

A 7 7900105

SGAE BER. No. 3023

CH-245/79

JÄNNER 1979

**Berichte der
Österreichischen Studiengesellschaft
für Atomenergie Ges. m. b. H.
Forschungszentrum Seibersdorf**

BRANDVERSUCH AN EINEM MIT NATRIUMNITRAT-BITUMEN BEFÜLLTEN
LAGERBEHÄLTER

KARL KNOTIK
PETER LEICHTER
KURT SPALEK

BRANDVERSUCH AN EINEM MIT NATRIUMNITRAT-BITUMEN BEFÜLLTEN
LAGERBEHÄLTER

Karl Knotik
Peter Leichter
Kurt Spalek

Arbeitsbericht

Österreichische
Studiengesellschaft für Atomenergie
Ges.m.b.H.
Lenaugasse 10 A-1082 Wien

INSTITUT FÜR CHEMIE
Forschungszentrum Seibersdorf

An dieser Arbeit waren außer den Autoren noch folgende Mitarbeiter
beteiligt:

Gottfried Kahl
Heinrich Knoll
Michael Schor
Josef Fekete

BRANDVERSUCH AN EINEM MIT NATRIUMNITRAT-BITUMEN BEFÜLLTEN
LAGERBEHÄLTER

KURZFASSUNG

Zur Klärung der Entzündbarkeit von in Stahlblechtrommeln gelagerten Natriumnitrat-Bitumengemischen wurde ein Brandversuch durchgeführt. Dazu wurde eine 50 l-Blechtrommel befüllt mit 80,7 kg Bitumen-Salzgemisch (Gehalt an NaNO_3 : 51,87 Gew.-%) in Sand eingebettet und 15 cm hoch mit Sand überdeckt in einer 200 l-Blechtrommel mit 74,0 l Benzin übergossen und dieses in Brand gesteckt. Bis zum selbstständigen Erlöschen der Flammen auf der Sandoberfläche verbrannten 30 % (22,2 l) des zugesetzten Brennstoffes. Nur 0,7 % der dabei freigesetzten Energiemenge wurden zur Erwärmung an die Sandschüttung abgegeben. Die höchste am Testbehälter gemessene Temperatur betrug 34°C . Es muß daher angenommen werden, daß bei technisch richtiger Lagerung von bituminiertem Abfall, - Füllung aller Hohlräume mit nicht brennbarem Füllmaterial (Sand, Salz) -, die Entzündungstemperatur des Gemisches (ca. 400°C) auch durch externe Einwirkungen praktisch nicht erreicht werden kann.

BURNING TEST ON A STORAGE DRUM FILLED WITH A MIXTURE OF
SODIUMNITRATE AND BITUMEN

ABSTRACT

A burning test on a common storage drum filled with a mixture of sodiumnitrate and bitumen was carried out to show the incinerability of said mixture. A 50 l mild steel drum was filled with 80,7 kg sodiumnitrate/bitumen-mixture. The drum was packed in a 200 l mild steel drum, the remaining space was filled with enough sand to cover the top of the inner drum with 15 cm of sand. The sand

packing was then soaked with 74 l of light distillate fuel and ignited. The fuel burned until self-extinguishing occurred. 30 % (22,2 l) of the fuel was burned. 0,7 % of the energy potential was absorbed in the sand layer. The highest measured temperature was 34°C at the top of the test drum. It can be concluded, that even under severe external actions the ignition temperature of 400°C for bitumen/waste mixtures cannot be reached, providing correct technical storage conditions, which means that the void space in the cavities is filled with unburnable absorbing material like sand or salt.

INIS-Fachbereich: B31, E51, E52

INIS-Deskriptoren: BITUMEN/WASTE PROCESSING/FIRE RESISTANCE

1. Einleitung und Problemstellung

Als Voraussetzung zur Lagerung von radioaktiven und/oder toxischen Abfällen wird deren Verfestigung und damit Überführung in eine langzeitstabile Form gefordert. Das dabei hergestellte Produkt muß Eigenschaften aufweisen, die ein Verschleppen von radioaktiven oder toxischen Schadstoffen in die Bioephäre weitgehend verhindern. Für die Verfestigung bzw. Einbettung von niedrig- bzw. mittelaktiven Abfällen stehen gegenwärtig als Matrixmaterial Zement und Bitumen in Verwendung und Kunstharz in Erprobung. Bitumen, das in der Natur in geologischen Formationen als Asphalte mit einem Gehalt von wenigen Prozenten in Gesteinen und Sanden bis über 90 % in den Asphaltiten vorkommt, ist ein stabiles, alterungsbeständiges Material mit hervorragenden Eigenschaften gerade im Gemisch mit festen Stoffen.

Die zähfesten Asphaltprodukte sind mechanisch stabil, haben eine um rund zwei Zehnerpotenzen höhere Auslaugbeständigkeit als vergleichbare Zementprodukte und sind bis zu 50 - 70 % mit getrockneten Abfällen befüllbar. Als organische Substanz jedoch stellt es eine Brandlast dar und wird deshalb oft voreilig als Matrixmaterial für die Endlagerung abgelehnt.

