

**EUR 1909.d**

ASSOCIATION EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT — EURATOM  
LABORATORIUM PROF. DR. BERTHOLD, WILDBAD IM SCHWARZWALD,  
DEUTSCHLAND

**DIE ANWENDUNG GESCHLOSSENER RADIOISOTOPE  
IN DER INDUSTRIE**

(FALLSTUDIEN 1 bis 4)

von

**H. WIECZOREK und H. ERHARDT**

**1964**



Assoziation Nr. 018-62-12 IRAD

## HINWEIS

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen des Forschungsprogramms der Kommission der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) ausgearbeitet worden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Euratomkommission, ihre Vertragspartner und alle in deren Namen handelnden Personen :

- 1° — Keine Gewähr dafür übernehmen, dass die in diesem Dokument enthaltenen Informationen richtig und vollständig sind oder dass die Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden und Verfahren nicht gegen gewerbliche Schutzrechte verstößt ;
- 2° — Keine Haftung für die Schäden übernehmen, die infolge der Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden oder Verfahren entstehen könnten.

Dieser Bericht wird zum Preise von 60 bfrs. verkauft. Bestellungen sind zu richten an : PRESSES ACADEMIQUES EUROPEENNES — 98, chaussée de Charleroi, Brüssel 6.

Die Zahlung ist zu leisten durch Überweisung an :

— die BANQUE DE LA SOCIETE GENERALE (Agence Ma Campagne) — Brüssel — Konto N° 964.558.

— die BELGIAN AMERICAN BANK AND TRUST COMPANY — New York — Konto N° 22.186,

— die LLOYDS BANK (Europe) Ltd. — 10, Moorgate, London E.C.2,

als Bezug ist anzugeben : « EUR 1909.d — DIE ANWENDUNG GESCHLOSSENER RADIOISOTOPE IN DER INDUSTRIE (FALLSTUDIEN 1 BIS 4) ».

Gedruckt von VAILLANT-CARMANNE, Lüttich.  
Brüssel,

**EUR 1909.d**

ASSOCIATION EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT — EURATOM  
LABORATORIUM PROF. DR. BERTHOLD, WILDBAD IM SCHWARZWALD,  
DEUTSCHLAND

**DIE ANWENDUNG GESCHLOSSENER RADIOISOTOPE  
IN DER INDUSTRIE**

(FALLSTUDIEN 1 bis 4)

VON

H. WIECZOREK und H. ERHARDT

1964



Assoziation Nr. 018-62-12 IRAD



## INHALTSVERZEICHNIS

### FALLSTUDIE NR. I

#### FÜLLSTANDREGELUNG DURCH RADIOISOTOPE IM KRAFTWERK

1 — Beschreibung der Gesamtanlage . . . . .	8
2 — Gründe für die Füllstandregelung im Kohlefallschacht . . . . .	8
3 — Füllstandregelung durch Kippwaagen . . . . .	8
4 — Füllstandmessung und Regelung mit radioaktiven Isotopen . . . . .	8
4.1 — Füllstandregelung durch radioaktiv gesteuerte Grenzhöhenschalter, Kraftwerk Heilbronn . . . . .	8
4.2 — Füllstandregelung durch eine radioaktiv gesteuerte Füllstandmesseinrich- tung, Kraftwerk Zolling-Anglberg . . . . .	9
5 — Technischer Verfahrensvergleich . . . . .	11
6 — Wirtschaftlicher Verfahrensvergleich . . . . .	13
6.1 — Energieversorgung Schwaben AG, Dampfkraftwerk Heilbronn . . . . .	13
6.2 — Isar-Amperwerke AG, Kraftwerk Zolling-Anglberg . . . . .	14
7 — Arbeitswissenschaftliche Aspekte der Isotopenanwendung im Kraftwerk . . . . .	14
8 — Motivationen . . . . .	15
9 — Weitere Anwendungsmöglichkeiten im Kraftwerk . . . . .	15

### FALLSTUDIE NR. II

#### FÜLLSTANDREGELUNG DURCH RADIOISOTOPE BEI DER MINERALWOLLE- ERZEUGUNG

1 — Beschreibung der Gesamtanlage . . . . .	18
1.1 — Herstellungsverfahren von Mineralwolle . . . . .	18
1.2 — Aufbau und Wirkungsweise der Schmelzanlage . . . . .	18
2 — Die Bedeutung der Füllstandmessung an Glasschmelzwannen . . . . .	18
3 — Füllstandmessung durch Sonden . . . . .	19
4 — Füllstandmessung durch Radioisotope . . . . .	19
4.1 — Beschreibung der radioaktiv gesteuerten Füllstandmessanlage . . . . .	20
5 — Technischer Verfahrensvergleich . . . . .	22
6 — Wirtschaftlicher Verfahrensvergleich . . . . .	22
7 — Arbeitswissenschaftliche Aspekte der Isotopenanwendung . . . . .	22
8 — Motivationen . . . . .	23
9 — Weitere Anwendungsmöglichkeit von Radioisotopen . . . . .	23

### FALLSTUDIE NR. III

#### FÜLLSTANDMESSUNG DURCH RADIOISOTOPE BEIM THERMISCHEN CRACKEN

1 — Aufbau und Wirkungsweise der Crackanlage . . . . .	26
2 — Die Bedeutung der Niveaumessung in der Koks-kammer . . . . .	26
3 — Füllstandmessung durch Niveauleitungen . . . . .	26
4 — Füllstandmessung durch Radioisotope . . . . .	27
5 — Technischer Verfahrensvergleich . . . . .	29
6 — Wirtschaftlicher Verfahrensvergleich . . . . .	29
7 — Arbeitswissenschaftliche Aspekte der Isotopenanwendung . . . . .	29
8 — Motivationen . . . . .	30
9 — Weitere Anwendungsmöglichkeiten von Radioisotopen . . . . .	30

### FALLSTUDIE NR. IV

#### AUTOMATISCHE DORNBRUCHSICHERUNG DURCH RADIOISOTOPE BEIM KALT- PILGERN NAHTLOSER ROHRE

1 — Beschreibung der Anlage . . . . .	32
2 — Die Bedeutung der Dornbruchsicherung . . . . .	32
3 — Mechanische Dornbruchsicherungen . . . . .	33
4 — Dornbruchsicherung durch Radioisotope . . . . .	33
4.1 — Beschreibung einer radioaktiv gesteuerten Dornbruchsicherung . . . . .	33
5 — Technischer Verfahrensvergleich . . . . .	34
6 — Wirtschaftlicher Verfahrensvergleich . . . . .	34
7 — Arbeitswissenschaftliche Aspekte der Isotopenanwendung . . . . .	35
8 — Motivationen . . . . .	35

## ABBILDUNGEN

### FALLSTUDIE NR. I.

E 583 Prinzip der Füllstandregelung im Dampfkraftwerk Heilbronn.

E 616 Prinzip der Füllstandregelung im Kraftwerk Zolling-Anglberg.

### FALLSTUDIE NR. II.

E 618 Niveaumessung an Schmelzwanne für Mineralwolleherstellung Fa Grünzweig und Hartmann, Ludwigsh.

### FALLSTUDIE NR. III.

E 617 Füllstandmessung an der Kokskammer einer Crackanlage Raffinerie Deurag-Nerag, Hannover.

### FALLSTUDIE NR. IV.

E 626 Dornbruchsicherung.



FALLSTUDIE NR. I

FÜLLSTANDREGELUNG DURCH RADIOISOTOPE IM KRAFTWERK

## 1 — BESCHREIBUNG DER GESAMTANLAGE

Kohlekraftwerke werden in sogenannten Blockeinheiten betrieben, die aus Kessel, Turbine mit Generator und Umspanner bestehen. Zur Dampferzeugung dienen entweder Naturumlaufkessel mit Doppelschmelzfeuerung oder Benson-Zwangsdurchlaufkessel mit einer Schmelzkammer.

Aus den Kohlevorratsbunkern wird die Kohle durch Zuteilerschächte (auch Fallschächte genannt) über Kohlezuteiler zu den Kohlenmühlen befördert. Hier finden entweder Schlagradventilatormühlen oder Walzenringmühlen Verwendung. Die letzteren sind Überdruckmühlen mit einer Leistung von etwa 15 t/h. Bei den untersuchten Kraftwerken sind jeweils 3 Mühlen für die Kesselhöchstleistung ausreichend. Die Mühlen arbeiten mit 300 — 400°C Lufttemperatur. Bei beiden Mühlentypen muss eine bestimmte Füllhöhe mit Kohle im Fallschacht als Abdichtstrecke zur Verfügung stehen.

Nach dem Mahlvorgang wird die Kohle als Kohlestaubluftgemisch seitlich in die Schmelzkammer eingeblasen.

## 2 — Gründe für die Füllstandregelung im Kohlefallschacht

Die Kesselbekohlung erfordert einen ununterbrochenen Kohlenachschub. Ausser der Abdichtung der Kohlenmühlen durch die Einhaltung eines bestimmten Füllniveaus vermindert die Füllstandregelung die Bildung von Kohleblöcken (Zusammenballungen im Zuteilerschacht), die bei Überförderung des Schachtes entstehen können.

## 3 — Füllstandregelung durch Kippwaagen

In traditioneller Weise erfolgt die Füllstandregelung durch Kippwaagen, wobei diese mechanisch oder elektrisch gesteuert werden können. Vom Vorratsbunker wird die Kohle über einen Trogkettenförderer der Kippwaage zugeführt. Die Steuerung des Arbeitsspiels erfolgt durch diese Kippwaage über eine Friktionskupplung, die das Bunkerabzugsband ein- oder ausschaltet. Das Füllen und Entleeren des Wiegebehälters kann nur dann stattfinden, wenn das Niveau der Kohle im Fallschacht so weit abgesunken ist, dass sich der Wiegebehälter frei bewegen kann. Die vorzugsweise verwendete elektrisch gesteuerte Bauerkippwaage arbeitet mit einer Zeitverzögerung. Ihr Fassungsvermögen beträgt ca. 70 kg. Nach Erreichen dieses Gewichtes wird das Trogkettenband abgeschaltet und die Waage kippt nach einer Zeitverzögerung, die erforderlich ist, um das nachfallende Gut noch aufzufangen und wirft die Kohle in den Zuteilerschacht. Zur Überwachung des Füllstandes im Fallschacht dient eine mechanische Signaleinrichtung, und zwar besteht diese aus einer Klappe, die im oberen Teil des Fallschachtes angebracht ist. Diese Klappe wird von dem Kohlestrom an die Schachtwand gedrückt. Setzt der Kohlenachschub aus, dann bewegt ein ausserhalb der Klappe angebrachtes Gewicht über Hebelarm die Klappe nach innen. Ein an dem Drehpunkt des Hebels befindlicher Endschalter betätigt ein optisches Signal, welches im Wärmeleitstand das Fehlen der Kohle anzeigt.

## 4 — FÜLLSTANDMESSUNG UND REGELUNG MIT RADIOAKTIVEN ISOTOPEN

### 4.1 — Füllstandregelung durch radioaktiv gesteuerte Grenzhöhenschalter, Kraftwerk Heilbronn

Bei den Blöcken 2, 3 und 4 dieses Kraftwerkes erfolgt die Füllstandregelung durch insgesamt 36 radioaktiv gesteuerte Grenzhöhenschalter. Die Kohle aus einem Vorratsbunker wird über 2 Abzugsbänder einem mit konstanter Geschwindigkeit laufenden Waagenband aufgegeben, das seinerseits die Kohle in den Fallschacht abwirft. Die über ein Waagenband

laufende Kohle wird kontinuierlich gewogen und registriert. Das Prinzip der Füllstandregelung an den Kohlefallschächten ist aus der beiliegenden Skizze ersichtlich.

Es besteht folgendes Arbeitsspiel :

Liegt das Niveau der Kohle im Fallschacht unterhalb der vom Grenzhöhenschalter 3 und dem 0,5 mC Co<sup>60</sup>-Präparat gebildeten Strahlenschranke, so hat die von dem Präparat ausgehende Gammastrahlung auf ihrem Wege zu den im Kopf des Grenzhöhenschalters eingehauten 3 Halogen-Zählrohren nur die Wände des Fallschachtes zu durchdringen. Die von den Zählrohren kommenden Impulse werden einem im gleichen Gehäuse befindlichen Verstärker zugeführt, an dessen Ausgang eine der Strahlenintensität proportionale Spannung entsteht, die über eine Kippstufe ein Transistorrelais steuert. Erreicht das Kohleniveau die Messebene, so wird die von dem Präparat kommende Strahlung weitgehend durch die Kohle absorbiert, d.h. nur noch ein Bruchteil der Strahlung (ca. 20 %) erreicht die Zählrohre. Als weitere Folge wird das Transistorrelais betätigt, das seinerseits über einen Schütz die Bunkerabzugsbänder an dem betreffenden Fallschacht ausschaltet. Unterschreitet das Kohleniveau den Grenzhöhenschalter 2, so werden durch diesen in entsprechender Weise die Förderbänder wieder eingeschaltet. Man erreicht damit eine Zweipunktregelung der Füllhöhe der Kohle im Fallschacht. Sollte aus irgendwelchen Gründen das Kohleniveau weiter absinken, dann wird der Grenzhöhenschalter 1 in Funktion treten und ein entsprechendes Alarmsignal im Kesselleitstand und auf der Bekohlungsstation auslösen.

