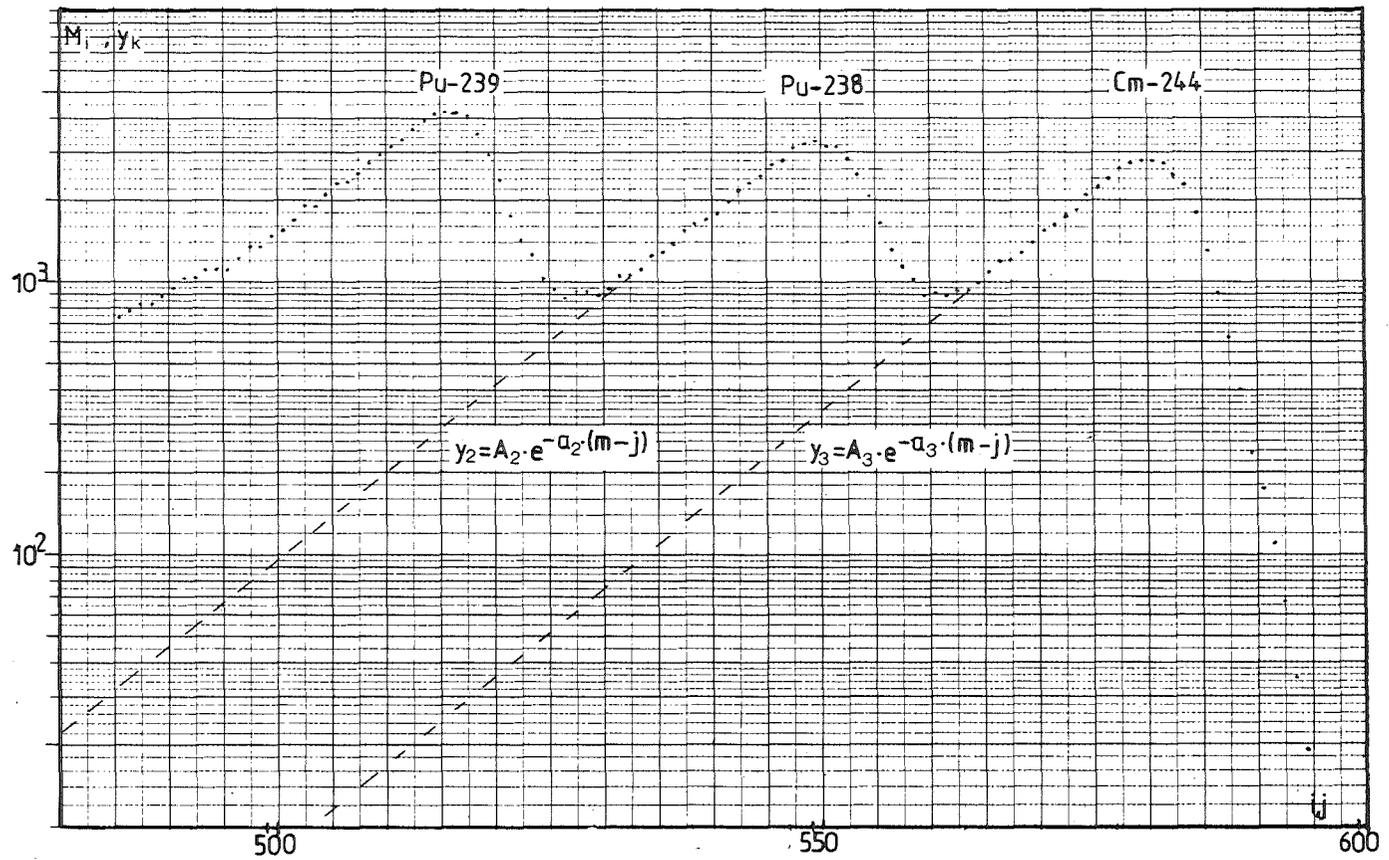


Abb. 4: Spektrum einer Eichquelle aus Pu-239, Pu-238, Cm-244

angewendet werden kann. Man muß den vorhergehenden mathematischen Ansatz wie folgt erweitern:

$$y = A \cdot e^{a(m-i)} + B \cdot e^{b(m-i)} \quad (3).$$

Wie in der folgenden Spektrumdarstellung Abb. 5 angedeutet ist, wird zur Bestimmung der Konstanten A, B, a und b der Näherungsgleichung wie folgt verfahren:

Man ermittelt zunächst aus geeigneten Bereichen die Konstanten B und b und zieht die Funktion  $z = B \cdot e^{b(m-i)}$  von der Impulshöhenverteilung im Peakbereich ab. Nun können auch A und a bestimmt werden. Wie man aus der Spektrumsdarstellung ersieht, kann in diesem Fall neben dem hauptsächlich vorhandenen Nuklid B-212 (6,05 MeV) auch noch Po-210 nachgewiesen werden. Im Bereich des Pu-239 ist ebenfalls eine leichte Erhöhung erkennbar, ohne daß daraus mit Sicherheit auf Pu-239 geschlossen werden kann.

Es wurden insgesamt 16 Nuklidbestimmungen an Absolutfiltern durchgeführt, deren Ergebnisse aus der anschließenden Tabelle 3 entnommen werden können.

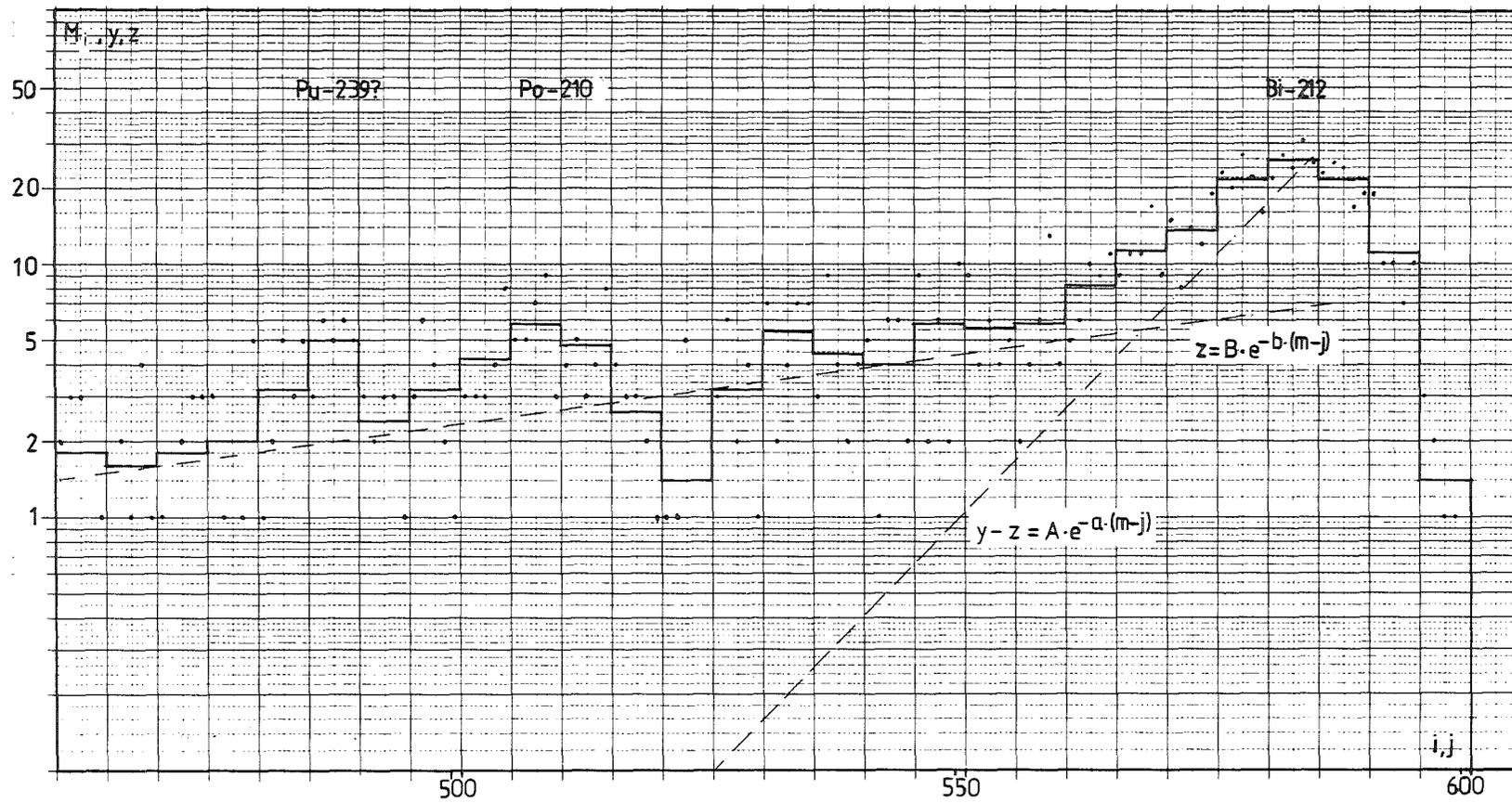


Abb. 5: Abluftfiltermessung vom 26.4.-3.5.1982 beim IRCH, Geb. 321a,  
 Auswertung: 5.5.1982  
 In der Treppenkurve sind die Mittelwert von je 5 Kanälen aufgetragen

Tab. 3: Meßergebnisse praktischer Versuche

Lfd Nr.	Institut	Gebäude Nr.	Nuklide	Energie MeV	Datum d. Probe	Aktivität pCi
1	HDB	548-Ost	Am-241 o. Pu-238	5,5	26.10.81	
2	HDB	" "	Pu-239	5,1	"	17,5
3	HDB	534	Bi-212 + Po-212	6,1 8,8	2.11.81	
4	HDB	"	Po-210	5,3	"	
5	HDB	548-Ost	Am-241	5,5	23.11.81	1,8
1	IRCH	321a	Bi-212 + Po-212	6,1 8,8	2.11.81	
2	IRCH	"	Pu-239	5,1	4.11.81	
3	IRCH	"	Po-212	8,8	"	
4	IRCH	"	Bi-212	6,1	"	
5	IRCH	"	Po-210	5,3	"	
6	IRCH	341	keine	keine	23.11.81	
7	IRCH	321a	Bi-212	6,1	26. 4.82	
1	Quell. Bunker	122	Rn-220 + Rn-222 o. Po-214	7,4 7,7	21.10.81 "	
2	"	"	Po-212	8,5	"	
3	"	"	Bi-212	6,0	22. 3.82	
1	IHCH	723	Bi-212	6,1	22. 3.82	8,8

#### 4. Störeinflüsse

##### 4.1 Störungen bei Silizium-Halbleiter-Detektoren eines bestimmten Herstellers

Bei der Erprobung von Silizium-Oberflächen-Sperrschicht-Detektoren des über Preisvergleich zunächst bevorzugten Herstellers, stellten sich unerwartete Schwierigkeiten ein. Bei Eignungskontrollmessungen von kurzer Dauer zur Feststellung der Auflöseigenschaften war zunächst das Verhalten während der ersten halben Stunde Betriebszeit zufriedenstellend. Nach längerer Betriebszeit stellte sich zeitweilig und manchmal auch nur kurzfristig trotz vorschriftsmäßiger Betriebsspannung ein lawinenartiger Elektronendurchbruch ein. Durch Herabsetzen der Betriebsspannung verschwand der Effekt und der Detektor zeigte normales Verhalten. Eine eindeutige Klärung dieses Effektes konnte nicht erbracht werden, jedoch wird aufgrund verschiedener Beobachtungen angenommen, daß es sich um Kontaktschwierigkeiten beim Detektorzusammenbau handelt.

##### 4.2 Temperatureinfluß auf Silizium-Großflächen-Halbleiter-Detektoren

Nach einigen Messungen von Aerosolfiltern, wurden sowohl bei einzelnen als auch mehreren Halbleiter-Detektoren Abweichungen der Peaks von der Kalibrierposition festgestellt. Verschiedene Versuche ließen erkennen, daß wahrscheinlich Temperaturänderungen an den Halbleiterdetektoren die Hauptursache sind. Insbesondere die Wärmeverluste des Antriebsmotors verursachen eine fühlbare Aufheizung des Vakuumkammerdeckels und damit der Detektoren. Dadurch nehmen, vermutlich infolge erhöhter Rekombination von Ladungsträgern, die Amplituden der Ausgangsimpulse ab.

#### 4.3 Verminderung der Temperaturänderungen an den verwendeten Halbleiter-Detektoren durch ein Kühlsystem

Amplitudenänderungen während der Dauer einer Messung führen in der Spektrometrie zu schlechterer Energieauflösung und ungenauer Energiebestimmung. Zur Minderung dieser Beeinträchtigungen wurde zunächst eine provisorisch installierte Kühleinrichtung mit Leitungswasser in Betrieb genommen. Sie erwies sich als günstig. Daher wurde eine Neukonstruktion des Meßkammer-Behälterdeckels ausgeführt (Abb. 6a). Die Konzeption der Kühlmittelführung sollte eine möglichst kleine Temperaturschwankung an der Kontrollmeßstelle bewirken. Die technische Ausführung bereitete einige Probleme bei der Fertigung. Insbesondere wurde befürchtet, daß durch die Schweißarbeiten sich die Deckelkonstruktion verwindet.

Für die Errichtung einer Regelstrecke wurde dann eine automatische Temperatur-Regeleinrichtung mit SollwertEinstellung (Skalenknopf), Meßglied mit Tauchhülse V76 T 51 und Arbeitskörper beschafft sowie in Betrieb genommen (Abb. 6b).

Die Nutzung des Kühlsystems hat gezeigt, daß es damit für beliebig lange Zeit möglich ist, die Halbleiter auf einer bestimmten vorgewählten Temperatur (293 K) zu halten und im Bedarfsfall schnell darauf herunterzukühlen. Dadurch ist es möglich die Halbleiter in der Praxis unter Laborbedingungen (z.B. 293 K Herstellerangaben) zu betreiben und eine längere Lebensdauer zu erreichen. Es lassen sich Temperaturen von  $293 \pm 5$  K vorwählen und unter Verwendung von kaltem Leitungswasser (ca. 287 K) konstant halten [PAW 83].

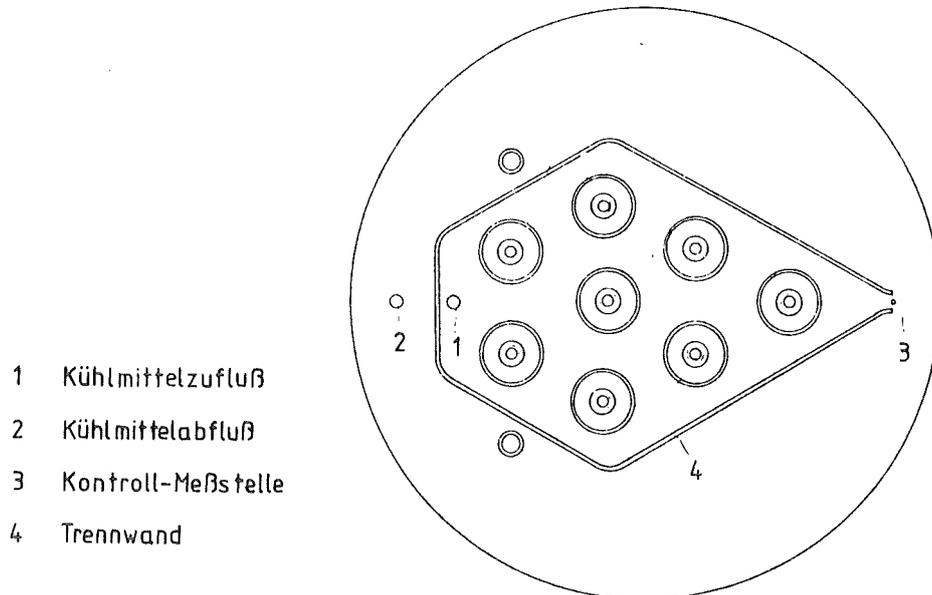


Abb. 6a: Vakuum-Kammer-Deckel mit Kühleinrichtung

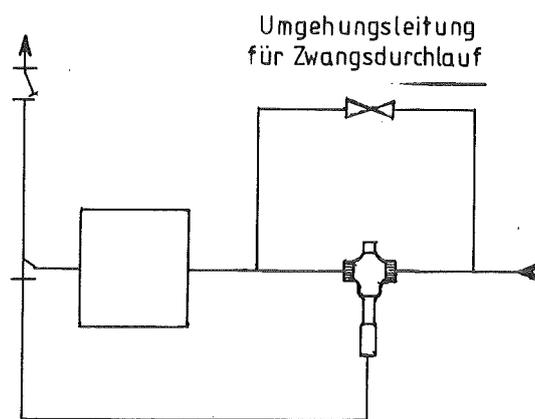


Abb. 6b: Prinzip der Temperaturregelung

#### 4.4 Durchführungsstecker als Störquelle

Zusätzlich zu den vorher beschriebenen Störeffekten traten weitere auf, die an bestimmte Meßkanäle gebunden waren.

Eine systematische Störungssuche führte zur Feststellung von schlechten Isolationswiderständen bei den betreffenden Vakuum-Durchführungen (BNC to Microdot Vacuum Feedthrough).

Bei einer daraufhin durchgeführten Untersuchung von 11 bereits eingebauten und 14 bis dahin noch originalverpackten Durchführungen wurden Isolationswiderstände von  $2 \cdot 10^8$  bis  $1 \cdot 10^{13} \Omega$  bzw.  $2,5 \cdot 10^9$  bis  $1 \cdot 10^{13} \Omega$  gemessen. Einige dieser Werte sind zu niedrig im Vergleich zu den Sperrwiderständen der verwendeten Halbleiterdetektoren. Die betreffenden Durchführungen wurden ersetzt. In Zukunft werden vor Einbau neuer Durchführungen deren Isolationswiderstände bestimmt werden. Ferner sind in größeren Zeitabständen Überprüfungen bereits eingebauter Durchführungen vorgesehen.

## 5. Schlußbemerkung

Wir danken der Konstruktionsabteilung und Werkstatt der IT/M für die präzise Ausführung der zum Einbau eines Kühlsystems in den Meßkammerdeckel notwendigen und besonders schwierigen Arbeiten.

## 6. Literatur

- [PAW 80]            Patentanmeldung P 30 07 968.6 vom 1.3.80  
Pawelzik, Fessler "Einrichtung zur  $\alpha$ -spektroskopischen Bestimmung von Transuranen"
- [VAL 69]            Valvo Halbleiter-Kernstrahlungsdetektoren  
Ausgabe November 1969
- [EG 79]            EG u. G. ORTEC Instruction Manual 3077 05K 0379
- [PAW 83]            Gebrauchsmusteranmeldung G 83 29 186.5  
Pawelzik vom 10.10.1983 "Einrichtung zur Kühlung mehrerer Halbleiter-Detektoren"