Durch den im Folgenden beschriebenen Versuch sollte der Nachweis erbracht werden, daß bei technisch richtiger Lagerung von bituminier-ten Abfällen ein Abbrennen des Inhalts auch durch extreme Einwirkung von Außen kaum möglich ist. Dabei wird unter technisch richtiger Lagerung die Befüllung der Zwischenräume bzw. Hohlräume und Abdeckung der Oberflächen eines Behälterstapels mit Sand (oder Salz, falls die Lagerung in Salzstücken erfolgt) nach der Beladung eines Lagers mit Abfallbehältern verstanden. Unter diesen Bedingungen können Gase oder Dämpfe erst oberhalb der Sandoberfläche bei der erforderlichen Entzündungstemperatur gezündet werden. Sie brennen solange, bis eine der die Verbrennung unterhaltenden Komponenten - der Brennstoff bzw. der Sauerstoff - verbraucht ist. In einem geschlossenen Raum ohne Luftzufuhr (Kaverne, Bunker) wird zunächst der Sauerstoff verbraucht, - dies bewirkt ein Ersticken der Flammen -; in einem offenen Raum (Lagerhalle mit Luftzufuhr) wird vorerst der Brennstoff

verbraucht. Der Sand wirkt in allen Fällen als Kapillarmatrix d.h. wie ein Docht. Gase bzw. Dämpfe, die in der Schüttung entstehen, steigen an die Oberfläche und können erst hier, - die notwendige Entzündungstemperatur vorausgesetzt-, mit der Umgebungsluft verbrennen. Die dabei entstehende Wärmemenge reicht jedoch nicht aus, um den bitumenverfestigten Faßinhalt soweit zu erhitzen, daß dieser mit den unter Umständen zugemischten Nitraten oder Nitriten reagiert und sich entzündet. Die für diese Reaktionen notwendigen Aufheiztemperaturen liegen alle deutlich über den Flammpunkt der eingesetzten Bitumen in Bereichen um 400°C (1, 2).

Zur Erhärtung dieser Tatsachen wurde eine 50 l Stahlblechtrommel mit einem homogenen Natriumnitrat-Bitumengemisch beladen und anschließend in einer 200 l Stahlblechtrommel so in Sand eingebettet, daß sie am Boden und an der Seitenwand von einer 5 - 8 cm dicken Sandschicht umhüllt wurde. Der mit einem Spannring befestigte Deckel des Testbehälters wurde mit einem ca. 15 cm hohen Sandbelag überschichtet. Diese Anordnung entspricht in groben Zügen den Bedingungen in einem Langzeitlager. Die Versuchsanordnung aus sandbefüllter Blechtrommel mit eingebettetem dichtverschlossenen Testbehälter wurde soweit mit Leichtbenzin gefüllt, bis der Flüssigkeitsspiegel ca. 3 cm über der Sandoberfläche stand. Nach der Zündung der Benzindämpfe mit einer externen Zündquelle bei gleichzeitiger Kontrolle der Erwärmung der Sandfüllung und der Bitumen-Salzbeladung im Testgefäß konnten die oben angeführten Überlegungen durch die Versuchsergebnisse bestätigt werden. Unter den Bedingungen des Experimentes wurden als maximale Temperatur am Testbehälter, an der der Sandoberfläche zugewandten Seite der Behälterabdeckung 34,0°C gemessen.

Über die Einzelheiten des Versuchsaufbaues und des Versuchesablaufes soll im Nachfolgenden berichtet werden.

2. Vorbereitung und Beladung des Testbehälters

Als Testbehälter wurde für den Versuch eine außen schwarz lackierte Stahlblechtrommel mit 50 l Fassungsvermögen adaptiert. Die Trommelwand wurde in Abständen von 5 cm vom oberen Rand bzw. vom Boden

und in der Mitte zwischen Rand und Boden durchbohrt. In diese drei auf einer Geraden senkrecht zum Boden liegenden Bohrungen wurden drei bis in das Zentrum des Behälters reichende am inneren Ende geschlossene Rohrstücke (JD: 4 mm) dicht eingelötet. Sie gestatteten das Anbringen von drei Thermoelementen zur Kontrolle der Temperaturen im Zentrum des beladenen Testbehälters während des Versuches.

Nach dieser Vorbereitung wurde der Behälter mit einem Natriumnitrat-Bitumengemisch voll befüllt. Dies wurde unter praxisnahen Bedingungen durchgeführt. Ein wässriges Konzentrat mit einem Gehalt von 20 Gew.-% Natriumnitrat wurde nach dem von VEW und SGAE entwickelten Bituminierverfahren über einen motorbetriebenen Vertikalrockner (Eindampfleistung: 25 kg/h) im Vakuum getrocknet und direkt in einen unter dem Trockner montierten Mischbehälter in geschmolzenes Bitumen eingebracht. Die Vermischung zwischen Trockenprodukt und Bitumenschmelze erfolgt bei diesem Verfahren allein durch die Sedimentation der schwereren Salze im Bitumen (3). Anschließend wurde das Produkt in den in einem Rezipienten vorgelegten Testbehälter abgelassen und dieser für den Versuch mit dem Gemisch voll beladen. Nach dem Abkühlen des Behälters wurden die Seitenwand und der mit einem Spannring befestigte Deckel mit temperaturempfindlichen Lacken (Thermin-dex) markiert, die durch einen scharfen Umschlag der Farbe das Erreichen oder Überschreiten einer charakteristischen Oberflächentemperatur anzeigen. Die Behälterwand wurde an drei Positionen: im oberen, mittleren und unteren Drittel mit jeweils 4 Marken versehen (Farbumschlag: 115°C/140°C/150°C/180°C) der Deckel mit 8 Marken (Farbumschlag: 115°C/140°C/150°C/180°C/205°C/400°C/440°C/560°C) (siehe Abb. 4). So vorbereitet, wurde der Testbehälter in den Versuchsaufbau eingebracht. Die Beladung betrug 80,72 kg Bitumen-Salzgemisch mit einem Gehalt an Natriumnitrat von 51,87 Gew.-% in Bitumen der Type Mexphalt 10/20.