Die verwendeten Grenzhöhenschalter sind in einem zylindrischen explosionsgeschützten Gehäuse von 70 mm  $\varnothing$  und 400 mm Länge untergebracht. Das Gerät ist volltransistorisiert und in gedruckter Schaltung ausgeführt. Die Anlagen sind zum Teil seit 1958 in Betrieb und erfüllen die an sie gestellten Anforderungen.

Die Präparatstärken schwanken zwischen 0,3 und 0,5 mC und sind so ausgelegt, dass ein fünfjähriger Betrieb der Grenzhöhenschalter ohne Präparatwechsel möglich ist. Die Präparatkapseln mit dem radioaktiven Material (Co<sup>60</sup>-Draht) sind aus strahlenschutztechnischen Gründen in zylindrischen Bleiabschirmungen von 100 mm  $\varnothing$  und 100 mm Länge eingebaut. Die in der Umgebung der Bleiabschirmungen auftretenden Kontrollbereiche erstrecken sich im Umkreis von 25 bis 35 cm.

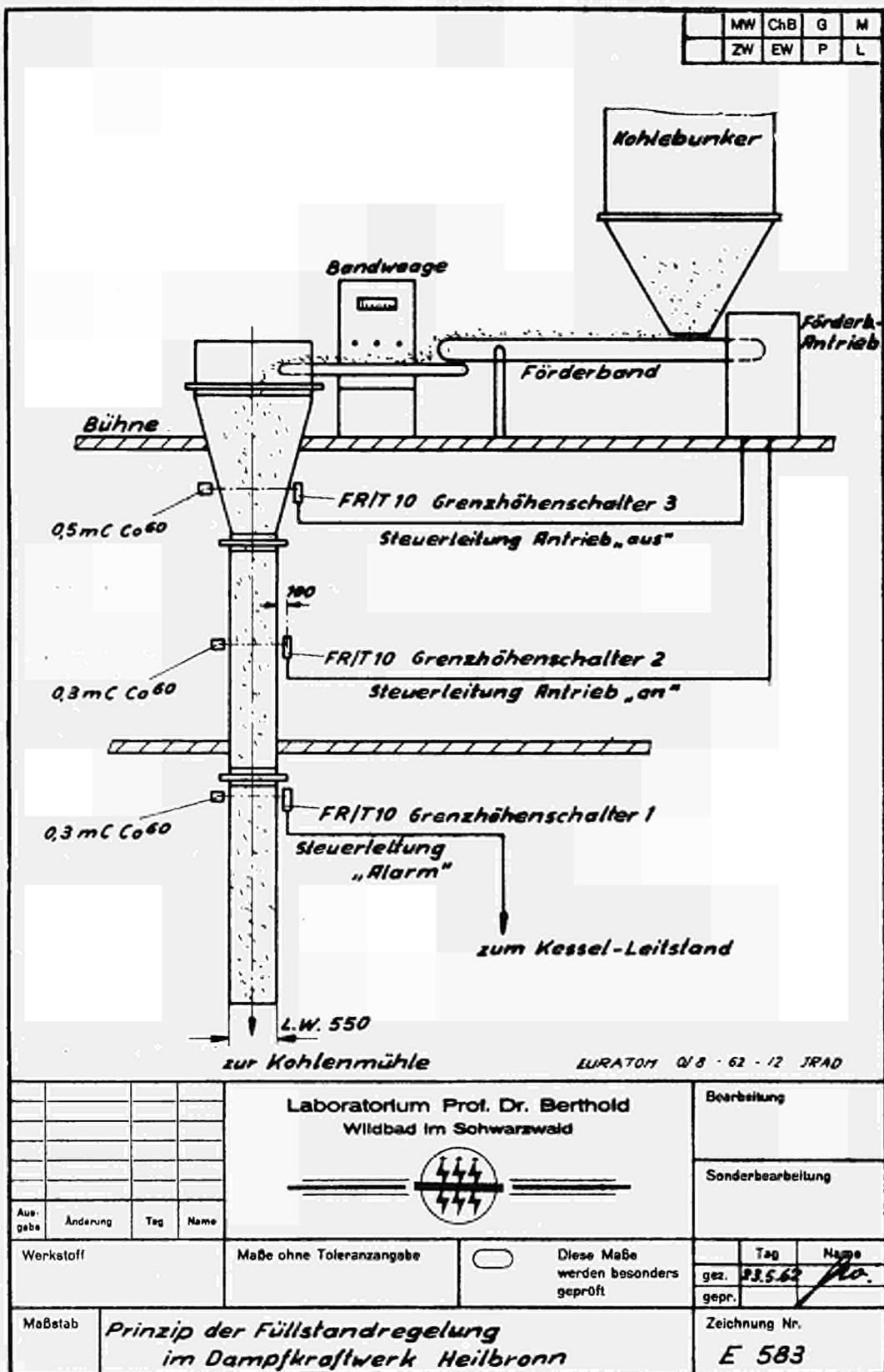
Da die Präparate der Grenzhöhenschalter 1 und 3 schon durch ihre Lage allgemein unzugänglich sind, müsste lediglich beim Grenzhöhenschalter 2 der Kontrollbereich durch eine Absperrung vor unbefugtem Zutritt gesichert werden. Alle Messstellen sind mit Warnschildern versehen. Zwei mit der Wartung der Grenzhöhenschalter beauftragte Elektriker werden durch die Messung der Personendosis und periodische ärztliche Untersuchung strahlenschutzmäßig überwacht.

#### 4.2 — Füllstandregelung durch eine radioaktiv gesteuerte Füllstandmesseinrichtung, Kraftwerk Zolling-Anglberg

Die Kohle gelangt von den Kohlebunkern über Abzugsbänder direkt in die Fallschächte.

Die Geschwindigkeit eines Abzugsbandes und damit seine Förderleistung ist durch ein PIV-Getriebe stufenlos regelbar und dadurch leicht an die jeweilige Fahrweise des Dampfkessels anpassbar. Als Regelgrösse dient das Kohleniveau in dem Fallschacht, das durch eine radioaktiv gesteuerte Füllstandmesseinrichtung über einen Bereich von 1300 mm kontinuierlich erfasst wird. Die Anordnung der Messstelle ist in der nebenstehenden Skizze dargestellt.

Auf der einen Seite des Fallschachtes befindet sich ein stabförmig ausgebildeter Strahler mit einer Aktivität von 2 mC Co<sup>60</sup>, der aus Strahlenschutzgründen fest in einer zylindrischen



Pb-Abschirmung von 60 mm  $\varnothing$  eingebaut ist. Die Pb-Abschirmung besitzt über ihre ganze Länge in Richtung zum Fallschacht einen 10 mm breiten Schlitz, aus dem die Strahlung ungehindert austreten kann. Die Verteilung der Aktivität längs der Strahlerachse wurde so ausgelegt, dass ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen der jeweiligen Füllhöhe im Fallschacht und der Intensität am Ort des dem Präparat gegenüberliegenden Strahlendetektors besteht. Weiter wurde bei der Auslegung des Präparates eine fünfjährige Betriebszeit ohne Präparatwechsel zugrunde gelegt.

Die Forderung nach möglichst geringer Präparatstärke einerseits und einer möglichst hohen Impulsrate aus Gründen der Strahlenstatistik andererseits waren für den Einsatz eines Szintillationszählers anstelle eines Zählrohres massgebend. Der verwendete Szintillationszähler besitzt einen NaJ-Kristall von 25 mm  $\varnothing$  und 25 mm Dicke.

Bei leerem Fallschacht erhält man bei der oben angegebenen Präparatstärke eine Impulsrate von ca. 1000 Imp/s. Die von dem Szintillationszähler kommenden Impulse werden dem eigentlichen Füllstandmessgerät zugeführt, das im Prinzip ein Ratemeter mit stabilisierter Hochspannung darstellt. Dessen Ausgangsstrom, der umgekehrt proportional zum Kohleniveau ist, wird einem Telepermregler zugeführt, der seinerseits auf das PIV-Getriebe einwirkt.

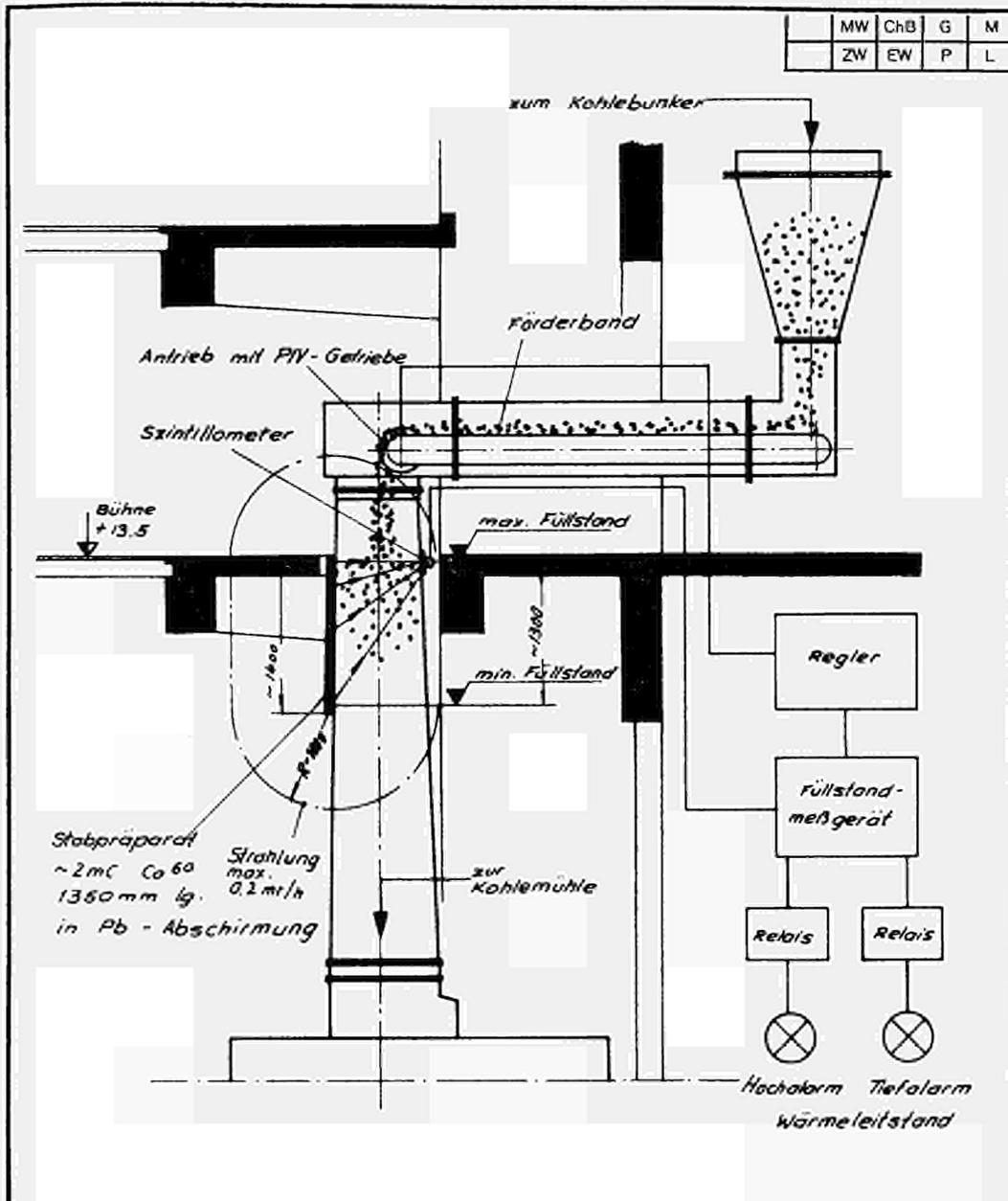
Das Anzeigeinstrument des Füllstandmessgerätes verfügt über 2 beliebig einstellbare Alarmschwellen, die über 2 Transistorrelais entsprechende Leuchttabelleaus in der Wärmewarte des Kraftwerkes betätigen. Der Sollwert des Reglers ist so eingestellt, dass der Schacht mit Kohle fast vollgefahren wird. Fällt aus irgendeinem Grunde die Kohlezufuhr aus und sinkt das Niveau im Fallschacht unter eine durch die Einstellung der Alarmschwelle bestimmte Höhe, so erfolgt eine Alarmgabe in der Wärmewarte. Nach der Alarmgabe hat man noch eine Zeitreserve von ca. 15 Minuten bis zur völligen Entleerung des Fallschachtes.

Das ordnungsgemässe Arbeiten der Mess- und Regeleinrichtung setzt ein Fliesen der Kohle im Fallschacht voraus. Seit Inbetriebnahme der 3 Anlagen (August 1961) traten noch keine Störungen durch Brückenbildung der Kohle auf. Dies wird durch günstige Querschnittsgestaltung und relativ grosse Höhe der Fallschächte erklärt. Der Zustand der Kohle, vor allem deren Feuchtigkeitsgehalt, dürfte nicht ohne Einfluss auf die Rieselfähigkeit sein.

## 5 — TECHNISCHER VERFAHRENSVERGLEICH

Ein Verfahrensvergleich der zwei nebeneinander bestehenden Methoden der Füllstandregelung ist gegeben.

