



# MEßVERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DES ADSORPTIONS UND FLOTATIONSVERHALTENS VON KOHLEN UND BERGEN DURCH RADIOAKTIF MARKIERTE REAGENZIEN

**Eyüp SABAH**

Kocatepe Universitaet Afyon, Technikerschule Afyon Abt. Erzvorbereitung, Afyon

Geliş Tarihi : 26.01.1999

## ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel dieser Arbeit war es, die Methoden zur Messung des Adsorptionsgrades der in den verwendeten Flotationsreagenzien enthaltenen aliphatischen Kohlenwasserstoffen an Flotationsprodukten mit Hilfe von  $^{14}\text{C}$ -markierten Leitisotopen zu bestimmen. Um die zuverlässigen Verfahren zu entwickeln, sind die Versuche am Low-Level- $\beta$ -Feststoffprobenmeßplatz und Flüssigkeits-Szintillationsmeßplatz, das als Extraktionsverfahren bezeichnet wird, durchgeführt worden. Zwischen der von der Meßapparatur ermittelten Aktivität und tatsächlich vorhandenen besteht eine Differenz.

**Schlüsselwörter** : Kohle und Berge, Meßverfahren des Adsorptionsgrades, Feststoffprobenmeßplatz und Flüssigkeits-Szintillationsmeßplatz

## KÖMÜRLERİN VE ARTIKLARIN ADSORPSİYON VE FLOTASYON DAVRANIŞLARINI RADYOAKTİF İŞARETLİ REAKTİFLERLE BELİRLEMELİK İÇİN ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı; kömür flotasyonunda kullanılan reaktiflerin içerdiği alifatik hidrokarbonların flotasyon ürünlerince adsorplanmasının  $^{14}\text{C}$ -iletken isotoplar yoluyla tespiti için gerekli olan ölçüm yöntemlerini belirlemektir. Güvenilir yöntemler geliştirmek amacıyla deneyler, düşük seviye- $\beta$ -katı numune ölçme cihazı ve ekstraksiyon yöntemi olarak adlandırılan sıvı-sintilasyon sayıcısında gerçekleştirilmiştir. Adı geçen cihazlarda ölçülen aktivasyon değerleri ile gerçek aktivasyon değerleri arasında bir fark oluşmaktadır. Ancak düşük seviye  $\beta$ -katı numune ölçme cihazı ile yapılan ölçümlerde, numunelerin ve ortamın rutubeti radyoaktif ölçümleri olumsuz etkilediğinden, artığın aktivite ölçümlerinde rutubet artışına bağlı olarak radyoaktivitede beklenmedik bir yükseliş gözlemlendiğinden, dedektör odasını numune hücresinden ayıran altın folye ile  $^{14}\text{C}$  ile yüklü taneciklerin istenmeyen temasının hatalı ölçüm sonuçlarına sebebiyet vermesi vs. gibi nedenlerden dolayı istenilen başarıya ulaşılamamıştır. Ekstraksiyon yöntemi olarak adlandırılan sıvı-sintilasyon sayıcısında gerçekleştirilen ölçümlerde olumlu netice alınmış ve kömür flotasyonunda kullanılan reaktiflerin adsorplanan miktarlarını belirlemede gerekli olan kalibrasyon eğrisi, kömür için %4.02, artık için ise %2.99'luk bir standart sapmayla çıkarılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** : Kömür ve atık, Adsorbsiyon ölçüm yöntemleri, Katı numune radyoaktivite ölçme aygıtı, Sıvı-sintilasyon sayıcısı

### 1. EINLEITUNG

Verschlechte Lagerstätten sowie rasch  
zunehmende Mechanisierung und verstärkte

Rationalisierungsmaßnahmen bei der  
Rohkohlegewinnung und Förderung im Untertagebau  
haben sich die Qualität der geförderten Rohkohle  
(Zunahme des Bergegehaltes, mittleren  
Feinstkorngehaltes und mittleren Aschegehaltes)

verschlechtert und die Bedeutung von Aufbereitungstechniken vergrößert. Aufgrund der Zunahme von Feinstkorn hat dabei auch die Flotation an Wichtigkeit gewonnen (Bartelt, 1989; Monostory und Kubitzka, 1989).

