

EUR 2776.d

**ASSOCIATION EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT – EURATOM
LAB. PROF. DR. BERTHOLD, WILDBAD IM SCHWARZWALD, DEUTSCHLAND**

**DIE ANWENDUNG GESCHLOSSENER RADIOISOTOPE
IN DER INDUSTRIE
(FALLSTUDIEN 5 bis 8)**

von

H. WIECZOREK und H. ERHARDT

1966



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 die in deren Namen handelnden Personen:

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;

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 in den auf der vierten Umschlagseite genannten Vertriebsstellen

zum Preise von DM 3,20	FF 4,—	FB 40	Lit. 500	Fl. 3,—
------------------------	--------	-------	----------	---------

verkauft.

Es wird gebeten, bei Bestellungen die EUR-Nummer und den Titel anzugeben, die auf dem Umschlag jedes Berichts aufgeführt sind.

Gedruckt von Snoeck-Ducaju & Fils
Brüssel, Oktober 1966

EUR 2776.d

THE USE OF SEALED RADIOISOTOPES IN INDUSTRY (KEY STUDIES 5 TO 8) by H. WIECZOREK and H. ERHARDT

Association: European Atomic Energy Community - EURATOM
Lab. Prof. Dr. Berthold, Wildbad im Schwarzwald (Germany)

Association No. 018-62-12 IRAD

Brussels, October 1966 - 30 Pages - 5 Figures - FB 40

Key studies Nos. V to VIII examine typical instances of the use of sealed radioactive isotopes in industrial measuring methods. In preparing these key studies, the authors have endeavoured to cover all technical, economic and labour-research aspects involved in the use of isotopes.

Key study No. V deals with the measurement of the charge height in a cupola furnace and the application of nuclear level gauging devices in automatic charging. The use of the isotope-regulated charging hoist has the effect of increasing a cupola furnace's productivity in terms of man-power and making the smelting operation a smoother process. By saving labour, the costs of the isotope hoist is recovered in about 3 months' time.

EUR 2776.d

THE USE OF SEALED RADIOISOTOPES IN INDUSTRY (KEY STUDIES 5 TO 8) by H. WIECZOREK and H. ERHARDT

Association: European Atomic Energy Community - EURATOM
Lab. Prof. Dr. Berthold, Wildbad im Schwarzwald (Germany)

Association No. 018-62-12 IRAD

Brussels, October 1966 - 30 Pages - 5 Figures - FB 40

Key studies Nos. V to VIII examine typical instances of the use of sealed radioactive isotopes in industrial measuring methods. In preparing these key studies, the authors have endeavoured to cover all technical, economic and labour-research aspects involved in the use of isotopes.

Key study No. V deals with the measurement of the charge height in a cupola furnace and the application of nuclear level gauging devices in automatic charging. The use of the isotope-regulated charging hoist has the effect of increasing a cupola furnace's productivity in terms of man-power and making the smelting operation a smoother process. By saving labour, the costs of the isotope hoist is recovered in about 3 months' time.

EUR 2776.d

THE USE OF SEALED RADIOISOTOPES IN INDUSTRY (KEY STUDIES 5 TO 8) by H. WIECZOREK and H. ERHARDT

Association: European Atomic Energy Community - EURATOM
Lab. Prof. Dr. Berthold, Wildbad im Schwarzwald (Germany)

Association No. 018-62-12 IRAD

Brussels, October 1966 - 30 Pages - 5 Figures - FB 40

Key studies Nos. V to VIII examine typical instances of the use of sealed radioactive isotopes in industrial measuring methods. In preparing these key studies, the authors have endeavoured to cover all technical, economic and labour-research aspects involved in the use of isotopes.

Key study No. V deals with the measurement of the charge height in a cupola furnace and the application of nuclear level gauging devices in automatic charging. The use of the isotope-regulated charging hoist has the effect of increasing a cupola furnace's productivity in terms of man-power and making the smelting operation a smoother process. By saving labour, the costs of the isotope hoist is recovered in about 3 months' time.

Key study No. VI covers the use of isotopes to measure the filling height in pressure tank in which chemical syntheses are carried out. In the case investigated, the nuclear method was the only possible way of measuring the level in the pressure vessel and thus, beside the real level gauging, making it possible to distinguish the various phases of the medium and the occurrence of foam.

Key studies Nos. VII and VIII concern the use of radioactive isotopes in measuring filling level and density in the production of aluminium oxide from bauxite according to the Bayer process. Owing to the heavy incrustations that occur in the tanks, the conventional instruments cannot be employed.

In this process the continuity of the whole system depends essentially on the use of such nuclear equipment. Its introduction offers the best solution of the level gauging, density measurement as well as the control problems present in this process.

Key study No. VI covers the use of isotopes to measure the filling height in pressure tank in which chemical syntheses are carried out. In the case investigated, the nuclear method was the only possible way of measuring the level in the pressure vessel and thus, beside the real level gauging, making it possible to distinguish the various phases of the medium and the occurrence of foam.

Key studies Nos. VII and VIII concern the use of radioactive isotopes in measuring filling level and density in the production of aluminium oxide from bauxite according to the Bayer process. Owing to the heavy incrustations that occur in the tanks, the conventional instruments cannot be employed.

In this process the continuity of the whole system depends essentially on the use of such nuclear equipment. Its introduction offers the best solution of the level gauging, density measurement as well as the control problems present in this process.

Key study No. VI covers the use of isotopes to measure the filling height in pressure tank in which chemical syntheses are carried out. In the case investigated, the nuclear method was the only possible way of measuring the level in the pressure vessel and thus, beside the real level gauging, making it possible to distinguish the various phases of the medium and the occurrence of foam.

Key studies Nos. VII and VIII concern the use of radioactive isotopes in measuring filling level and density in the production of aluminium oxide from bauxite according to the Bayer process. Owing to the heavy incrustations that occur in the tanks, the conventional instruments cannot be employed.

In this process the continuity of the whole system depends essentially on the use of such nuclear equipment. Its introduction offers the best solution of the level gauging, density measurement as well as the control problems present in this process.

EUR 2776.d

ASSOCIATION EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT – EURATOM
LAB. PROF. DR. BERTHOLD, WILDBAD IM SCHWARZWALD, DEUTSCHLAND

**DIE ANWENDUNG GESCHLOSSENER RADIOISOTOPE
IN DER INDUSTRIE
(FALLSTUDIEN 5 bis 8)**

von

H. WIECZOREK und H. ERHARDT

1966



ZUSAMMENFASSUNG

Die Fallstudien Nr. V bis VIII untersuchen typische Anwendungsfälle von geschlossenen radioaktiven Isotopen in der Betriebsmeßtechnik. Bei der Darstellung der Anwendungsfälle wurde versucht, sämtliche im Zusammenhang mit der Anwendung der Isotope auftretenden technischen, wirtschaftlichen und arbeitswissenschaftlichen Aspekte zu berücksichtigen.

Die Fallstudie Nr. V beschäftigt sich mit der Messung der Höhe der Gichtsäule in einem Kupolofen und dem Einsatz der radioaktiven Füllstandmeßeinrichtung zur automatischen Begichtung. Durch die von Isotopen gesteuerte Begichtungsanlage wird die Arbeitsproduktivität eines Kupolofens erhöht und ein besserer Ablauf des Schmelzbetriebes erreicht. Durch Personaleinsparung amortisiert sich die Isotopenanlage in etwa 3 Monaten.

Die Fallstudie Nr. VI stellt den Einsatz von Isotopen zur Füllhöhenmessung in einem Hochdruckbehälter dar, in dem chemische Synthesen durchgeführt werden. Die radioaktive Methode war in dem untersuchten Falle die einzige Möglichkeit, das Niveau in dem Hochdruckbehälter zu messen, wobei neben der eigentlichen Füllstandmessung auch noch die Unterscheidung von verschiedenen Phasen des Mediums und das Auftreten von Schaum möglich ist.

Die Fallstudien Nr. VII und VIII behandeln den Einsatz von radioaktiven Isotopen bei der Füllstand- und Dichtemessung bei der Herstellung von Aluminiumoxyd aus Bauxit nach dem Bayer-Verfahren. Wegen der auftretenden starken Verkrustungen in den Behältern können konventionelle Geräte nicht eingesetzt werden.

Der Einsatz der kerntechnischen Geräte ist bei diesem Verfahrensprozeß eine wesentliche Voraussetzung für die Kontinuierlichkeit des gesamten Prozesses. Ihre Einführung stellte eine optimale Lösung der bei diesem Verfahren vorliegenden Füllstand- und Dichte-Meß- und Regelprobleme dar.

INHALTSVERZEICHNIS

FALLSTUDIE Nr. V

KUPOLOFEN - GICHTHÖHENMESSUNG	5
1. Beschreibung der Anlage	5
2. Die Bedeutung der Messung der Höhe der Gichtsäule in einem Kupolofen	6
3. Gicht Höhenmessung am Kupolofen	6
3.1. Konventionelle Methoden	6
3.2. Radioaktive Messung der Gicht höhe in einem Kaltwind-Kupolofen . .	7
3.3. Radioaktive Messung und Steuerung der Begichtung von zwei abwechselnd betriebenen Kaltwind-Kupolöfen	8
4. Wirtschaftlicher Verfahrensvergleich	9
5. Arbeitswissenschaftliche Aspekte	10
6. Weitere Anwendungsmöglichkeiten von Radioisotopen	11

FALLSTUDIE Nr. VI

FÜLLSTANDMESSUNG DURCH RADIOISOTOPE IN HOCHDRUCKBEHÄLTERN BEI CHEMISCHEN SYNTHESSEN	12
1. Beschreibung der Anlage	12
2. Meßeinrichtung	13
3. Technischer Verfahrensvergleich	15
4. Wirtschaftliche Aspekte	15
5. Motivationen	16

FALLSTUDIE Nr. VII UND VIII

FÜLLSTAND- UND DICHTEMESSUNG BEI DER HERSTELLUNG VON ALUMINIUMOXID	17
1. Die Verarbeitung von Bauxit zu reinem Aluminiumoxyd	17
2. Die Notwendigkeit der Füllstandmessung und -Regelung beim kontinuierlichen Bauxitaufschluß	17
3. Füllstandmessung an Autoklaven mit konventionellen Methoden	18

4. Füllstandmessung und -Regelung auf radioaktiver Basis an Autoklaven	18
5. Technischer Verfahrensvergleich	22
6. Die Notwendigkeit der Dichtemessung beim Bauxitaufschluß	23
7. Dichtemessung mit konventionellen Methoden	23
8. Dichtemessung und -Regelung mit radioaktiven Isotopen	24
9. Technischer Verfahrensvergleich	26
10. Wirtschaftlicher Verfahrensvergleich	27
11. Arbeitswissenschaftliche Aspekte	28
12. Sozialaspekte der Isotopenanwendung	29
13. Weitere Anwendungsmöglichkeiten von Radioisotopen	30

ABBILDUNGEN

FALLSTUDIE Nr. VI

SK 213 Skizze zu Fallstudie Nr. VI	14
------------------------------------	----

FALLSTUDIE Nr. VII und VIII

E 663 Füllstandmessung an Rohr	20
E 690 Füllstandmessung- und Regelung an Autoklav	21
E 689 Dichtemessung an Rohr	25
E 698 Verdünnung von Dicklauge - Dichtemessung an Rohrleitungen	26

Fallstudie Nr. V

Kupolofen - Gicht Höhenmessung

1. BESCHREIBUNG DER ANLAGE

Der gebräuchlichste Schmelzofen in der Eisen- und Tempergießerei ist der Kupolofen. Er hat die Funktion eines reinen Umschmelzaggregates und es werden mit ihm im allgemeinen keine metallurgischen Reaktionen beabsichtigt. Es treten aber trotzdem eine Reihe von solchen Reaktionen auf, z.B. die Oxydation von Eisen, Silizium und Mangan sowie die Aufnahme von Schwefel aus dem Brennstoff (Koks).

Der Kupolofen ist seiner Bauart nach ein Schachtofen, und zwar ist das Schachtprofil in der Regel ein nach unten glatt durchgehender Zylinder aus Stahlblech. Gegen die Einwirkungen der Schmelze wird der Ofenmantel durch eine feuerfeste Auskleidung, das sogenannte Futter, geschützt. Man verwendet in der Praxis zumeist saure Futter (Hauptbestandteil Kieselsäure), gelegentlich aber auch basische Futter (Hauptbestandteil Dolomit oder Magnesit).

Der Ofenschacht wird nach den in den einzelnen Höhen stattfindenden Vorgängen in eine Reihe von Zonen eingeteilt. Man unterscheidet von oben nach unten die Vorwärme-, Schmelz-, Wind- oder Oxydations-, Schlacken- und die Eisenzone.

Der Schachtdurchmesser eines Kupolofens wird in erster Linie durch die verlangte Schmelzleistung (t/h) bestimmt. Die Innendurchmesser der heute verwendeten Kupolöfen liegen zumeist zwischen 600 und 1400 mm (entsprechende Schmelzleistung 2 t/h bzw. 15 t/h). Die Höhe des Ofenschachtes beträgt etwa das 5- bis 6-fache des Ofendurchmessers.