3. Versuchsaufbau

Als zweiter wesentlicher Teil für den Versuch wurde eine Stahlblechtrommel mit 200 l Inhalt entsprechend ausgerüstet. Sie diente als

äußeres Gefäß zur Aufnahme der Komponenten Testbehälter, Sand, Brennstoff und der für die Registrierung des Temperaturverlaufes notwendigen Thermolemente. Auch dieser Behälter wurde an entsprechenden Stellen der Seitenwand zuerst mit Bohrungen versehen in die gasdicht verschraubbare Durchführungen für sechs Thermolemente (Ni-Cr, Ni) eingelötet wurden. Dabei wurde eine Gruppe von drei Durchführungen so angebracht, daß nach Positionierung des Testbehälters in diesem Außenbehälter eine fluchtende Einföhrung von drei Thermolementen durch die beiden Behälterwände in die produktseitig geschlossenen Rohrstutzen bis in das Zentrum des Testbehälters möglich war. (Die Thermolemente 4, 5 und 6 in der Abb. 1). Drei weitere Durchführungen wurden in einem kurzen seitlichen Abstand so in die Behälterwand montiert, daß die dazugehörigen Thermolemente von außen den Testbehälter oben in der Mitte des Deckels, seitlich in der Mitte der Seitenwand und unten in der Mitte des Bodens berührten. (Die Thermolemente 1, 2 und 3 in der Abb. 1). Anschließend wurde der Zusammenbau der Versuchsanordnung durchgeführt.

Um eine niveeustabile Fixierung des Testbehälters im Außenbehälter zu gewährleisten, wurden in den Behälter zwei Ziegelesteine gelegt. Diese wurden gleichmäßig in Sand eingebettet, sodaß der Behälterboden bis auf die Höhe der Ziegel mit Sand befüllt war. Mit einem Kran wurde anschließend der Testbehälter auf die Ziegel gestellt, die sechs Thermolemente in die vorgesehene Position gebracht und in den Durchführungen gasdicht festgeschraubt. Hierauf wurde der Ringraum zwischen Testbehälter und Außenbehälter mit Sand ausgefüllt und weitere der Testbehälter 15 cm hoch mit Sand überschichtet. Die Sandoberfläche lag 8 cm unter dem Rand des äußeren Behälters. Wie beim Testbehälter wurde auch die Seitenwand des galblackierten Außenbehälters im oberen Drittel in der Mitte und im unteren Drittel mit jeweils 8 Marken des Temperatur-Indikatorlackes (Thermindex) versehen ($115^{\circ}\text{C}/140^{\circ}\text{C}/150^{\circ}\text{C}/180^{\circ}\text{C}/205^{\circ}\text{C}/400^{\circ}\text{C}/440^{\circ}\text{C}/560^{\circ}\text{C}$). Diese derart vorbereitete Versuchsanordnung wurde auf den Abbrennplatz überführt und hier über Nacht deponiert, damit sich vor der Versuchsdurchführung weitgehend gleichförmige Temperaturverhältnisse einstellen konnten. Als Sandfüllung wurden ca. 155 kg (130 l) Schleifsand (Bausand) mit einem durchschnittlichen Wassergehalt von 3,5 % und einer Korngröße 0 - 1 mm eingesetzt. Zum Versuchsaufbau siehe die Abb. 1.

4. Versuchsdurchführung

Der über Nacht auf gleichmäßige Temperatur gebrachte Versuchsaufbau wurde mit seinen sechs Ni-CrNi/Thermoelementen über Ausgleichsleitungen (3 m) an ein programmierbares Meßgerät (Compact Logger, Schlumberger Solatron 3430) angeschlossen, das automatisch in vorgegebenen Zeitintervallen (anfänglich 2, später 5 Min.) die Thermospannungen der eingebauten Thermoelemente plus eines Referenz-Thermoelementes laufend auf einen Druckstreifen registrierte. Unmittelbar vor Versuchsbeginn wurden die Versuchsanordnung mit 74 l (49,6 kg) Leichtbenzin (Siedebereich 60 - 80°C) befüllt, so daß der Flüssigkeitsspiegel ca. 3 cm über der Sandoberfläche stand. Das Wetter war nebelig und kalt bei Windgeschwindigkeiten um 4 m/s aus Richtung NO. Die Außentemperatur betrug + 0,6°C. Im Inneren der Versuchsanordnung war die tiefste Temperatur + 3°C in der oberen Zone der Füllung des Testbehälters; die höchste Temperatur zeigte die mittlere Meßposition an der Seitenwand des Testbehälters mit + 8°C.

Mit der Zündung der Benzindämpfe im Außengefäß durch eine externe Zündquelle (Lunte) wurde der Versuch eingeleitet. Es kam zu einem hochlodernden Abbrand oberhalb des Flüssigkeitsspiegels mit charakteristischer Rußbildung und einem für einen Benzinbrand typischen Flammenbild. Die Mächtigkeit des Flammenbildes wurde von der unterschiedlichen Luftzufuhr bestimmt (Wind). Die Flammen schlugen mit der Windrichtung über die Seitenwand des Behälters.

Nach 2 Minuten:

Die Entzündungstemperatur wird am Rand des Außenbehälters erreicht, die Flammenbildung erfolgt hauptsächlich in diesem Bereich. Nachfolgend stellt sich ein ruhiger und gleichmäßiger Abbrand ein, wobei die Mächtigkeit der Flammenbildung abzunehmen beginnt.