Zugleich stellten die Gesichtspunkte des Umweltschutzes für den Steinkohlenbergbau neuartige Anforderungen. In diesem Zusammenhang wurde die Frage nach der Beladung der Berge mit Rückständen von Flotationsölen aufgeworfen (Sabah, 1991).

Mit Hilfe von Adsorptionsuntersuchungen kann die Adsorbierbarkeit von Sammlern und modifizierenden Reagenzien an Mineraloberflächen studiert werden. Wegen der im allgemeinen sehr niedrigen Konzentration sind sehr hohe Anforderungen an die Empfindlichkeit der Meßmethoden zu stellen. Die anteilmäßige Verteilung der Sammlermoleküle auf Kohle, Berge und Trübe, die aus ihrem unterschiedlichen Adsorptionsverhalten resultiert, wird durch Messung der Aktivität radioaktiv markierter Reagenzien an der jeweiligen Flotationsprodukten bestimmt. Die Messung kann man am Feststoffmeßplatz und Flüssigkeits-Szintillations-Meßplatz erfolgen.

Ein Ziel der vorliegenden Arbeit war die Erstellung einer Eichkurve mittels Proben definierter Aktivität, um später die gemessenen Werte den tatsächlichen zuordnen zu können.

## 2. MEßVERFAHREN

### 2. 1. Verfahren Am Feststoffmeßplatzes

#### 2. 1. 1. Beschreibung Des Feststoffmeßplatzes

Die Radioaktivität der Feststoffproben wurde für Kohle und Berge auf dem Low-Lewel-ß Feststoffproben Meßplatz, Tracerlab Modell OG-1, naß und trocken gemessen.

Bei diesem Meßgerät ist der Dedektorraum vom Probenraum durch eine sehr dünne Goldfolie getrennt, um einen Kontakt der Probe mit dem Trägergas zu vermeiden.

Durch die Energie der beim radioaktiven Zerfall freiwerdenden  $\beta$ -Strahlung im Probenraum der Meßordnung wird im gasdurchströmten Dedektorraum das Analysegas ionisiert. Das Analysegas ist fast reines Helium mit geringen Methananteilen. Die bei der Ionisation des Gases freiwerdenden Elektronen werden dann in Zählrohren verstärkt und registriert. In dem

Dedektorraum befinden sich zwei Zählrohre, an denen unterschiedliche Hochspannungen anliegen: Das Guard-Zählrohr und das Sample-Zählrohr. Durch die Benutzung von zwei Zählrohren ist es möglich, die kosmische Strahlung zu eliminieren. Impulse, die trotz der unterschiedlichen Spannungen in beiden Zählrohren registriert werden, sind fast ausschließlich der kosmischen Strahlung zu zuordnen. Kosmische Strahlung setzt sich aus Neutronen und sehr harter  $\gamma$ -Strahlung zusammen (Giesen, 1986).

Die tatsächlich registrierte Radioaktivität wird mit der Maßeinheit "cpm" (counts per minute) bezeichnet. Durch die Division der tatsächlich gemessenen Werte durch die Zählraumbehalte erhalten wir die Gesamtmenge der emittierten Radioaktivität, die mit der Einheit "dpm" (desintegrations per minute) bezeichnet wird.

### 2. 1. 2. Versuchsdurchführung

Die erste Reihe der Eichversuche am Feststoffmeßplatz OG-1 wurden zunächst die Aktivitäten der zuvor mit  $^{14}\text{C}$ -markierten Paraffinen konditionierten trockenen (TK1) und nassen Kohle (NK1) bei unterschiedlichen Einwaagemengen ermittelt. Damit wurde untersucht, ob die Einwaagemenge der Feststoffe (naß und trocken) Einfluß auf die gemessene Radioaktivität hat. Die Meßergebnisse sind in Abhängigkeit von der Einwaagemenge naß und trocken im Abbildung 1 dargestellt.