Das Einsatzmaterial des Ofens besteht aus dem eigentlichen Schmelzgut (Gießerei-Roheisen, Gußbruch, Stahlschrott), dem Brennstoff (Koks), der die für den Schmelzprozeß erforderliche Wärmemenge liefert und aus Zuschlagstoffen, wie z.B. Kalk, für die Schlackenbildung. Das Verhältnis zwischen dem in den Ofen einzusetzende Gießerei-Roheisen, Gußbruch und Stahlschrott richtet sich nach den Eigenschaften, die von dem zu schmelzenden Roheisen verlangt werden. Diese Mischung der einzelnen Komponenten des Schmelzgutes, auch Gattierung genannt, erfolgt zumeist auf dem Gießereiflur. Eine bestimmte Menge des Schmelzgutes, des Kokes und der Zuschlagstoffe werden hier zu einem sogenannten Satz zusammengestellt und in einen Kübel gegeben. Dieser Kübel wird durch einen Aufzug oder eine Laufkatze vom Gießereiflur in die Höhe der Gichtbühne gehoben, durch die Gichtöffnung in den Ofen gefahren und dort entleert. Diese Beschickung des Kupolofens erfolgt laufend. Je nach Größe des Gichtkübels wird etwa alle 5 bis 10 Minuten begichtet.

Die zur Verbrennung des Kokes erforderliche Windmenge wird durch 4 oder mehr Düsen in den Kupolofen gepreßt. Die Düsen haben die Aufgabe, den Wind möglichst gleichmäßig über den gesamten Ofenquerschnitt zu verteilen. Je nachdem, ob der Wind

vor dem Einblasen in den Ofen vorgewärmt wird (350 - 500° C) oder nicht, unterscheidet man zwischen Heißwind- oder Kaltwind-Kupolöfen . Bei den Heißwind-Kupolöfen werden die heißen Gichtgase zur Vorwärmung des Windes benutzt. Daraus resultiert die größere Wirtschaftlichkeit und die höhere Leistung dieser Öfen gegenüber Kaltwindöfen gleicher Größe.

Das flüssige Eisen kann dauernd oder intermittierend dem Kupolofen entnommen werden. Entweder kommt es direkt von dem Kupolofen in die Gießpfanne, in dem das flüssige Eisen zu den auszugießenden Formen gebracht wird, oder es fließt zunächst in einen Vorherd. Der Vorherd dient zum Ausgleich der Eisentemperatur und der chemischen Zusammensetzung. Außerdem wird durch ihn eine bessere Trennung von Eisen und Schlacke erreicht.

Normalerweise besteht eine Kupolofenanlage aus 2 Ofeneinheiten, die wechselseitig betrieben werden. Während der eine Ofen in Betrieb ist, wird der andere neu zugestellt.

An einem modernen Kupolofen umfaßt die Betriebsüberwachung die Kontrolle der Höhe der Gichtsäule, die Windmenge, den Winddruck, die Abstichtemperatur, die Satzzusammenstellung und das Satzgewicht.

2. DIE BEDEUTUNG DER MESSUNG DER HÖHE DER GICHTSÄULE IN EINEM KUPOLOFEN

Für den Betrieb und die Arbeitsweise eines Kupolofens ist es wesentlich, daß die Beschickung gut vorgewärmt in die Schmelzzone gelangt, damit das Schmelzen und Überhitzen des Gußeisens möglichst gleichmäßig geschieht.

Die Vorwärmung des Beschickungsgutes geschieht durch die aufsteigenden Gichtgase im Ofenschacht. Beim Betrieb eines Kupolofens wird man aus diesem Grunde bestrebt sein, den Ofenschacht immer möglichst gefüllt zu haben und die Gichtsäule nur so weit absinken zu lassen, wie das zum Einbringen eines neuen Satzes erforderlich ist.

Es ist bekannt, daß stark schwankende Gichthöhen den Schmelzablauf in der Weise stören, daß Veränderungen sowohl in der Temperatur als auch in der Zusammensetzung des erschmolzenen Gußeisens auftreten. Die ständig steigenden Qualitätsanforderungen an das Gußeisen, besonders in Bezug auf die zulässigen Grenzwerte für dessen Zusammensetzung und Festigkeit, bedingen, daß die genannten Schmelzstörungen durch schwankende Gichthöhen vermieden werden müssen. Daraus resultiert die Notwendigkeit und die Bedeutung der Messungen der Höhe der Gichtsäule für den Kupolofenbetrieb.

3. GICHTHÖHENMESSUNG AM KUPOLOFEN

3.1. Konventionelle Methoden

3.1.1. Visuelle Methode

Bei dieser Methode wird die Höhe der Gichtsäule durch ständiges Beobachten durch die Gichtöffnung hindurch festgestellt. Sie erfordert den dauernden Aufenthalt einer Person auf der Gichtbühne. Solange die Handbegichtung üblich war, befanden sich stets Per-

sonen auf der Gichtbühne; sie beschickten den Ofen und beobachteten gleichzeitig den Ofengang. Mit der Mechanisierung der Begichtungsanlagen, bei denen die Einsatzstoffe über Aufzüge vom Gießereiflur in den Ofen gebracht werden, erübrigte sich der Aufenthalt der Bedienungsleute auf der Gichtbühne. Zur Kontrolle der Ofenfüllung und zur Bedienung der Begichtungsvorrichtung muß aber eine Person auf der Gichtbühne verbleiben.

Die Nachteile der visuellen Methode der Messung der Höhe der Gichtsäule sind offensichtlich. Die Methode ist subjektiv und deshalb von der Zuverlässigkeit und Beobachtungsgabe der damit betrauten Person abhängig. Hinzu kommt, daß die Beobachtungsmöglichkeit selbst durch Flammen und Rauch wesentlich beeinträchtigt wird.

3.1.2. *Mechanische Tastsonden*

Diese Methode besteht darin, daß eine mechanisch sehr stabil ausgeführte Sonde in den Ofenschacht bis zur Ofenbeschickung hineinragt. Durch entsprechende mechanische oder gelegentlich auch elektrische Vorrichtungen wird die jeweilige Tiefe der Sonde im Ofenschacht am Bedienungsstand des Ofens sichtbar gemacht. Die Messung erfolgt intermittierend, da vor jedem Beschickungsvorgang die Sonde aus dem Ofenschacht herausgezogen werden muß.

Als bekannt gewordene Nachteile sind zu nennen: Die hohe mechanische Beanspruchung der Sonde und die Möglichkeit des Verklemmens der Sonde, besonders dann, wenn grober Schrott mit eingesetzt wird.

Im Gegensatz zu Hochöfen hat sich die Sondenmethode zur Bestimmung der Gichthöhe bei modernen Kupolöfen nicht in größerem Maße durchgesetzt.

3.2. Radioaktive Messung der Gichthöhe in einem Kaltwind-Kupolofen

Firma Rexroth, Lohrer-Eisenwerk GmbH, Lohr/Main.

Die Schmelzanlage besteht in diesem Falle aus nur einem Kaltwind-Kupolofen mit einem Außendurchmesser von 1350 mm und einem Innendurchmesser von 850 mm.

In der Höhe des Ofenschachtes, die von der Gichtsäule während des Schmelzbetriebes nicht unterschritten werden soll, befindet sich eine aus einem 50 mC Co⁶⁰-Strahler und einem Geiger-Müller-Zählrohr (Siebenfach-Zählrohr mit hoher Gamma-Ansprechempfindlichkeit) gebildete Strahlenschranke. Die Anordnung der Meßstelle ist aus der umseitigen Skizze ersichtlich.

Der radioaktive Strahler wurde in einer 150 mm tiefen Bohrung von 12 mm Durchmesser direkt im Schamottefutter eingelassen. Damit sollte einmal erreicht werden, daß die zu durchstrahlende Wanddicke verringert wird, um aus Strahlenschutzgründen die Aktivität des Strahlers nicht zu groß wählen zu müssen und zum anderen wirkt das Schamottefutter zugleich als Abschirmung. Die Montage des Zählrohres erfolgte in einem Abstand von ca. 500 mm von der Ofenwand, um eine Erwärmung auf über 50° C, die sich auf die Lebensdauer des Zählrohres ungünstig auswirken würde, zu vermeiden.

Das Zählrohr bildet zusammen mit einem Kathodenfolger die Messsonde. Diese ist über ein 40 m langes Kabel mit dem eigentlichen Füllstandmeßgerät verbunden, das sich in der Bedienungswarte des Kupolofens befindet. Der Funktion nach besteht das Füll-

standmeßgerät aus einem Ratemeter, einem Relaiskreis und aus einer stabilisierten Hochspannungsquelle für das Zählrohr.

Es liegt folgendes Arbeitsspiel vor:

Befindet sich das Einsatzmaterial des Ofens im Strahlengang, so wird die Co^{60} -Strahlung weitgehend absorbiert (um ca. 95 %). Sinkt dagegen die Gichtsäule bis unterhalb des Strahlenganges ab, so entfällt die Absorption durch das Einsatzmaterial und die am Ratemeter angezeigte Intensität der Strahlung steigt auf eine Impulsrate von ca. 100 Imp/s. Die Anzeigeänderung erfolgt langsam, da der Instrumentenkreis des Ratemeters eine Zeitkonstante von 25 s besitzt. Beim Erreichen eines bestimmten Wertes spricht das eingebaute Feinrelais an und betätigt ein optisches Signal. Dieses veranlaßt den Bedienungsmann, die Begichtungseinrichtung des Ofens in Betrieb zu setzen. Der Gichtkübel mit dem Einsatzmaterial fährt in den Ofen und entleert sich automatisch. Das Einsatzmaterial gelangt in den Strahlengang, als Folge sinkt die Strahlenintensität, das Relais fällt ab und das optische Signal erlischt. Dem Ratemeter ist noch ein Schreiber nachgeschaltet, von dem die Strahlenintensität als Funktion der Zeit aufgeschrieben wird. Anhand des Schreiberstreifens läßt sich die Begichtungsfolge etwa über eine Schicht leicht verfolgen.

Die Wartung der Füllstandmeßanlage ist minimal. In Abständen von einigen Wochen wird die eingestellte Zählrohrspannung dahingehend überprüft, ob das Zählrohr noch im Plateau arbeitet. Erfahrungsgemäß betrug die Lebensdauer eines Zählrohres ca. 2 Jahre. Nach dieser Zeitspanne mußte das Zählrohr durch eine neue Gasfüllung regeneriert werden.

Den Abfall der Aktivität des Co^{60} -Präparates (1 % pro Monat) kompensiert man durch eine Erhöhung der Verstärkerempfindlichkeit; diese Nachstellung erfolgt etwa alle 6 Monate.

Zur Verbesserung des Strahlenschutzes wurde außen am Ofenmantel noch eine zusätzliche Bleiabschirmung angebracht. In 1 m Entfernung vom Anbringungsort des radioaktiven Strahlers tritt eine Dosisleistung von ca. 1 r/h auf. Bei Arbeiten im Ofeninnern, die in Höhe der Strahlenschranke gelegentlich notwendig werden (z.B. Ausbesserung des Schamottefutters), wird vorher der radioaktive Strahler mit Hilfe einer langstieligen Zange aus der Bohrung entfernt und in einem besonderen Bleibehälter aufbewahrt.

Diese Anlage wurde bereits im Jahre 1955 in Betrieb genommen und arbeitet seit dieser Zeit zufriedenstellend. Es traten bisher lediglich Störungen an den Kontakten des Relais infolge Abnutzung auf. Wahrscheinlich ist diese Anlage die erste dieser Art an einem Kupolofen in Europa gewesen.

3.3. Radioaktive Messung und Steuerung der Begichtung von zwei abwechselnd betriebenen Kaltwind-Kupolöfen

Firma Maschinenfabrik Böhlinger GmbH, Göppingen

Die Schmelzanlage besteht aus zwei abwechselnd betriebenen Kaltwind-Kupolöfen mit 1000 mm Innen- und 1650 mm Außendurchmesser. Bei diesem Ofentyp ist der obere Teil des Ofenschachtes mit gußeisernen Schutzsteinen ausgekleidet, die die Aufgabe haben, das keramische Ofenfutter vor Abrieb zu schützen.

In bekannter Weise sind in der Höhe des Ofenschachtes, die von der Gichtsäule normalerweise nicht unterschritten werden soll, an beiden Öfen Strahlenschranken angebracht. Um die erforderliche Aktivität des Co^{60} -Strahlers möglichst klein zu halten, wur-

den die Ofenfutter präparat- und detektorseitig bis zu den Schutzsteinen aufgebohrt und in die Bohrungen Stahlrohre eingesetzt. Die Rohre sind an beiden Enden hermetisch abgeschlossen, damit kein Staub in das Rohrinne gelangen und dadurch den Strahlendurchgang behindern kann. Durch diese Maßnahmen war es möglich, die Aktivität des Co^{60} -Strahlers, der außerhalb des Ofenmantels in einer zylindrischen Pb-Abschirmung von 200 mm \varnothing (wirksame Abschirmdicke ca. 92 mm Pb) montiert ist, auf 18,5 mC Co^{60} zu beschränken. Bei der Auslegung des Strahlers wurde die Forderung berücksichtigt, daß die Meßanlage 5 Jahre ohne Wechsel des radioaktiven Strahlers arbeiten soll, d.h. bei einer Halbwertszeit von 5,3 Jahren für Co^{60} ist die Anfangsaktivität von 18,5 mC doppelt so groß wie an sich notwendig wäre.