Nach 6 Minuten:

Das überstehende Benzin ist abgebrannt. Bestimmend für den Abbrand sind die aus dem Sand aufsteigenden Dämpfe und die unterschiedliche Luftsauerstoffzufuhr. Die Zündung erfolgt am Faßrand. Weiterhin ab-

nehmendes Ausmaß des für einen Benzinbrand typischen Flammenbildes mit beginnender Rußabscheidung auf der Sandoberfläche.

Nach 12 Minuten:

Zunehmende Rußbildung auf der Sandoberfläche mit charakteristischem Abbrand von Benzindämpfen.

Nach 45 Minuten:

Die Mächtigkeit des Flammenbildes ist auf ca. 1/3 der ursprünglichen Größe reduziert. Ein geschlossener Rußbelag bedeckt die Sandoberfläche.

Nach 90 Minuten:

Bei merklich vermindeter Benzindampfkonzentration bilden sich die Flammen knapp oberhalb der Sandoberfläche. Ihre Höhe beträgt ungefähr 20 cm, die Ausbildung ist ungleichmäßig.

Nach 120 Minuten:

Weitere Reduktion der Flammenhöhe auf ca. 15 cm. Es kommt zur Aufspaltung des Flammenbildes auf einzelne lokale Bereiche der Sandoberfläche.

Nach 140 Minuten:

Als Folge der reduzierten Benzindampfkonzentration wird der Abbrand ungleichmäßig und flackernd. Die Flammenhöhe bewegt sich in Dimension um 5 - 10 cm.

Nach 160 Minuten:

Noch ist das Flammenbild typisch für den Abbrand von Benzindämpfen. Die Rußablagerungen auf der Sandoberfläche erreichen eine Stärke von ca. 1 - 1,5 mm. Die Höhe der Flammen ist unverändert.

Nach 190 Minuten:

Die Flammenbildung ist bereits auf wenige lokale Bereiche der Sandoberfläche beschränkt. Die Flammen dieses nun stark reduzierten Abbrandes erreichen nur mehr Höhen um 2 - 3 cm.

Nach 195 Minuten:

Alle Flammen erlöschen selbstständig. Die Dampfbildung aus dem restlichen im Sand gelagerten Benzin reicht nicht mehr aus, um ein neuerliches Zünden mit Hilfe einer Lunte zu bewirken.

Der Versuchsablauf wird in den Abb. 5 bis 8 dokumentiert.

5. Versuchsergebnis

Wie in den Abschnitten 1 - 4 des vorliegenden Berichtes zum Teil bereits mitgeteilt, enthält der Versuchsaufbau folgende Komponenten:

- Eine 50 l Blechtrommel, befüllt mit 80,72 kg Natriumnitrat-Bitumengemisch mit einem Gehalt von 51,87 % an Natriumnitrat (d.s. 41,87 kg Natriumnitrat, 38,85 kg Mexphalt 10/20).
- Zur Einbettung und Überschichtung des Testbehälters 155 kg feinen Schleifsand (Korngröße 0 - 1 mm) mit einem durchschnittlichen Wassergehalt von 3,5 %.
- Als Brennstofffüllung 49,58 kg Leichtbenzin (Siedebereich 60 - 80°C) mit einem Gesamtheizwert von 520,59 Mcal. (2180 MJ)

Die durch Verbrennen und Verdampfen abgeführte Benzinmenge wurde durch eine Wägung ermittelt. Der fehlende Anteil betrug 14,88 kg (22,2 l), oder 30,0 % der eingesetzten Menge. Dies entspricht einer Energiemenge von 156,24 Mcal (654 MJ), die während des Abbrandes freigesetzt wurde.

Zur Erstellung einer Energiebilanz wurden unmittelbar nach dem Erlöschen der Flammen die Temperaturen in einzelnen Zonen der Sandschicht über dem eingebetteten Testbehälter gemessen. In den angeführten Abständen von der Sandoberfläche wurden folgende Werte registriert:

2 cm	165,0°C
5 cm	120,0°C
10 cm	46,6°C
15 cm	34,0°C

Unter Berücksichtigung dieser Daten, der zugehörigen Sandmengen, sowie des ursprünglichen Wassergehalts von 3,5 % im verwendeten Sand wurde die in der Sanddeckschicht aufgenommene Energiemenge errechnet. Es sind dies insgesamt nur 1,1 Mcal (4,6 MJ), also ein unbedeutend kleiner Bruchteil von 0,7 % der gesamten beim Abbrand freigemachten Energiemenge. Damit erklärt sich auch die Tatsache, daß die über die 6 Thermolemente registrierten Temperaturen nur geringfügige Änderungen während des Versuches anzeigten. Die höchsten Temperaturen wurden selbstverständlich mit dem der Sandoberfläche am nächsten in 15 cm Tiefe montierten, auf der oberen Abdeckung des Testbehälters aufliegenden Thermolement gemessen. Es sind dies die bereits angegebenen 34,0°C. Alle übrigen Temperaturen blieben praktisch unverändert auf Werten wie sie zu Beginn innerhalb und außerhalb des eingebetteten Testbehälters vorherreichten. Die in den Temperaturkurven auftretenden Schwankungen sind auf eine geringfügige Erwärmung nach dem Einbringen des etwas wärmeren Benzins zu Beginn des Versuches, dann auf eine schwache Abkühlung zum Teil durch den Entzug von Verdampfungswärme im Versuchsaufbau und durch Anpassung an die Umgebungstemperatur, - die Außentemperatur lag zwischen 0 und + 1°C -, während des Versuches.