Der wichtigste Vorteil der Isotopensteuerung gegenüber dem Kippwaagenverfahren beruht auf der vollen Betriebssicherheit der Anlage. Für den Betrieb eines Kraftwerkes ist dies von entscheidender Bedeutung. Die Benson-Kessel verlangen ein sehr genaues Kohle-Speisewasser-Verhältnis. Jede Störung im Gleichgewicht dieser beiden Komponenten führt unbedingt zu Temperaturschwankungen im Kessel. Dabei kann es vorkommen, dass die Turbine zu ihrem Schutze vor erhöhten Temperaturänderungsgeschwindigkeiten mittels Schnellschluss vom Kessel getrennt werden muss. Ein Ausfall der Maschinenleistung kann zur Folge haben, dass die fehlende Kapazität von anderen Werken gedeckt werden muss. Von besonderer Bedeutung ist die durch die Betriebssicherheit erreichte Vermeidung von Folgeschäden an Turbine und Generator. Die beim Kippwaagenverfahren zur Signalisierung angebrachte Klappe hat sich nicht bewährt. Die erforderliche Betriebssicherheit musste dadurch hergestellt werden, dass die Anlage dauernd personell überwacht wurde. Die Verengung des Querschnitts des Fallschachtes führte häufig zum Versagen. Zuweilen war die Klappe durch Rost blockiert. Durch Isotopensteuerung des Füllstandes im Kohlefallschacht wurde der Einsatz von Bandwaagen ermöglicht, welche gegenüber den Kippwaagen eine weitaus genauere Messung und Dosierung der Kohlenmenge gestatten. Exakte Wiegung und Registrierung der Kohlenmenge ergibt



EURATOM 018-62-12 JRAD

<b>Laboratorium Prof. Dr. Berthold</b> Wildbad im Schwarzwald				Bearbeitung	
				Sonderbearbeitung	
Ausgabe	Änderung	Tag	Name		
Werkstoff		Maße ohne Toleranzangabe		<input type="checkbox"/> Diese Maße werden besonders geprüft	
				Tag	Name
				gez. 6.5.63	<i>[Signature]</i>
				gepr.	
Maßstab <i>Prinzip der Füllstandregelung im Kraftwerk Isling-Anglberg</i>				Zeichnung Nr. <b>E 616</b>	

eine erhöhte Genauigkeit der Energierechnung des Kraftwerkes. Die Isotopensteuerung ist praktisch wartungsfrei. Dies erlaubt den Übergang zur Mehrstellenarbeit oder zur Mehrstellen-Gruppenarbeit. Beim Kippwaagenverfahren mussten für 3 Bunkerabzüge 1 Mann, bei Isotopensteuerung für 8 Bunkerabzüge 1 Mann eingesetzt werden. Die Bekohlung über Kippwaagen ist in besonderem Masse reparaturanfällig. Besonders häufig musste die Kupplung instandgesetzt werden. Hierdurch entstanden weitaus höhere Instandsetzungskosten als beim Betrieb über Wiegebänder, welche fast gar keinem Verschleiss unterworfen sind.

Auch sind elektrisch gesteuerte Kippwaagen einem erheblichen Verschleiss ausgesetzt. Bei der kontinuierlichen Füllstandregelung läuft der Trogkettenförderer gleichmässig. Beim intermittierenden Kippwaagenbetrieb muss der Motor sofort mit Vollast die Trogkette anziehen. Im Kraftwerk Zolling-Anglberg müssen daher an jedem Wochenende sämtliche Kippwaagen durchgesehen und instandgesetzt werden. Dabei sind jeweils 2 Monteure erforderlich, die diese Arbeiten durchführen. Stellt man demgegenüber die Arbeiten, welche zur Wartung der Isotopenanlage erforderlich sind, so sind diese fast bedeutungslos. Hier müssen lediglich alle 6 Monate die Verstärker der Füllstandmessenrichtung nachgeregelt werden. Dazu ist es erforderlich, dass der Fallschacht leergefahren wird, um auf der Länge der Messstrecke eine Vollanzeige zu erhalten. Die Nachregelung des Verstärkers selbst erfordert maximal einen Zeitaufwand von 10 Minuten je Fallschacht.

Gegenüber der Füllstandregelung der Grenzhöhenschalter zeigt die kontinuierliche Füllstandregelung eine Vereinfachung des Ablaufes dadurch, dass auch die Bandwaagen in Wegfall kommen können. Der Trogkettenförderer versorgt den Fallschacht unmittelbar mit Kohle.

Weniger günstig liegen die Verhältnisse in Kohlekraftwerken, die Braunkohle zur Kesselheizung benutzen.

Durch die Struktur der Braunkohle und ihren hohen Wassergehalt ist die geringe Rieselfähigkeit der Kohle in den Fördermitteln und vor allem in den Kohlestaubbunkern ein noch nicht optimal gelöstes Problem. Im Gegensatz zu den modernen Steinkohlekraftwerken, bei denen ein ununterbrochener Materialfluss besteht, müssen hier Kohlestaubbunker als Zwischenlager zwischen Mühle und Kesselfeuerung vorgesehen werden. Durch die Struktur der Frischkohle und durch das Zuführen von Material aus den Brüdenfiltern kommt es in den Kohlestaubbunkern sehr häufig zu Brücken- oder Trichterbildungen, so dass die Füllstandsanzeige erheblich verfälscht wird.

Bei der Kraftwerk Kassel GmbH wurde aus diesem Grunde eine im Jahre 1960 installierte Füllstandmessanlage 1962 wieder ausgebaut.

## 6 — WIRTSCHAFTLICHER VERFAHRENSVERGLEICH

### 6.1 — Energieversorgung Schwaben AG, Dampfkraftwerk Heilbronn

Vergleicht man die Lohnkosten des mechanischen Kippwaagenverfahrens mit der Füllstandregelung durch Grenzhöhenschalter, dann zeigt sich eine eindrucksvolle Steigung der Arbeitsproduktivität durch die Einführung der Isotopentechnik. Die Personaleinsparung beträgt pro Kessel und dazugehörige Fördereinrichtung 1 Mann pro Schicht. Für die zwei mit Grenzhöhenschaltern ausgerüsteten Blöcke sind dies die Lohnkosten für 8 Mann im Vier-schichtenbetrieb. Die jährliche Lohnersparnis beträgt DM 61.000,-,-- Fertigungslöhne und DM 72.000,-,-- Gesamtpersonalkosten einschliesslich gesetzlicher sozialer Aufwendungen, wie bezahlter Urlaub usw.

Die Kosten für die gesamte Ausrüstung der Fallschächte mit den Grenzhöhenschaltern betrug einschliesslich Montage DM 54.000,-,-- das bedeutet, dass das Investitionskapital für die Isotopensteuerungen in weniger als 1 Jahr amortisiert ist.

## 6.2 — Isar-Amperwerke AG, Kraftwerk Zolling-Anglberg

Eine elektrisch gesteuerte Kippwaagenausrüstung erfordert eine Investition von DM 12.000,— das sind für einen Kessel, dessen Feuerung durch 3 Fallschächte gespeist wird, DM 36.000,—. Eine kontinuierlich arbeitende radioaktiv gesteuerte Füllstand-Regelanlage kostet einschliesslich Montage DM 30.400,—. Die Isotopen-Regelanlage erfordert also weniger Investitionsmittel als eine Anlage mit Bauerkippschalen. Noch eindeutiger zugunsten der Isotopen-Regelanlage fällt der Vergleich aus, wenn man die Instandsetzungskosten untersucht. Die Wartung und die Instandsetzung der Bauerkippschalen erfordert einen jährlichen Aufwand von DM 12.000,—; die Isotopenanlagen sind demgegenüber fast wartungsfrei. Die jährlichen Kosten für die Wartung liegen hier unter DM 200,—. Die zusätzlichen Kosten für den Strahlenschutz fallen kaum ins Gewicht (ca. DM 100,—/Jahr).

## 7 — ARBEITSWISSENSCHAFTLICHE ASPEKTE DER ISOTOPENANWENDUNG IM KRAFTWERK

Im Kohlekraftwerk Heilbronn führte die Anwendung von Füllstandmessanlagen zu einer Veränderung der organisatorischen und sozialen Arbeitsstruktur. Beim Block 1 hat ein Mann zwei Fallschächte und die dazugehörenden Förderanlagen zu bedienen. Seine Arbeit ist vorwiegend Überwachungstätigkeit, wobei seine besondere Aufmerksamkeit der zusätzlichen Überwachung der Signalanlage zu gelten hat. Es handelt sich daher um eine Mehrstellenarbeit und in bezug auf die soziale Arbeitsstruktur um eine teamartige Kooperationsform. Durch die Umstellung auf die Füllstandregelung mit Radio-Isotopen brauchte keinerlei Überwachungszeit mehr aufgewendet zu werden. Dadurch konnte man zu einer anderen Form der Arbeitsorganisation, zur Mehrstellen-Gruppenarbeit übergehen, bei der in planmässigem Turnus eine Vielzahl von Arbeitsverrichtungen an mehreren Stellen durchgeführt wird und bei der das Bedienungspersonal nach Arbeitsfunktionen gegliedert ist. Gewöhnlich besteht bei der Automatisierung von Fertigungsprozessen ein Trend zur gefügteartigen Kooperation. Das war dann auch in den vorliegenden Fällen zu beobachten. Beim Block 1 besteht die Möglichkeit, dass die Arbeiter sich gegenseitig helfen oder gemeinsam Störungen beseitigen können, etwa dadurch, dass sie mit einer Stange die Signalklappe in Ordnung bringen. Obwohl ihre Arbeit von der Kohlezufuhr, den Fördereinrichtungen, also von der Anlage abhängig ist, kann man doch von einer teamartigen Form der Kooperation sprechen. Das ist nicht mehr der Fall bei Isotopensteuerung. Ungeachtet der arbeitsorganisatorischen Gruppierung (Mehrstellen-Gruppenarbeit) besteht jetzt eine gefügteartige Kooperation durch den Automatismus der Anlage, welche unmittelbare Arbeitskontakte nicht mehr gestattet. Das Bedienungspersonal kooperiert über die technische Anlage, deren Zwangslauf die Arbeitsverrichtungen bestimmt.

Beim Kraftwerk Zolling-Anglberg war das noch deutlicher zu beobachten. Die kontinuierliche Regelung des Kohlestromes stellt eine höhere Stufe der Automation dar. Das Bedienungspersonal der Kessel- und Förderanlagen konnte auf ein Minimum reduziert werden. Die Überwachungstätigkeiten sind fast ausschliesslich auf das Personal des Wärmeleitstandes übergegangen.

Die Freisetzung von Arbeitskräften im Kraftwerk Heilbronn durch die automatische Füllstandregelung blieb aus Gründen des Arbeitskräftemangels ohne Auswirkung auf die Belegschaft. Die Fluktuation ist sehr gering, da die Arbeit im Kraftwerk als sicher und krisenfest gilt. Der hohe Rationalisierungsstand und eine vorbildliche Arbeitsorganisation erfordern qualifizierte Arbeitskräfte. Dabei könnte das sogenannte Springerprinzip gute Dienste leisten, eine Form der Ausbildung von Spezialisten, welche verschiedene Arbeitsaufgaben verrichten und jederzeit an Schwerpunkten eingesetzt werden können. Es scheint, dass dieser

Arbeitstypus im automatisierten Betrieb eine besondere Bedeutung gewinnt, vor allem im Hinblick auf die Zentralisierung der Überwachungs-, Regel- und Steuertätigkeiten in Messwarten, welche oft vom eigentlichen Produktionsprozess räumlich weit entfernt sind.

Bei Überwachungstätigkeiten an automatisierten Anlagen ergeben sich Lohnprobleme, welche durch traditionelle Entlohnungsformen nicht optimal gelöst werden können. Versuche mit verschiedenen Prämiensystemen verliefen nicht befriedigend.

## 8 — MOTIVATIONEN

Die Verwendung radioaktiver Stoffe führte zu keiner nachhaltigen Beunruhigung der Belegschaft. Die Präparate sind so angebracht, dass keinerlei Strahlengefährdung besteht. Lediglich die Schichtelektriker, welche mit der Überwachung der Regelanlagen betraut sind, müssen in Störungsfällen innerhalb des Kontrollbereiches arbeiten.

Eine geringe Beunruhigung entstand im Kraftwerk Heilbronn beim erstmaligen Einbau der radioaktiven Präparate. Dabei waren es weniger diese selbst als vielmehr die Warnschilder, welche die Aufmerksamkeit erregten. Im Kraftwerk Zolling-Anglberg verlief der Einbau vollkommen störungsfrei, nachdem die Belegschaft durch eine eingehende Unterweisung über die tatsächliche Strahlenbelastung informiert worden war.

Nach einer Reihe eingehender Befragungen über den Umgang mit radioaktiven Stoffen ergab sich, dass die Stationsarbeiter das Präparat samt der Bleiabschirmung zunächst als ein neuartiges Maschinenteil betrachteten. Zu Reaktionen kommt es erst durch die Anbringung von Warnschildern oder durch die Aufforderung, Plaketten oder Dosimeter zu tragen. Es scheint auch, dass aus dem Schwebezustand des Nichtwissens, der Unanschaulichkeit des Strahlungsphänomens, eine innere Spannung resultiert, welche zur Übernahme vorgefundener Meinungen drängt. Strahlenfurcht kann somit induziert werden. Trotzdem kann sich aber mit zunehmender Information über radioaktive Stoffe ein Verhalten ergeben ähnlich dem gegenüber elektrischem Strom. Jedes Schulkind weiss heute mit elektrischen Geräten im Haushalt umzugehen. Diese Gewöhnung an den Umgang mit gefährlichen Medien kann man auch bei Industriearbeitern beobachten, die mit radioaktiv gesteuerten Messeinrichtungen zu tun haben.

## 9 — WEITERE ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN IM KRAFTWERK

Im Rahmen der Untersuchung ergaben sich folgende weitere Anwendungsmöglichkeiten von Radioisotopen.

1. Füllstandmessung an Kohlevorratsbunkern.
2. Füllstandmessung an Kohlebunkern der Entladeeinrichtungen.
3. Füllstandmessung an Speisewasservorwärmern.
4. Überwachung der Wellenlage bei Turbinen.
5. Dehnungsverlaufmessung und Schaufelspielmessung.
6. Aschegehaltbestimmung von Kohle durch Radioisotope.
7. Feuchtigkeitsmessung an Kohle mit Hilfe von Neutronen.



FALLSTUDIE NR. II  
FÜLLSTANDREGELUNG DURCH RADIOISOTOPE BEI DER  
MINERALWOLLE-ERZEUGUNG

## 1 — BESCHREIBUNG DER GESAMTANLAGE

### 1.1 — Herstellungsverfahren von Mineralwolle

Mineralwolle, auch Steinwolle genannt, (Markenname SILLAN) besteht aus Mergel, einem verwitterten Naturgestein. Entscheidend für die Güte des Rohstoffes ist der Anteil an Kieselsäure, Tonerde, Kalk und Magnesium. Die heimischen Mergeltypen bedürfen eines Zusatzes von Kalk. Entsprechend der Analyse werden Mergel und Kalk gemischt und in einer Brikettierungsanlage zu Steinen geformt. Bei halb- und vollautomatischen Schmelzanlagen wird das Rohmaterial in loser Form in den Ofen eingebracht. Aus der Schmelzwanne läuft die flüssige Schmelze durch Düsen aus und wird durch einen Pressluft-Dampf-Strahl zu Fäden ausgezogen, welche durch einen Schacht auf ein Austrageband gelangen. Die Fördergeschwindigkeit dieses Bandes bestimmt das Raumgewicht des Wollevlieses. Entsprechend dem späteren Verwendungszweck als Isolationsmaterial wird das Wollevlies verschieden weiterverarbeitet :

- a) Als ungebundenes Material.
- b) Die Wollebahnen werden durch Steppmaschinen auf Wellpapier, Maschendraht oder bitumengetränktes Papier aufgesteppt.
- c) Im Schacht wird ein Kunstharzbindemittel aufgesprüht, welches in einem nachfolgenden Trockenkanal aushärtet. In einer Plattenmaschine wird dann das Vlies zu Platten gepresst.
- d) Vor dem Trockenkanal wird eine Kunstharz-Wasser-Emulsion aufgeschwemmt. Das nasse Vlies wird in der nachfolgenden Plattenmaschine gehärtet und getrocknet.

### 1.2 — Aufbau und Wirkungsweise der Schmelzanlage

Die Glasschmelzanlage besteht aus einer Schmelzwanne mit Ölbrenner, Vorherd, Schacht, Wärmeaustauscher und Überhitzer.

In die etwa 20 m<sup>2</sup> grosse Schmelzwanne wird das Rohmaterial in loser Form durch die Einlegemaschine oder in Form von Steinen durch zwei Ofenarbeiter eingelegt und durch einen Ölbrenner, der eine U-förmige Flamme entwickelt, zum Schmelzen gebracht. Der gesamte Schmelzstand ist etwa 50 cm hoch, dabei sind etwa 15 cm dünnflüssig. Die Arbeitstemperatur in der Schmelzwanne beträgt etwa 1400°C. Über einen Überlaufstein gelangt die Schmelze in den Vorherd und wird dort durch einen weiteren Ölbrenner auf eine Temperatur von 1450°C gebracht. An der Unterseite des Vorherds befinden sich die Auslaufsteine und die Düsen mit mehreren kleinen Bohrungen. Durch diese läuft die Schmelze aus und wird dabei von einem Pressluft-Dampf-Strahl erfasst, welcher den primären Schmelzfaden sprengt und in eine Vielzahl von Fäden zerfasert. Durch mehrere Einzelschächte kommt die Wolle in den Sammelschacht. Durch die Raumausdehnung verliert sie Energie und kühlt auf etwa 120°C ab. Um beim Betrieb der Schmelzanlage ein energiewirtschaftliches Optimum zu erreichen, werden die Abgase aus der Schmelzwanne einem Wärmeaustauscher zugeführt. Die Frischluft wird dort auf etwa 800°C erwärmt.

## 2 — DIE BEDEUTUNG DER FÜLLSTANDMESSUNG AN GLASSCHMELZWANNEN

Die Gleichmässigkeit des Niveaus der Schmelze in der Wanne ist von entscheidender Bedeutung für die gesamte Mineralwolle-Produktion. Je regelmässiger bei konstanter Temperatur der Materialnachschub in den Ofen erfolgt, desto gleichmässiger ist der Schmelzstand in der Wanne. Um das Raumgewicht des Wollevlieses durch die Geschwindigkeit der Bandförderanlage regulieren zu können, ist man gezwungen, den Schmelzspiegelstand  $H$  als Konstante anzunehmen. Jede Ungleichung führt mit Sicherheit zu Störungen und Qualitätsverlusten. Bei Ausfall einer Düse oder durch Viskositätsänderung der Schmelze wird die Aufla-

gemenge bei gleichbleibender Fördergeschwindigkeit geringer. Bei gebundenem Material trifft eine genau vorgegebene Bindemittelmenge auf ein geringeres Wollequantum. Dadurch werden Störungen im Trockenkanal hervorgerufen. Das Vlies wird zu dünn und Raumgewicht und Wärmeleitfähigkeit entsprechen nicht mehr den Güteanforderungen. Die Schmelze im Vorherd ist bei den inneren und äusseren Düsen nicht gleichmässig hoch. Dieses Gefälle resultiert aus dem Abfliessen der Schmelze. Wird dem Ofen nicht rechtzeitig Rohmaterial zugeführt, dann sinkt der Schmelzstand unter ein mittleres Niveau  $H_0$  auf ein Niveau  $H_1$ . Die sehr dünnflüssige Schmelze kommt zunächst in die erste (innere) Düse. Der Dampfstrahl ist dann nicht mehr in der Lage, den Faden einwandfrei auszuführen. Durch die zu niedere Viskosität entsteht eine Perlenbildung. Sinkt der Schmelzstand weiter ab, dann hören die Düsen nacheinander zu laufen auf. In gleicher Weise reduziert sich die zulaufende Wollemenge. Ist der Schmelzstand zu hoch ( $H_2$ ), dann wird auch die Viskosität der Schmelze grösser. Die Strahlungswärme des Brenners im Vorherd reicht nicht mehr aus, die gesamte Glasmenge aufzuschmelzen. Das Material wird an den Auslauföffnungen zähflüssig. Zunächst kommen an den Düsen keine Fäden mehr, sondern sogenannte Besenstiele, eine harte, struppige Wolle. Steigt die Viskosität weiter, dann hören auch in diesem Falle die Düsen zu laufen auf.

Im Falle  $H_1$ , bei zu niederem Schmelzstand, können daher folgende Störungen auftreten :

1. zu hohe Temperatur der Schmelze,
2. zu niedere Viskosität,
3. Perlenbildung,
4. Leerlaufen der Düsen,
5. ungleichmässiger Lauf der Anlage.

Im Falle  $H_2$ , bei zu hohem Schmelzstand :

1. Abkühlung der Schmelze,
2. zu hohe Viskosität,
3. Besenstiele,
4. Blockierung der Düsen,
5. ungleichmässiger Lauf der Anlage.

Das Konstanthalten des Schmelzspiegelstandes  $H_0$  in der Wanne ist daher von zentraler Bedeutung für den gesamten Produktionsablauf bei der Mineralwolleherstellung.

### 3 — FÜLLSTANDMESSUNG DURCH SONDEN

Vor Einführung des Isotopen-Verfahrens wurde der Füllstand in den Schmelzwannen in recht grober Weise durch Konstanthalten der Temperatur und durch die Einhaltung des Zeitintervalls zwischen dem Einlegen von Material geregelt. Als zusätzliche Kontrolle diente eine gebogene Stange, mit welcher der Schmelzstand im Vorherd gemessen wurde. Die Zeit zum Beschieken des Ofens lag durch Erfahrung fest. Etwa alle 50 Minuten musste neues Material eingelegt werden.

### 4 — FÜLLSTANDMESSUNG DURCH RADIOISOTOPE

Im Werk Ludwigshafen dient die Füllstand-Messanlage als Kontroll- und Messorgan. Die Schmelzanlage wird von den Ofenleuten nach der Anzeige auf dem Registrierstreifen in der Messwarte gefahren. Zeigt diese eine bestimmte Füllhöhe an, dann wird Material in den Ofen eingelegt. Im neuen Werk Ladenburg werden hydraulisch betriebene Einlegemaschinen verwendet. Durch einen Kolben wird das aus einem Vorratsbunker zufließende Material in intermittierendem Arbeitsspiel in den Ofen gedrückt. Ein Mann ist für 2 Schmelzwannen

verantwortlich. Die Einstellung der Einlegemaschinen erfolgt von Hand in Abhängigkeit von der Anzeige der Füllstandmeseinrichtung. Dieser Mann zwischen Geber und Stellglied der Anlage kann ohne Schwierigkeit durch ein Regelgerät ersetzt werden, so dass ein geschlossener Regelkreis besteht in der Weise, dass die Einlegemaschine ihr Kommando vom Steuergerät der Isotopenanlage bekommt. Entsprechende Versuche sind geplant. Die Verwendung von Einlegemaschinen erlaubt es, den Arbeitszyklus zu verkürzen und führt dadurch zu einer erheblichen Leistungssteigerung gegenüber dem Einlegen von Steinen in manueller Arbeit. Das Werk Ladenburg zeigte daher auch bereits kurze Zeit nach dem Einfahren der Anlage eine höhere Produktionsleistung als das Werk Ludwigshafen.

#### 4.1 — Beschreibung der radioaktiv gesteuerten Füllstandmessanlage

Die prinzipielle Anordnung der Messanlage ist aus der nebenstehenden Skizze ersichtlich.

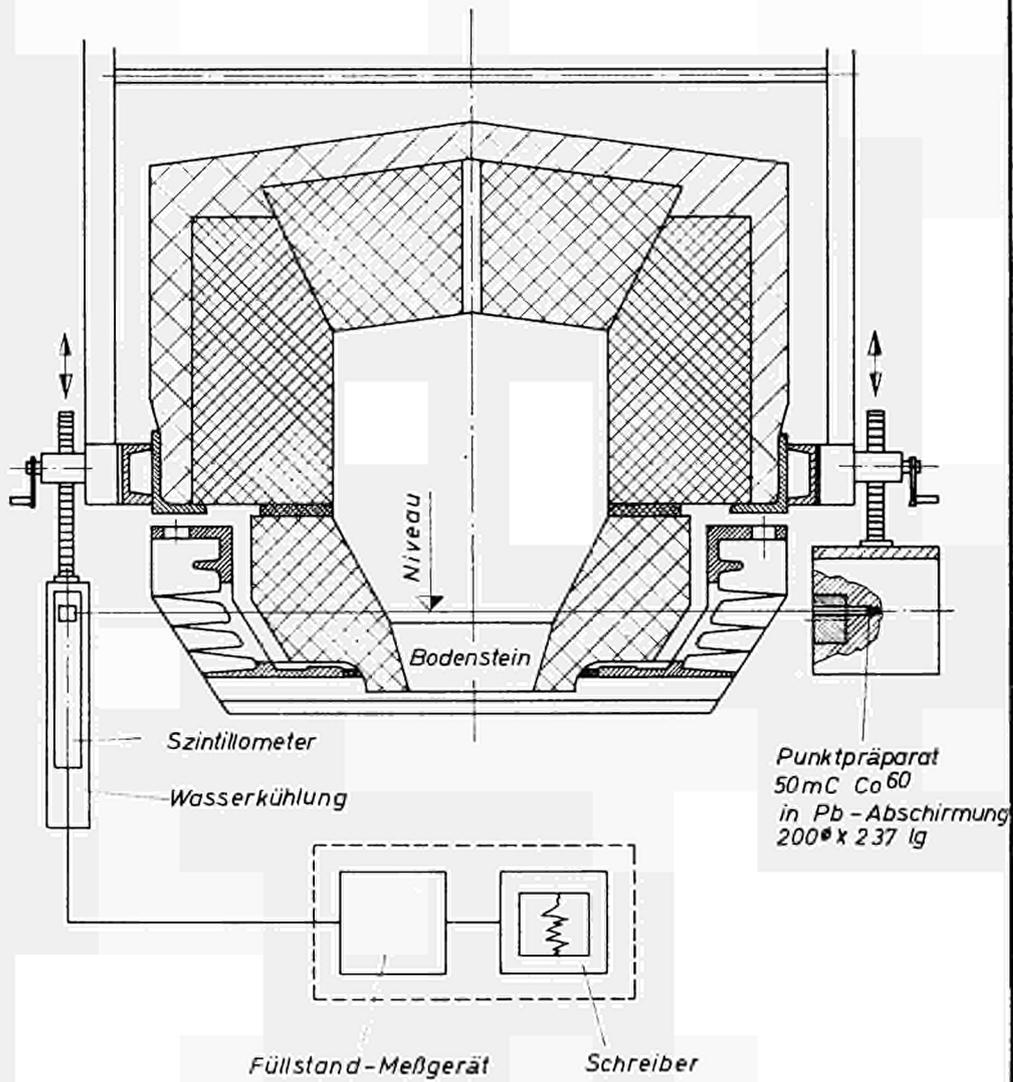
An der Schmelzwanne befindet sich auf der einen Seite ein punktförmig ausgebildeter Strahler, der in einer zylindrischen Pb-Abschirmung von 200 mm  $\varnothing$  und 237 mm Länge eingebaut ist und gegenüberliegend ein wassergekühlter Szintillationszähler. Sowohl der Pb-Behälter mit dem radioaktiven Strahler als auch der Szintillationszähler sind durch eine Winde vertikal verschiebbar. Man hat dadurch die Möglichkeit, den Gesamtmessbereich je nach Stellung zwischen Strahler und Empfänger von einigen Millimetern auf einige Zentimeter zu spreizen. Der Verschleiss des Bodensteines der Schmelzwanne verlangt ausserdem, dass Strahler und Empfänger entsprechend dem Verschleiss nachgefahren werden können. Zur Reproduzierbarkeit der Höheneinstellung befinden sich an den Winden geeichte Skalen.

Die Aktivität der Strahler wurde so bemessen, dass die Sillimanit-Steine der Schmelzwanne durchstrahlt werden können, ohne dass an diesen Wanddickenverminderungen vorgenommen werden müssen. In dem Bestreben, die Standzeit einer Schmelzwanne zu erhöhen, kamen an Stelle der Sillimanit-Steine sogenannte Zac-Steine für die Auskleidung der Schmelzwannen zur Verwendung. Die grössere Dichte der Zac-Steine gegenüber den Sillimanit-Steinen erfordert eine Aktivität von ca. 450 mC  $\text{Co}^{60}$ . Aus Gründen des Strahlenschutzes bestand die Firma Grünzweig & Hartmann darauf, dass auf keinen Fall die ursprüngliche Strahlerstärke von 50 mC  $\text{Co}^{60}$  erhöht werden darf. Diese Forderung wurde dadurch erfüllt, dass nicht durch den Stein hindurchgestrahlt wird, sondern durch eine extra geschaffene Fuge. Die Fuge hat eine Breite von ca. 3 mm und verändert sich durch den Einbau von Distanzstücken bei der Ausdehnung der Steine nicht. Auf diese Art und Weise konnten alle 8 Schmelzwannen im Werk Ludwigshafen für den Einbau der Füllhöhenmessanlagen hergerichtet werden.

Die von dem Szintillationszähler (NaJ-Kristall von 25 mm  $\varnothing$  und 25 mm Dicke) kommenden Impulse werden durch ein Kabel dem in einer Messwarte befindlichen Füllstandsmessgerät zugeleitet. In diesem werden die Impulse verstärkt, normiert und durch ein RC-Glied zeitlich gemittelt. Die am RC-Glied auftretende Spannung wird auf einen Schreiber gegeben. Der Schreiberausschlag ist proportional zur Strahlenintensität und umgekehrt proportional zur Füllhöhe. Der in der Messwarte befindliche Bedienungsmann beobachtet den Schreiberverlauf und beschickt die Schmelzwanne entsprechend.

Anfangs traten eine Reihe von Störungen an den Füllstandmessgeräten auf. Durch die grossen Hitzeeinwirkungen und durch das Auftreten von Wasserdämpfen an den Messstellen erfolgte ein Eindringen von Feuchtigkeit in die Szintillationszähler. Diese fielen dann sofort aus. Durch entsprechende Vergrösserung der Dichtungsstrecken konnten diese Ausfälle beseitigt werden. Es machte sich ausserdem nachträglich eine Asbest-Isolierung der Pb-Abschirmbehälter erforderlich, um deren Temperatur nicht über 150° anwachsen zu lassen.

MW	ChB	e	M
ZW	EV	P	L



EURATOM 018 - 62 - 12 JRAD

				<b>Laboratorium Prof. Dr. Berthold</b> Wildbad im Schwarzwald		Bearbeitung																					
						Sonderbearbeitung																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Ausgabe</th> <th style="width: 10%;">Änderung</th> <th style="width: 10%;">Tag</th> <th style="width: 10%;">Name</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				Ausgabe	Änderung	Tag	Name																	Maße ohne Toleranzangabe		Diese Maße werden besonders geprüft	
Ausgabe	Änderung	Tag	Name																								
Werkstoff				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Tag</th> <th style="width: 10%;">Name</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>gez. 9.5.63</td> <td></td> </tr> <tr> <td>gepr.</td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		Tag	Name	gez. 9.5.63		gepr.		Zeichnung Nr. <b>E 618</b>															
Tag	Name																										
gez. 9.5.63																											
gepr.																											
Maßstab <u>Niveaumessung an Schmelzwanne für Mineralwolleherstellung</u> Fa. Grünzweig & Hartmann, Ludwigsh.																											

## 5 — TECHNISCHER VERFAHRENSVERGLEICH

Gegenüber dem Betrieb der Glasschmelzanlage ohne automatische Füllstandsanzeige bedeutet die Einführung des Isotopenverfahrens eine ungewöhnliche Erhöhung der Betriebssicherheit der Gesamtanlage. Nunmehr erfolgte die Faserproduktion durch Konstanthalten Schmelzstandes in der Wanne praktisch störungsfrei. Die Einführung der Isotopentechnik führte zur optimalen Lösung eines Regelproblems, welches bis dahin nicht bewältigt werden konnte, nämlich das Synchronisieren von Faserproduktion und Bandförderanlage. Vor Einführung der automatischen Füllstandsanzeige war es nicht möglich, auf die Dauer einen störungsfreien Gleichlauf zu erzielen. An Förderband, Trockenkanal und Plattenmaschine muss man sich auf einen gleichmässigen Wollenachschub verlassen können. An der Bandwaage wird das geforderte Metergewicht eingestellt. Bei Schwankungen der Wollezufuhr können diese nur in geringem Masse durch Nachregulieren der Fördergeschwindigkeit ausgesteuert werden, weil Bindemittelzufuhr und Härtezeit im Trockenkanal vom vorgegebenen Metergewicht abhängen. Es zeigte sich, dass zur Erreichung eines gleichmässigen Ablaufes ein Informationssystem notwendig war, um in möglichst kurzer Zeit Änderungen und Störungen des Wollenachschubs regulieren zu können. Zunächst erfolgte die Nachrichtenübertragung mündlich durch die Bandbelegschaft. In der Folge wurden mehrere Versuche gemacht, von einfachen Flüsterröhren über elektrische Impulsgeber, automatische Zwischenbandregelung, Übertragung der Daten an der Bandwaage bis zum Einbau einer Fernsehkamera, bei der die Ofenleute die Produktion am Band sehen konnten. Alle diese Verfahren waren störanfällig und haben sich nicht bewährt. Die richtige Lösung brachte erst die Füllstandregelung durch Radioisotopen und die dadurch ermöglichte Konstanthaltung aller Einflussgrössen auf den Lauf der Anlage.

## 6 — WIRTSCHAFTLICHER VERFAHRENSVERGLEICH

Durch die Füllstandregelung ergab sich eine Erhöhung der Arbeitsproduktivität. Im Werk Ludwigshafen konnten bei 8 Anlagen 4 Leute an den Bandwaagen eingespart werden. Im 4-Schichtenbetrieb bedeutet dies eine Personaleinsparung von 16 Personen oder DM 130.000,-- Personalkosten pro Jahr. Beim Übergang auf vollautomatischen Betrieb würde die potentielle Ersparnis etwa DM 500.000,-- betragen.

Vor Einführung des Isotopenverfahrens betrug die durchschnittliche Ausschussquote bei Anlage 4 31,2 %. Bei dieser Anlage sank der Ausschuss (bezogen auf die Fertigmenge) auf 3 %, bei Anlage 5 von 25 % auf 5 %, bei Anlage 6 von 20 % auf 5,1 %. Im Werk Ludwigshafen konnte der tägliche Ausschuss um 5 t reduziert werden. Das bedeutet eine tägliche Ersparnis von ca. DM 5000,--. In einem Jahr sind das über 1 Million DM. Der Aufwand für die Messeinrichtungen demgegenüber beläuft sich für die 8 Schmelzwannen in Ludwigshafen auf ca. DM 60.000,-- einschliesslich Montagearbeiten. Die Wartungsarbeiten bestehen in einem wöchentlichen Nachjustieren der 8 Messanlagen, das von 2 Personen in etwa 5 Stunden durchgeführt wird. Die dadurch entstehenden Kosten können mit DM 500,--/Monat veranschlagt werden.

## 7 — ARBEITSWISSENSCHAFTLICHE ASPEKTE DER ISOTOPENANWENDUNG

Mit der Einführung der Füllstandmessung änderten sich die Arbeitsbedingungen für die Ofenleute. Etwa alle 50 Minuten muss der Ofen beschickt werden. Das geschieht in Verbundarbeit durch die 2 Ofenleute. Die Steine werden zur Ofenöffnung gefahren und mit einer Einlegeschaufel einzeln in den Ofen geschoben. Diese Arbeit erfordert Tempo und Geschicklichkeit. Die Zeit zwischen den Einlegevorgängen ist Überwachungszeit. Während dieser Zeit

beobachten die Ofenleute von einer schalldichten Kabine aus die Spinddüsen. Früher erforderte dies sehr viel Aufmerksamkeit, denn der Ofenmann musste an der Farbe der Schmelze erkennen, ob die Düsen einwandfrei laufen. Das Einlegen erfolgte nach der Uhrzeit, heute nach der Füllstandanzeige auf dem Registrierstreifen des Messgerätes. Obgleich dieser Registrierstreifen eine ungleich schärfere Kontrolle der Ofenleute ermöglicht, wird von sämtlichen Ofenleuten ausnahmslos dem Isotopenverfahren der Vorzug gegeben, gegenüber dem weniger gebundenen früheren Arbeitsablauf. Der Arbeiter ordnet sich dem Befehl des Registriergerätes williger unter als dem einer Aufsichtsperson. Im Anzeigegerät erblickt er eine neutrale, sachliche Instanz. Zugleich ist die Überwachungstätigkeit von hohen Aufmerksamkeitsanforderungen entlastet.

Die Kooperationsform der Arbeit ist gefügeartig. Ofenleute und Bandbelegschaft kooperieren über den Zwangslauf der Anlage, dessen Gleichmässigkeit durch die Füllstandregelung erst ermöglicht wird, denn sie bedeutet die Stabilisierung des ganzen Systems.

## 8 — MOTIVATIONEN

Bei der Einführung des Isotopenverfahrens entstand eine erhebliche Beunruhigung der Belegschaft durch die Anbringung von Warnschildern für den Strahlenschutz. In einem Falle meldete sich ein sehr ruhiger und zuverlässiger Ofenarbeiter und bat auf Drängen seiner Ehefrau um Versetzung. Dabei ergab sich, dass eine temporäre Impotenz durch die im Betrieb neu eingeführten radioaktiven Präparate motiviert wurde. Es handelt sich hier um eine psychologische Rationalisierung, bei der die öffentliche Meinungsbildung mit populärwissenschaftlichen Informationen über Keimschädigungen eine entscheidende Rolle spielt. Erst durch eingehende Aufklärung über die im Betrieb auftretenden Dosisleistungen konnte der Mann vom Betriebsleiter beruhigt werden. Kurze Zeit später verschwand auch die Impotenz.

## 9 — WEITERE ANWENDUNGSMÖGLICHKEIT VON RADIOISOTOPEN

An verschiedenen Stellen der Herstellung von verschiedenen Isolierstoffen scheint die Messung des Flächengewichtes von Interesse zu sein. Je nach Flächengewicht würde hier eine Durchstrahlungs-Einrichtung mit  $\gamma$ - bzw.  $\beta$ -Strahlung eingesetzt werden können.



FALLSTUDIE NR. III

FÜLLSTANDMESSUNG DURCH RADIOISOTOPE BEIM THERMISCHEN  
CRACKEN

## 1 — AUFBAU UND WIRKUNGSWEISE DER CRACKANLAGE

Die hier verwendete thermische Crackanlage arbeitet nach dem sogenannten Dubbs-Verfahren. Dies ist dadurch gekennzeichnet, dass Leicht- und Schweröle getrennt erhitzt werden. Im Röhrenofen wird das Öl auf die erforderliche Temperatur unter einem Druck von etwa 20 atü gebracht. In der nachfolgenden Reaktionskammer erfolgt eine Entspannung auf etwa 14 atü und das Produkt gelangt dann in eine Verdampfungskammer, in der eine Entspannung auf 5 atü erfolgt. In der Verdampfungskammer kondensieren die schweren Anteile der Crackprodukte und werden in flüssiger Form abgenommen. Die unkondensierten Anteile werden in einen Fraktionierturm in leichtsiedende und schwersiedende Bestandteile getrennt. Da der ganze disponible Wasserstoff so weit als möglich der Benzingerinnung dienen soll, wird nun auf Koks gecrackt. Das Produkt wird im Koksofen erhitzt und der Verkokungskammer zugeführt, wo sich durch einen länger dauernden Prozess bei hoher Temperatur die Spaltung vollzieht.

## 2 — DIE BEDEUTUNG DER NIVEAUMESSUNG IN DER KOKSKAMMER

Das Koksbett in der zylindrischen Kokskammer steigt mit laufender Füllung. Unmittelbar über dem Koksbett befinden sich schwere Dämpfe, die durch mitgerissene Kokspartikel schwarz gefärbt sind. Die aus dem Kopfteil der Kammer entweichenden leichteren Dämpfe sind dagegen hell gefärbt und werden in eine nachfolgende Fraktionierkolonne geleitet. Beim stetigen Anfüllen der Kokskammer steigen mit dem Niveau natürlich auch die schweren Crackdämpfe immer mehr nach oben.

Würden diese Crackdämpfe durch die Abgasleitung der Kammer in die anschliessende Fraktionierkolonne gehen, dann verkocht ein grosser Teil des nachfolgenden Systems und man ist zur Stillsetzung der gesamten Anlage gezwungen. Aus diesem Grunde muss das Niveau der schweren Crackdämpfe im oberen Teil der Kammer gemessen werden können, da unter Umständen diese Dampfschicht durch ein schaumartiges Aufwallen eine Höhe von mehreren Metern erreichen kann. Durch das Einspritzen eines Antischaummittels lässt sich diese Erscheinung beseitigen und die Dampfschicht in ihrer Höhe stark reduzieren, um so ein Mitreissen dieser Dämpfe durch den Abgasstutzen der Kokskammer zu verhindern.

Nach Ablauf von 24 Stunden ist der Prozess in einer Kokskammer beendet. Die Kammer wird auf eine benachbarte umgestellt und der Koks in der Kammer durch einen rotierenden Hochdruck-Wasserstrahl entfernt.

## 3 — FÜLLSTANDMESSUNG DURCH NIVEAULEITUNGEN

Vor der Einführung des Isotopen-Messverfahrens konnte die Füllhöhe des Koksbettes und der darüberliegende Crackdampf nur sehr umständlich gemessen werden. In verschiedener Höhe waren an der Kokskammer Niveauleitungen angebracht, die von einem Mann in regelmässigen Abständen kontrolliert werden mussten. War das Koksbett noch unterhalb der Niveauleitung, so war das aus der Niveauleitung entweichende Gas hell. Kam das Niveau in den Bereich der betreffenden Niveauleitung, so wurden die Dämpfe dunkel oder schwarz. Nach jeder Kontrolle mussten die Gasleitungen durchgepumpt und abgesperrt werden, um ein Zusetzen zu verhindern. Aufgrund von Erfahrungswerten wusste man ungefähr die Zeit, in der das Niveau des Bettes von einem Messpunkt zum anderen stieg und konnte daraufhin Antischaummittel in die Kokskammer pumpen. Ein plötzliches Schäumen der Dampfschicht konnte durch diese Art der Füllstandsmessung nicht festgestellt werden.

#### 4 — FÜLLSTANDMESSUNG DURCH RADIOISOTOPE

Die Möglichkeit, mit Hilfe einer Durchstrahlung einer Kokskammer, die schweren Crackdämpfe festzustellen, beruht darauf, dass diese die Gammastrahlung wegen der mitgerissenen Kokspartikel und der daraus resultierenden höheren Dichte stärker schwächen als die leichteren hellen Crackdämpfe.

An jeder der 2 abwechselnd betriebenen Kokskammern befinden sich 2 Messebenen, die jeweils aus einem 25 mC  $\text{Co}^{60}$ -Präparat und einem Szintillationszähler gebildet werden. Präparat und Detektor sind ausserhalb der Kokskammer auf der Glaswolleisolierung angebracht. Die prinzipielle Anordnung der gesamten Messeinrichtung ist in der nebenstehenden Skizze dargestellt.

Die obere Messebene liegt 2,5 m und die untere 7,5 unterhalb des Abgasstutzens. Ihre Festsetzung erfolgte empirisch aufgrund von vorhergegangenen Versuchen.

Die von einem Szintillationszähler kommenden Impulse werden über ein ca. 200 m langes Kabel einem Füllstandsmessgerät zugeführt, das sich in der zentralen Messwarte der Koksanlage befindet. Die Impulse werden verstärkt, normiert und durch ein RC-Glied zeitlich gemittelt. Die an dem RC-Glied auftretende, der Impulsrate proportionale Spannung wird einem Vielfachschreiber zugeführt, an den alle Ausgänge der 4 Füllstandsmessgeräte angeschlossen sind. Jede Messeinrichtung besitzt ausserdem 2 beliebig einstellbare Alarmschwellen, bei deren Über- oder Unterschreitung über ein Transistorrelais ein Leuchttabelleau in der Messwarte betätigt wird.

Für die Wahl des Szintillationszählers als Strahlendetektor war der Wunsch der Raffinerie nach möglichst geringen Aktivitäten der Strahler massgebend. Trotz des relativ grossen Durchmessers der Kokskammer und der erheblichen Wanddicken konnte bei Verwendung eines NaJ-Kristalls von 25 mm  $\varnothing$  und 25 mm Höhe die Strahlerstärke je Messebene auf 25 mC  $\text{Co}^{60}$  begrenzt werden. Bei der Auslegung des Strahlers wurde der Aktivitätsabfall in der Weise berücksichtigt, dass die Aktivität der Strahler doppelt so stark gewählt wurde als notwendig war. Damit wird ein 5-jähriger Betrieb der Messanlage ohne Präparatwechsel gewährleistet.

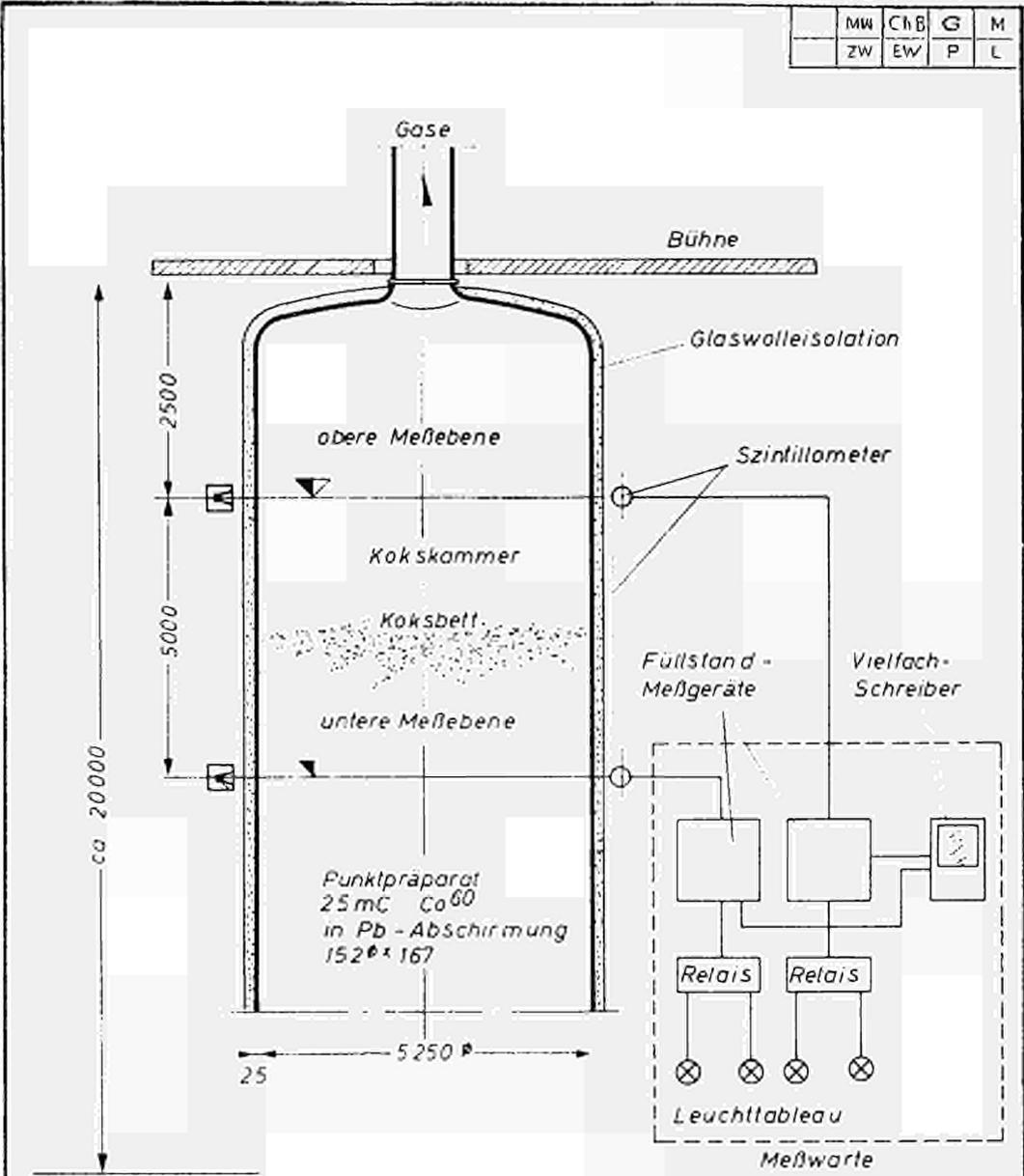
Die Strahlerkapsel mit dem radioaktiven Material ( $\text{Co}^{60}$ -Draht) befindet sich in einer Bleiabschirmung mit ca. 100 mm Wanddicke. Da das Innere der Kokskammer gelegentlich zu Inspektionen von Personen begangen werden muss, wurde zum Schutz dieser Personen eine Blende an der Bleiabschirmung angebracht, mit deren Hilfe der Strahlenaustrittskanal verschlossen werden kann.

Die Arbeit mit der radioaktiv gesteuerten Füllstandmesseinrichtung vollzieht sich folgendermassen :

Wenn die schweren Crackdämpfe die untere Messebene erreichen, geht die Anzeige am Füllstandsmessgerät zurück. Dieser Zeitpunkt wird lediglich notiert, erfordert aber noch keine Reaktionen des Bedienungspersonals.

Geht dagegen die Intensitätsanzeige von der oberen Messebene zurück, so wird von Hand eine Pumpe in Betrieb gesetzt, die Antischaummittel in die Kammer spritzt. An dem Verlauf der Schreiberkurve verfolgt der Bedienungsmann den Rückgang des Niveaus und schaltet nach Erreichen der ursprünglichen Strahlenintensität die Zufuhr des Antischaummittels ab. Dieses Arbeitsspiel wiederholt sich solange, bis die Kokskammer ihre Reaktionszeit von 24 Stunden erreicht hat und dann abgestellt werden kann.

Die 4 Füllstandmessanlagen an den 2 Kokskammern arbeiten seit Mai 1961 ohne jede Störung und erfordern als Wartung lediglich alle 5 — 6 Monate eine Nachstellung der Empfindlichkeit des Füllstandsmessgerätes zur Kompensation des Aktivitätsabfalls des  $\text{Co}^{60}$ -Strahlers. Der dafür erforderliche Zeitaufwand beträgt ca. 10 Minuten pro Messanlage.



	<b>Laboratorium Prof. Dr. Berthold</b> Wildbad im Schwarzwald 	Bearbeitung  Sonderbearbeitung				
	Maße ohne Toleranzangabe	Diese Maße werden besonders geprüft				
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tag</td> <td style="width: 50%;">Name</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">15.63</td> <td style="text-align: center;"><i>[Signature]</i></td> </tr> </table>	Tag	Name	15.63	<i>[Signature]</i>
Tag	Name					
15.63	<i>[Signature]</i>					
Maßstab	<u>Füllstandmessung an der Kokskammer einer Crackanlage Raffinerie Deurg-Nerag, Hannover</u>	Zeichnung Nr. <b>E 617</b>				

## 5 — TECHNISCHER VERFAHRENSVERGLEICH

Während die Füllstandskontrolle durch Niveauleitungen von einer mehr oder weniger zuverlässigen, subjektiven Wahrnehmung abhängig war, gelangte man durch die Füllstandanzeige mit Radioisotopen zu einem objektiven Messwert und damit zu einer bedeutenden Erhöhung der Betriebssicherheit der Anlage. Damit erhöhte sich der für den Raffineriebetrieb so wichtige Zeitwirkungsgrad der Anlage, d.h. das Verhältnis von Nutzungszeit und arbeitsablaufbedingter Brachzeit für die Reinigung und Instandhaltung der Aggregate und Rohrleitungen.

In bezug auf die Automatisierung im Raffineriebetrieb bedeutet die Füllstandanzeige durch Radioisotope einen bedeutenden Fortschritt. Gerade beim Steuern des Niveaus der Crackdämpfe über dem Koksbett ist die Zeitdauer zwischen Erkennen und Korrektur des Messwertes von besonderer Bedeutung. Die geringste Unaufmerksamkeit oder körperliches Versagen beim Kontrollieren der früheren Niveauleitungen führten mit Sicherheit zu Folgeschäden und Qualitätsverlusten.

## 6 — WIRTSCHAFTLICHER VERFAHRENSVERGLEICH

Die Verbesserung des Zeitwirkungsgrades der Anlage, die Beschränkung der Brachzeit auf die notwendigsten Stillstände ist von erheblichem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des gesamten Produktionsprozesses. Verkoken beispielsweise die der Kokskammer nachgeordneten Aggregate und Rohrleitungen, so betragen die Kosten für Stillsetzung, Stillstand und Wiederanlauf über DM 100.000,-.

Durch die Übertragung der Messwerte auf kontinuierliche Registriergeräte in der Messwarte wird eine nicht unbedeutende Steigerung der Arbeitsproduktivität erreicht, dadurch, dass der Kontrollmann zur Überwachung der Niveauleitungen nicht mehr benötigt wird. Die jährliche Einsparung beträgt hier unter Zugrundelegung des 4-Schichtenbetriebes etwa DM 36.000,-. Die Gesamtkosten für die Isotopenmessenanlagen an den 2 Kokskammern betragen einschliesslich Montage DM 26.000,-. Die Anlagekosten waren in weniger als einem Jahr amortisiert.

## 7 — ARBEITSWISSENSCHAFTLICHE ASPEKTE DER ISOTOPENANWENDUNG

Bei vorwiegend kontinuierlicher Fertigungsweise im Raffineriebetrieb verläuft der Prozess in der Kokskammer diskontinuierlich. Während in der einen Kammer innerhalb von 24 Stunden die Reaktion erfolgt, wird in der zweiten Kokskammer auf hydraulischem Weg der Koks entfernt. In einem mehrstufigen Crackprozess können also chargenweise und kontinuierliche Fertigungsstufen aufeinander folgen. Die Arbeit in der Raffinerie ist weitgehend mechanisiert und automatisiert. Die einzelnen Rationalisierungsstufen des Produktionsablaufes, welcher als chemisch-technischer Prozess ein automatisches Geschehen darstellt, sind abhängig von einem betriebssicheren Kontroll- und Regelsystem. Die Crackanlage wird vom Kontrollraum (Messwarte) aus gefahren. Das Bedienungspersonal der Crack- und Reformieranlagen besteht nur aus wenigen Leuten : Schichtführer, Kontrolleute, Apparatführer, Maschinisten, Heizer und Hilfsarbeiter. Dazu kommen die Betriebshandwerker (Maschinenschlosser, Elektriker usw.). Man findet den Typus des Spezialisten, welcher sich mit einem abstrakten Produktionsprozess zurechtfindet, dargestellt an einer Vielzahl von Messwerten. Die Einführung der Füllstandmessung mit Hilfe radioaktiver Strahlung an den 2 Kokskammern schloss eine wesentliche Lücke in dem zentralisierten Kontroll- und Steuersystem, in dem eine subjektive Wahrnehmung an der Kokskammer durch einen objektiven Messwert ersetzt wurde. Die dadurch gewonnene Freisetzung von Arbeitskräften blieb aus Gründen des Arbeitskräftemangels ohne Auswirkung auf die Belegschaft.

## 8 — MOTIVATIONEN

Beim Einbau der radioaktiven Präparate an den Kokskammern kam es zu keinerlei Auswirkungen auf die Belegschaft. Das kommt vor allem daher, dass der Umgang mit radioaktiven Stoffen bei der Prüfung von Schweissnähten zur häufig geübten Praxis der Bau- und Instandsetzungskolonnen gehört. Ein Bewusstsein der Gefährlichkeit der Arbeit an den Kokskammern hat nie bestanden. Die Messstellen befinden sich in Höhe von ca. 20 m über dem Boden und sind nur bei Instandsetzungsarbeiten durch Leitern zugänglich. Ein dauernder Aufenthalt innerhalb des Kontrollbereiches (Dosisleistung  $\leq 0,75$  mr/h) ist nicht möglich.

## 9 — WEITERE ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN VON RADIOISOTOPEN

Es bestehen folgende reale Anwendungsmöglichkeiten für geschlossene Radioisotope :

1. Dichtemessung an einer Pipeline zur Unterscheidung verschiedener Ölsorten.
2. Füllstandmessung an Koksbunkern mit Hilfe von Grenzhöhenschaltern.
3. Feuchtemessung an Koks mit Hilfe von Neutronen.
4. Untersuchungen von Leitungen auf Korrosion mit Hilfe der  $\gamma$ -Rückstreuung.

FALLSTUDIE NR. IV  
AUTOMATISCHE DORNBRUCHSICHERUNG DURCH RADIOISOTOPE  
BEIM KALTPILGERN NAHTLOSER ROHRE

## 1 — BESCHREIBUNG DER ANLAGE

Das Kaltpilgerverfahren ist ein modernes Walzverfahren, bei dem das Eingangsrohr, die sogenannte Luppe, über einen konischen Dorn schrittweise durch eine Hin- und Herbewegung des Walzgerüsts ausgewalzt wird. Gegenüber dem Warmpilgern und Kaltziehen weist das Kaltpilgerverfahren erhebliche Vorteile auf. Es gestattet eine grosse Reduktion der Wandstärke in einem Durchgang, verbessert das Materialgefüge und ergibt glatte Innen- und Aussenoberflächen. Exzentrizitäten der Luppen werden ausgeglichen und eine hohe Masshaltigkeit des Fertighohres erzielt. Schliesslich treten keine Endenabfälle der Rohre auf. Die Erzeugung von Rohren, vor allem von Qualitätsrohren aus rostfreien und hochlegierten Stählen, konnte dadurch wesentlich verbilligt werden.

Als Antriebssystem der Kaltpilgermaschine dient eine Kurbelwelle mit Massenausgleich. Sie erzeugt eine hin- und hergehende Bewegung des Walzengerüsts, in welchem sich die Walzenachse mit den Walzbacken befinden. Diese rollen mit Hilfe von Zahnstangen auf dem zu walzenden Material ab und bewirken damit eine Ausstreckung des Materials.

Als Innenwerkzeug dient ein konischer Dorn, der durch eine Dornstange am Dornwiderlager befestigt ist.

Bei jedem Vor- und Rücklauf des Walzgerüsts wird eine bestimmte kontinuierliche Materialmenge verformt. Dies wird durch einen einstellbaren Vorschub erreicht, der die Luppe nach jedem Vor- und Rücklauf des Walzgerüsts um ein Stück weiter vorschiebt. Gleichzeitig mit dem Vorschub wird der Dorn und das Walzgut um einen bestimmten Winkel gedreht, um örtliche Wandverdickungen beim Walzen auszugleichen und um somit ein kreisrundes Fertighrohr mit engen Wandstärkentoleranzen zu erhalten.

Da das Walzgut beim Eingriff der Walzen nicht verschoben und gedreht werden darf, müssen die Vorschub- und Drehbewegungen abgesetzte, diskontinuierliche Bewegungen sein. Die Synchronisation von Vorschub- und Drehbewegung mit dem Vorlauf und Rücklauf des Walzgerüsts erfolgt mechanisch dadurch, dass alle Antriebe vom Hauptantrieb des Walzwerkes abgeleitet werden.

Das Kaltpilgerverfahren wurde in den letzten Jahren durch die Konstruktion von Schnellläufern mit höherer Hubzahl und Mehrfach-Kaltpilgermaschinen wesentlich verbessert.

Die Querschnittsabnahme beträgt bei rostfreiem Stahl bis zu 70 %, bei Messing bis zu 85 % und bei Kupfer bis zu 92 %.

Die Leistung einer Einfach-Kaltpilgermaschine (Schnellläufer) liegt bei 220 m Rohr/h bei rostfreiem Stahl bzw. 880 m Rohr/h bei Kupfer.

## 2 — DIE BEDEUTUNG DER DORNBRUCHSICHERUNG

Beim Kaltpilgern von Rohren besteht die Gefahr, dass ein Dorn bricht. Als Ursache ist weniger der Verschleiss als die Dauerbelastung anzusehen. Besonders häufig erfolgen Dornbrüche bei dünnen Dornstangen; diese werden durch den hohen Dorndruck beim Walzen durchgebogen. Zuweilen brechen Dorne schon nach wenigen Stunden, z.B. infolge von Härtefehlern oder durch eine Schräglage des Dornes. Eine genaue Standzeit von Dornen kann nicht angegeben werden. Man rechnet grob, dass mit einem Dorn 15000 m Fertighrohr hergestellt werden können. In einem Rohrwerk mit 15 Maschinen brechen täglich etwa 2 Dorne. Wenn ein Dorn bricht, besteht die Gefahr, dass der abgerissene Teil mit der Luppe nach vorn in Richtung der Walzen wandert. Die Walzen laufen in einem gewissen Abstand an dem konischen Dorn entlang und können dadurch auseinandergedrückt und zerstört werden. Weitere Folgeschäden treten an den Walzenachsen und den Lagern auf. Um dies zu verhüten, besteht die Notwendigkeit, das Wandern des Dornes in Richtung der Walzen schnell festzustellen und die Kaltpilgermaschine stillzusetzen.

### 3 — MECHANISCHE DORNBRUCHSICHERUNGEN

Bei älteren Kaltpilgermaschinen ist eine Sicherung der Anlage vor abgebrochenen Dornen in sehr einfacher Weise erfolgt. Vorn am Dorn wurde eine Stange befestigt, die über die ganze Länge des Fertigrohres reichte. Wanderte der abgebrochene Dorn, so betätigte die mit ihm verbundene Stange einen Endschalter, der den Antrieb der Kaltpilgermaschine sofort stillsetzte.

### 4 — DORNBRUCHSICHERUNG DURCH RADIOISOTOPEN

Durch die Entwicklung schnellaufender Pilgermaschinen mit Einstossvorrichtung für die Luppen und die Konstruktion von Mehrfach-Kaltpilgermaschinen konnten die mechanischen Dornbruchsicherungen den gestiegenen Anforderungen in Bezug auf feinfühliges und schnelleres Ansprechen nicht mehr genügen. Ganz besonders aber störte die Zeit für das Befestigen bzw. Lösen dieser Stange nach jedem fertiggepilgerten Rohr.

#### 4.1 — Beschreibung einer radioaktiv gesteuerten Dornbruchsicherung

Zur Dornbruchsicherung wird eine vertikale Strahlenschranke an der Kaltpilgermaschine verwendet. Das Bild auf Seite 37 zeigt die gesamte Messanordnung.

Als Strahler dient ein punktförmig ausgebildetes 6 mC Cs <sup>137</sup>-Präparat, das fest in einer zylindrischen Pb-Abschirmung mit einer wirksamen Wanddicke von 35 mm eingebaut ist. Der Strahlenaustrittskanal des Abschirmbehälters besitzt nur einige Millimeter Durchmesser und lässt so nur einen fein ausgeblendeten Strahl ungehindert austreten.

Auch der als Strahlendetektor dienende Szintillationszähler besitzt vor dem NaJ (Tl)-Kristall eine Blende, die in diesem Falle schlitzförmig ausgebildet wurde. Der durch diese Massnahmen begrenzte Strahlengang ermöglicht die wünschenswerte « Feinfühligkeit » der Messanordnung, so dass schon ein Hineinragen von 0,5 mm des mit dem Dorn verbundenen zylindrischen Abschirmkörpers in dem Strahlengang genügt, um eine grössere Intensitätsänderung am Ort des Szintillationszählers hervorzurufen.

Die von dem Szintillationszähler kommenden Impulse werden einem Ratemeter-Gerät zugeleitet, dort verstärkt, normiert und zu einem der Impulszahl proportionalen Strom summiert. In dem Gerät befindet sich weiterhin die stabilisierte Hochspannungsversorgung für den Multiplier des Szintillationszählers und die Relaiskreise, die auf den Antrieb der Kaltpilgermaschine einwirken können. Da auf einer Kaltpilgermaschine sehr unterschiedliche Programme gewalzt werden können, besitzt das Gerät genügend Einstellmöglichkeiten, um es an die möglichen Luppendurchmesser und -wanddicken anzupassen.

Die Ansprechverzögerung der radioaktiv gesteuerten Dornbruchsicherung beträgt ca<sup>4</sup> 0,25 s. Zur Vermeidung grösserer statistischer Schwankungen, die eine Fehlauflösung der Sicherungsanlage zur Folge hätten, wird deshalb mit einer relativ hohen Impulsrate (ca. 10. Imp/s) gearbeitet.

Seit 1957 ist eine grössere Anzahl der beschriebenen Anlagen im Einsatz, die sich bewährt haben.

Gelegentliche Störungen (Ausfall eines Multipliers) treten durch die starken Erschütterungen, die an einer Kaltpilgermaschine durch das Hin- und Hergehen des Walzgerüsts hervorgerufen werden, auf. Die Entwicklung eines weitgehend stoss- und erschütterungsunempfindlichen Szintillationszählers wird die Betriebssicherheit der Messanlage weiter erhöhen.

## 5 — TECHNISCHER VERFAHRENSVERGLEICH

Bei Kaltpilger-Schnellläufern wurde die Nebenzeit für den Luppenwechsel durch die Verwendung einer Einstossvorrichtung von früher 1 Minute auf 0,25 Minuten verkürzt. Bisher wurden die Luppen von der Seite eingelegt. Dazu musste der Dorn mit der Dornstange 6 — 8 m zurück und nach dem Einlegen der Luppe wieder nach vorne gefahren werden.

Beim Schnellläufer wird nur der Vorschubschlitten zurückgefahren und gleichzeitig die neue Luppe in die Pilgermaschine hineingeschoben. Danach kann sofort weitergewalzt werden. Bei Verwendung der mechanischen Dornbruchsicherung wäre nun die Zeitersparnis von 0,75 Minuten durch die konstruktive Verbesserung unwirksam. Die Verwendung einer Dornbruchsicherung durch Radioisotope führt daher zu einer Erhöhung der Wirksamkeit und Betriebssicherheit der Rohrwalzanlage.

Die Luppe muss in einem bestimmten Winkel gedreht werden, um, wie schon erwähnt, Wandverdickungen zu vermeiden, die sich am Walzspalt seitlich zwischen Ober- und Unterwalze bilden können. Im Einlauftotpunkt der Hin- und Herbewegung, in dem nicht gewalzt wird, muss in einer 1/10 s die Drehbewegung der Dornstange beendet sein. Es entstehen dabei 2 Drehmomente: Ein Beschleunigungs-Drehmoment, bei dem der Dorn in das Linksgewinde der Dornstange hineingedreht wird und ein Verzögerungs-Drehmoment, welches entgegengesetzt wirkt. Ist dieses grösser, dann kann sich der Dorn aus seiner Verschraubung lösen. Die radioaktive Dornbruchsicherung kann so fein einjustiert werden, dass der Strahlengang 1/2 mm vor der Bleiverlängerung des Dornes vorbeigeht. Wenn nur ein Gewindegang des Dornes herausgedreht wird, schaltet die Maschine sofort ab. Bei der mechanischen Dornbruchsicherung dagegen musste der Dorn mehrere Millimeter nach vorne wandern, bevor diese ansprach und den Endschalter betätigte. Bei der Verwendung von Mehrfachmaschinen, vor allem beim Pilgern von Kupfer- und Messingrohren, findet eine Reduktion der Wandstärke von 85 % statt, was bei 11 m Luppenlänge eine 10-fache Streckung ergibt, also ein Fertigerohr von 110 m Länge. Hier ist die Verwendung von Stangen zur Dornbruchsicherung völlig ausgeschlossen. Hinzu kommt noch, dass das Fertigerohr in bestimmten Abmessungen zersägt wird, so dass auch aus diesem Grunde die Verwendung von Stangen nicht möglich ist.

## 6 — WIRTSCHAFTLICHER VERFAHRENSVERGLEICH

Durch die konstruktiven Verbesserungen, wie Einstossvorrichtung und Auswerfervorrichtung konnten die Nebenzeiten erheblich reduziert werden. Ohne die Verwendung mechanischer Dornbruchsicherungen an Kaltpilger-Schnellläufern würde eine Erhöhung des Personalbedarfs an der Maschine die Folge sein, da zusätzlich ein Mann für Überwachungstätigkeit erforderlich sein würde. Bezeichnet man die Hubzahl, also die Anzahl der Vor- und Rückläufe des Walzgestelles in Minuten mit U, den Vorschub der Luppe in Metern mit V, die Aussparung der Luppe zum Fertigerohr mit S, den Wirkungsgrad mit  $\eta$  und die Anzahl der Rohre, welche gleichzeitig gewalzt werden, mit A, dann errechnet sich die Leistung in Meter

$$\text{Fertigerohr/h } L = \frac{V \cdot S \cdot U \cdot \eta \cdot A \cdot 60}{1000}$$

Das Produkt  $V \cdot S$  ist Fertigerohr Länge/Hub. Um die Leistung zu steigern, bleiben also nur die Mittel der Hubzahlerhöhung, der Konstruktion von Mehrfachwalzwerken und der Verbesserung des Wirkungsgrades, was von 0,9 auf 9,5 erhöht werden konnte. Diese Leistungssteigerung ist aber nur wirksam, wenn auf die reine Maschinenleistung, d.h. auf die Maschinenhauptzeit eine erhebliche Reduzierung fällt, was nur mit Hilfe der radioaktiven Dornbruchsicherung geschehen kann.

Die Folgeschäden, die durch einen Dornbruch verursacht werden können, sind abhängig von der Grösse der Pilgermaschine. Bei der 1 1/2"-Maschine kostet das Walzgerüst etwa

DM 40.000,-, bei der 2 1/2''-Maschine etwa DM 60.000,-, bei der 3 1/2''-Maschine DM 90.000, bei der 4 1/2''-Maschine DM 120.000,- und bei der 6 1/2''-Maschine über 200.000,-. Die Kosten der Walzwerkzeuge betragen bei der 2 1/2''-Maschine DM 1000,- und ein Dorn bei der 2 1/2''-Maschine DM 250,-.

## 7 — ARBEITSWISSENSCHAFTLICHE ASPEKTE DER ISOTOPEANWENDUNG

Der Bau von Kaltpilger-Schnellläufern und Mehrfach-Maschinen führte zu einer Änderung des Arbeitsablaufes und der Arbeitsanforderungen. Vor Einführung der Einstoss- und Auswerfvorrichtungen musste der Mann von Hand die neue Luppe einschieben und die mechanische Dornbruchsicherung einschrauben. Dieses geschah zwar unter Verwendung von zwei Stangen, die wechselweise eingesetzt wurden, führte aber zu keiner wesentlichen Verringerung der Nebenzeit beim Luppenwechsel. Eine weitere Automatisierung des Produktionsablaufes setzte daher die Dornbruchsicherung durch Isotopen voraus.

Bei Schnellläufern und Mehrfach-Pilgermaschinen ist die Arbeit des Bedienungsmannes weitgehend Überwachung. Vor Einführung der Isotopentechnik konnte es vorkommen, dass die Bedienungsleute die Stange während des Laufes der Maschine einsetzten. Währenddessen lief die Maschine ohne Sicherung. Wenn der Mann nicht an der Maschine stand, sondern am Auslauf beschäftigt war, konnte er einen Dornbruch, der sich durch ein charakteristisches Geräusch anzeigt, gar nicht wahrnehmen. Durch die Automatisierung der Luppenbeschickung und -abnahme erhöhte sich die Überwachungszeit und in der Folge davon die Sicherheit des Arbeitsablaufes. Bei Mehrfachpilgermaschinen kann daher auch zur Mehrstellenarbeit übergegangen werden.

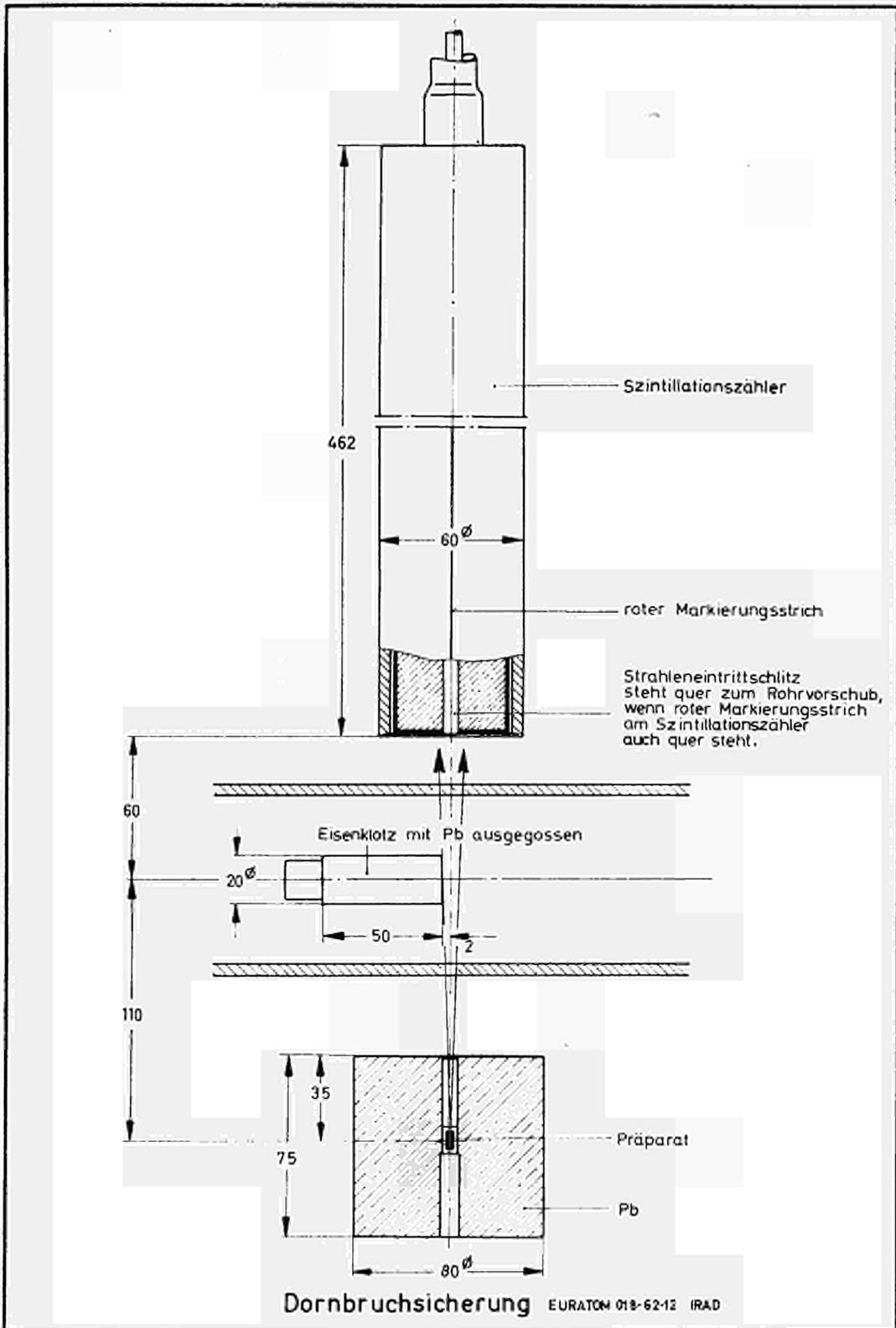
## 8 — MOTIVATIONEN

Beim Einbau der ersten Dornbruchsicherungen durch Radioisotopen traten keinerlei Schwierigkeiten auf. Auf Grund der Strahlenschutzverordnung mussten an jeder Maschine Schilder mit der Aufschrift « Vorsicht radioaktiv » angebracht werden. Ausserdem mussten die Maschinenleute und sämtliche auch kurzzeitig an Pilgermaschinen tätige Werksangehörige bis zum Betriebsleiter Plaketten tragen. Durch eingehende Unterweisungen über Strahlenschutz konnte die Betriebsleitung eine Beunruhigung der Belegschaft vermeiden. Nachhaltige Schwierigkeiten ergaben sich dann anlässlich einer Blutspendenaktion des Deutschen Roten Kreuzes. Mehrere Werksangehörige, die an Pilgermaschinen beschäftigt waren, meldeten sich zur Blutabgabe. Der Arzt sah, dass einige davon Plaketten trugen und erkundigte sich nach dem Zweck dieser Massnahme. Die Maschinenleute erzählten, dass sie an Pilgermaschinen mit radioaktiven Dornbruchsicherungen beschäftigt seien. Der Arzt hat daraufhin diese Leute von der Blutspende zurückgewiesen mit der Bemerkung, er könne deren Blut nicht gebrauchen. Nun zeigten sich bei der Belegschaft sehr ausgeprägte Anzeichen von Strahlenfurcht. Mehrere Werksangehörige wurden bei der Betriebsleitung vorstellig in der Annahme, ihr Blut wäre radioaktiv verseucht. Nur unter grossen Schwierigkeiten gelang es, die Belegschaft zu beruhigen. Viele weigerten sich auch, an Maschinen mit radioaktiven Präparaten zu arbeiten und suchten um Versetzung an andere Arbeitsplätze nach. Weitere Schwierigkeiten entstanden bei der ersten ärztlichen Untersuchung der Maschinenleute, die sich weigerten, zum Arzt zu gehen. Erst nachdem ihnen ausführlich, auf Grund von Beispielen, gesagt worden war, dass dies alles zu ihrer persönlichen Sicherheit dienen würde, konnten sie davon überzeugt werden, dass die Arbeit an Pilgermaschinen mit radioaktiver Dornbruchsicherung ungefährlich sei.

Zur Verbreitung von Strahlenfurcht im Betrieb trug zweifellos der Umstand bei, dass die Überwachungsbeamten der Gewerbeaufsichtsbehörde durch übertrieben häufige, unan-

gemeldete Betriebskontrollen die Strahlengefahr dramatisierten. Dabei kam es vor, dass Beanstandungen, etwa das Fehlen der Plakette bei kurzfristigem Arbeitsplatzwechsel, vor den Maschinenleuten lautstark verhandelt wurden. Auf diese Weise entstand der Eindruck bei der Belegschaft, als ob die Betriebsleitung wenig Wert auf die Sicherheit bei der Arbeit lege.

Die weit übertriebenen Auflagen der Gewerbeaufsichtsbehörde für den Strahlenschutz führten dazu, dass man sich in einem grossen Röhrenwerk entschlossen hatte, ohne radioaktive Dornbruchsicherungen zu produzieren. Seit etwa einem Jahr sind dort die radioaktiven Präparate an den Maschinen ausgebaut.



26.7.63 *Wdh*

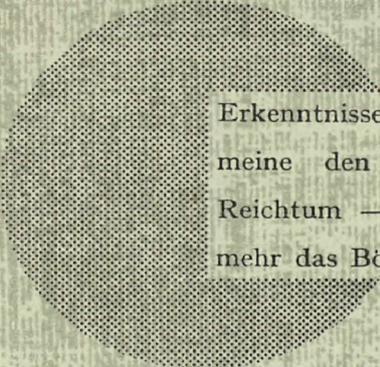
Laboratorium Prof. Dr. Berthold, Wildbad

Z.Nr. E626









Erkenntnisse verbreiten ist soviel wie Wohlstand verbreiten — ich  
meine den allgemeinen Wohlstand, nicht den individuellen  
Reichtum — denn mit dem Wohlstand verschwindet mehr und  
mehr das Böse, das uns aus dunkler Zeit vererbt ist.

Alfred Nobel

**EURATOM — C.I.D.**

**51 - 53, rue Belliard**

**BRUXELLES (Belgique)**

CDNA01909DEC