Die Strahlenschutzverhältnisse sind wesentlich günstiger als bei der früheren Anordnung des Strahlers im Ofenfutter. In 1 m Abstand von der Abschirmung tritt eine Dosisleistung von ca. 0,15 mr/h auf. Der Strahlenaustrittskanal der Pb-Abschirmung besitzt eine verschließbare Blende; sie wird dann geschlossen, wenn Personen Arbeiten am Ofenschacht in Höhe der Meßebeine durchführen müssen. Die umseitige Skizze zeigt im Schnitt die gesamte Meßanordnung an einem Ofen.

Die Messonden (7-fach-Zählrohr und Kathodenfolger) beider Öfen sind über einen Umschalter an das Füllstandmeßgerät (Ratemeter mit stabilisierter Hochspannungsversorgung) angeschlossen. Da die Kupolöfen abwechselnd betrieben werden, ist immer nur ein Zählrohr eingeschaltet.

Das Arbeitsspiel ist das gleiche wie schon oben beschrieben, nur dient hier die Meßeinrichtung als Geber für die Steuerung des Gichtkübelaufzugs. Der Kübel wird wie üblich auf dem Gießereiflur mit dem jeweiligen Einsatzmaterial gefüllt und durch den Aufzug bis in Höhe der Gichtöffnung gebracht. Dort bleibt der Gichtkübel stehen, bis von einem Feinrelais, das an das Füllstandmeßgerät angeschlossen ist, eine elektrische Verriegelung aufgehoben wird. Das ist dann der Fall, wenn die Gichtsäule unter den Strahlengang zwischen Strahler und Zählrohr abgesunken ist. Der Kübel fährt dann in den Ofen und entleert sich automatisch.

Die Anlage arbeitet seit 1958 ohne Störungen.

4. WIRTSCHAFTLICHER VERFAHRENSVERGLEICH

Durch die automatische Begichtungsanlage erhöht sich die Arbeitsproduktivität des Kupolofenbetriebes. Gewöhnlich werden ein bis zwei Mann auf der Gichtbühne eingespart, je nach dem Rationalisierungsstand der Anlage vor der Automatisierung. Einschließlich der Zulagen für Hitzearbeit beträgt der Lohn eines Arbeiters auf der Gichtbühne etwa DM 3,50 pro Stunde. Dazu kommen gesetzliche und freiwillige soziale Aufwendungen, bezahlter Urlaub usw. Die jährliche Einsparung beträgt demnach DM 9.500,— bis DM 10.000,—. Bei einem Anschaffungswert von DM 2.500,— für die Isotopenanlage je Kupolofen bedeutet dies, daß diese Anlage in etwa 3 Monaten amortisiert ist. Dieses Verhältnis ändert sich beim Betrieb von mehreren Kupolöfen, also bei Mehrstellenarbeit auf der Gichtbühne. Von erheblichem Einfluß ist hier die Betriebsgröße. In kleinen und mittelgroßen Gießereien ist der Kupolofen keineswegs während der ganzen Schichtzeit in Betrieb. Meist ist nur ein Kupolofen in Betrieb, während am zweiten Ofen Vorbereitungsarbeiten, wie das Instandsetzen der Ausmauerung erfolgen. In vielen kleinen Gießereien wird der Kupolofen nur für wenige Stunden täglich in Betrieb genommen und jedesmal für

einen nur kurzen Schmelzbetrieb angefahren. Der Ofen arbeitet aber um so wirtschaftlicher, je besser das Verhältnis von Rüstzeit und Ausführungszeit ist. In einem solchen Falle würde eine Automatisierung keine Produktivitätssteigerung verursachen. Sie ist nur dort sinnvoll, wo die Brachzeiten des Ofens auf ein Mindestmaß reduziert werden können, was nur in großen Gießereien der Fall ist, bei denen infolge des großen Bedarfs an Schmelzgut ein kontinuierlicher Kupolofenbetrieb gewährleistet ist.

5. ARBEITSWISSENSCHAFTLICHE ASPEKTE

Die Automatisierung des Kupolofenbetriebs führt zu Veränderungen der organisatorischen und sozialen Arbeitsbezüge. Betrachtet man den Arbeitsablauf bei der Begichtung des Kupolofens von Hand, so fällt vor allem die Tatsache auf, daß die zeitliche Folge der Arbeit in gewissen Grenzen beeinflussbar ist. Das Füllen des Gichtkübels, das Wiegen des Satzes, das Fördern des Gichtkübels zur Gichtbühne, das Zustellen zur Gichtöffnung und das Entleeren, alle diese Verrichtungen sind mit Ausnahme der Förderzeit zur Gichtbühne zeitlich beeinflussbar. Der Arbeiter auf der Gichtbühne muß etwa in der gleichen Zeit fertig werden wie die Arbeiter an den Eisen- und Koks bunkern und an der Wiegestation. Das Arbeitsspiel ist in jedem Fall abhängig von der Höhe der Gichtsäule im Ofen, d.h. von der Zeit, in der diese um einen bestimmten Betrag absinkt. Ein störungsfreier Schmelzverlauf ist wesentlich abhängig von einem zeitlich exakten Zyklus der Begichtung. Diese Präzision wird aber erst bei einem gebundenen, dh.. automatisierten Arbeitsspiel erreicht. Durch die weitgehend teamartige Kooperation bei manueller Begichtung kommt es nicht selten zu Schwierigkeiten bei der Kommunikation der Arbeiter an den verschiedenen Begichtungseinrichtungen. Hinzu kommen noch Mängel der Gichthöhenanzeige mit Sonden in objektiver und vor allem in subjektiver Beziehung. Obgleich die Arbeitsverrichtungen in Abhängigkeit vom Schmelzverlauf erfolgen und die Förderzeit des Aufzugs für den Gichtkübel den Arbeitszyklus beeinflusst, die Arbeit also im Ganzen eine gefügeartige Struktur besitzt, sind die Einflüsse auf die nicht gebundenen Verrichtungen doch so groß, daß der Schmelzverlauf dadurch in Mitleidenschaft gezogen werden kann.

Beim automatisierten Kupolofenbetrieb besteht nun ein weitgehend gebundener Arbeitsablauf dergestalt, daß das Fördern, Zustellen und Entleeren des Gichtkübels in mechanisierten Zwangslauf erfolgt. Nur das Füllen erfolgt meist noch manuell. Das Steuerungssignal, welches den Arbeitszyklus « Füllen - Wiegen - Fördern - Zustellen - Entleeren » in Gang setzt, ist die Gichthöhenanzeige des Isotopengerätes. Es besteht also ein strenges Arbeitsgefüge, bei dem nur die Füllzeit einen geringfügigen Spielraum gestattet. Hier kann noch teamartig kooperiert werden. Wir beobachten also auch hier einen Abbau teamartiger Arbeitsstrukturen unter dem Einfluß der Automatisierung oder Teilautomatisierung des Kupolofenbetriebes. Gleichzeitig entfallen Arbeitsgänge mit hoher körperlicher Beanspruchung. Die Arbeit auf der Gichtbühne gehört zu den schwersten Arbeiten in der Gießerei infolge der Hitzebelastung durch die Strahlungswärme.

Dagegen haben sich die Arbeitsanforderungen des Bedienungspersonals in der Meßwarte einer modernen Kupolofenanlage in Bezug auf die Verantwortung und die Nervenbeanspruchung infolge hoher Aufmerksamkeitsleistung wesentlich erhöht. Der Maschinist, der einen Kupolofen fährt, muß eine ganze Reihe von Meß- und Regelinstrumenten überwachen, wie zur Kontrolle der Gichthöhe, Eisen- und Gichtgastemperatur, Windmenge, Motordrehzahl, Windpressung, Kraftverbrauch usw. Dabei wird der Schmelzverlauf nomographisch registriert. Diese Daten sind komplizierter und abstrakter als die traditionellen

Methoden alter Gießereipraktiker, welche zuweilen mit erstaunlicher Genauigkeit aus der Farbe der Schmelze am Abstichloch die Qualität des Gusses beurteilen konnten.

6. WEITERE ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN VON RADIOISOTOPEN

Es bestehen folgende reale Anwendungsmöglichkeiten für geschlossene Radioisotope:

1. Messung des Niveaus des geschmolzenen Eisens im Vorherd.
2. Feuchtemessung mit Hilfe der Neutronenmoderation an Gießereiformsand.

Fallstudie Nr. VI

Füllstandmessung durch Radioisotope in Hochdruckbehältern bei Chemischen Synthesen

1. BESCHREIBUNG DER ANLAGE

Hochdrucksynthesen, beispielsweise die Herstellung von Ammoniak oder Methanol erfolgen in Reaktionsbehältern dadurch, daß das zur chemischen Umsetzung kommende und durch Kompressoren auf den erforderlichen Druck verdichtete Gas unter einer bestimmten Temperatur mit der im Druckgefäß befindlichen Kontaktmasse reagiert. Der Katalysator im Ofen kann dabei verschieden angeordnet sein: In Schichten unterteilt, in Rohren oder den Ofen teilweise oder ganz ausfüllend. Vom Ofen gelangen die heißen Reaktionsgase in einen Wärmeaustauscher und werden anschließend zur Abscheidung flüssiger Produkte in einem Kühlsystem abgekühlt. Das flüssige Produkt wird entspannt, unter niederem Druck destilliert oder nach voller Entgasung in den Lagertank geleitet.

Die Reaktion im Hochdruckbehälter ist von der Wärmezufuhr abhängig. Das Frischgas wird im Wärmeaustauscher vorgewärmt, entweder im Ofen selbst, oder kurz zuvor im Spitzenvorwärmer auf die benötigte Reaktionstemperatur gebracht. Die Heizung erfolgt meist mit Gas oder aber mittels elektrischer Beheizung im Ofen, wobei sich die Heizspiralen in einem besonderen Hochdruck-Hohlkörper befinden, welche zentral oder im Kopf des Behälters angeordnet ist. Vom Wärmeaustauscher führt ein Rohr zum unteren Deckel des Reaktionsgefäßes. In diesem strömt das Gas in einem in der Mitte angebrachten Zentralrohr nach oben und wird dort wieder nach unten umgeleitet. Dabei wird die Kontaktmasse passiert, welche in dem Raum um das Zentralrohr liegt. Das Gas verläßt dann den Ofen durch den unteren Deckel.

Bei Syntheseanlagen werden meßtechnisch vor allem Druck, Temperatur und die Menge der zu- und abfließende Gase und Flüssigkeiten registriert. Die Temperaturmessung erfolgt durch Thermolemente, die in druckfesten Hülsen im Innern des Behälters angebracht sind. Der Füllstand wird vor allem bei den abgeschiedenen Flüssigkeitsmengen in den dem Synthesofen nachfolgenden Behältern gemessen.

Im vorliegenden Falle wurde ein spezieller Syntheseprozess untersucht, bei dem eine Füllstandmessung im Hochdruckbehälter von wesentlicher Bedeutung für den Ablauf der chemischen Reaktion ist.

In einer Versuchsanlage werden flüssige und gasförmige Medien im Reaktionsbehälter bei höheren Temperaturen und bei hohem Druck umgesetzt. Es handelt sich dabei um sehr aggressive und korrosive Substanzen. Das Reaktionsrohr der Versuchsanlage ist etwa 3 m hoch und hat einen Durchmesser von 200 mm. Bei dem im Reaktionsgefäß stattfindenden chemischen Prozeß entsteht nun eine flüssige, eine schaum- und eine gasförmige Schicht, deren Niveauhöhen exakt bestimmt werden müssen, um den Ablauf der Reak-

tion danach steuern zu können. Die traditionellen Methoden der Standmessung sind hier ungeeignet, teils wegen des zu geringen Volumens des Behälters, teils wegen der stark korrosiven Eigenschaften der Füllmedien. Die Sprudelmessung, welche oft zur Bestimmung von Tankinhalten angewendet wird, scheidet ebenfalls aus, weil das Einsprudeln von Fremdgas die gewünschte Reaktion erheblich stören würde. Die einzige praktikable Methode ist daher eine berührungsfreie Niveaumessung durch Isotope. Strahler und Zählrohr sind bei dieser Versuchsanlage so angeordnet, daß durch deren Herauf- oder Herunterbewegen festgestellt werden kann, wo sich im Innern des Behälters die Trennflächen zwischen den verschiedenen Phasen befinden.

2. MESSEINRICHTUNG

Die Füllstandmessung in dem stehenden Hochdruckbehälter mit 200 mm Innendurchmesser erfolgt in bekannter Weise durch eine horizontal angebrachte Strahlenschranke, die aus einem punktförmigen Co^{60} -Strahler und einem Geiger-Müller-Zählrohr gebildet wird.