In der Abb. 2 sind die Temperaturänderungen im Sandbett des Versuchsaufbaues angegeben, wobei die Kurven 1, 2, 3 den entsprechenden Thermolementen 1, 2, 3 der Abbildung 1 zuzuordnen sind. Die Temperaturen im Testbehälter zeigen die Kurven 4, 5, 6 in der Abb. 3. Hier entspricht die Bezifferung gleichfalls der der Thermolemente in Abb. 1. Der Kurvenzug Nr. 7 zeigt den Temperaturverlauf der Umgebungstemperatur. Entsprechend zu diesen Temperaturen im Bitumen-Natriumnitratgemisch des Testbehälters und im Sandbett des Außenbehälters wurden daher nur die Marken der Thermindex-Lacke unterhalb des oberen Randes am Mantel des Außenbehälters verändert. Durch tiefschlagende Flammen zu Beginn des Versuches wurden sie jedoch so

stark verrußt, bzw. durch die direkte Flammeneinwirkung zerstört, so daß sie zur Temperaturregistrierung nicht herangezogen werden konnten. Die in diesem Bereich des Außenbehälter-Mantels auftretenden Temperaturen wurden daher mit einem Temperaturfühler festgestellt. In den angegebenen Abständen vom oberen Mantelrand nach unten gemessen, waren dies folgende Werte:

2 cm	220°C
5 cm	125°C
10 cm	52°C
15 cm	29°C
20 cm	7°C
25 cm	5°C

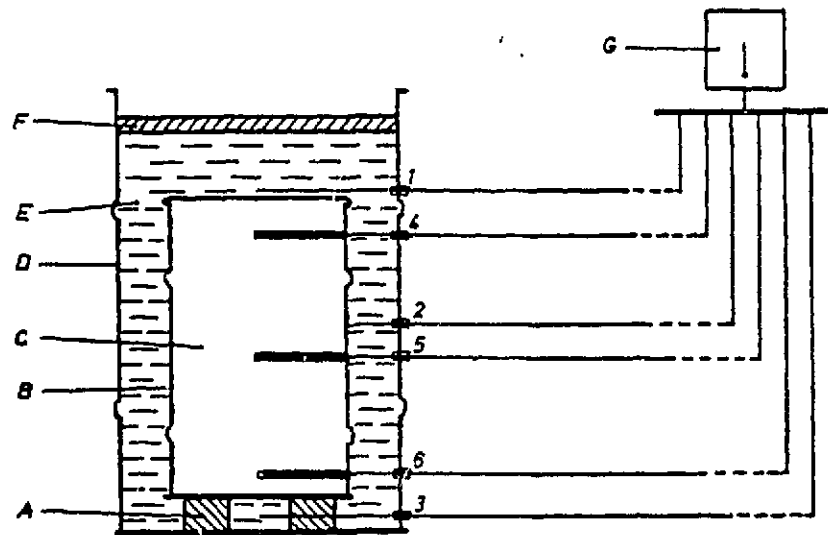
Die übrigen Marken im mittleren und unteren Bereich des Außenbehälters und alle Marken auf den Testbehälter blieben unverändert, weil es in diesen Bereichen des Versuchsaufbaues zu keinen signifikanten Temperaturerhöhungen kam (Abb. 9). Beim Abheben der oberen Sandschicht konnte der Flüssigkeitsspiegel des unverbrannten Benzins ca. 20 cm unter der Sandoberfläche lokalisiert werden.

Faßt man das Versuchsprogramm noch einmal zusammen, so ergibt sich für eine technisch einwandfreie Lagerung die Notwendigkeit den bituminierten Abfall unter Ausschluß von frei zirkulierender Luft in einem Lagerraum unterzubringen. Das heißt alle Hohlräume und Zwischenräume zwischen den Lagerbehältern müssen mit geeigneten Material ausgefüllt und der Raum über den Behälterstapel möglichst bis zum Raumabschluß überdeckt werden. Mit diesen Maßnahmen können keine Brände entstehen, die das Lager auf Temperaturen um 400°C (Entzündungstemperatur) erhitzen. Solche Temperaturen sind jedoch die Voraussetzung, für die Entzündung der eingelagerten Bitumen-Salzgemische. Erst dann kann ausreichend Sauerstoff aus den eingelagerten Nitraten freigesetzt werden, der einen Abbrand von Bitumen auch unter Luftabschluß ermöglicht. Bei oberirdischen Betonbunker-Anlagen kann ein derart gesicherter Abfall auch bei Katastrophen, wie z.B. bei einem Flugzeugabsturz, nicht durch eindringenden Treibstoff ge-

fährdet werden, weil wie im Versuch gezeigt wurde, die Treibstoffdämpfe nur an der Oberfläche des Füllmaterials verbrennen, im Inneren der Einbettung jedoch die Gleichgewichtstemperatur kaum erhöht wird. Es tritt sogar zeitweise eine Abkühlung durch Verdampfen des Brennstoffes ein, sodaß nur mehr oder weniger große Bruchteile des gesamten eingedrungenen Brennstoffes über die Entzündungstemperatur erhitzt werden und verbrennen können. Die sich daraus ergebene Forderung nach einem unbrennbaren, kapillaren (saugenden), isolierenden, leicht zu handhabenden und daher zugriffreicheren Füllmaterial wird durch Sand in idealer Weise erfüllt.

