



KfK 2732
November 1978

Deposition von Radionukliden auf Mol-7B-Proben

H. H. Stamm, H. Clauss, H. D. Hanke
Institut für Radiochemie
Projekt Schneller Brüter

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Institut für Radiochemie

Projekt Schneller Brüter

KfK 2732

DEPOSITION VON RADIONUKLIDEN AUF MOL-7B-PROBEN

H.H. Stamm, H. Clauss, H.D. Hanke

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

DEPOSITION VON RADIONUKLIDEN AUF MOL-7B-PROBEN

In einem in-pile Natriumkreislauf im Forschungsreaktor BR2 in Mol/ Belgien, wurden 34 Blechproben aus vier verschiedenen Edeltählen 383,9 Vollast-Tage dem umlaufenden Natrium bei 410°C bzw. 210°C exponiert. Etwa die Hälfte der Zeit wurde der Kreislauf mit einem bzw. mit mehreren Brennstab-Hüllrohrschäden - also mit stark kontaminiertem Natrium - betrieben.

Die Gewichtszunahme der Proben während der Natrium-Exposition betrug 1-2 mg/cm² und war nur geringfügig von der Oberflächenvorbehandlung abhängig.

Die Deposition von Sb-125 war auf den cold-leg Proben höher als auf den hot-leg Proben, bei Mn-54, Co-60, Rh-106, Ce-144, Eu-154 und Eu-155 war es umgekehrt. Cs-137 und Cs-134 wurden zum größten Teil bei der Reinigung der Proben mit dest. Wasser mit abgelöst, die Restaktivitäten auf 410°C- und 210°C-Proben waren praktisch gleich groß.

Die abgeschiedenen Mengen der Radionuklide waren unabhängig von der Art des Edeltähls und unabhängig von der Oberflächenvorbehandlung.

Abstract

DEPOSITION OF RADIONUCLIDES ON MOL-7B SAMPLES

34 coupons (made of four different types of stainless steel) were exposed to flowing sodium at 410°C and 210°C, respectively, for 383,9 days in an in-pile sodium loop of the research reactor BR2 (Mol, Belgium). About half the time the loop was operated with one or more fuel pin failures.

The weight gain of the samples during sodium exposition was 1 to 2 mg/cm²; it was hardly depending on the surface pretreatment of the coupons.

Deposition of Sb-125 was higher on the cold-leg samples, than on

the hot-leg coupons, while more activities of Mn-54, Co-60, Rh-106, Ce-144, Eu-154 and Eu-155 were measured on the hot-leg specimens. Most of Cs-137 and Cs-134 were removed from the coupons by water, residual activities on both kinds of samples were equal. Deposition of radionuclides were independent from the type of stainless steel, and independent from surface pretreatment.

1. Einführung

MOL-7B war ein Bestrahlungsexperiment im zentralen Bestrahlungskanal des Reaktors BR2 im belgischen Kernforschungszentrum Mol. Ein 18-Stabblümel (hexagonale Anordnung) wurde 383,9 Vollast-Tage in einem Inpile Sodium Loop (IPSL 500) bestrahlt, das es gestattete, eine Leistung von 500 kW abzuführen. Eine ausführliche Beschreibung des Loops wurde von G. Vanmassenhove gegeben (1), die Hauptversuchsziele wurden von J. van Migrot et al. beschrieben (2), P. Weimar interpretierte die Ergebnisse der Nachbestrahlungsuntersuchungen des Brennstoffs (3).

Der Kreislauf enthielt etwa 20 Liter Natrium als Primärkühlmittel, Sekundärkühlmittel war im Gegensatz zu MOL-7A Helium (bei MOL-7A war es CO₂ (4)). Während der Bestrahlung war der Kreislauf in Höhe des Brennstoffs mit einer Cd-Abschirmung versehen, um epithermische Neutronenfluß-Bedingungen zu schaffen. Da der Versuch bei extrem hohen Hüllrohr-Temperaturen (697⁰C) durchgeführt wurde, war das Auftreten von Hüllrohrschäden wahrscheinlich. Die Schwierigkeiten bei der Untersuchung der Systemkontamination des Vorläufers "MOL-7A" (5) regten den Einsatz von besonderen Depositionsproben an.

2. Depositionsproben

Die Depositionsproben waren Edelstahl-Bleche mit den Abmessungen 30 mm x 14 mm x 1.0 mm. Diese Proben durften einerseits die Na-Strömung nicht blockieren, andererseits sollten sie nicht aktiviert werden. In Zusammenarbeit mit der KfK-AG Mol wurden Anordnungen im Kreislauf gefunden, die beiden Anforderungen genügten. Insgesamt waren 34 Coupons eingesetzt, davon 17 im "heißen Natrium" (im aufwärtsströmenden Na oberhalb des W-Abschirmstopfens) mit einer mittleren Temperatur von 410⁰C und 17 im "kalten Natrium" mit einer durchschnittlichen Temperatur von 210⁰C.

2.1. Auswahl der Werkstoffe

Ausgewählt wurden als Werkstoffe vier austenitische Edelstähle, die in natriumgekühlten Kernreaktoren eingesetzt werden:

AISI 316	FFTF, EBR II
W.Nr. 1.4961	BE-Hüllrohre KNK-I (6)
W.Nr. 1.4981	BE-Hüllrohre KNK-II (6)
W.Nr. 1.4988	BE-Hüllrohre KNK-II (6)

Die chemische Zusammensetzung der vier Edelstähle ist aus Tabelle 1 zu entnehmen.

2.2. Oberflächen-Vorbehandlung der Proben

Alle eingesetzten Proben wurden vor dem Einsatz entweder elektro-
poliert, naß geschmirgelt oder gebeizt. Tabelle 2 gibt die Ge-
wichte vor und nach der Oberflächenbehandlung an, die Gewichts-
differenz und den mittleren Materialabtrag in (mg/cm^2). Alle
Oberflächenbehandlungen wurden möglichst gleichartig ausgeführt
(z.B. gleiche Spannung und gleiche Behandlungsdauer beim Elektro-
polieren). Bei den Stählen W.Nr. 1.4988 und AISI 316 führte
Elektropolieren zum größeren, Schmirgeln zum geringeren Material-
verlust, Beizen ergab kaum eine Gewichtsabnahme der Proben. Bei
den Stählen W.Nr. 1.4981 und 1.4961 waren die Unterschiede des
Materialabtrags nicht so deutlich.