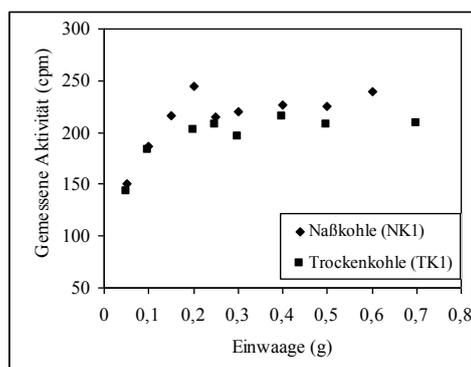


Abbildung 1. Gemessene Aktivität der Feststoffe NK1 und TK1 in Abhängigkeit von der unterschiedlichen Einwaagemenge

Aus dem Verlauf der ermittelten Kurven wird ersichtlich, daß oberhalb einer Feststoff Einwaagemenge von 0.3 g keine Änderung der gemessenen Aktivität festzustellen ist. Für die folgenden Untersuchungen wurde diese Einwaagemenge übernommen.

Bei der zweiten Reihe der Eichversuche wurden die mit radioaktiven Hexadekan behandelte Kohle (TK1), deren spezifischen Aktivität 120.000 dpm/g ist und die mit Tetradekan behandelten Berge (TB1), deren spezifischen Aktivität 223.790 dpm/g ist, mit bidestilliertem Wasser zu verschiedenen Feststoff/Flüssigkeits-Verhältnissen gemischt. Von den unterschiedlich feuchten Schlämmen wurden jeweils gleiche Mengen (feucht) eingewogen, d.h. die eingewogene Menge am Trockensubstanz wurde sukzessive reduziert. Dadurch wurde der Feuchtigkeitsgehalt von 20 %, 25 % bis 33 % erhöht. Von den unterschiedlich feuchten Feststoffen wurden jeweils konstante Mengen Trockensubstanz eingewogen und gemessen.

Die Radioaktivität der oben genannten Proben wurde am Feststoffmeßplatz OG-1 zwei oder dreimal jeweils ca. 10 min. gemessen. Die gemessenen Aktivität von TK1 und TB1 wurde in Abhängigkeit von der trockenen Feststoffmenge und vom Feuchtigkeitsgehalt des Feststoffes in Abbildung 2 und 3 für Kohle und 4 und 5 für Berge dargestellt.

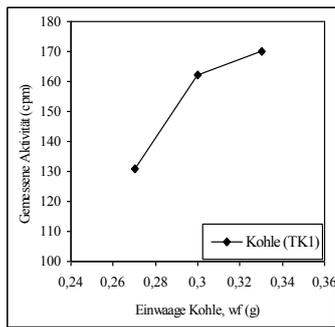


Abbildung 2. Gemessene Aktivitäten von TK1 in Abhängigkeit von der eingewogenen Masse an Trockensubstanz

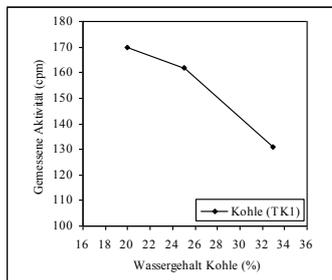


Abbildung 3. Gemessene Aktivitäten von TK1 in Abhängigkeit von unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalten

Beim ersten Teil der zweiten Versuchsreihe (TK1 mit einer spezifischen Aktivität von 120.000 dpm/g) ergab sich ein durchgängig umgekehrt proportionales Verhältnis zwischen der Zunahme

des Feuchtigkeitsgehaltes (bzw. umgekehrt der Abnahme des Trockenkohlegehaltes) und der gemessenen Radioaktivität.

Abbildung 2 und 3 stellen diesen Zusammenhang anhand dreier Versuche dar. Beim ersten Versuch betrug der Feuchtigkeitsgehalt der Probe annähernd 20 %. Die gemessene Aktivität belief sich auf 170 cpm. Im zweiten Versuch wurde der Feuchtigkeitsanteil auf ca. 25 % erhöht; die gemessene Aktivität sank dabei auf 162 cpm. Beim dritten Versuch schließlich ergab die Messung 131 cpm bei einem auf etwa 33 % gesteigerten Feuchtigkeitsgehalt. Die Einwaagemenge an feuchter Probe wurde bei allen Versuchen -wie oben erwähnt- konstant bei etwa 0.4g bei TK1 und 0.6g TB1 gehalten.

Beim zweiten Teil der Versuchsreihe (TB1 mit einer spezifischen Aktivität von 223.790 dpm/g, der durch die Abbildung 4 und 5 dargestellt wird) war der Verlauf ähnlich. Steigender Feuchtigkeitsgehalt bedingte das Abnehmen der gemessenen Radioaktivität. Es wurden diesmal vier Versuche durchgeführt, von denen der vierte (der letzte) aufgrund einer <sup>14</sup>C-Kontamination der den Detektorraum vom Proberaum abschirmenden Goldfolie zu hohe Ergebnisse lieferte und daher bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden konnte.

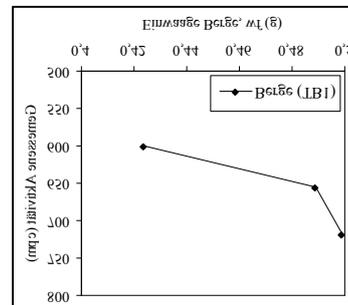


Abbildung 4. Gemessene Aktivitäten von TB1 in Abhängigkeit von der eingewogenen Masse an Trockensubstanz

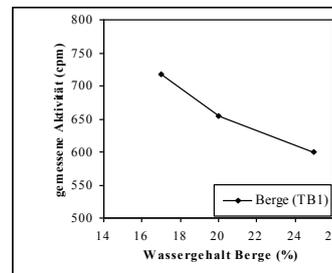


Abbildung 5. Gemessene Aktivitäten von TB1 in Abhängigkeit von unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalten

Die einzige auffällende Abweichung vom Verlauf des ersten Teilversuchs lag im deutlich stärkeren Abfall der gemessenen Aktivitätswerte bei der Erhöhung des Feuchtigkeitsanteils von 20 auf 25 %.

Aus der Versuchsreihe läßt sich die Schlußfolgerung ziehen, daß bei steigendem Trockenkohleanteil die gemessene Radioaktivität regelmäßig zunimmt. Dieses Ergebnis führte uns dazu, die dritte Versuchsreihe so anzulegen, das Verhalten bei konstanter Menge von Trockenkohle (0.4 g) sowie einer entsprechend konstant gehaltenen Menge trockener Berge (0.6 g) bei steigenden Feuchtigkeitsgehalten zu untersuchen. Wir begannen die Messung mit Kohle bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 5% und steigerten ihn im Laufe dreier weiterer Versuche auf annähernd 33 % (Abbildung 6).

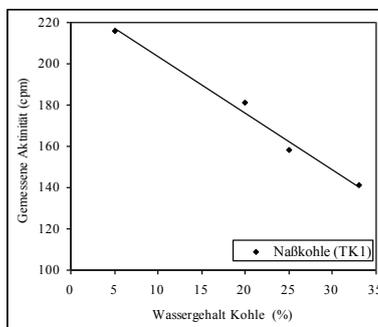


Abbildung 6. Die gemessenen Aktivitäten der Kohle (TK1) in Abhängigkeit von H<sub>2</sub>O-Gehalt bei konstanter Einwaagemenge an trockener Kohle.

Vergleicht man nun die Versuchsreihen Zwei und Drei, so sieht man, daß der festgestellte Zusammenhang zwischen der Veränderung des Feuchtigkeitsgehaltenes und der gemessenen Radioaktivität am klarsten zutage tritt, wenn man - statt der gesamten Einwaagemenge- die Menge des eingewogenen Feststoffes konstant hält. Der in Abbildung 7 dargestellte Kurvenverlauf zeigt ein völlig unerwartetes Ergebnis.

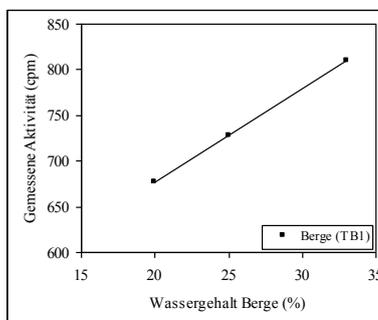


Abbildung 7. Die gemessenen Aktivitäten der Berge (TB1) in Abhängigkeit vom H<sub>2</sub>O-Gehalt bei konstanter Einwaagemenge an trockener Berge

Hält man die Menge der trockenen Berge konstant bei 0.6g und steigert den Feuchtigkeitsgehalt schrittweise von 20 über 25 bis 33 %, so nimmt diesmal die Radioaktivität nicht ab, sondern steigt in einer steilen Kurve an. Bei 20% Feuchtigkeit betrug die Aktivität bei 677 cpm, bei 25 % 728 cpm und letztendlich bei 33 % 810cpm.

Nachdem einige Einflußparameter durch die oben beschriebenen Versuchsreihen bestimmt wurden, stellten wir für den Eichversuch eine Emulsion her, die aus Wasser, 97 % radioaktivem Tetradekan und 3% Emulgator -zur Stabilisierung der Emulsionbestand. Von dieser Emulsion, die wir als ATG 1 bezeichneten und deren Aktivität bei 118.035 dpm lag, wurden vier Verdünnungen (ATG 1.1-1.4) mit folgenden Aktivitätswerten hergestellt.

ATG : 118.035 dpm/g mit einem Sollwert  
 1.1 100.000 dpm/g  
 ATG : 88.526 dpm/g mit einem Sollwert 75.000  
 1.2 dpm/g  
 ATG : 59.017 dpm/g mit einem Sollwert 50.000  
 1.3 dpm/g  
 ATG : 29.508 dpm/g mit einem Sollwert 25.000  
 1.4 dpm/g

Danach wurden vier Feststoffstandarts hergestellt, indem wir Kohle und die Verdünnungen der Emulsion im Verhältnis von jeweils 3:1 mischten. Alle so hergestellten Proben wurden nun zuerst im nassen Zustand gewogen (Einwaage 0.3g), danach ca. 24 Stunden später- im lufttrockenen Zustand (Einwaage 0,3g). Schließlich wurden die Radioaktivitätswerte sowohl der nassen als auch der trockenen Kohle jeweils dreimal zehn Minuten lang an Feststoffmeßplatz OG-1 gemessen und der Mittelwert der Meßergebnisse gebildet.

Die Abbildung 8 stellt die Ergebnisse der gemessenen Aktivität für feuchte und an der Luft getrocknete Kohle dar.

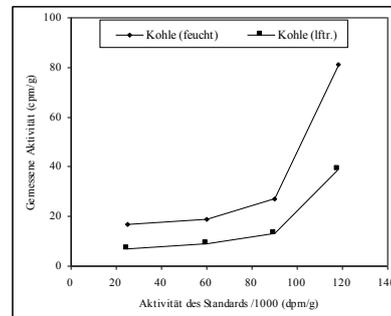


Abbildung 8. Die gemessenen Aktivitäten der Naß- und an der Luft getrockneten Kohle in Abhängigkeit von der Aktivität der Feststoffstandarts in der Eichreihe

Am darauf folgenden Tag wurde mit einer zweiten Emulsion (ATG 2) gleicher Zusammensetzung und einer gemessenen Anfangsaktivität von 252.968 cpm/g die gleiche Prozedur auf Berge angewendet. Die von der Emulsion hergestellten Verdünnungen hatten -bei gleichen Sollwerten- folgende gemessenen Aktivitäten.

ATG 2.1 : 101.187 dpm/g  
ATG 2.2 : 84.332 dpm/g  
ATG 2.3 : 50.593 dpm/g  
ATG 2.4 : 25.000 dpm/g

Es wurden wiederum 4 Feststoffstandards im Verhältnis des Feststoffs zu Flüssigkeit von 3 : 1 hergestellt und im trockenen Zustand gemessen.

Die Interpretation der Abbildung 8 ergibt, daß einerseits die Ausbeute der gemessenen Aktivitätswerte -die insgesamt sehr niedrig lagen- zu gering war (die Werte für die Naßkohle lagen dabei noch niedriger als die der luftgetrockneten Kohle), und daß andererseits kein linearer Zusammenhang der tatsächlichen und der gemessenen Aktivität der Proben besteht.