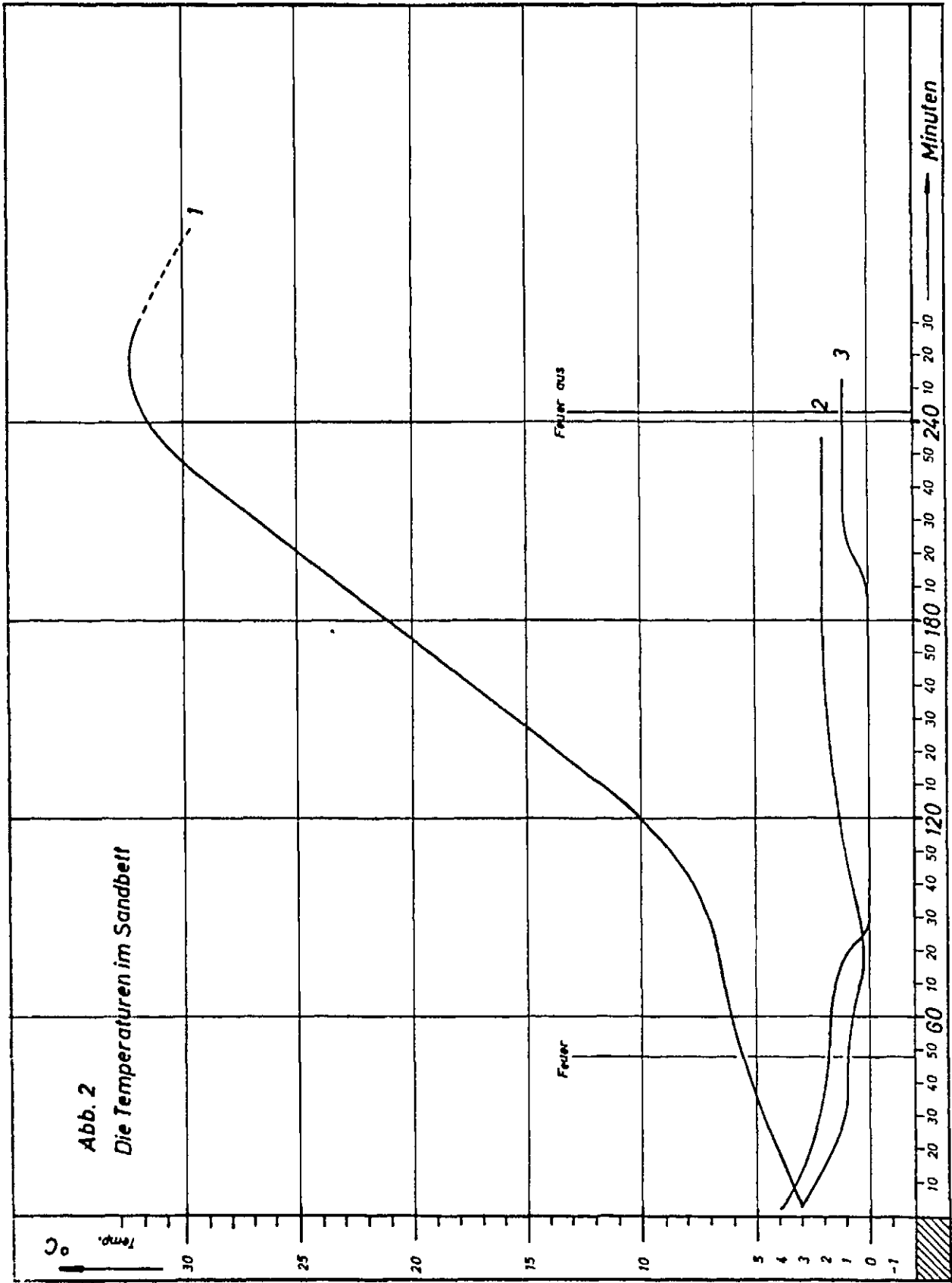
Literatur

- 1) ZEGER J., KNOTIK K.: Untersuchungen zur thermischen Belastbarkeit von Bitumen-Salz-Gemischen. Kerntechnik 19 (1977), No. 4, 188 - 195.
- 2) ZACHAROVA K.P., KULICENKO V.V., et al. : Über die Brand- und Explosionsicherheit beim Einschluß in Bitumen. Atomnaja Energia 44 (1978), No. 5, 436 - 437.
- 3) JAKUSCH H., KNOTIK K., ZEGER J.: Neuentwicklungen zur Bituminierung von radioaktivem Abfall. Elektrotechnik und Maschinenbau 93 (1976), No. 11, 502 - 507.



- | | | | |
|-----|-------------------------|---|----------------|
| 1-6 | THERMOELEMENTE | D | AUSSENBEHÄLTER |
| A | ZIEGEL | E | SANDFÜLLUNG |
| B | TESTBEHÄLTER | F | BENZIN |
| C | SALZ-BITUMEN
GEMISCH | G | COMPACT LOGGER |