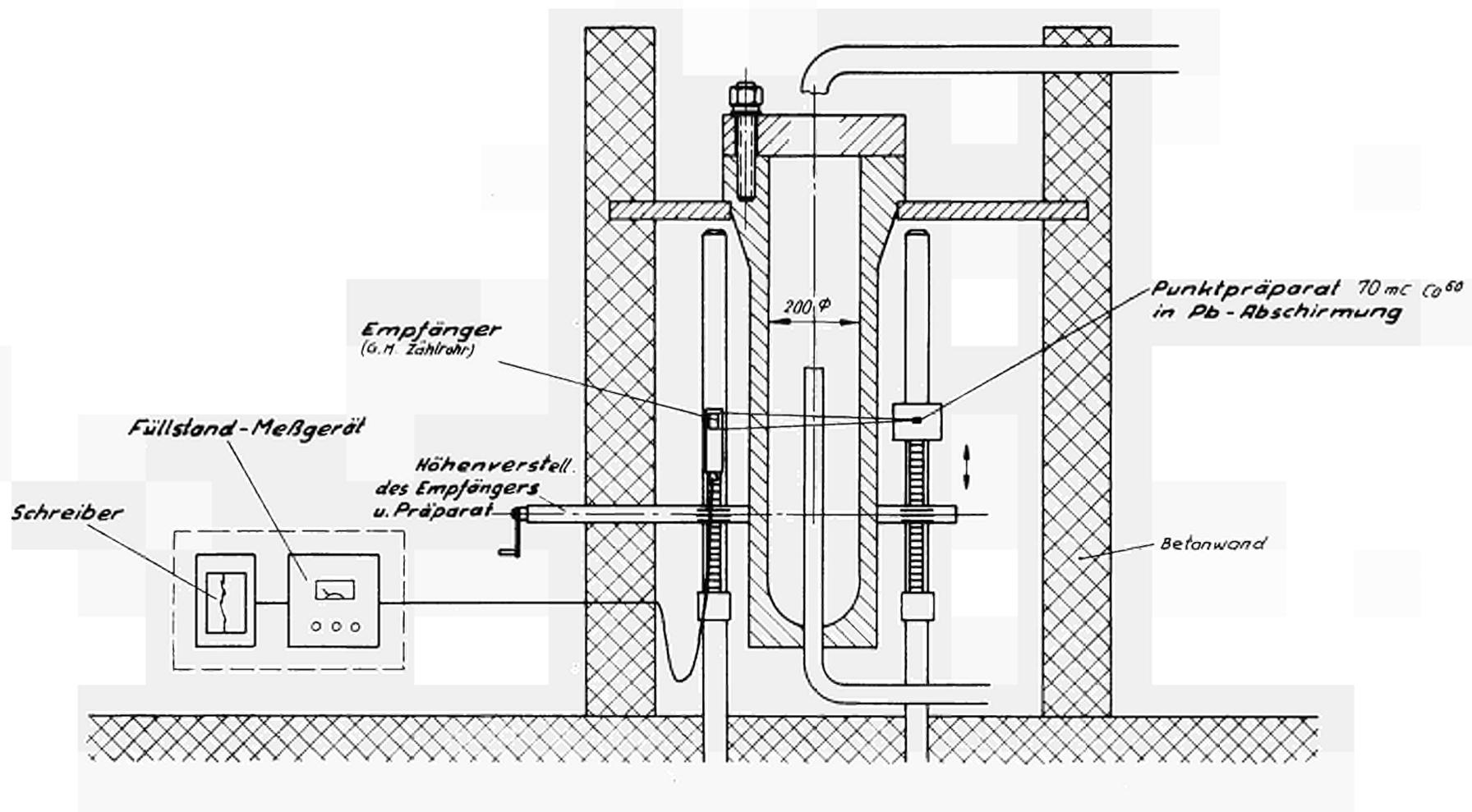
Die relativ große Wanddicke des Hochdruckbehälters (ca. 70 mm Stahl) bedingt eine Aktivität von 70 mCi. Der umschlossene Strahler ist fest in einer Pb-Abschirmung mit einer wirksamen Abschirmdicke von ca. 75 mm eingebaut. In Richtung zum Geiger-Müllerzählrohr besitzt die Abschirmung eine Bohrung von ca. 15 mm \varnothing , aus der die Strahlung ungehindert austreten kann. Durch diese Bohrung wird gleichzeitig der Strahlengang seitlich begrenzt, was für die erreichbare Niveaumeßgenauigkeit, die im vorliegenden Fall etwa ± 5 mm beträgt, von entscheidender Bedeutung ist.

Der radioaktive Strahler mit Abschirmung und das Geiger-Müller-Zählrohr sind auf einem Gestell, das durch 2 Säulen geführt wird, gegenüberliegend montiert. Durch einen Kurbelantrieb, der auf eine Zahnstange wirkt, kann die Strahlenschranke an dem Hochdruckbehälter auf- und abbewegt werden. Die momentane Stellung der Strahlenschranke ist an dem Kurbelantrieb ablesbar. Je nachdem, ob sich im Strahlengang die flüssige, schaum- oder gasförmige Phase befindet, erhält man am Ort des Zählrohres eine Strahlenintensität, die durch das jeweilig vorhandene Flächengewicht bestimmt wird. Da die Weglänge der Strahlung im Behälter durch dessen Innendurchmesser festliegt, ist es nach den Gesetzen der Strahlenabsorption möglich, an Hand der in einer gewissen Höhe an dem Hochdruckbehälter festgestellten Strahlenintensität auf die Dichte und damit auf die momentane Phase des Mediums in dem Hochdruckbehälter in dieser Höhe zu schließen.

Die prinzipielle Anordnung der Meßstelle zeigt die nebenstehende Skizze.

Das Zählrohr ist unter Zwischenschaltung eines Kathodenfolgers an das Füllstandmeßgerät angeschlossen, das funktionsmäßig aus einem Ratemeter und einer stabilisierten Hochspannungsquelle für das Zählrohr besteht.

Am Ratemeter, das eine RC-Zeitkonstante von etwa 20 s hat, wird bei leerem Hochdruckbehälter eine Impulsrate in der Größenordnung von 100 Imp/s angezeigt. Zusätzlich zum eingebauten Anzeigeinstrument ist ein Schreiber an das Ratemeter angeschlossen. Bei entsprechend eingestelltem Vorschub des Schreiberpapiers erhält man beim langsamen Auf- oder Abbewegen der Strahlenschranke mit konstanter Geschwindigkeit einen charakteristischen Kurvenverlauf der Strahlenintensität. Eine solche Kurve wird zunächst bei leerem Behälter aufgenommen, um die Einflüsse verschiedener Einbauten, die sich in dem Hochdruckbehälter befinden und bei der Vertikalbewegung der Strahlenschranke in den Strahlengang gelangen, auf dem Schreiberstreifen festzuhalten. Im praktischen Betrieb



konnte das Bedienungspersonal bereits aus dem Verlauf der Schreiberkurve sofort erkennen, welche Phase momentan gemessen wird.

Die gesamte Meßeinrichtung ist eindeutig auf den Versuchsbetrieb zugeschnitten und aus handelsüblichen Teilen zusammengestellt.

Durch die oben beschriebene Pb-Abschirmung und die Betonwände, die als Explosionsschutz den Hochdruckbehälter umgeben, ist ein hinreichender Strahlenschutz gewährleistet, da die auftretenden Dosisleistungen an den zugänglichen Orten $\leq 0,1$ mr/h sind.

3. TECHNISCHER VERFAHRENSVERGLEICH

Der Vorteil der Füllstandmessung durch Radioisotope ist im vorliegenden Falle evident. Berührungsfrei zu messen ist schon deshalb unumgänglich, weil jede Durchführung aus dem Reaktionsraum für mechanische Schwimmerkonstruktionen vermieden werden muß. Dies gilt auch für magnetische und induktive Verfahren, bei denen das elastische Glied des Systems sich im Reaktionsraum befindet. Vor allem aber ist mit allen herkömmlichen Verfahren der Niveaumessung nicht in Erfahrung zu bringen, wo sich im Behälter die Trennflächen der Flüssigkeits-, Schaum- und Gasschicht befinden. In Hochdruckbehältern können auch keine Schaugläser Verwendung finden, selbst dann nicht, wenn sie sich in einem vom Behälter getrennten, kommunizierenden Rohr befinden.

Gelangt das Verfahren aus dem Versuchsstadium in die Produktion, dann können sich die Probleme der Standmessung wiederum dadurch vereinfachen, daß durch größere Volumina mit Sprudelmessverfahren gearbeitet werden kann. Ist das zur Messung verwendete Gas im Verhältnis zum Durchsatz des Kreislaufgases gering, dann erfolgt keine wesentliche Störung der chemischen Reaktion durch Fremdgas. Trotzdem dürfte vor allem bei der Verwendung hochkorrosiver Medien die Niveaumessung durch Isotope technisch einfacher und wirtschaftlicher sein, außerdem ist allein durch die Isotopenmessung eine Bestimmung der Grenzflächen der verschiedenen Aggregatzustände möglich.

4. WIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE

Ein wirtschaftlicher Vergleich mit traditionellen Verfahren ist kaum möglich. Es handelt sich im vorliegenden Fall um eine Versuchsanlage innerhalb eines Entwicklungsbetriebes des Werkes. Solche Entwicklungsarbeiten sind zeitlich begrenzt. Zur Füllstandmessung wurde ein Gerät verwendet, welches früher bei einem Generator dazu diente, die Dicke der Schlackenschicht zu registrieren. Es zeigte sich, daß bei Versuchsanlagen vielseitig verwendbare universelle Gerätetypen geeigneter sind als spezielle Anlagen, die auf einen einzigen Verwendungszweck hin konstruiert wurden.

Die Niveaumessung hat im chemischen Betrieb eine wichtige Bedeutung. Man gewinnt dadurch eine genaue Übersicht über die Menge der lagernden Vor- Zwischen- und Fertigprodukte. In den meisten Fällen sind die hergebrachten Meßmethoden sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht ausreichend. Das bevorzugte Einsatzgebiet kerntechnischer Füllstandmeßanlagen sind nun solche Prozesse, bei denen traditionelle Standmeßmethoden nicht anwendbar sind wie im vorliegenden Falle bei Hochdruckbehältern. Bei großtechnischer Anwendung solcher Syntheseverfahren erschließen sich somit eine ganze Reihe von Einsatzmöglichkeiten für die Isotopenanwendung.

5. MOTIVATIONEN

Bei der vorliegenden Untersuchung konnten keinerlei Störungen des Arbeitsablaufes durch den Einsatz radioaktiver Strahler beobachtet oder durch Befragung ermittelt werden. Im chemischen Betrieb, vor allem bei explosionsgefährdeten Anlagen, beim Arbeiten mit aggressiven Produkten und bei Hochdruckanlagen wird dem Unfallschutz eine besondere Bedeutung zugemessen. In der Materialprüfungsabteilung des Werkes, welcher der Strahlenschutz obliegt, besteht schon seit langem eine Röntgenstelle, bei der verschiedene Geräte zur Materialstrukturuntersuchung in Gebrauch sind. Man ist daher mit dem Strahlenschutz schon lange vertraut, bereits zu einer Zeit, als noch keine Strahlenschutzverordnung bestand. Jedesmal wenn eine Versuchsserie beendet ist, wird das ^{60}Co -Präparat im Betonbunker gelagert. Während des Betriebes der Anlage ist niemand einer Strahlung ausgesetzt. Der Hochdruckbehälter befindet sich in einer Kammer mit dicken Betonwänden. Das Präparat selbst ist durch einen ausreichenden Bleimantel abgeschirmt. Die Bedienung der Hochdruckapparatur erfolgt von außen. Hier befinden sich die Steuereinrichtungen und die Ventile. Für das Bedienungspersonal ist es nicht erforderlich, Plaketten oder Dosimeter zu verwenden.

Bei der Untersuchung zeigte sich, daß die überbürokratisierte Handhabung der Strahlenschutzverordnung, insbesondere die mit zusätzlichen Kosten verbundene Unterhaltung einer hohen Deckungsvorsorge ein wesentlicher Hinderungsgrund für den Einsatz kerntechnischer Meßverfahren in der chemischen Industrie ist. Selbst bei gleicher Wirtschaftlichkeit werden aus diesem Grunde traditionelle Meßverfahren bevorzugt. Von allen Sicherheitsbestimmungen erweisen sich im Chemiebetrieb die Strahlenschutzbestimmungen als hemmend für eine an vielen Stellen möglichen Rationalisierung durch den Einsatz berührungsfreier Meßmethoden.

Fallstudie Nr. VII und VIII

Füllstand- und Dichtemessung bei der Herstellung von Aluminiumoxyd

1. DIE VERARBEITUNG VON BAUXIT ZU REINEM ALUMINIUMOXYD

Wichtigstes Ausgangsmaterial für die Aluminiumherstellung ist der Bauxit, der im wesentlichen aus Aluminiumhydroxyd besteht, welches als Verunreinigungen vornehmlich Eisen- und Kieselsäure enthält.

Die Gewinnung von Aluminium geschieht fast ausschließlich durch eine Schmelzfluß-Elektrolyse. Da die Verunreinigungen im Bauxit (Eisen, Silizium und Titan) edler sind als Aluminium, würden diese bei der Elektrolyse gleichzeitig mit dem Aluminium an der Kathode abgeschieden werden. Um reines Aluminium gewinnen zu können, ist man daher gezwungen, die Verunreinigungen vor der Elektrolyse aus dem Bauxit zu entfernen, d.h. es muß zunächst vollkommen reines Aluminiumoxyd Al_2O_3 gewonnen werden.

Der Aufschluß von Bauxit erfolgt heute zumeist auf nassem Wege mit Alkalien (sogenanntes Bayer-Verfahren). Bei diesen Verfahren wird der Bauxit nach erfolgter Zerkleinerung, Trocknung und Vermahlung in dampfbeheizten Rührwerks-Autoklaven mit konzentrierter Natronlauge unter Druck gekocht. Das Aluminiumoxyd geht dabei als Natriumaluminat in Lösung, während die Verunreinigungen des Bauxits ungelöst bleiben.

Die aufgeschlossene Lauge mit den unlöslichen Rückständen (sogenannter Rotschlamm) wird von dem Autoklaven über einen Druckentlaster und einen Verdüner in Eindicker gepumpt, wo sich der Rotschlamm absetzt.

Die so gewonnene Klarlauge zerfällt in nachfolgenden Rührbehältern unter Einwirkung eines Impfhydrates in Natronlauge und Aluminiumhydrat.

In Drehrohröfen wird das Wasser aus dem Aluminiumhydrat ausgetrieben und man erhält reines Aluminiumoxyd.

2. DIE NOTWENDIGKEIT DER FÜLLSTANDMESSUNG UND -REGELUNG BEIM KONTINUIERLICHEN BAUXITAUFSCHLUSS

Der Aufschluß des Bauxits erfolgte ursprünglich diskontinuierlich, d.h. eine bestimmte abgewogene Menge von Bauxit und Natronlauge wurde in einem Autoklaven unter einem Druck bis zu 12 atü einige Zeit erhitzt. Nach Überführung des größten Teils des Bauxits in Natriumaluminat konnte der Heizdampf am Autoklaven abgestellt und danach der Autoklav entspannt und entleert werden.

Der diskontinuierliche Aufschluß ist heute weitgehend durch den wesentlich wirtschaftlicheren kontinuierlichen Aufschluß verdrängt worden. Bei diesem Verfahren wird der vorbereitete Bauxit in einen Vormischer mit Lauge vermischt, durch einen Vorwärmer geleitet und mit Hilfe einer Kolben-Membran-Pumpe durch eine Reihe von hintereinandergeschalteten Autoklaven (2 - 7 Stück) gedrückt. Die aus Bauxit und Natronlauge gebildete Maische darf die Autoklaven nicht ganz ausfüllen, sondern es muß oberhalb des Flüssigkeitniveaus im Autoklaven ein bestimmter Raum frei bleiben, in dem sich die aus der Maische herausgetriebenen Dämpfe sammeln und ein Dampfpolster bilden können.

Beim diskontinuierlichen Verfahren werden genau bekannte Materialmengen in einen Autoklaven eingesetzt und damit von vornherein eine Über- oder Unterfüllung ausgeschlossen. Im Gegensatz dazu besteht beim kontinuierlichen Verfahren ein ständiger Durchfluß der Maische durch die miteinander verbundenen Autoklaven. Um ständig eine Füllung in dem Autoklaven zu erhalten, die verfahrenstechnisch ein Optimum darstellt, muß das Niveau in diesen gemessen und geregelt werden.

Die Notwendigkeit der Füllstandmessung besteht in gleicher Weise für die den Autoklaven folgenden Entspanner. Dies trifft in ganz besonderen Maße zu, wenn diese neben ihrer druckreduzierenden Funktion gleichzeitig als Verdüner dienen. In diesem Falle fließt in den Entspanner sowohl der zu entspannende aufgeschlossene Bauxit als auch die zur Verdünnung dienende Schwachlauge. Eine Überfüllung des Entspanners kann nur dann vermieden werden, wenn eine Füllstandmessung und -Regelung vorgenommen wird.

3. FÜLLSTANDMESSUNG AN AUTOKLAVEN MIT KONVENTIONELLEN METHODEN

Vor der Umstellung der Verfahrenstechnik vom diskontinuierlichen zum kontinuierlichen Bauxitaufschluß hat man versucht, den Füllstand im Autoklaven durch eine Leitfähigkeitsmessung zu bestimmen. Es hat sich gezeigt, daß es auf dieser Basis wohl möglich ist, den Füllstand zu messen, aber die dazu erforderlichen Elektroden im Inneren des Autoklaven verschmutzten durch Auskristallisationen so schnell, daß sie im Abstand von einigen Tagen gereinigt werden mußten. Dieser Wartungsaufwand ist für eine Betriebsmeßanlage zu groß und unwirtschaftlich. Das Vertrauen in die Messung selbst kann wegen der ständigen unvorhersehbaren Möglichkeit eines Ausfalles der Meßeinrichtung infolge Verschmutzung der Elektroden naturgemäß nur begrenzt sein. Neben der Leitfähigkeitsmessung sind noch Versuche bekannt geworden, das Niveau auf kapazitiver Basis in Autoklaven zu messen. Auch hier traten Verkrustungen an den Meßelektroden auf, die eine Messung zwar noch ermöglichten, aber den Meßwert selbst stark verfälschten.

4. FÜLLSTANDMESSUNG UND -REGELUNG AUF RADIOAKTIVER BASIS AN AUTOKLAVEN

An eine radioaktive Füllstandmeßeinrichtung für einen Autoklaven werden folgende Anforderungen gestellt:

1. *Zu erfassender Niveaumebereich:* 670 mm (Gebrüder Giuliani)
200 mm (Vereinigte Aluminiumwerke AG)

2. *Verlangte Meßgenauigkeit:*

$\pm 5\%$ bezogen auf den Gesamtmeßbereich

3. *Anzeige:*

Funktion zwischen Anzeige und Füllhöhe möglichst linear

4. *Einfluß von Verkrustungen:*

Der durch Verkrustungen an den Wänden auftretenden Meßfehler darf die oben angegebenen Grenzen der Meßgenauigkeit nicht überschreiten.

5. *Radioaktiver Strahler:*

Die Aktivität des radioaktiven Co^{60} -Strahlers ist auf ein Minimum zu beschränken.

6. *Strahlenschutz:*

In 1 m Abstand vom Anbringungsort, des radioaktiven Strahlers muß die auftretende Dosisleistung $\leq 0,75$ mr/h sein.

Die sonst übliche Methode, einen stehenden zylindrischen Behälter in dem das Niveau gemessen werden soll, senkrecht zu seiner Achse zu durchstrahlen, wurde in diesem Falle nicht angewandt.

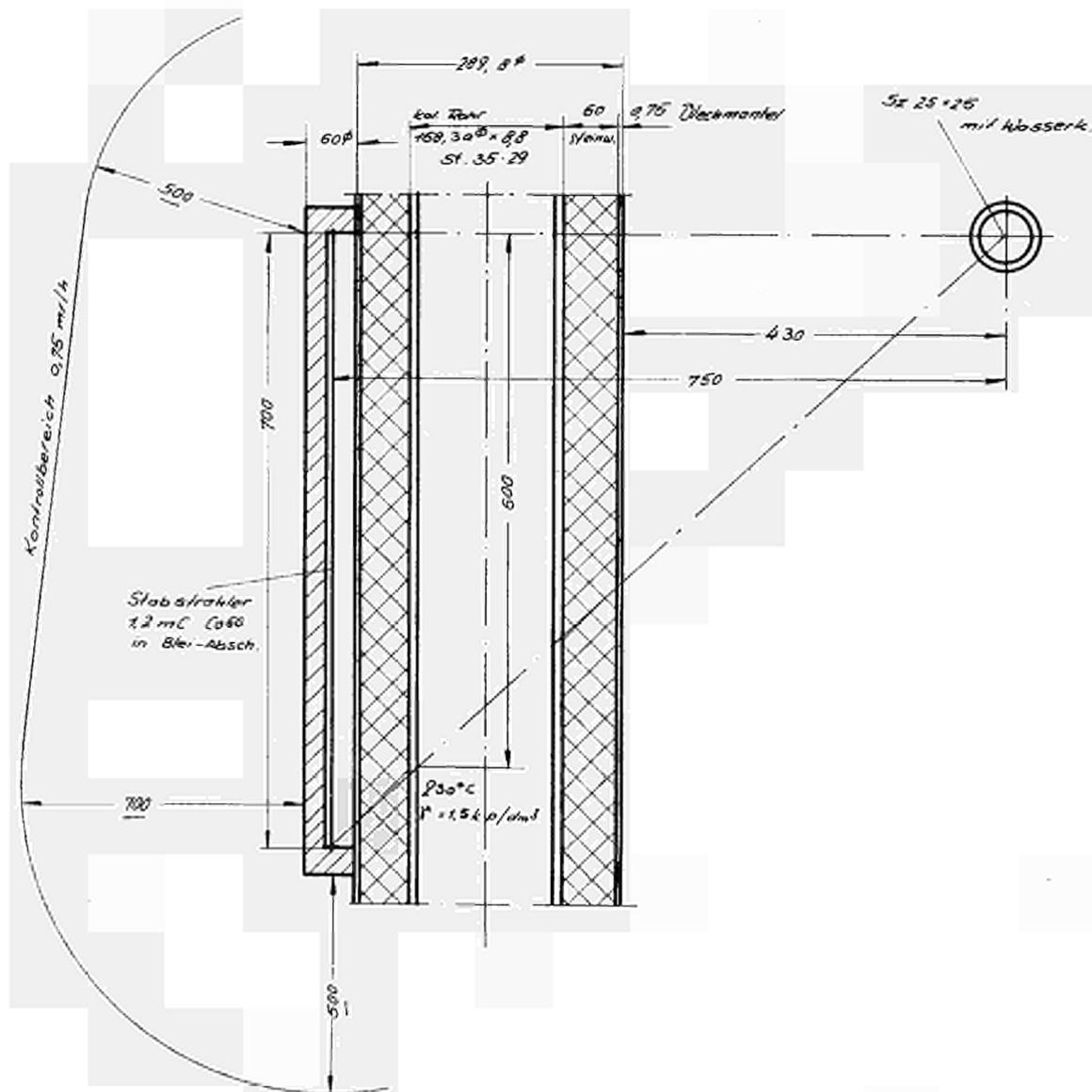
Der relativ große Autoklavendurchmesser und die dicken im Strahlengang liegenden Wände und Heizschlangen würden selbst bei Verwendung eines für γ -Strahlen empfindlichen Szintillationszählers noch Aktivitäten von über 10 mCi Co^{60} erfordern. Die Niveaumessung erfolgt deshalb nicht direkt im Autoklaven, sondern in einem kommunizierenden Rohr von ca. 150 mm \varnothing , das für die Füllstandmessung an dem Autoklaven zusätzlich angebracht wird. Vorversuche hatten ergeben, daß die Wände des Nebenschlußrohres zwar mit der Zeit verkrusten, die Dicke dieser Kruste (ca. 5 - 10 mm) aber ohne Einfluß auf die Messung ist. Die Anordnung einer Messtelle ist in der nebenstehenden Skizze dargestellt.

Auf der einen Seite des Nebenschlußrohres befindet sich ein stabförmig ausgebildeter, umschlossener Co^{60} -Strahler von ca. 700 mm Länge und einer Gesamtaktivität von 1,2 mCi ^{60}Co und gegenüberliegend ein als Strahlendetektor dienender Szintillationszähler.

Damit zwischen der Füllhöhe und der Strahlenintensität am Szintillationszähler eine lineare Funktion erzielt wird, muß die Aktivität längs der Strahlerachse eine der Geometrie der Meßanordnung entsprechende Verteilung haben. Diese wird mathematisch ermittelt und dadurch realisiert, daß ein Co^{60} -Draht von 0,3 mm Dicke mit verschiedener Steigung auf einen Dorn gewickelt wird. Der Dorn mit der radioaktiven Drahtwicklung ist mit einer inaktiven Umhüllung aus nichtrostenden Stahl umgeben, die durch Schutzgas-Schweissung dicht verschlossen ist.

Die an den verschiedenen Autoklaven eingesetzten radioaktiven Stabstrahler haben je nach Meßbereich und Meßanordnung Aktivitäten zwischen 0,15 und 1,2 mCi Co^{60} . Es sei noch vermerkt, daß ein fünfjähriger Betrieb einer Füllstandmeßanlage ohne Strahlerwechsel möglich ist, d.h. bei einer Halbwertszeit von ca. 5,3 Jahren für Co^{60} ist die Anfangsaktivität doppelt so groß wie an sich notwendig wäre.

Zur Gewährleistung des erforderlichen Strahlenschutzes wurde jeder Stabstrahler fest in eine zylindrische Pb-Abschirmung von 60 mm \varnothing eingebaut. In Richtung zum Strahlendetektor besitzt die Abschirmung über die Länge des Stabstrahlers einen 10 mm



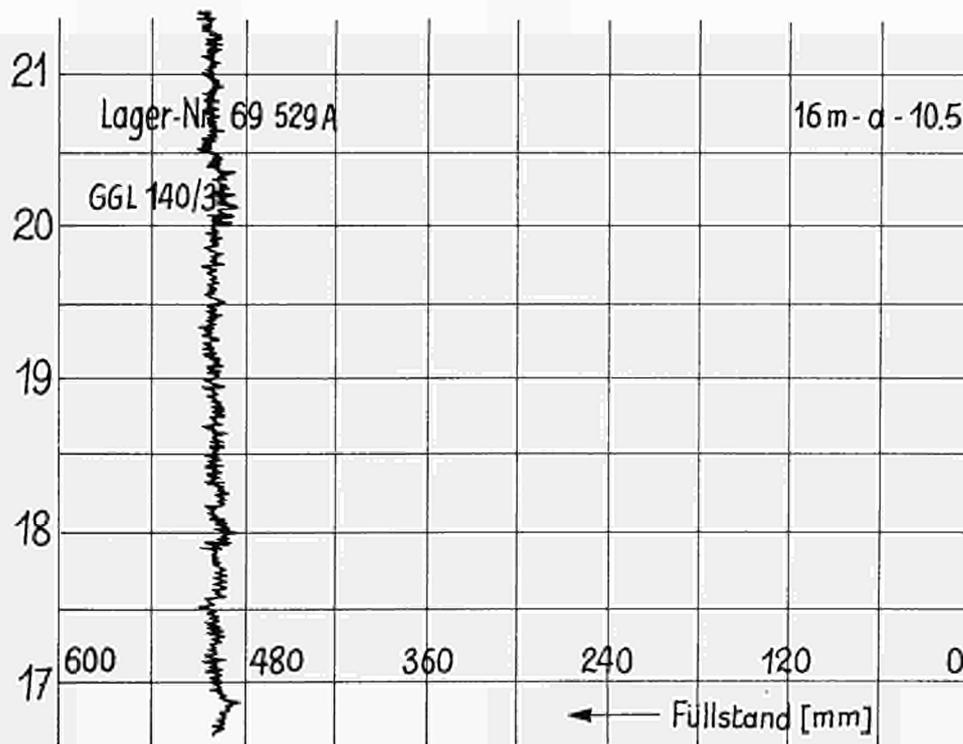
breiten Schlitz, aus dem die Strahlung ungehindert austreten kann. Die Grenze des Kontrollbereiches (Bereiche, in denen Dosisleistungen $\leq 0,75$ mR/h auftreten können) erstreckt sich bei einem 1,2 mCi Co^{60} -Präparat in einem Abstand von maximal 700 mm um die Pb-Abschirmung herum. Dieser Bereich ist durch eine entsprechende Absperrung vor dem Zutritt Unbefugter gesichert.

Bei neueren Meßanlagen werden vorzugsweise Szintillationszähler mit einem NaJ (TI)-Kristall von 25 mm \varnothing und 25 mm Dicke als Strahlendetektoren eingesetzt.

Es sind aber auch eine ganze Reihe von Füllstandmeßgeräten in Betrieb, die Zählrohre verwenden. In allen Fällen ist der Strahlendetektor zusammen mit einem Impedanzwandler in einer mechanisch robusten, zylindrischen Meßsonde untergebracht.

Die Szintillationszähler als auch die Zählrohre sollen aus Gründen der Lebensdauer keinen höheren Temperaturen als 50° C ausgesetzt werden. Zur Erfüllung dieser Bedingungen sind die Meßsonden in einem gewissen Abstand (100 - 400 mm) von dem Standrohr, in dem das Niveau gemessen wird, montiert. Die Verbindung der Meßsonde mit dem Füllstandmeßgerät, das in allen Fällen in einer Meßwarte untergebracht ist, erfolgt durch ein mehradriges Kabel.

Das Füllstandmeßgerät besteht funktionsmäßig aus einem Ratemeter mit einer stabilisierten Hochspannungsversorgung für den jeweils verwendeten Strahlendetektor.



Die von einer Meßsonde kommenden Impulse (ca. 1000 Imp/s bei Szintillationszählern, ca. 150 Imp/s bei Zählrohren) werden in dem Füllstandmeßgerät verstärkt, normiert und über ein Zeitglied von 25 s integriert. Das Gerät liefert einen der jeweiligen Impulsrate proportionalen Strom. Dieser Strom ist umgekehrt proportional der Füllhöhe und

wird auf einen Ausgangskreis gegeben, in dem ein Anzeigeelement, ein Schreiber und ein elektropneumatischer Regler hintereinandergeschaltet sind. Der Regler wirkt über ein Stellglied auf das in der Rohrleitung zwischen Autoklaven und Entspanner befindliche Entspannungsventil.

Steigt das Niveau in dem Autoklaven über den eingestellten Sollwert, so wird das Entspannungsventil mehr geöffnet und als dessen Folge sinkt das Niveau in dem Autoklaven. Im Falle eines zu niedrigen Niveaus wird der Durchlaß des Entspannungsventils verringert und damit ein Ansteigen des Niveaus im Autoklaven hervorgerufen. Aus dem nebenstehend abgebildeten Schreiberstreifen erkennt man, daß das Niveau bei einem Meßbereich von 600 mm auf ± 13 mm eingehalten wird. Für die betrieblichen Anforderungen ist diese Genauigkeit vollkommen ausreichend.

Radioaktiv gesteuerte Füllstandmeßgeräte sind in röhrenbestückter Ausführung seit 1957 bei den Vereinigten Aluminiumwerken AG, Schwandorf, und seit 1964 in transistorisierter Ausführung bei der Firma Gebrüder Giuliani, Ludwigshafen, im Einsatz. Im Juli 1964 waren bei beiden Firmen zusammen 27 radioaktiv gesteuerte Füllstandmeßgeräte an Autoklaven in Betrieb und erfüllten die an sie gestellten Anforderungen in Bezug auf Meßgenauigkeit und Betriebssicherheit.

Die erforderliche Wartung der Meßanlagen ist relativ gering. Sie beschränkt sich auf eine halbjährliche Nachstellung der Verstärkerempfindlichkeit, um den zeitlichen Abfall der Aktivität des Co^{60} -Strahlers auszugleichen. Hinzu kommt ein Austausch der Verstärkerröhren und Zählrohre, der nach etwa 15.000 Betriebsstunden notwendig wird.

Bei den transistorisierten Geräten mit Szintillationszählern ist der Wartungsaufwand noch geringer, da in diesen Geräten keine reinen Verschleißteile enthalten sind.

5. TECHNISCHER VERFAHRENSVERGLEICH

Eine wesentliche Voraussetzung für den kontinuierlichen Bauxitaufschluß nach dem Bayer-Verfahren ist die Lösung der Frage der kontinuierlichen Messung und Regelung des Füllstandes in den Autoklaven.

Der Einsatz von Füllstandmeßanlagen mit radioaktiven Isotopen brachte gegenüber dem Leitfähigkeits- und dem kapazitiven Füllstandmeßverfahren den Vorteil der wesentlich höheren Betriebssicherheit, die für den gesamten Bauxitaufschluß von entscheidender Bedeutung ist.

Störungen oder Ausfälle von Füllstandmeßanlagen an Autoklaven können eine Über- oder Unterfüllung nach sich ziehen. Im ersten Falle kann z.B. die Lauge aus der Stopfbuchse der Rührerachse im Deckel des Autoklaven herausgedrückt werden und einen zeitweiligen Stillstand der gesamten Anlage verursachen. Der zweite Fall, eine Unterfüllung eines oder mehrerer hintereinandergeschalteter Autoklaven äussert sich in einer geringeren Produktivität der Aufschlußanlage.

Die Betriebssicherheit der Füllstandmessung durch Radioisotope gründet sich auf die Berührungslosigkeit dieser Meßmethode mit dem zu messenden Medium und die daraus resultierende Unabhängigkeit von Verkrustungen und Wandansätzen. Bei den genannten elektrischen Füllstandmeßverfahren haben die Meßsonden direkte Berührung mit der leicht zu Verkrustungen an den Sonden neigenden Lauge.

Eine Betriebssicherheit ist hier nur dadurch zu erreichen, daß die Meßanlagen dauernd personell überwacht werden, um ein Versagen sofort festzustellen und durch Austausch oder Säubern der Sonden zu beseitigen.

Die fast wartungsfreie und betriebssichere Füllstandmessung mit radioaktiven Isotopen ist somit beim Bauxitaufschluß ein bedeutender Fortschritt und stellt eine optimale Lösung dieses Meß- und Regelproblems dar.

6. DIE NOTWENDIGKEIT DER DICHEMESSUNG BEIM BAUXITAUFSCHLUSS

Der in den Autoklaven aufgeschlossene Bauxit (auch Dicklauge genannt) wird in dem nachfolgenden Druckentlaster entspannt und anschließend mit sogenannter Schwachlauge auf eine bestimmte Dichte (ca. 1,25 g/cm³) verdünnt. Die gewünschte, durch ihre Dichte charakterisierte Verdünnung wird dadurch erreicht, daß zu einer bestimmten Menge Dioklauge eine entsprechende Menge Dünnlauge zugemengt wird.

Die Regelung des Mengenverhältnisses zwischen Dick- und Dünnlauge führt nur dann zu der gewünschten Verdünnung, wenn sowohl die Dicklauge wie auch die Dünnlauge in ihrer Dichte konstant sind.

Diese Voraussetzung ist in der Praxis nicht erfüllt. Die Verdünnung der Dicklauge auf eine bestimmte verfahrenstechnische optimale Dichte ist nur dann möglich, wenn man die Mengenzugabe der Schwachlauge von der Dichte der erreichten Verdünnung abhängig macht. Daraus resultiert die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Dichtemessung bei der Verdünnung des aufgeschlossenen Bauxits.

7. DICHEMESSUNG MIT KONVENTIONELLEN METHODEN

Beim diskontinuierlichen Bauxitverfahren hat man von Charge zu Charge die Dichte der Dünn- und Dicklauge mit einer Meßspindel bestimmt. Aus dem so ermittelten Dichtewert konnte die zur Verdünnung der Dicklauge notwendige Menge Schwachlauge errechnet und dann zugegeben werden. Diese mit einer Probenahme verbundene Meßmethode ist für den kontinuierlichen Bauxitaufschluß nicht geeignet, weil sie keine kontinuierlichen Meßwerte liefert. Vor Einführung der Dichtemessung mit radioaktiven Isotopen sind beim kontinuierlichen Bauxitaufschluß im wesentlichen Dichtemeßgeräte eingesetzt worden, die entweder auf der Einperl- oder auf der Auftriebsmethode basieren.

Bei der Einperlmethode strömt ein konstanter Gasstrom durch eine Düse gegen das Meßgut (Flüssigkeit). Der dabei auftretende Staudruck, der durch einen Transmitter, z.B. in eine elektrische Größe, umgeformt wird, ist ein Maß für die Dichte.

Die zweite Methode nutzt den Auftrieb eines an einem Waagebalken hängenden und in die zu messende Flüssigkeit eintauchenden Körpers zur Dichtebestimmung aus.

Beiden Meßverfahren ist gemeinsam, daß sie eine direkte Berührung mit dem Meßgut erfordern. Dies hat zur Folge, daß die Messung durch die in diesem Falle vorliegende, leicht zu Auskristallisationen und Verkrustungen neigende, Flüssigkeit beeinflusst werden kann. Solche Beeinflussungen und Störungen, wie z.B. dem langsamen Zusetzen einer Ein-

perldüse, kann nur, wie sich gezeigt hat, durch einen entsprechend hohen Wartungsaufwand begegnet werden.

8. DICHEMESSUNG UND -REGELUNG MIT RADIOAKTIVEN ISOTOPEN

Die Messung der Dichte der mit Schwachlauge verdünnten Dicklauge mit radioaktiven Isotopen erfolgt in einem Rohr von ca. 300 mm \varnothing , das senkrecht zu seiner Achse durchstrahlt wird. Die Anordnung einer Meßstelle ist in der umseitigen Skizze dargestellt.

Auf der einen Seite des Rohres befindet sich ein punktförmiger Cs¹³⁷-Strahler mit einer Aktivität von 100 mCi, der aus Strahlenschutzgründen in einer Bleiabschirmung von 152 mm \varnothing und 167 mm Länge eingebaut ist. In Richtung zum Strahlendetektor besitzt die Abschirmung einen Kanal von ca. 15 mm \varnothing , aus dem die von dem Cs¹³⁷-Präparat ausgehende Gamma-Strahlung ungehindert austreten kann. Eine von außen zu betätigende Blende an der Bleiabschirmung ermöglicht, den Strahlenaustrittskanal zu verschließen.

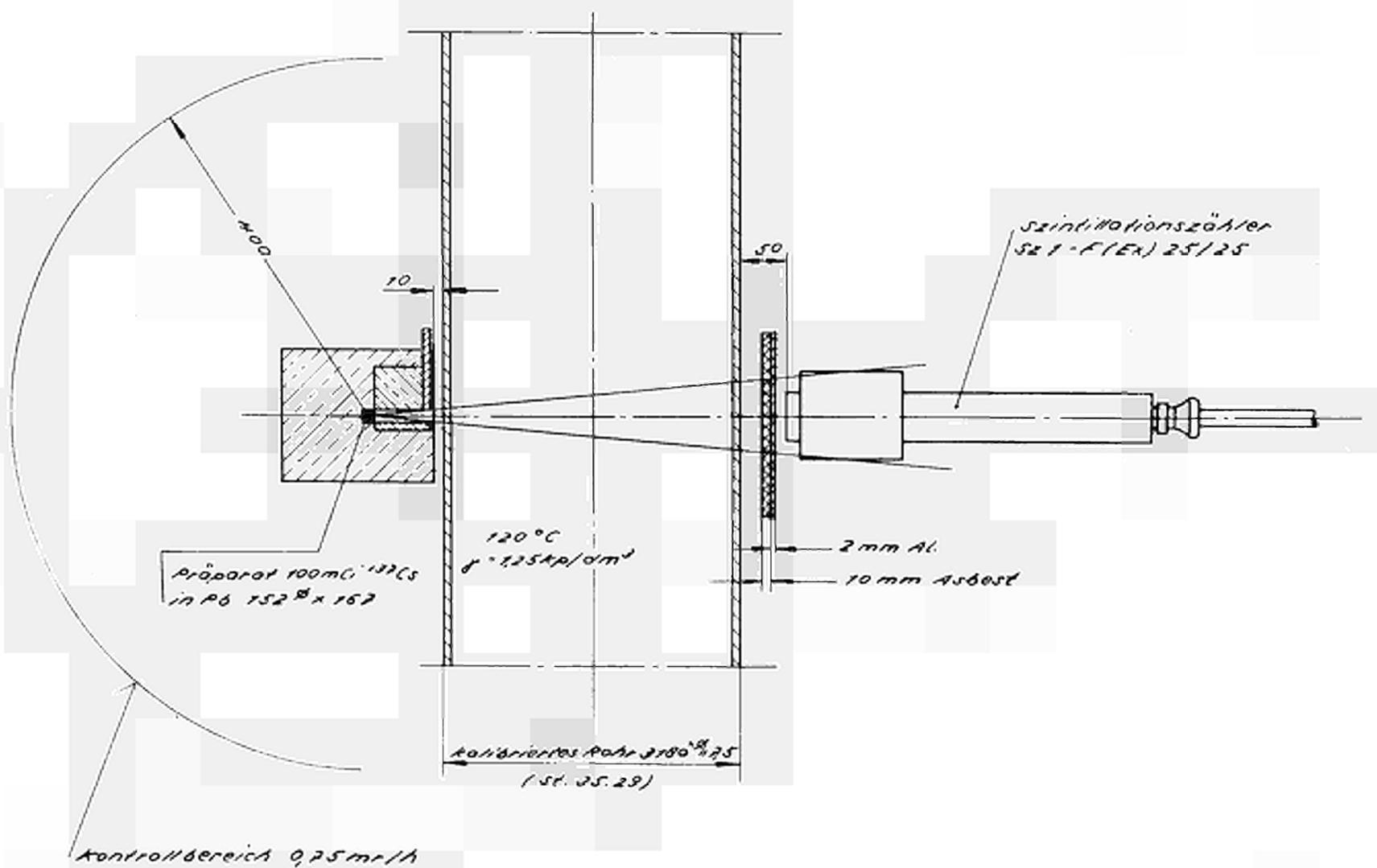
Dem ¹³⁷Cs-Strahler gegenüber auf der anderen Seite des von der verdünnten Dicklauge durchflossenen Rohres ist als Strahlendetektor ein Szintillationszähler eingesetzt, dem als Schutz vor schädlicher Erwärmung ein mit Asbest verkleidetes Aluminiumblech vorgeschaltet ist.

Die zylindrische Meßsonde enthält einen NaJ(Tl)-Kristall von 40 \varnothing \times 35 mm, einen Multiplier und einen Vorverstärker. Die auf den an der Stirnseite der Meßsonde befindlichen Kristall fallende Strahlenintensität hängt entsprechend dem exponentiellen Schwächungsgesetz für Gammastrahlung von der Dichte der im Rohr befindlichen Flüssigkeit ab, und zwar ist die am Szintillationszähler auftretende Strahlenintensität umgekehrt proportional der Dichte.

Die Strahlenquanten lösen im Kristall Lichtblitze aus, die im Fotomultiplier verstärkt und in elektrische Impulse umgewandelt werden. Die Impulse gelangen über den Vorverstärker und ein Kabel zu dem eigentlichen Dichtemeßgerät, das in einer Meßwarte untergebracht ist. Das Dichtemeßgerät stellt im Prinzip einen Impulsverstärker mit Rate-meter dar. In dem Gerät werden die Impulse, die von dem Szintillationszähler kommen, verstärkt, normiert und zu einem der Impulsrate proportionalen Strom summiert, der als Maß für die Dichte auf einen Einlinienschreiber gegeben wird. Im gleichen Stromkreis liegt ein elektropneumatischer Regler, der über ein Stellglied ein Ventil betätigt, das die Menge der zugegebenen Schwachlauge regelt. Je nachdem, ob die erreichte Dichte der verdünnten Dicklauge zu groß oder zu klein ist, wird das Ventil mehr oder weniger geöffnet und damit der Zufluß der Schwachlauge geregelt. Der umseitig abgebildete Schreiberstreifen zeigt die Wirksamkeit dieser Regelung, die Dichte der verdünnten Dicklauge ist nahezu konstant. Die festgestellte Langzeitmeßgenauigkeit der Dichtemeßeinrichtung beträgt 0,005 g/cm³ und ist für diese Aufgabe vollkommen ausreichend.

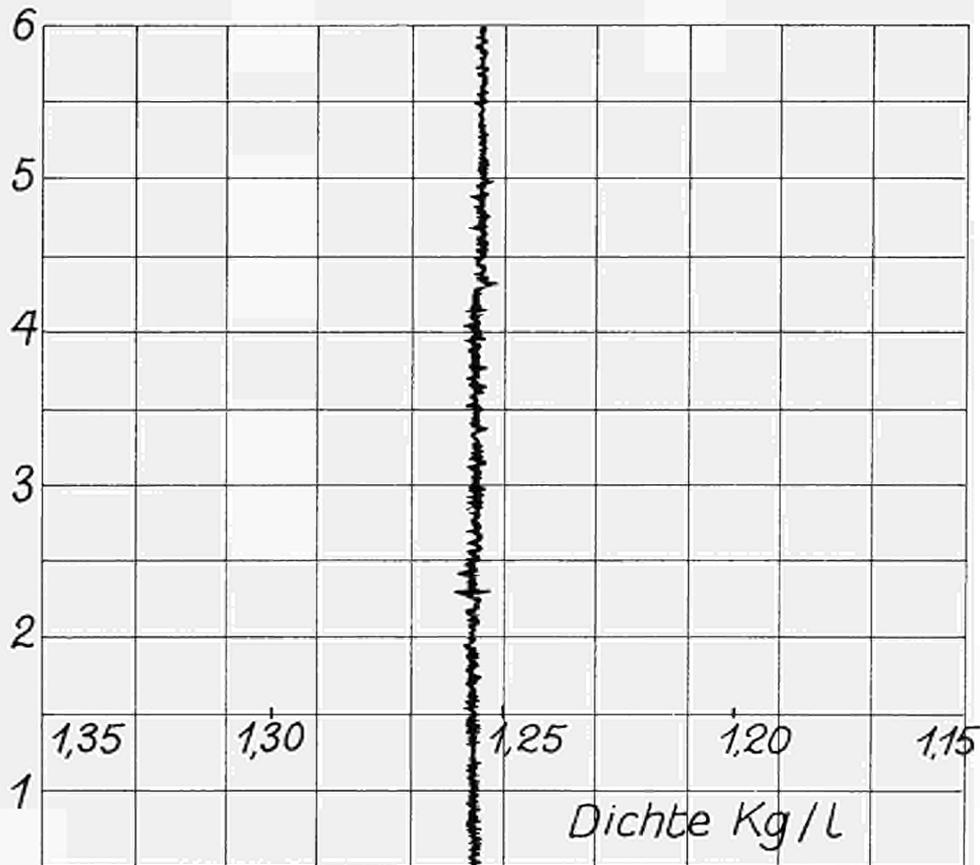
Die Geräte sind mit Langlebensdauerrohren (Lebensdauer > 10 000 Stunden) bestückt und erfordern nur eine geringe Wartung. Die aufgetretenen Ausfälle der Geräte liegen im Rahmen der zulässigen Ausfallquote für elektronische Meßgeräte.

Jede Meßstelle ist mit einem Warnschild „Vorsicht! Radioaktive Strahlung“ versehen. Durch die Pb-Abschirmung selbst und die durch diese bewirkte starke Ausblendung der Gammastrahlung treten in der Umgebung der Meßstelle nur geringe Dosisleistungen auf. Der Kontrollbereich (Bereich, in dem Dosisleistungen \leq 0,75 mR/h auftreten)



erstreckt sich etwa in einem Umkreis von 50 cm um die Pb-Abschirmung und den Szintillationszähler herum und ist für den allgemeinen Zutritt gesperrt.

Die Dichtigkeit der Umhüllung der Cs¹³⁷-Präparate wird jährlich einmal vom Technischen Überwachungsverein bzw. der Staatlichen Aufsichtsbehörde geprüft. Gelegentlich werden kleinere Undichtigkeiten trotz der doppelten inaktiven Umhüllung aus Edelstahl festgestellt, die jedoch bei Präparaten aus neuerer Fertigung (radioaktive Substanz Cs-Glas) nicht mehr auftreten.



9. TECHNISCHER VERFAHRENSVERGLEICH

Die Dichtemessung an der verdünnten Dicklauge zur Regelung der Mengenzugabe von Schwachlauge gehört mit zu den wesentlichen technischen Voraussetzungen zur Kontinuierisierung des Bayer-Verfahrens des Bauxitaufschlusses. Die Dichtemessung auf der Basis der Absorption von Gammastrahlung bietet gegenüber den konventionellen Dichtemeßverfahren bei den bei der Verdünnung der Dicklauge herrschenden ungünstigen Betriebsbedingungen den Vorteil der wesentlich höheren Betriebssicherheit, die für die Regelung eines kontinuierlichen Verfahrens sehr wesentlich ist. Die höhere Betriebssicherheit der radioaktiven Dichtemessung basiert auf der Berührungslosigkeit dieser Meßmethode mit dem zu messenden Medium. Im Gegensatz zu den angewandten konventionellen Dichtemeßmethoden, bei denen die Meßfühler die direkte Berührung mit der Lauge haben müssen,

ist die radioaktive Dichtemessung weitgehend unabhängig von Verkrustungen der Wandansätze in der Meßstrecke. Daraus resultiert die fast vollkommene Wartungs- und Störungsfreiheit und damit Betriebssicherheit.

Der Einsatz der radioaktiven Dichtemessung zur Regelung der verfahrenstechnisch günstigsten Verdünnung der Dicklauge darf deshalb als optimal für dieses Meß- und Regelproblem angesehen werden.

10. WIRTSCHAFTLICHER VERFAHRENSVERGLEICH

Der Einsatz kerntechnischer Füllstand- und Dichtemeßgeräte ist eine der wichtigsten, wenn auch nicht die alleinige, technischen Voraussetzungen für die Kontinuierisierung eines weiten Bereiches des Bauxitaufschlusses. Bei der Firma Gebrüder Giuliani GmbH war ein wirtschaftlicher Verfahrensvergleich zwischen dem gleichzeitig bestehenden diskontinuierlichen und kontinuierlichen Bauxitaufschluß gegeben. Gegenüber der früheren diskontinuierlichen Fertigungsweise zeigen sich beim kontinuierlichen Bauxitaufschluß folgende Verbesserungen:

a) Erhöhung des Zeitwirkungsgrades der Anlage

Beim Chargenbetrieb ist die zeitliche Ausnutzung der Apparatur sehr gering. Für ein großes Produktionsvolumen müssen mehrere Anlagen bereitstehen. Während in einem Teil der Anlage die Reaktion abläuft, entstehen bei anderen Apparaturen Brachzeiten, um die Anlage nach jedem Chargenwechsel wieder in den jeweiligen Betriebszustand zu versetzen.

Beim kontinuierlichen Betrieb reduzierten sich diese Brachzeiten auf etwa 1/3 bis 1/4 des bisherigen Stillstandes. Das bedeutet eine Verdopplung der Ausbringung gegenüber dem Chargenbetrieb. Dem stehen vermehrte Investitionen der Anlage gegenüber. Produktionsstillstände bedeuten beim kontinuierlichen Fertigungsprozeß wesentlich höhere Kosten für Stillsetzung, Stillstand und Wiederanlauf als beim früheren Chargenbetrieb. Deshalb erfordert der kontinuierliche Aufschluß zusätzliche Reserve-Produktionsstränge, auf welche bei Betriebsstörungen umgeschaltet werden kann.

b) Erhöhung des Bauxitaufschlussesgrades

Wenn alle Produktionsstränge in Betrieb gehalten werden, kann beim kontinuierlichen Verfahren mit einer geringeren Durchflußgeschwindigkeit gefahren werden. Das führt zu einer besseren Ausnutzung des Bauxits, also zu einer Erhöhung des Stoffgrades.

c) Erhöhung der Raumausnutzung der Autoklaven

Beim früheren Chargenbetrieb, insbesondere ohne automatische Niveauanzeige, konnten die Autoklaven aus Sicherheitsgründen nicht optimal gefüllt werden. Beim kontinuierlichen Betrieb gelangt die Lauge wegen des Wegfallens der Totzeiten und wegen des besseren Füllgrades ohne wesentliche Temperaturverluste in die Autoklaven. Beim kontinuierlichen Verfahren kann man etwa die doppelte Menge in den Autoklaven durchsetzen als im Chargenbetrieb.

d) Verbesserung der Wärmewirtschaft

Beim diskontinuierlichen Betrieb entstehen hohe Verluste dadurch, daß bei jedem Chargenwechsel die Beheizung des Autoklaven an- und abgestellt werden muß. Dabei ent-

stehen unterschiedliche Entspannungsbrüden, und zwar fallen einmal sehr viele Brüden an und manchmal wieder keine. Beim kontinuierlichen Betrieb dagegen kann man kontinuierlich entspannen und man bekommt deshalb immer gleiche Entspannungsbrüden, welche sich im kontinuierlichen Betrieb besser verwerten lassen als bei der Chargenfertigung.

e) Erhöhung der Arbeitsproduktivität

Die mit der Kontinuierisierung verbundene Mechanisierung und Automatisierung, insbesondere der Stellglieder, führt zu einer spürbaren Personalersparnis. Dem steht entgegen, daß für die verbleibenden Tätigkeiten qualifizierteres Personal benötigt wird.

f) Senkung der Reparaturkosten

Der Reparaturanfall ist beim kontinuierlichen Betrieb geringer als beim diskontinuierlichen. Beim letzteren wird der Dampf an- und abgestellt. Dadurch bekommt man Dehnungen in den Rohrleitungen, die Stopfbüchsen werden leicht undicht, die Flanschen pfeifen auf der Dampfseite und müssen häufig ausgewechselt werden. Auch bei den Rührwerken ist die Reparaturanfälligkeit durch das häufig An- und Abstellen ungleich höher als bei der gleichmäßigen Belastung im kontinuierlichen Betrieb. Beim kontinuierlichen Aufschluß erhöhen sich dagegen die Kosten für die Wartung der Meß- und Regeleinrichtung.

Die gesamten für die Kontinuierisierung erzielten Ersparnisse sind bedeutend. Sie werden vor allem durch die Erhöhung der Produktionsleistung, die Dampfersparnisse und die verbesserte Rohstoffausbeute erzielt und betragen bei der betrachteten Produktionsanlage ca. 2 Millionen DM. Eine Abschätzung, welchen Anteil der Einsatz der radioaktiv gesteuerten Füllstand- und Dichtemeßeinrichtungen an diesen Ersparnissen haben, ist dagegen nicht möglich.

11. ARBEITSWISSENSCHAFTLICHE ASPEKTE

Der Automatisierungsprozeß verläuft wie überall in der chemischen Industrie auch bei der Herstellung von Tonerde in verschiedenen Stufen von der chargenweisen Produktion bis zur vollautomatischen Fertigung unter Verwendung automatischer Analysen. Vom Rohstoff bis zum Endprodukt können dabei verschiedene Rationalisierungsstufen durchlaufen werden. Im gleichen Betrieb treten zusammen chargenweise und kontinuierliche Produktion auf. Je schwieriger die Reaktionsbedingungen desto größer auch die Anforderungen an die Verfahrenstechnik. Meist sind es wirtschaftliche Gründe, die zur Prozessoptimierung zwingen, zur besseren Ausnutzung der Rohstoffe, der Energie und der Zeit. Die Einhaltung enger Toleranz der Reaktionsbedingungen und die Erzielung hoher Ausbeuten wurden vor allem durch die Hilfsmittel der Mess- und Regeltechnik ermöglicht. Die Umstellung von chargenweiser Fertigung zu einer kontinuierlichen Prozessführung ist verbunden mit einer Integrierung der Zeiten und Stoffmengen zu einem Zwanglaufsystem. Damit ist eine entscheidende Wandlung der Arbeitsorganisation verbunden.

Während bei der alten Chargenfertigung das Bedienungspersonal Ventile an Ort und Stelle auf- und zudrehte und ständig unterwegs sein mußte, um die Meßwerte an den verschiedenen Meßstellen abzulesen, erfolgt beim kontinuierlichen Betrieb eine

Mechanisierung der Stellglieder und eine Zentralisierung der Meß- und Regeleinrichtungen in einer Meßwarte. Die Ventile und andere Stellglieder werden durch elektrische und pneumatische Fernbedienung betätigt. Natürlich ist es nicht so, daß nunmehr sämtliche Stellglieder in dieser Weise automatisiert werden. Im vorliegenden Beispiel des kontinuierlichen Bauxitaufschlusses werden noch eine ganze Reihe von Ventile von Hand verstellt. Es sind dies solche, die nur selten verstellt werden müssen und dort ist es durchaus zumutbar, daß der Bedienungsmann ein oder zweimal in der Woche eine solche Tätigkeit ausführt. Es besteht sicherlich auch die Gefahr der Überautomatisierung, bei der Regelungen erfolgen, die überflüssig und dadurch unwirtschaftlich sind.

Von besonderer Bedeutung ist die Zeitdauer, in der die chemischen Prozesse ablaufen. Zwischen dem Erkennen und der Korrektur einer Abweichung vom Sollwert können sich die Reaktionsbedingungen ändern. Hier ist die automatische Regelung weit zuverlässiger als die manuelle. Mit der Einführung neuer Methoden der Steuerung und meßtechnischen Überwachung bei automatisierten Prozessen werden höhere Anforderungen an das Bedienungspersonal gestellt als beim früher mehr handwerklichen Chargenbetrieb. Auch im vorliegenden Falle konnte beobachtet werden, daß der chemische Fachwerker alter Schule immer seltener anzutreffen ist. Er wird im hoch rationalisierten Betrieb durch einen intelligenten, beweglichen Typ ersetzt, der zum genauen Beobachten der Meßinstrumente und zum schnellen und richtigen Erfassen der Zusammenhänge befähigt ist. Trotzdem bleiben eine Vielzahl einfacher Arbeiten, welche derzeit von Gastarbeitern (Italiener, Griechen und Türken) verrichtet werden. Man vertritt in einem der untersuchten Betriebe die Auffassung, daß gerade die Schwierigkeiten auf dem Arbeitsmarkt zur Automatisierung drängen. Man verläßt sich eher auf eine Signaleinrichtung, eine Hupe oder ein Lichtsignal, das den Meister herbeiruft, als auf die Verantwortung, vor allem, weil es an qualifiziertem Personal fehlt.

12. SOZIALASPEKTE DER ISOTOPENANWENDUNG

Vor der Einführung der Kerntechnischen Meßmethode bestanden bei der Firma Gebrüder Giuliani GmbH, Ludwigshafen/Rhein, eine Reihe von Meßproblemen, welche mit den herkömmlichen Mitteln nur unvollkommen gelöst werden konnten. Die meisten im Betrieb vorkommenden Medien weisen unterschiedliche Feststoffgehalte auf und neigen zum Auskristallisieren. Es wurden alle möglichen Verfahren der konventionellen Füllstandmessung probiert. Die ungünstigen Betriebsbedingungen brachten es aber mit sich, daß diese Verfahren nicht betriebssicher arbeiteten. Der kerntechnischen Meßmethode gegenüber war man noch skeptisch eingestellt, da man sie für technisch noch nicht reif genug hielt. Vor allem aber, weil man annahm, daß die Kosten für eine radioaktive Meßstelle ein Vielfaches betragen würden als bei konventionellen Methoden. Hinzu kommt noch das umständliche Genehmigungsverfahren und die gesetzlichen Bestimmungen über den Strahlenschutz. Diese Einstellung änderte sich sehr schnell, nachdem einige radioaktive Meßstellen der Füllstand- und Dichtemessung in einem anderen Tonerdebetrieb in Funktion beobachtet werden konnten. Das führte dann zum sofortigen Einbau einer Reihe von Dichte- und Füllstandmeßanlagen und zur Erkenntnis, daß diese eine wesentliche Voraussetzung zur Kontinuierisierung und Automatisierung des Bauxitaufschlusses sind. Die Einführung der neuen Meßanlagen im Betrieb erfolgte ohne die geringsten Störungen. Es konnten keinerlei Anzeigen einer Angst vor radioaktiver Gefährdung beobachtet werden. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß z.B. alle Personen, der meßtechnischen Abtei-

lung der Firma Gebrüder Giuliani GmbH, die mit den radioaktiv gesteuerten Füllstand- und Dichtemeßeinrichtungen in Berührung kommen, vor dem Einsatz der Geräte über den Umgang mit radioaktiven Stoffen, wenn auch nur kurz, belehrt wurden.

13. WEITERE ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN VON RADIOISOTOPEN

Es bestehen folgende reale Anwendungsmöglichkeiten für geschlossene Radioisotope:

1. Füllstandmessung an Eindickern zur Vermeidung des Überlaufens.
2. Dichtemessung an den Imflösungen auf der Basis der Gammaabsorption.
3. Feuchtemessung an Aluminiumoxyd, das zu Aluminiumsulfat weiterverarbeitet wird.

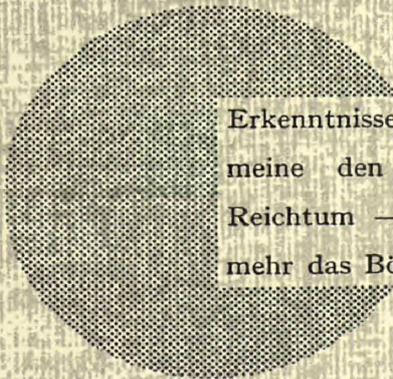
AN UNSERE LESER

Alle Euratom-Berichte werden nach Erscheinen in der von der Zentralstelle für Information und Dokumentation (CID) herausgegebenen Monatszeitschrift **EURATOM INFORMATION** angezeigt. Abonnements (1 Jahr : DM 60) und Probehefte sind erhältlich bei :

Handelsblatt GmbH
"Euratom Information"
Postfach 1102
D-4 Düsseldorf (Deutschland)

oder

Office central de vente des publications
des Communautés européennes
2, Place de Metz
Luxembourg



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

VERTRIEBSSTELLEN

Alle Euratom-Berichte sind bei folgenden Stellen zu den auf der ersten Rückseite des Umschlags angegebenen Preisen erhältlich (bei schriftlicher Bestellung bitte die EUR-Nummer und den Titel, die beide auf der ersten Umschlagsseite jedes Bericht stehen, deutlich angeben).

PRESSES ACADEMIQUES EUROPEENNES

98, Chaussée de Charleroi, Bruxelles 6

Banque de la Société Générale - Bruxelles
compte N° 964.558,

Banque Belgo Congolaise - Bruxelles
compte N° 2444.141,

Compte chèque postal - Bruxelles - N° 167.37,

Belgian American Bank and Trust Company - New York
compte No. 22.186,

Lloyds Bank (Europe) Ltd. - 10 Moorgate, London E.C.2,

Postscheckkonto - Köln - Nr. 160.861.

OFFICE CENTRAL DE VENTE DES PUBLICATIONS DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

2, place de Metz, Luxembourg (Compte chèque postal N° 191-90)

BELGIQUE — BELGIË

MONITEUR BELGE
40-42, rue de Louvain - Bruxelles
BELGISCH STAATSBLAD
Leuvenseweg 40-42 - Brussel

LUXEMBOURG

OFFICE CENTRAL DE VENTE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES
9, rue Goethe - Luxembourg

DEUTSCHLAND

BUNDESANZEIGER
Postfach - Köln 1

NEDERLAND

STAATSDRUKKERIJ
Christoffel Plantijnstraat - Den Haag

FRANCE

SERVICE DE VENTE EN FRANCE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES
26, rue Desaix - Paris 15^e

ITALIA

LIBRERIA DELLO STATO
Piazza G. Verdi, 10 - Roma

UNITED KINGDOM

H. M. STATIONERY OFFICE
P. O. Box 569 - London S.E.1

EURATOM — C.I.D.
51-53, rue Belliard
Bruxelles (Belgique)