Für die Berge wurde aufgrund der Unbrauchbarkeit der Meßwerte keine zweite Abbildung dargestellt. Aus folgenden Gründen ist das Feststoffmeßverfahren für den Zweck der Erstellung einer Eichkurve nicht brauchbar:

- Wie oben beschrieben, übte der Feuchtigkeitsgehalt der Proben -und der Umgebung- einen störenden, schwer zu erfassenden Einfluß auf die Messung der Radioaktivität aus.
- Bei der Aktivitätsmessung des in Abbildung 9.2 dargestellten Versuchs (Berge) ergab sich das unerwartete Ergebnis, daß mit zunehmender Feuchtigkeit die gemessenen Radioaktivitätswerte diesmal nicht sanken, sondern stark anstiegen.
- Die zur Trennung von Proberaum und Detektorraum verwendete dünne Goldfolie kann durch Berührung mit  $^{14}\text{C}$ -beladenen Teilchen kontaminiert werden, wodurch die Meergebnisse stark verfälscht werden.
- Das Meßgerät registriert nur die Radioaktivität der an der Oberfläche befindlichen Partikel der jeweiligen Proben und mißt die Aktivität der tiefer in der Probenschalen liegenden Partikeln nur sehr viel schwächer. Da die  $\beta$ -Strahlung, wie bereits oben ausgeführt wurde, eine niedrige Energie und geringe Reichweite besitzt, wurde sie bereits an der Oberfläche der Feststoffproben adsorbiert.

- Wie bei der Deutung der Abbildung 9.1 bereits festgestellt, war zum einen die Ausbeute der gemessenen Radioaktivitätswerte insgesamt zu niedrig, wobei die Werte für Naßkohle noch niedriger lagen als für luftgetrocknete Kohle, während zum anderen die Abweichungen der gemessenen Werte untereinander zu hoch ausfiel. Für Berge ergibt sich das gleiche Bild.

## 2. 2. Extraktionsverfahren am Flüssigkeits-Szintillations-Meßplatz

Der Mißerfolg des Eichversuchs am Feststoffmeßplatz machte eine weitere Eichung mittels rückextrahierter Emulsions-Proben am Flüssigkeits-Szintillations-Meßplatz erforderlich.

Abbildung 9 stellt das Prinzip des Verfahrens schematisch dar. Die einzelnen Schritte des Vorgangs werden im folgenden erläutert.

### 2. 2. 1. Beschreibung Des Flüssigkeits-Szintillations-Meßplatzes

Die Radioaktivität der aus mit  $^{14}\text{C}$ -Tetradekan behandelten Kohle- und Bergproben gewonnenen Extrakte wurde an einem Flüssigkeits-Szintillations-Meßplatz der Firma Treccarlab CM-1 bestimmt. Die beim Zerfall der nunmehr in der extrahierten Flüssigkeit befindlichen  $^{14}\text{C}$ -Isotope auftretende  $\beta$ -Strahlung regt den Szintillator dazu an, Photonen im Bereich des sichtbaren Spektrums zu emittieren. Diese Photonen verursachen in einem Hochleistungs-Photomultiplier einen Strom, aus dem dann über einen Rechner die Anzahl der gemessenen Zerfälle ermittelt wird. Da hierbei wegen Dämpfungseffekten nur ein Teil der auftretenden Zerfälle gemessen wird, muß die Zählausbeute mit Hilfe einer Eichprobe (interner Standard) bestimmt werden.

Die Zählausbeute für die durchgeführten Versuche wurde mit 82 % ermittelt.

### 2. 2. 2. Herstellung der Emulsionen

Die Emulsion wurde hergestellt aus  $^{14}\text{C}$ -Tetradekan, einem radioaktiv markierten Paraffin, sowie bidestilliertem Wasser + Emulgator. Das  $^{14}\text{C}$ -Tetradekan wird von der Firma Sigma Chemie GmbH produziert und besitzt folgende Eigenschaften:

Molekulargewicht 198.4 g/mol  
Die Dichte bei 20°C beläuft sich auf 0.7628 g/cm<sup>3</sup>  
Mittels der Gaschromatographie wurde ein Reinheitsgrad von mehr als 98 % ermittelt.



## 2. 2. 6. Durchführung der Messungen

Die Proben wurden in die Meßkammer gebracht, wobei darauf geachtet werden mußte, daß sie sowohl vor Beginn der Messung als auch innerhalb des Meßraums vom Licht abgeschirmt werden, um eine Beeinflussung der Meßergebnisse durch Lichteffekte zu vermeiden. Da unsere Proben mit unterschiedlich stark aktiven Verdünnungen hergestellt wurden, mußte bei der Messung die Meßzeit entsprechend der Stärke der Strahlung festgelegt werden. Je höher die Aktivität, desto kürzer war die gewählte Meßdauer. Die Meßwerte konnten im Display abgelesen werden (Trecarlab Instruments, Bedienungsanleitung).

## 2. 2. 7. Auswertung der Meßergebnisse

Aus den Meßwerten wurde nun die mittlere spezifische Aktivität für je 1 g der  $^{14}\text{C}$ -Tetradekan enthaltenden organischen Lösung ermittelt. Da die Einwaagemenge des Extraktionsmittels ca. 15 g betrug, wovon jedoch nur jew. 1 g zur Messung benötigt wurden, mußte die gemessene mittlere spezifische Aktivität mit dem Wert der Einwaagemenge von Trichlor-Trifluor-Ethan multipliziert werden, um die Aktivitätswert für die gesamte Flüssigkeitsphase zu bestimmen, der dann auf die Feststoffmengen von je 1 g bezogen werden mußte. Bei Auswertung der Meßergebnisse war ferner der Einfluß des sogenannten Nulleffekts zu berücksichtigen. Der Nulleffekt ergibt sich aus:

- Der Höhenstrahlung (zusammengesetzt aus kosmischer Strahlung -meist sehr schnelle Protonen- Neutronen und der äußeren harten Strahlung). Die kosmische Strahlung gibt meist sehr viel Energie im Szintillator ab und kann so von den zu messenden Impulsen leicht unterschieden werden.
- Der Eigenaktivität des Detektors und der unmittelbaren Umgebung (vor allem das Blei der Abschirmung und das Material der Probefläschen und des Fotovervielfachers), die durch sorgfältige Auswahl der Materialien kontrolliert werden kann.

Der Nulleffekt betrug in unserem Fall ca.15.2 cpm, die von den Meßwerten jeweils abgezogen werden mußten.

Die Abbildung 10 gibt alle gemessenen Aktivitäten von Gaskohle und Bergen in Abhängigkeit von der Aktivität der Standards wieder und erlaubt so die

Darstellung der Abweichungen von den mittleren spezifische Aktivitäten.

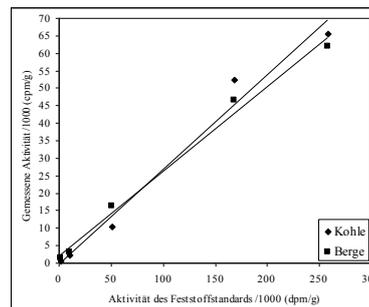


Abbildung 10. Gemessene Aktivitäten von Gaskohle und Bergen im Bezug auf Aktivität der Feststoffstandards im Eichversuch des Extraktionsverfahrens.

Es zeigte sich, daß bei der Kohle die Abweichungen von den Mittelwerten der gemessenen Radioaktivität mit steigender Strahlungsintensität zunahm. Bei den Bergen, deren Aktivität geringer und bei denen die Meßzeit entsprechend länger war, fielen die Abweichungen deutlich geringer aus.

Die Zählraube betrug bei Bergen 29 %, die Standardabweichung 2.99 %; bei Kohle waren die entsprechenden Werte 25 % bzw. 4.02 %.

## 3. LITERATURVERZEICHNIS

Bartelt, D. 1989. "Entwicklungstendenzen in Der Steinkohlenaufbereitung Seit Den Fünfziger Jahren - Teil 1", Aufbereitungs-Technik, Nr. 4, 197-205.

Monostory F. P. und Kubitzka, K. H. 1989. "Trennergebnisse Von Betriebsanlagen Für Die Schaumflotation Der Schlämme in Steinkohlenaufbereitungsanlagen, Aufbereitungs-Technik, Nr. 5, 277-286.

Sabah, E. 1991. "Untersuchungen Zum Adsorptionsverhalten Der Paraffinenen Komponente Von Steinkohleflotationsölen mit Hilfe der  $^{14}\text{C}$ -Leit isotopenmethode", Diplomarbeit, Lehrstuhl für Aufbereitung, Kokerei und Brikettierung an Der RWTH Aachen, Deutschland, 77 s.

Giesen, T. 1986. Diplomarbeit, Lehrstuhl Für Aufbereitung, Kokerei und Brikettierung an der RWTH Aachen, Deutschland.

Trecarlab Instruments, Bedienungsanleitung Tracerlab Modell C-1.