Abb.1: Versuchsanordnung des Brandversuches



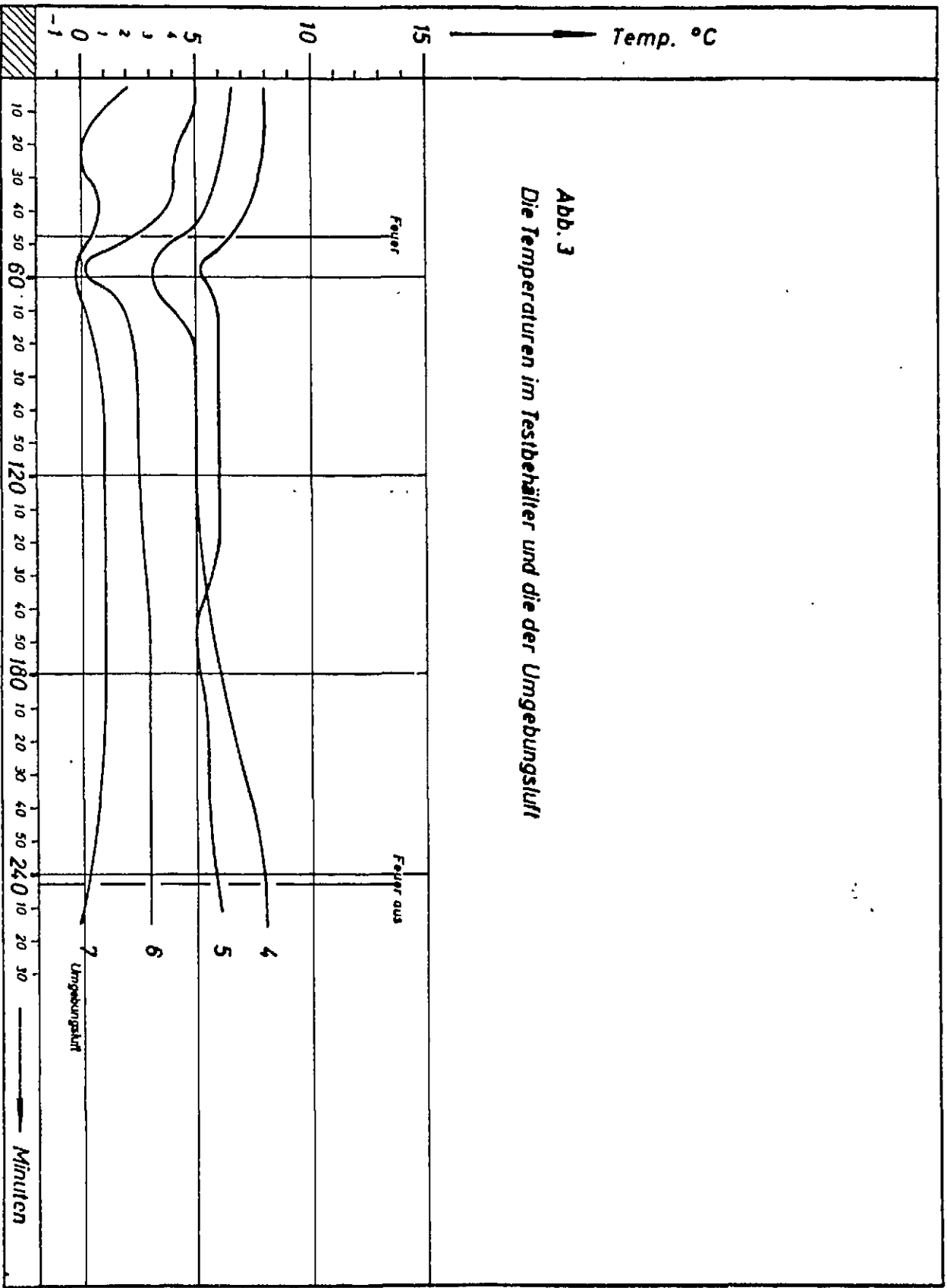


Abb. 3
Die Temperaturen im Testbehälter und die der Umgebungsluft

Abb. 4

Der Testbehälter
versehen mit Marken
temperaturempfindlicher
Lacke (Thermindex)