2.3. Einbau der Coupons

Fig. 1 zeigt die Anordnung der 17 Proben im aufwärtsströmenden
Natrium (hier: vor rechts nach links). Jede Probe war gegenüber
der vorhergehenden um 90° gedreht, so daß man in Fig. 1 bei den
Coupons 4A, 1C, ..., 3G auf die Flächen, bei den dazwischenliegenden
Bleichen 1A, 2A, 3A, ..., 4I jedoch auf die 14 mm langen und 1 mm

breiten Kanten blickt. Die 210°C-Coupons waren im Na-Rücklauf-Sammler (unterhalb des Wärmetauschers) konzentrisch um das obere Ende des Rohres mit den 410°-Proben eingebaut (A-B in Fig. 1). Der Schnitt A-B zeigt als Fig. 2 die Anordnung der Proben in den beiden ringförmigen Haltern (Draufsicht). Die 410°C-Coupons im inneren Rohr erscheinen dabei in gekreuzter Stellung von der längeren Kante (30 mm x 1.0 mm) her gesehen.

3. Loop-Betrieb

Der Kreislauf wurde insgesamt 18 Reaktor-Betriebsphasen des BR2 bestrahlt und betrieben. Nach einer Bestrahlungsdauer von 190 Tagen wurde durch Auftreten von Spaltedelgasen im Schutzgas ein Brennstab-Hüllrohrschaden angezeigt. Die Bestrahlung wurde jedoch bis zum Erreichen des Zielabbrands (11.3 % FIMA) fortgesetzt (3). Das weitere Ansteigen der Konzentrationen von Xe-135 und Xe-133 im Schutzgas ließ auf das Entstehen weiterer Hüllrohrschäden schließen. Die Nachuntersuchungen in den Heißen Zellen in Karlsruhe ergaben an 17 der 18 Brennstäbe starke Hüllrohrschäden. Fig. 3 zeigt als Beispiel die thermische Loop-Leistung, den Na-Durchsatz, die Temperaturen des strömenden Natriums im Rücklaufsammler und des Schutzgasheliums im Ausgleichstank während der Betriebsphase 10/72 (Nov.-Dez. 1972).

4. Untersuchung der ausgebauten Depositionsproben

Die Proben wurden beim Zerlegen des Loops mit ihren Haltern herausgetrennt und als Einheit nach Karlsruhe geschickt. Schwierigkeiten in den Heißen Zellen verzögerten den Ausbau der Proben bis Ende 1977. Die Coupons wurden dann einzeln mit je 100 ml dest. Wasser (1 h) gewaschen, um anhaftende Natriumreste zu entfernen. Die trockenen Proben wurden einzeln in Folie eingeschweißt und gewogen.

4.1. Gewichtsänderung während der Na-Exposition

Die drittletzte Spalte der Tabelle 2 enthält die Gewichte der Coupons nach der mehr als einjährigen Natrium-Exposition und nach Abwaschen anhaftender Natriumreste mit Methanol und Wasser. Ein Vergleich mit den Werten in der fünften Spalte ergab die Gewichtsänderungen, die durch den Kontakt mit dem strömenden Natrium hervorgerufen wurden. Läßt man die "Ausreißer" (1G und 2G) außer Betracht, so haben alle Proben etwa um den selben Betrag ($1-2 \text{ mg/cm}^2$) pro Flächeneinheit zugenommen. Bei den meisten Parallelproben haben die geschmirgelten und die gebeizten Proben etwas mehr an Gewicht gewonnen als die elektropolierten Coupons, jedoch war dieser Effekt nur unbedeutend (Faktoren <2).

4.2. Bestimmung der deponierten Aktivitäten

Die auf den Coupons deponierten Radionuklide wurden gammaspektrometrisch (Ge(Li)-Detektor und 4096-Kanal MCA) bestimmt. Jede Probe wurde mindestens zweimal gemessen. In den Tabellen 3 und 4 sind die pro Flächeneinheit erhaltenen Mittelwerte der Aktivitäten auf den 410°C -Coupons (Tab. 3) bzw. auf den 210°C Coupons (Tab. 4) zusammengestellt. Fig. 4 (S. 15) veranschaulicht als Beispiel die Verteilung von vier Spaltprodukten (Atome/cm^2) auf den "hot-leg Proben", Fig. 5 (S. 16) die der Aktivierungsprodukte Mn-54 und Co-60. Ähnlich wie bei KNK-Versuchen mit ca. 1 m/s Na-Geschwindigkeit wurde auch hier eine leichte Abnahme der deponierten Mengen in Strömungsrichtung gefunden, obwohl die kurze Teststrecke ja (bei 3 m/s) in weniger als $0,1$ Sekunden vom Natrium durchlaufen wurde.

Natürlich waren auch in den Waschlösungen Radionuklide enthalten. Sie wurden gesondert gemessen. Mit Ausnahme von Cs-137 und Cs-134 ergaben sich jedoch praktisch keine Unterschiede, wenn diese Aktivitäten zu den auf den Coupons gemessenen addiert wurden. In Tabelle 5 sind solche Gesamtaktivitäten für die hot-leg Proben zusammengestellt worden.

4.3. Auswertung

Die Mittelwerte der Aktivitäten wurden zusammen mit anderen charakteristischen Daten (Werkstoff, Oberflächenvorbehandlung, Expositionstemperatur, Kennzahl, Waschdauer) auf Karten gelocht. Ein kleines Programmsystem wurde erstellt, das es ermöglicht, die Ergebnisse für die Radionuklide Mn-54, Co-60, Rh-106, Sb-125, Ce-144, Cs-134, Cs-137, Eu-154 und Eu-155 in tabellarischer Form auszudrucken. Wahlweise können die Tabellen errechnet werden für

- deponierte Gesamtaktivitäten (Mikrocurie/Probe),
- deponierte Aktivitäten (Mikrocurie/cm²),
- deponierte Aktivitäten (Bequerel/cm²),
- deponierte Mengen (Atome/cm²).

Die Ergebnisse können entweder insgesamt ausgegeben werden in der Reihenfolge der Proben wie im Natrium-Strom oder ausgewählt nach Werkstoffen. Es ist jedoch auch möglich, nach Expositionstemperatur oder nach der Waschdauer zu selektieren. Ein weiteres Programm rechnet statistische Kenndaten (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für die neun Nuklide aus (hot-leg und cold-leg Proben natürlich getrennt).

4.4. Ergebnisse

Die abgeschiedenen Mengen der Radionuklide waren auch bei langdauernder Exposition (>1a) unabhängig von der Art des Edelstahl und unabhängig von der Oberflächenvorbehandlung.

Von den meisten Nukliden (Mn-54, Co-60, Rh-106, Ce-144, Eu-154 und Eu-155) wurde auf den hot-leg Proben mehr abgeschieden als auf den cold-leg Proben, bei Sb-125 war die Deposition auf den kälteren Proben jedoch deutlich höher als auf den heißen Proben. Es läßt sich bei diesem Versuch nicht sagen, ob dies Verhalten durch die unterschiedlichen Temperaturen (410^oC bzw. 210^oC) ver-

ursacht wurde oder ob der in Fig. 3 illustrierte Effekt (Abnahme der deponierten Menge in Strömungsrichtung) sich über den gesamten Kreislauf fortsetzte. Wenn die Unterschiede durch die verschiedenen Temperaturen verursacht wurden, verhielt sich nur Sb-125 (neben Cs-134 und Cs-137) wie eine echt gelöste Substanz. Das ist dann besonders bei Mn-54 ein überraschendes Ergebnis und legt die Vermutung nahe, daß dies Nuklid ebenfalls in Form kleiner Partikel transportiert wurde.

Die statistische Auswertung war nur bei solchen Radionukliden sinnvoll, die (wie Mn-54) kein Gefälle in ihrer deponierten Menge längs der hot-leg Coupons zeigten. Keinen Sinn ergab hingegen die statistische Betrachtung von Rh-106, bei dessen cold-leg Werten 1/3 Ausreißer waren. Die hohen Rh-106-Werte auf einzelnen dieser Coupons ließen sich nicht mit der räumlichen Anordnung der sechs Rücklaufrohre korrelieren, die ja direkt oberhalb der Proben in den Rücklaufsammler mündeten.

Nach diesen Resultaten werden nun die Ergebnisse der analogen Proben aus dem Folgeversuch MOL-7D erwartet; dort wurden Coupons aus dem nicht-stabilisierten Edelstahl AISI 316 ("L"), dem stabilisierten Stahl W.Nr. 1.4970 ("B") und aus dem möglichen Gettermaterial (7) Nickel ("N") in die Probehälter eingesetzt (Fig. 6).

Tabelle 1: Eingesetzte Edelmstähle

W. Nr.	DIN-Bezeichnung	Normzusammensetzung (%)						
		Cr	Ni	Mo	Mn	V	Nb	
1	1.4988	X8 CrNiMoVNb 16 13	16,5	13,5	<1,5	<1,5	<0,85	>10xC
2	1.4981	X8 CrNiMoNb 16 16	16,5	16,5	<2,0	<1,5	--	>10xC
3	1.4961	X8 CrNiNb 16 13	16,0	13,0	--	<1,5	--	>10xC
4	AISI 316	(X5 CrNiMo 18 10)	17,0	12,0	2,5	<2,0	--	--

Tabelle 2: Gewichtsänderung der Proben bei der Vorbehandlung und bei der Natrium-Exposition

Material Werkstoff- Nummer	Bez. der Probe	Vorbehandlung der Oberfläche	Gewicht Rohling (g)	Gewicht Coupon (g)	Gewichts- differenz (mg)	Mittlerer Material- abtrag (mg/cm ²)	Gewicht Coupon n. Expos. (g)	Gewichtsänderung bei der Exposition in flüssigem Natrium	
								mg	(mg/cm ²)
4988	1 A	el. pol.	3,2518	2,9433	308,5	33,2	2,9575	+ 14,2	+ 1,69
	1 B	n. geschm.	3,2321	3,1694	62,7	6,7	3,1874	+ 18,0	+ 2,14
	1 C	el. pol.	3,2497	2,9514	298,3	32,1	2,9658	+ 14,4	+ 1,71
	1 D	n. geschm.	3,2257	3,1440	81,7	8,8	3,1642	+ 20,2	+ 2,4
	1 E	el. pol.	3,0814	2,8120	269,4	29,0	2,8224	+ 10,4	+ 1,4
	1 F	n. geschm.	3,2465	3,1614	85,1	9,1	3,1757	+ 14,3	+ 1,9
	1 G	el. pol.	3,2468	3,0695	177,3	19,1	2,9095	(-160,0)	(-21,5)
	1 H	n. geschm.	3,2547	3,1766	78,1	8,4	3,1915	+ 14,9	+ 2,0
4981	2 A	el. pol.	3,2682	3,0274	240,8	25,9	3,0352	+ 7,8	+ 0,93
	2 B	n. geschm.	3,3064	2,9936	312,8	33,7	3,0127	+ 19,1	+ 2,3
	2 C	el. pol.	3,2679	3,0028	265,1	28,5	3,0150	+ 12,2	+ 1,5
	2 D	n. geschm.	3,2445	2,8349	409,6	44,1	2,8540	+ 19,1	+ 2,3
	2 E	el. pol.	3,3110	3,0887	222,3	23,9	3,0986	+ 9,9	+ 1,3
	2 F	n. geschm.	3,3192	3,0366	282,6	30,4	3,0522	+ 15,6	+ 2,1
	2 G	el. pol.	3,2880	2,8998	388,2	41,8	3,0166	(+116,8)	(+15,7)
	2 H	n. geschm.	3,2880	3,0857	202,3	21,7	3,0996	+ 13,9	+ 1,9
4961	3 A	el. pol.	3,0543	2,8423	212,0	22,8	2,8565	+ 14,2	+ 1,7
	3 B	n. geschm.	3,0515	2,9896	61,9	6,6	3,0082	+ 18,6	+ 2,2
	3 C	el. pol.	3,0853	2,8179	267,4	28,8	2,8331	+ 15,2	+ 1,8
	3 D	n. geschm.	3,1253	2,8278	297,5	32,1	2,8464	+ 18,6	+ 2,2
	3 E	el. pol.	3,0743	2,8344	239,9	25,8	2,8466	+ 12,2	+ 1,6
	3 F	n. geschm.	3,1164	3,0374	79,0	8,5	3,0509	+ 13,5	+ 1,8
	3 G	gebeizt	3,0558	3,0181	37,7	4,1	3,0567	+ 38,6	+ 4,6
	3 H	el. pol.	3,0561	2,7496	30,7	3,3	2,7596	+ 10,0	+ 1,3
	3 I	n. geschm.	3,0728	3,0140	58,8	6,3	3,0284	+ 14,4	+ 1,9
AISI 316	4 A	el. pol.	3,4244	3,1864	238,0	25,6	3,1993	+ 12,9	+ 1,5
	4 B	el. pol.	3,4158	3,2204	195,4	21,1	3,2300	+ 9,6	+ 1,1
	4 C	el. pol.	3,4258	3,1864	239,4	25,7	3,2000	+ 13,6	+ 1,6
	4 D	el. pol.	3,4357	3,1805	255,2	27,5	3,1920	+ 11,5	+ 1,5
	4 E	n. geschm.	3,4330	3,3562	76,8	8,2	3,3709	+ 14,7	+ 2,0
	4 F	gebeizt	3,4207	3,4038	16,9	1,8	3,4187	+ 14,9	+ 2,0
	4 G	n. geschm.	3,4088	3,3433	65,5	7,1	3,3531	+ 9,8	+ 1,3
	4 H	n. geschm.	3,4125	3,3440	68,5	7,3	3,3597	+ 15,7	+ 2,1
	4 I	gebeizt	3,4345	3,4178	16,7	1,7	3,4290	+ 11,2	+ 1,3

Tabelle 3: Deponierte Aktivitäten auf 410°C-Coupons

Probe	Werkstoff	WD (d)	Deponierte Aktivitäten ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$)								
			Mn-54	Co-60	Rh-106	Sb-125	Ce-144	Cs-134	Cs-137	Eu-154	Eu-155
4 A	316 el. pol.	14	11	.33	58	11	83	.04	.06	0.89	.61
1 A	4988 "	14	11	.35	73	9.3	88	---	.06	1.2	.77
1 C	4988 "	14	11	.33	54	8.5	80	.03	.06	1.1	.77
2 A	4981 "	14	12	.34	37	8.5	79	.04	.08	1.2	.76
2 C	4981 "	14	12	.33	32	9.9	75	.05	.08	1.1	.74
3 A	4961 "	14	11	.34	45	7.5	75	.03	.07	1.1	.76
3 C	4961 "	14	11	.33	59	7.1	69	.06	.11	1.1	.75
4 B	316 "	14	14	.33	79	6.9	77	---	.07	1.1	.75
1 B	4988 geschm.	1	13	.36	37	9.2	84	.12	.22	1.2	.85
1 D	4988 "	1	11	.35	44	7.4	83	.16	.31	1.2	.78
2 B	4981 "	1	11	.33	52	5.5	64	.15	.29	0.98	.68
2 D	4981 "	14	11	.31	32	3.7	64	.04	.06	1.02	.42
3 B	4961 "	14	11	.32	42	3.2	63	.06	.14	0.97	.41
3 D	4961 "	14	10	.30	49	2.7	57	.08	.16	0.83	.37
4 C	316 el. pol.	1	14	.27	41	2.7	39	.04	.07	0.55	.22
4 I	316 gebeizt	14	11	.26	30	2.5	52	.07	.09	0.69	.44
3 G	4961 "	14	12	.27	30	3.7	63	.01	.20	0.92	.37

Tabelle 4: Deponierte Aktivitäten auf 210°C-Coupons

Probe	Werkstoff	WD (d)	Deponierte Aktivitäten ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$)								
			Mn-54	Co-60	Rh-106	Sb-125	Ce-144	Cs-134	Cs-137	Eu-154	Eu-155
1 E	4988 e. p.	14	3.3	.007	23	17	25	.05	.09	.25	.10
1 F	4988 gsch.	1	5.6	.03	7.8	25	26	.09	.15	.22	.62
2 E	4981 e. p.	1	5.2	.02	3.1	21	19	.07	.11	.19	.09
2 F	4981 gsch.	14	5.2	.008	3.6	17	22	.03	.07	.22	.08
3 E	4961 e. p.	14	6.8	.010	41	21	28	.05	.09	.26	.11
3 F	4961 gsch.	14	6.2	.011	2.6	21	23	.04	.09	.24	.10
4 D	316 e. p.	14	4.3	.111	4.5	17	22	.07	.07	.21	.09
4 E	316 gsch.	14	4.7	.008	17	18	22	.05	.07	.21	.09
4 F	316 geb.	14	3.7	.009	7.5	18	20	.06	.09	.19	.08
1 G	4988 e. p.	1	4.1	.007	24	28	30	.05	.09	.26	.11
1 H	4988 gsch.	14	3.9	.003	3.3	23	25	.05	.08	.24	.09
2 G	4981 e. p.	14	1.6	.004	12	20	22	.03	.06	.20	.07
2 H	4981 gsch.	14	2.0	.006	5.8	24	21	.03	.05	.22	.09
3 H	4961 e. p.	1	1.8	.006	2.1	24	20	.02	.05	.19	.07
3 I	4961 gsch.	1	3.4	.008	3.4	31	25	.05	.09	.24	.10
4 G	316 gsch.	14	4.0	.02	4.7	27	28	.04	.06	.26	.08
4 I	316 gsch.	1	3.6	.008	50	26	27	.07	.13	.23	.09

Tabelle 5: Gesamtaktivitäten (Coupon + Waschlösung) auf den "hot-leg" Proben

Probe	Werkstoff	WD (d)	Aktivitäten (μCi)									
			Mn-54	Co-60	Rh-106	Sb-125	Ce-144	Cs-134	Cs-137	Eu-154	Eu-155	
4A	316 el.pol.	14	91	2.8	490	94	700	1.0	4.5	7.9	5.1	
1A	4988 "	14	94	3.0	620	82	740	2.0	12	9.9	6.5	
1C	4988 "	14	95	2.8	460	77	680	2.0	11	9.4	6.5	
2A	4981 "	14	102	2.9	313	76	660	2.5	12	9.9	6.4	
2C	4981 "	14	103	2.8	270	90	630	2.6	13	9.5	6.2	
3A	4961 "	14	94	2.9	380	68	630	2.7	14	9.2	6.4	
3C	4961 "	14	96	2.8	500	66	580	5.8	31	9.3	6.3	
4B	316 "	14	121	2.8	660	64	650	2.8	16	9.6	6.3	
1B	4988 geschm.	1	107	3.1	310	80	700	5.6	27	10.6	7.2	
1D	4988 "	1	95	2.9	370	65	700	6.1	30	10.2	6.6	
2B	4981 "	1	91	2.8	440	48	540	5.4	26	8.4	5.7	
2D	4981 "	14	90	2.6	270	36	540	3.9	21	8.7	3.5	
3B	4961 "	14	94	2.7	360	30	530	6.5	35	8.3	3.4	
3D	4961 "	14	87	2.6	420	26	480	6.6	35	7.1	3.1	
4C	316 el.pol.	1	121	2.3	340	23	330	3.1	16	4.9	1.9	
4I	316 gebeizt	14	91	2.2	260	23	440	4.5	23	6.1	3.7	
3G	4961 "	14	104	2.3	260	35	530	9.2	53	8.0	3.1	

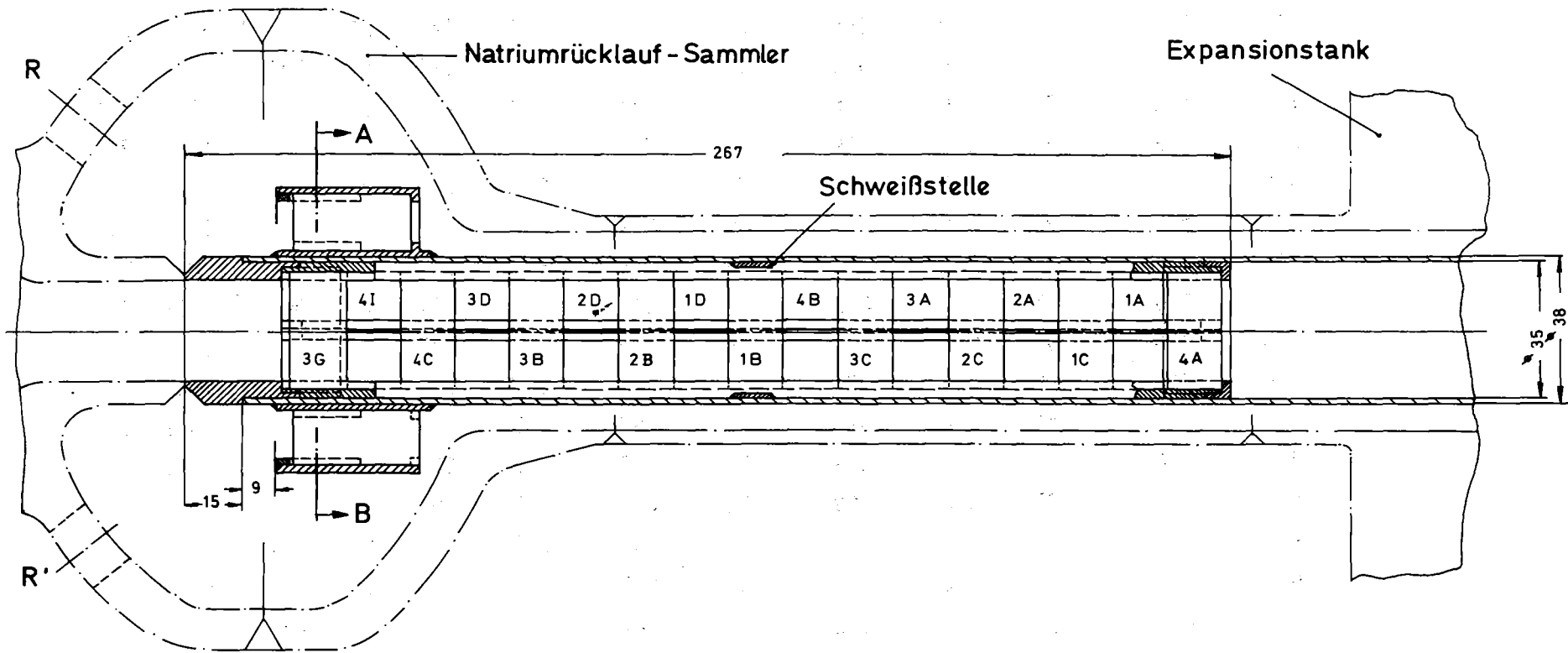


Fig. 1: Anordnung der hot-leg Proben in MOL-7B

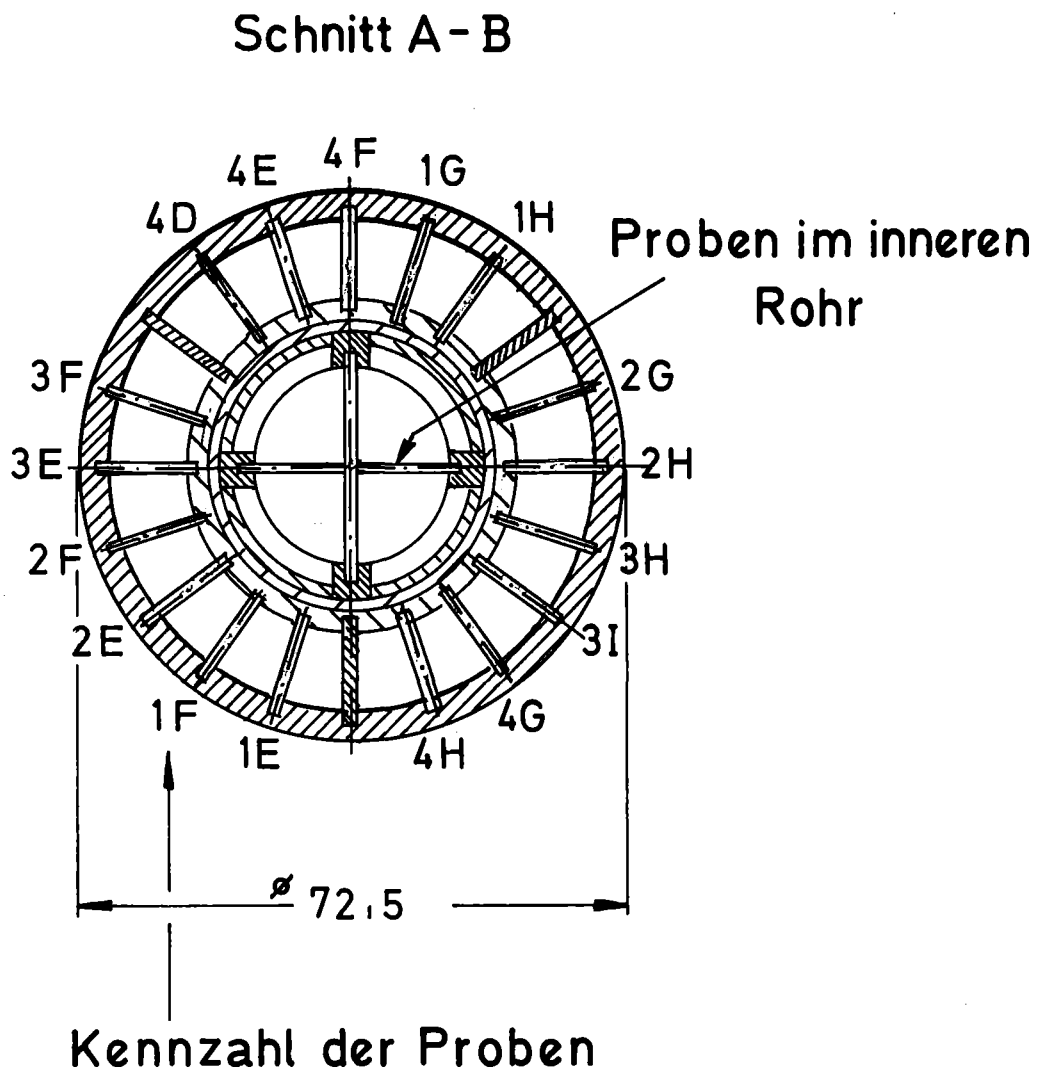


Fig. 2: Anordnung der cold-leg Proben im Natrium-Rücklaufsammler von MOL-7B

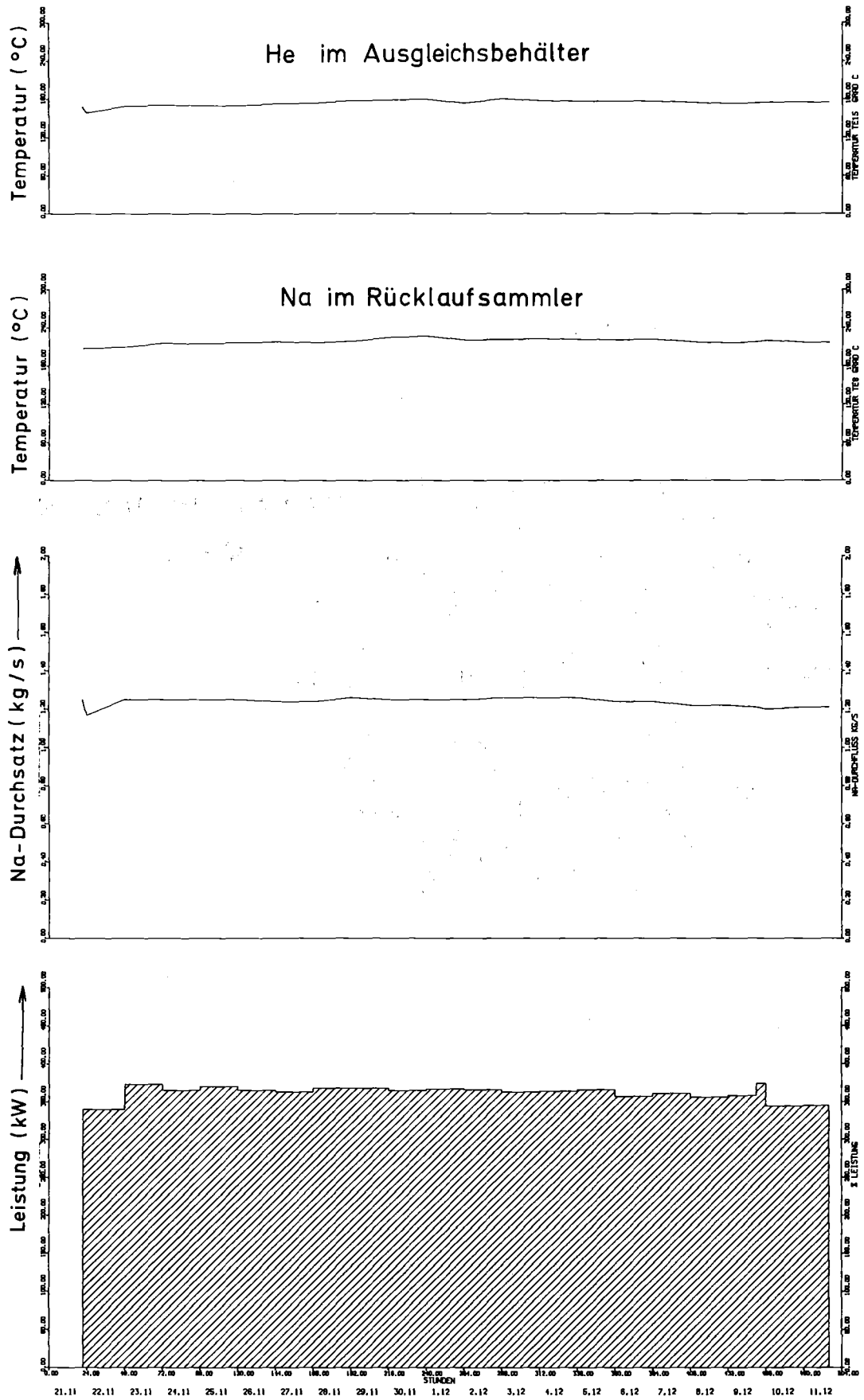


Fig.3 MOL - 7B Phase 10/72 (Nov.-Dez.1972)

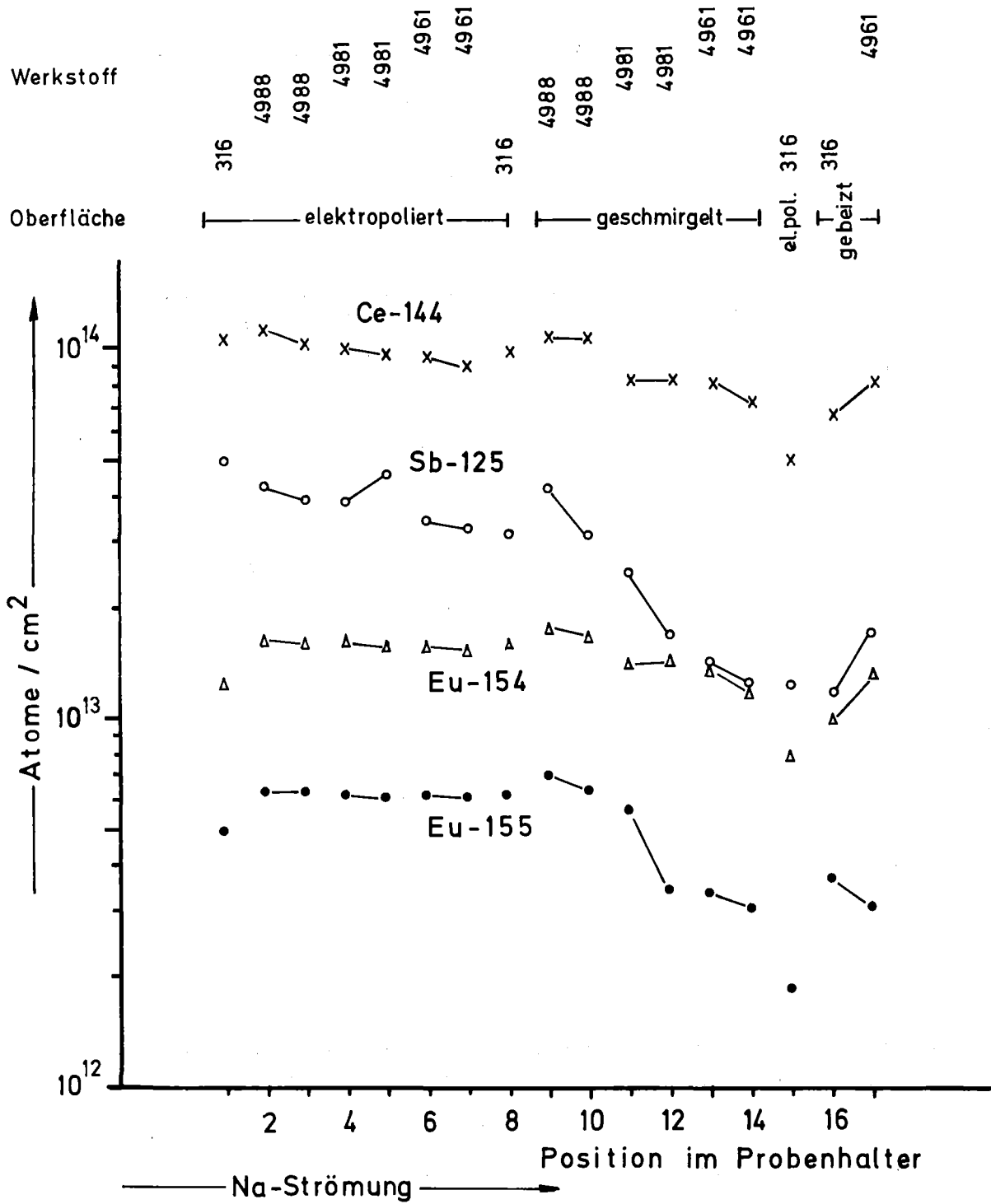


Fig.4 Spaltprodukte auf MOL-7B Coupons (410°C Proben)

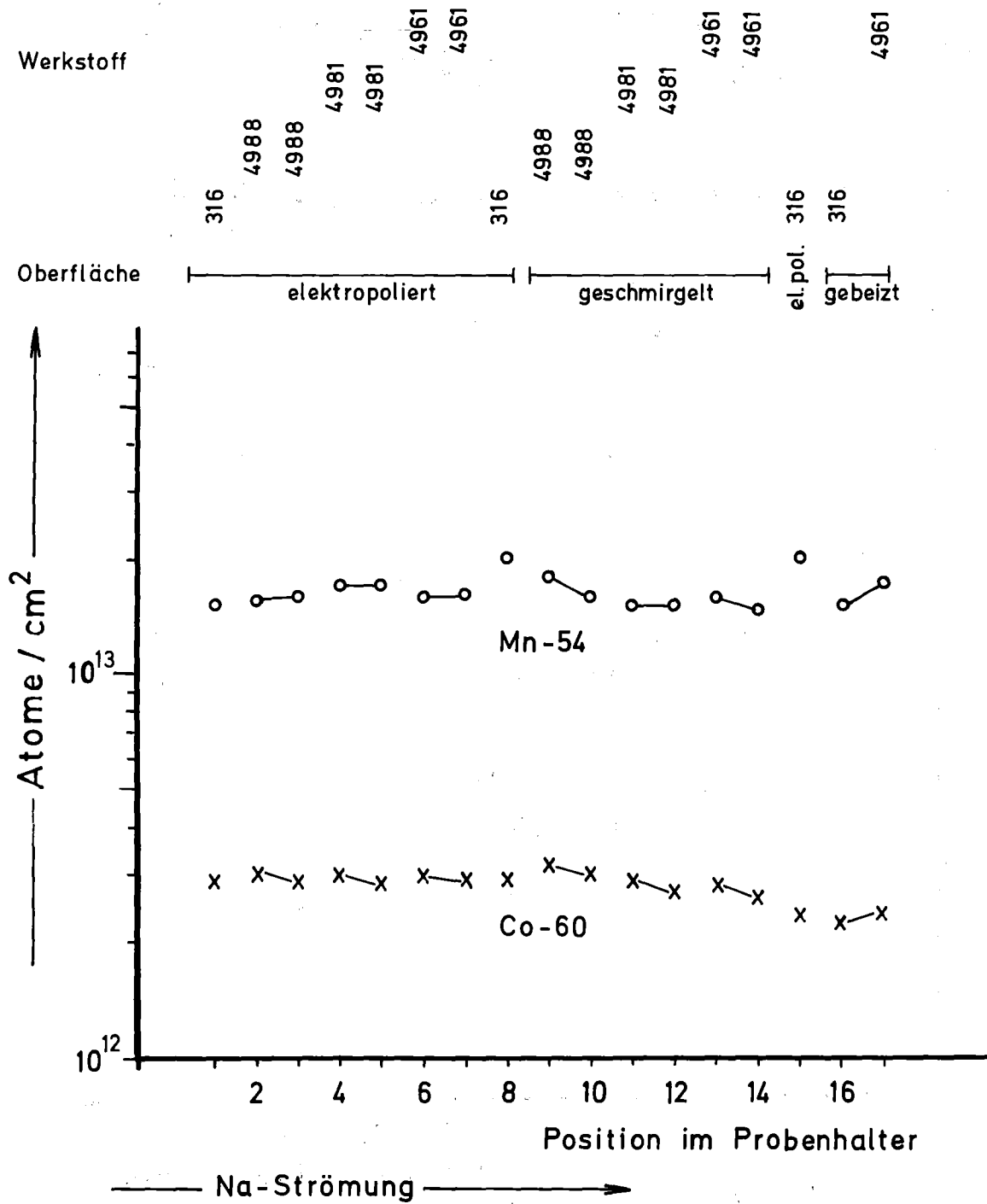


Fig.5 Aktivierungsprodukte auf MOL-7B
Coupons (410°C Proben)

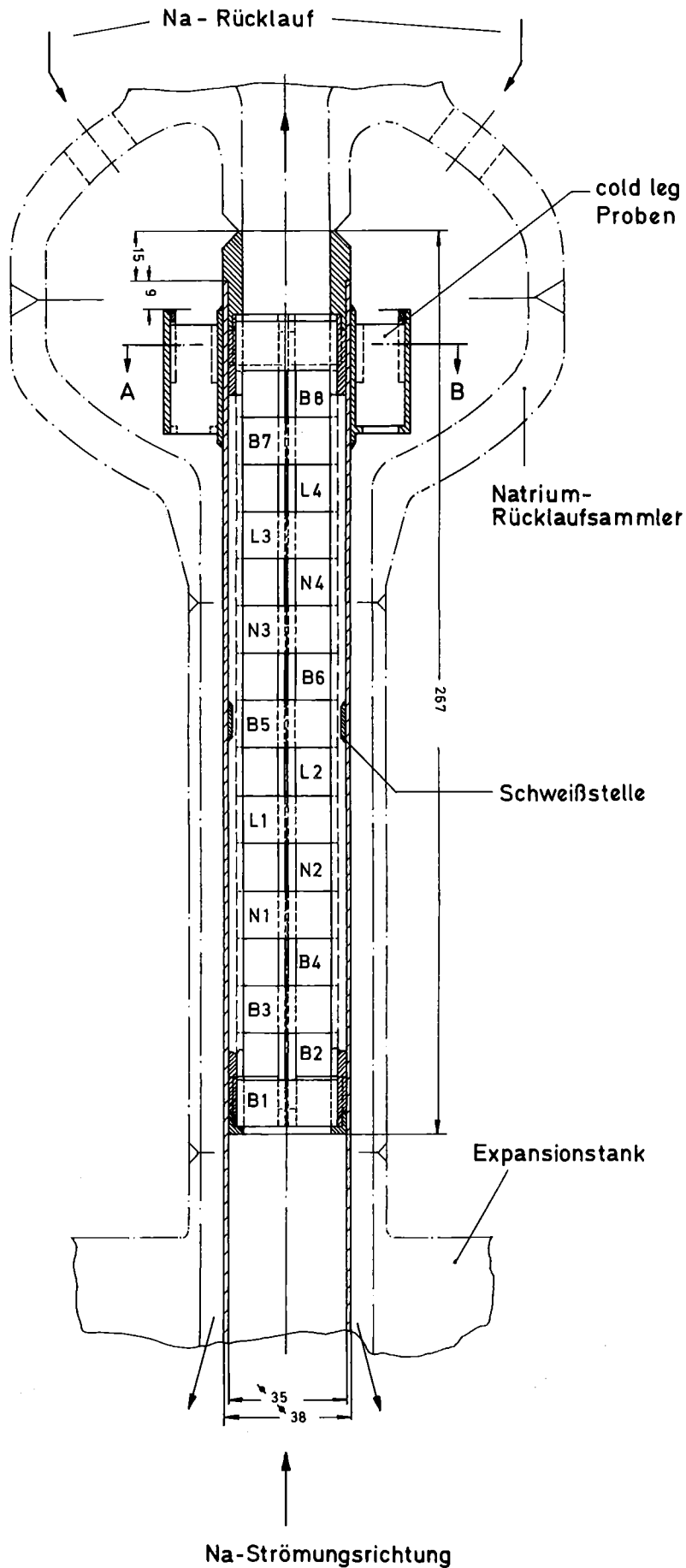


Fig. 6: Anordnung der hot-leg Proben in MOL-7D

5. Literatur

- 1) G. Vanmassenhove
IN-PILE SODIUM LOOP - 500 kW CONCEPTUAL DESIGN
Paper 2/5, pp. 205-210 Proc. Int. Conf. on Fast Reactor
Irradiation Testing Thurso, Caithness (14-17 April 1969)
- 2) J. van Migrot, J. de Wandeleer, K. Kummerer, A. Michel,
G. Vanmassenhove
DESIGN AND PREPARATION OF THE MOL-7B IRRADIATION EXPERIMENT
SM-173/50
A Symposium on Fuel and Fuel Elements for Fast Reactors,
Brüssel, 2.-6. Juli 1973
- 3) P. Weimar
EXPERIMENTAL AND THEORETICAL EVALUATION OF DEFECT GROWTH OF
FUEL PIN CLADDING BY CHEMICAL FUEL-SODIUM INTERACTION
Paper C 4/6 in
4. SMIRT Conference, San Francisco, (Aug. 1977)
- 4) M. Soenen
EXPERIENCE GAINED WITH THE 200 kW INTEGRATED IN-PILE SODIUM
LOOP IN THE BR2 REACTOR
Proc. Int. Conf. on Fast Reactor Irradiation Testing
Thurso, Caithness (14-17 April 1969)
- 5) J. Blaschek, H.D. Hanke, H.H. Stamm
SYSTEMCONTAMINATION OF THE IN-PILE SODIUM LOOP "MOL-7A" BY
FISSION PRODUCTS EMITTED FROM A FUEL PIN CLADDING FAILURE
Unveröffentlicht (1972)
- 6) INTERATOM, KNK-Broschüre (1973)
- 7) H.H. Stamm
SORPTION VON RADIONUKLIDEN AUS NATRIUM AN METALLOBERFLÄCHEN
Atomwirtsch. Atomtechn. 22, 639 (1977)

Verzeichnis der Tabellen

- Tab. 1: Eingesetzte Edelstähle
- Tab. 2: Gewichtsänderungen der Proben bei der Vorbehandlung und bei der Natrium-Exposition
- Tab. 3: Deponierte Aktivitäten auf 410⁰C-Coupons
- Tab. 4: Deponierte Aktivitäten auf 210⁰C-Coupons
- Tab. 5: Gesamtaktivitäten (Coupon + Waschlösung) auf den "hot-leg" Proben

Verzeichnis der Figuren

- Fig. 1: Anordnung der hot-leg Proben in MOL-7B
- Fig. 2: Anordnung der cold-leg Proben im Natrium-Rücklaufsammler von MOL-7B
- Fig. 3: Thermische Leistung, Na-Durchsatz und Temperaturen in Phase 10/72
- Fig. 4: Spaltprodukte auf MOL-7B Coupons (410⁰C Proben)
- Fig. 5: Aktivierungsprodukte auf MOL-7B Coupons (410⁰C Proben)
- Fig. 6: Anordnung der hot-leg Proben in MOL-7D

Für die Hilfe bei den Experimenten gebührt den Herren der KfK-AG Mol, vor allem den Herren K. Müller und A. Rahn, unser besonderer Dank, Herrn G. Kohout für die Konstruktionsarbeiten und den Herren P. De Regge (C.E.N.-S.C.K.) und M. Mostafa für ihre Unterstützung bei den Gammamessungen.