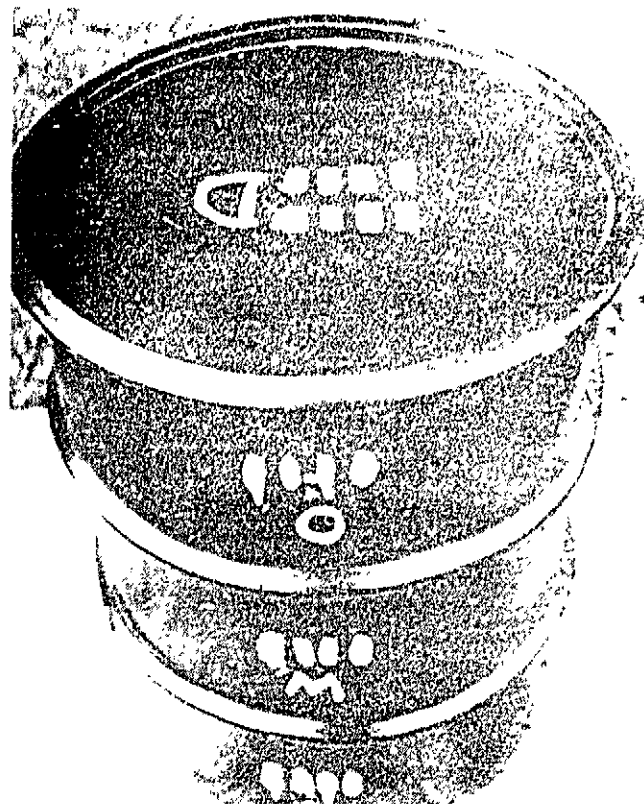


Abb. 5

Der Versuchsaufbau mit
den Thermoelementen (1-6)
und den Thermindex-Marken

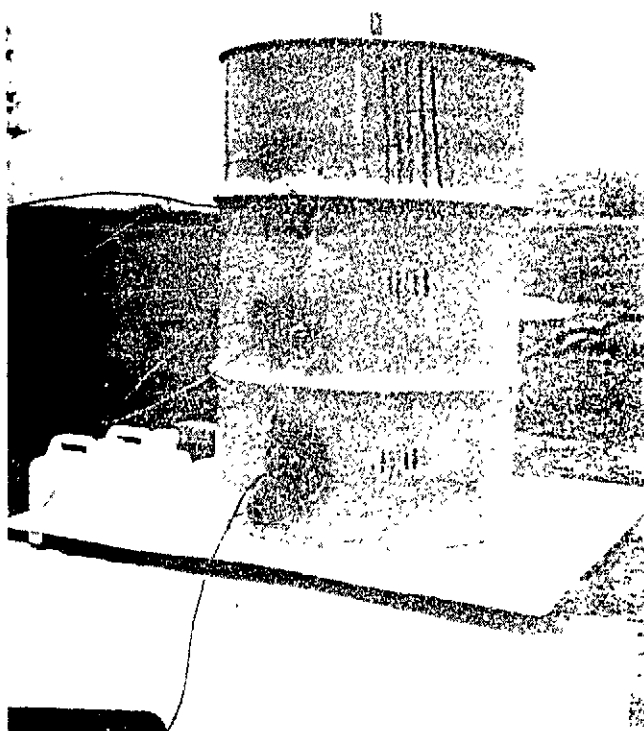


Abb. 6

Das Flammenbild
2 Minuten nach dem Zünden
Im Vordergrund steht die
Registriereinheit mit dem
Drucker.

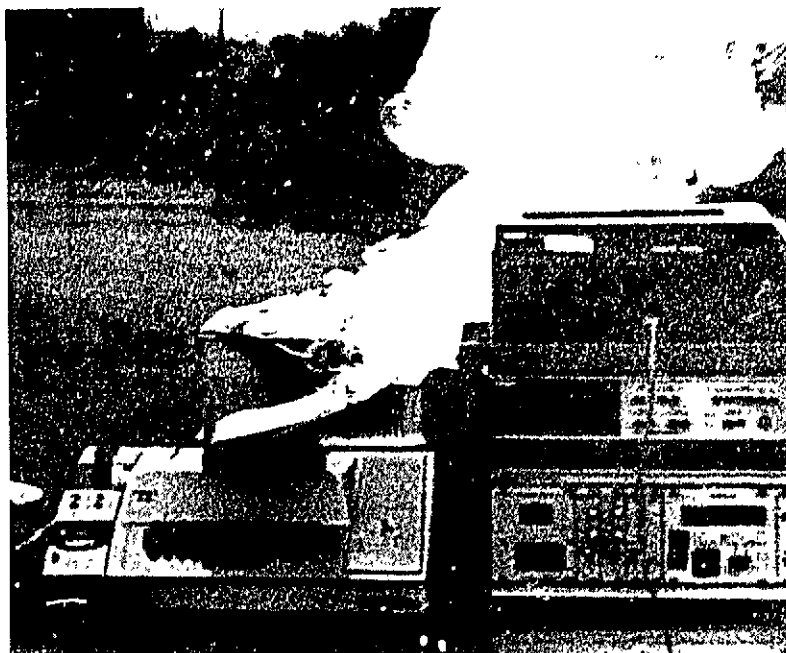


Abb. 7

Die Thermindex-Marken am
Mantel des Außenbehälters
werden im oberen Drittel
durch die Flammen zerstört.
Die Marken in der Mitte
und im unteren Drittel
bleiben unverändert.

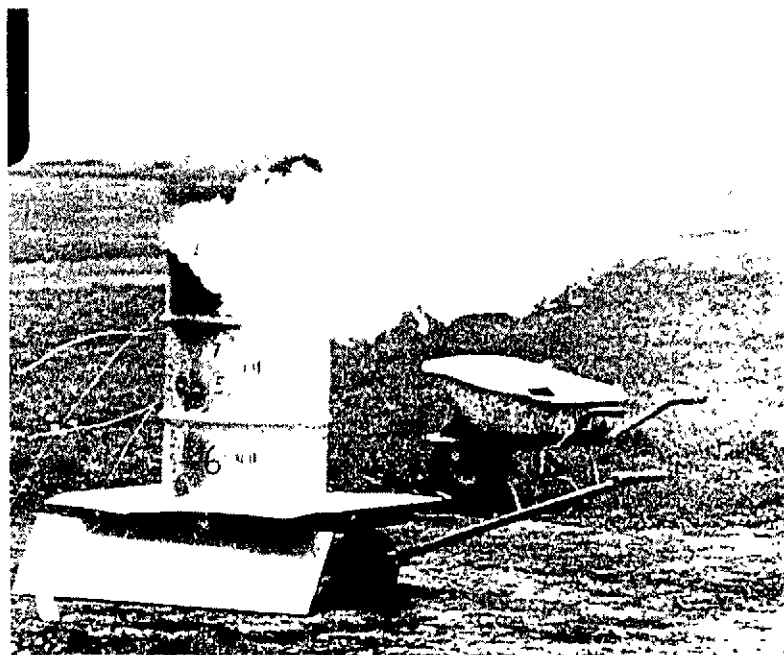


Abb. 8

Das Flammenbild
160 Minuten nach dem
Zünden.



Abb. 9

Der Deckel des Testbehälters
nach der Beendigung des Ver-
suches. Die Thermindex-Marken
sind unverändert.



SGAE-Berichte: Eigentümer, Herausgeber, Verleger und Druck:
Österreichische Studiengesellschaft für Atomenergie Ges.m.b.H.
Nach dem Pressegesetz verantwortlich:
a.o. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. Franz JEGLITSCH,
alle Lenaugasse 10, 1082 Wien, Tel. (0222) 42 75 11, Telex 7-5400

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor.