

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM**

**KARLSRUHE**

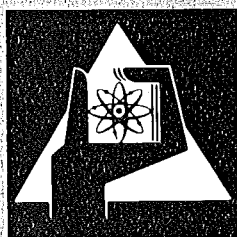
November 1977

KFK 2525

Institut für Reaktorentwicklung  
Projekt Schneller Brüter

**Erprobung eines Löschpulvers auf der Basis von  
Graphit für Flüssigmetallbrände**

P. Menzenhauer, G. Ochs, W. Peppler



**GESELLSCHAFT  
FÜR  
KERNFORSCHUNG M.B.H.**

**KARLSRUHE**

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.  
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

KFK 2525

Institut für Reaktorentwicklung

Projekt Schneller Brüter

Erprobung eines Löschpulvers auf der Basis von Graphit  
für Flüssigmetallbrände

---

P. Menzenhauer

G. Ochs

W. Pepler

Gesellschaft für Kernforschung mbH., Karlsruhe



## Erprobung eines Löschpulvers auf der Basis von Graphit für Flüssigmetallbrände

---

### Kurzfassung

Ein auf der Basis von Graphit aufgebautes, von einer französischen Firma<sup>x</sup> neu entwickeltes Löschpulver für Flüssigmetallbrände, wurde an einem Natriumflächenbrand in einer Versuchswanne mit einer Fläche von 0.96 m<sup>2</sup> mit einer Natriummenge von 60 kg erprobt.

Verhalten und Löschwirkung werden geschildert und mit denen anderer Mittel, die in früheren Versuchen getestet wurden, verglichen.

Dieses neue Löschpulver hat bei Natriumflächenbränden hervorragende Löschwirkung. Die Handhabung ist einfach. Die zur Erzielung einer Löschwirkung benötigte Menge ist um mehr als eine Größenordnung geringer, als die Menge der z.Zt. zur Verfügung stehenden Löschpulver. Das Löschpulver ist nicht aggressiv.

<sup>x</sup> CECA S.A. - LE CARBONE LORRAINE

## Testing of a Graphite Based Extinguishing Powder for Use on Liquid Metal Fires

---

### Summary

A graphite based extinguishing powder, newly developed by a French firm<sup>x</sup> for use on liquid metal fires has been tested on a sodium fire in a pan of 0.96 m<sup>2</sup> using 60 kg of sodium.

The behaviour and extinguishing power are reported and compared with those of other materials tested in earlier experiments /1/.

The new powder has excellent efficiency in dealing with sodium pool fires. Application is simple. The amount required is more than an order magnitude less than that of currently available alternatives. The powder is not corrosive.

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Versuchsaufbau
3. Versuchsablauf
4. Verhalten des Löschpulvers
5. Vergleich mit anderen Löschpulvern
6. Blähtest
7. Schlußfolgerungen
8. Anhang

## 1. Einleitung

Zum Eindämmen von großen Natriumflächenbränden sind verschiedene Maßnahmen möglich, wie z.B. Einleiten des Natriums in Wannensysteme mit sehr vermindertem Sauerstoffzutritt, Ableiten in Sammel tanks, oder Abdecken mit Löschpulver. Zum Thema, Abdecken mit Löschpulver, war ein neuartiges Löschpulver auf Graphitbasis zu erproben. Insbesondere interessierten Branddämmwirkung des Löschpulvers und das Verhalten bei Berührung mit dem Flüssigmetall Natrium. Als Vergleich dienten frühere Versuche, die mit handelsüblichen Löschmitteln durchgeführt wurden /1/.

Die Dämmwirkung beruht im wesentlichen auf der Eigenschaft des Löschmittels, inwieweit sich dieses über dem Natriumspiegel als geschlossene Schicht ansammelt, und den Zutritt von Sauerstoff zum Brandherd verhindert. Von dieser Eigenschaft wird auch bestimmt, in welchem Umfang Natriumoxid-Aerosole in die Umgebung gelangen.

## 2. Versuchsaufbau

In der Brandhalle /1/ des IRE wurde eine Versuchswanne in der Mitte des Versuchsraumes aufgebaut. Sie bestand aus Stahlblech von 1 mm Stärke und hatte eine Grundfläche von 1200 x 800 mm, der Rand war ursprünglich 100 mm hoch, wurde aber auf Wunsch des Löschmittelherstellers auf 200 mm erhöht. Die Erhöhung bestand aus einem Blechstreifen, welcher in kurzen Abständen angepunktet wurde (siehe Abb. 2).

Die Wanne hatte einen Rahmen aus Profileisen, welcher für genügend Steifigkeit sorgte. Unter dem Boden der Wanne war eine Beheizung aus 3 Rohrheizern mit je 2000 Watt Leistung angebracht. Gegen Wärmeverluste nach unten war die Wanne mit 100 mm wärmebeständiger Isolierung versehen. Der obere Abschluß der Wanne bestand aus einem Deckel, welcher ebenfalls mit einer Isoliermatte abgedeckt war. In der Mitte des Deckels war eine Bohrung angebracht, durch welche ein Thermoelement in die Wanne und damit in das Natrium getaucht werden konnte, um die Natriumtemperatur zu messen.

Diese Temperatur wurde mittels Punktschreiber aufgezeichnet.

### 3. Versuchsablauf

60 kg Natrium wurde in Form von Riegeln in die Wanne eingebracht. Danach wurde der Deckel mit der Isolation aufgelegt und das Thermoelement in die Wanne zwischen die Riegel gesteckt und diese aufgeheizt.

Die für den Versuch verwendete Wanne mit isoliertem Boden und einer zum Aufschmelzen des Natriums installierten Bodenheizung gestattete eine zügige Aufheizung des Natriums. Der isolierte Deckel schloß die Wanne so dicht ab, daß kaum Aerosole entweichen konnten. Da die Heizung keine Regelung besaß, wurde die Aufheizperiode kurze Zeit unterbrochen (siehe Abb. 1), um den terminlich fixierten Versuchsbeginn nicht zu gefährden. Nach dem Entfernen der Wannendeckung bei ca. 280 °C begann das Natrium nur zögernd zu brennen. Die Oberfläche der Natrium-Lache war mit einer leichten Oxidschicht bedeckt (Abb. 4). Erst bei einer Temperatur von ca. 400 °C setzte eine intensivere Verbrennung ein. Die Natrium-Boberfläche nahm eine dunklere metallische Färbung an. Die Aerosolentwicklung verstärkte sich zunehmend.

Die Wärmefreisetzung durch den Brand führte in der Folge zu einer raschen Aufheizung des Natriums, so daß nach 16 min. 720 °C im Natrium erreicht waren (Abb. 1). Damit war die Beharrungstemperatur des Natriums erreicht und die Wanneneheizung wurde ausgeschaltet.

Mit einem Handfeuerlöscher von 2 kg Fassungsvermögen wurde dann das Pulver auf den Flächenbrand in der Wanne aufgebracht. Der Vorgang dauerte weniger als eine Minute. Da der Feuerlöscher das Pulver nicht gleichmäßig förderte, wurde der Löschvorgang mehrmals unterbrochen, was auch dazu führte, daß die Fläche nicht ganz gleichmäßig mit einer dicken lokaleren Schicht geblähten Pulvers bedeckt war.

An einigen Stellen waren noch kleinere, rot durchleuchtende Brandstellen zu sehen. Auf diese wurde mit einer Schaufel noch ca. 1,5 kg granuliertes Löschpulver aufgegeben. Danach waren auf der Wanne keine Brandstellen mehr zu sehen, und von der abgedeckten Fläche stiegen auch praktisch keine Aerosole mehr auf.

Inzwischen war das Natrium aber an den inneren Wannenträndern emporgekrochen und durch die nur angehefteten Stellen der Randerhöhung hin-



durchgetreten und brannte an der Außenseite der Wanne (Abb. 5).

Der gute Eindruck der Wirksamkeit des Löschpulvers wurde durch diesen nicht repräsentativen Nebeneffekt etwas abgeschwächt. Auch auf dieses an der Außenseite der Wanne hindurchgetretene Natrium wurde ca. 1 kg Löschpulver (Abb. 6) aufgegeben und zeigte eine gewisse Löschwirkung im Gegensatz zu den in /1/ beschriebenen Löschpulvern.

Nach Aufgeben des Löschpulvers kühlte die Wanne langsam ab (Abb. 1). Nach ca. 15 min. wurde an einer Stelle das Löschpulver entfernt, um den Brand wieder zu entfachen, um erneut einen Löschversuch zu unternehmen. Beim zweiten Löschversuch wurde ca. 0,4 kg eines granulierten Löschpulvers eingesetzt (Abb. 7). Der Brand wurde durch das Löschpulver sofort wieder eingedämmt, (Abb. 8) so daß die Abkühlkurve keine Reaktion auf diesen kurzen Vorgang zeigte. Eine Stunde nach dem Löschvorgang hatte sich das Natrium in der Wanne auf 450 °C abgekühlt und die Wanne wurde mit dem isolierten Deckel verschlossen.

Zehn Stunden nach Versuchsbeginn wurde die Temperaturlaufzeichnung eingestellt. In der Wanne war zu diesem Zeitpunkt eine Temperatur von 95 °C.

Die Wanne wurde am übernächsten Tag geöffnet.

In der Mitte der Löschpulverabdeckung war etwas Natrium über das Löschpulver getreten. Es hatte mit der Luftfeuchtigkeit zu Natriumhydroxid reagiert und bildete einen festen Belag. Das Natrium unter dem Löschpulver war in reiner metallischer Form erstarrt. Weitere zwei Tage später wurde das Natrium mit einem Elektrohammer aus der Wanne ausgestemmt und in einen luftdichten Behälter gepackt.

Das Löschpulver war vorher mit einem Industriestaubsauger aufgenommen worden (Abb. 9). Es war in dem gleichen trockenen Zustand wie zu Beginn des Versuchs. Eine Feuchtigkeitsaufnahme war nach Augenschein nicht festzustellen, trotz einer zu dieser Zeit herrschenden relativen Luftfeuchtigkeit von > 80 %.

#### 4. Verhalten des Löschpulvers

Die mit einem Handfeuerlöscher aufgegebene Löschpulvermenge von 2 kg wurde über das brennende Natrium verteilt. Das Löschpulver blähte sofort auf und bedeckte die Natriumlache mit einer ca. 5 cm dicken Schicht. Dies entspricht ca. einer Volumenvergrößerung von 1 : 25. Wegen der nicht gleichmäßigen Förderung des Löschpulvers durch den Handlöscher mußten einige noch nicht voll abgedeckte Stellen nochmals mit Löschpulver beaufschlagt werden. Die Handhabung des Löschpulvers war einfach und problemlos. Eine Belästigung des beim Brand anwesenden Personals trat nicht auf. Im Gegensatz zu den bei früheren Versuchen mit anderen Pulvern /1/ gemachten Erfahrungen. Ein Einsinken des Löschpulvers während des Löschvorganges in das Natrium wurde nicht beobachtet. Die Abdeckung der Natriumlache war beständig und dicht (Abb. 8).

Um eine Variante des Löschpulvereinsatzes zu demonstrieren, wurden in einem Zusatzlöschversuch aus diesem Löschpulver gepreßte Tabletten mit einem Durchmesser von ca. 8 mm und einer Höhe von ca. 3 mm verwendet.

Die vorher mit Löschpulver abgedeckte Natriumlache wurde an einer Stelle wieder freigelegt und anschließend mit dem Löschgranulat bedeckt (Abb. 7). Dieses Pulver wurde von Hand aufgegeben. Nach Berührung mit der Oberfläche des heißen Natriums setzte der Blähvorgang spontan ein und die offene Natriumoberfläche wurde mit einer dichten Schicht aus geblähtem Löschpulver überzogen. Die Oberfläche des aufgeblähten Löschpulvers über der Natriumlache konnte mit der bloßen Hand berührt werden und hatte eine Temperatur von ca. 30 °C. Die Natriumtemperatur betrug zu diesem Zeitpunkt noch ca. 650 °C.

#### 5. Vergleich mit anderen Löschpulvern

Die in /1/ getesteten handelsüblichen Löschpulver für Brandklasse "D" sind schwerer als Natrium, und sinken somit grundsätzlich in die abzudeckende Natriumlache ein. Eine dämmende Wirkung auf den Brand entsteht erst, wenn in das brennende Natrium soviel Löschpulver eingegeben ist, daß es vom Boden der Brandwanne aufbauend bis zur brennenden Oberfläche reicht. Das Mengenverhältnis Natrium-Löschpulver betrug bei den hier erwähnten Versuchen unter idealen Versuchsbedingungen 1 : 1. Bei echten

Natriumlachenbränden in Anlagen muß mit einem Mehrfachen der Löschpulvermenge gerechnet werden.

Auch das in diesem Bericht behandelte Graphit hat ein höheres spezifisches Gewicht als Natrium. Nur durch die besondere Eigenschaft dieses hier verwendeten Graphitlöschpulvers, bei Erwärmung aufzublähen, wird es bedeutend leichter als Natrium, und da es nicht benetzt, schwimmt es auf dem Natrium.

Eigenschaften	Löschpulver	
	auf Graphitbasis	handelsüblich
spez. Gewicht g/cm <sup>3</sup>	0,02	> 1
hygroskopisch	nein	ja
aggressiv	nein	ja
Handhabung	gut	gut
Gebrauchsmenge beim Löscheinsatz bezogen auf auslaufende Na-Menge	5 %	> 100 %
benötigte Bereitstellung für Löscheinsatz bezogen auf max. mögliche Auslaufmenge Natrium	5 %	> 100 %
Einfluß der Lagerzeit auf Fließverhalten	kein Einfluß	verbackt und verfestigt sich
Beseitigung nach Gebrauch	leicht	schwer

#### Vergleichstabelle der Eigenschaften von Löschpulvern

Die anderen Löschpulver dagegen haben die Eigenschaft, in das Natrium einzusinken und keine geschlossene Abdeckschicht zu bilden. Dadurch ist die benötigte Löschpulvermenge immer so groß zu bemessen, daß sie beim

Absinken in das Natriumbad das Natrium aufsaugt und somit den Luft-sauerstoff abschirmt. Erst wenn das Natrium vollständig aufgenommen worden ist, kann man mit weiterem Löschpulver den Brand abdecken. Das bei diesem Versuch eingesetzte Löschpulver auf Graphitbasis sinkt dagegen nicht ein und schwimmt auf dem flüssigen Natrium. Selbst in der durch die gute Wärmedämmung bedingten langen Abkühlphase von ca. 8 Stunden bis zur Erstarrung, ist das Löschpulver nur sehr wenig in das Natrium eindiffundiert, es hat sich nur eine ca. 15 mm starke Schicht einer groben Mischzone von Natrium und Graphit ausgebildet, in welcher zwischen kompakten metallischen Natriumbrocken dünne Schichten Graphit eingelagert waren. Beim Ausbrechen des Natriums in erkalteter Form war der durch einen Meißel entstandene Schnitt metallisch rein.

#### 6. Blähtest

In einem auf 570 °C vorgeheizten Laborofen wurden 2 Proben des Graphitlöschpulvers eingebracht und ihr Verhalten beobachtet und fotografiert. Die Aufheizgeschwindigkeit und die Temperatur des Ofens wurde registriert.

Es handelt sich einmal um Graphitlöschpulver in Pulverform und einmal in zu Tabletten gepreßter Form.

Die Größenordnung ist auf Abb. 10 aus dem untergelegten Millimeterpapier zu ersehen.

Die Volumenvergrößerung des Graphitpulvers mit einem Raumgewicht von 0,47 g/cm<sup>3</sup> betrug etwa das 45-fache. Die Volumenvergrößerung der gepreßten Pellets mit einem Raumgewicht von ca. 1.92 g/cm<sup>3</sup> etwa das 200-fache (Abb. 3).

Bei einem Vergleich des Blähverhaltens der beiden Proben zeigt sich, daß das Blähvolumen, bezogen auf das spez. Gewicht in etwa gleich ist. Anders ausgedrückt, das Raumgewicht des aufgeblähten Pulvers beträgt beim Ausgangsprodukt Pulver 0,0105 g/cm<sup>3</sup> und beim Ausgangsprodukt Pellets 0.0096 g/cm<sup>3</sup>.

## 7. Schlußfolgerungen

Das erprobte Löschmittel auf Graphitbasis zeigte im Vergleich zu den bisher erprobten Löschpulvern wesentlich verbesserte Löscheigenschaften. Es hat keine aggressiven Eigenschaften, ist, soweit das in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit feststellbar war, nicht hygroskopisch und somit nach Beendigung der Löschaktion sehr leicht zu entfernen (Abb. 9). Die benötigte Löschmittelmenge - Pulver, oder in gepreßter Form - beträgt nur einen Bruchteil der von den anderen Pulvern benötigten. Eine Lagerung scheint unproblematisch und setzt nur eine geringe Lagermenge voraus.

Dieses Löschmittel ist unserer Meinung nach hervorragend zur Bekämpfung von Natriumflächenbränden geeignet. Die Auswahl, Pulver oder Tabletten, richtet sich nach den vorhandenen Löschsystemen. Bei Verwendung von Transportrohrleitungen für das Löschpulver wird man sicher auf das Pulver zurückgreifen. Sind solche Systeme nicht vorhanden, so kann man Tabletten einsetzen, (die es übrigens auch in größerer Form gibt) und diese direkt in die Brandwannen des Schutzsystems geben. Nach Kontakt mit brennendem Natrium bläht das Löschpulver auf und schwimmt auf der Oberfläche des Natriums. Die Zufuhr von Sauerstoff zum Natrium wird unterbunden. Eine Reaktion des Natriums mit Sauerstoff findet nicht mehr statt.

### Literaturnachweis

- /1/ F. Huber, P. Menzenhauer, W. Pepler, W. Till:  
Verhalten von Natriumbränden und Erprobung von Schutzsystemen  
KFK 1970 (1974)

### Fotodokumentation:

E. Jenes, D. Raupp

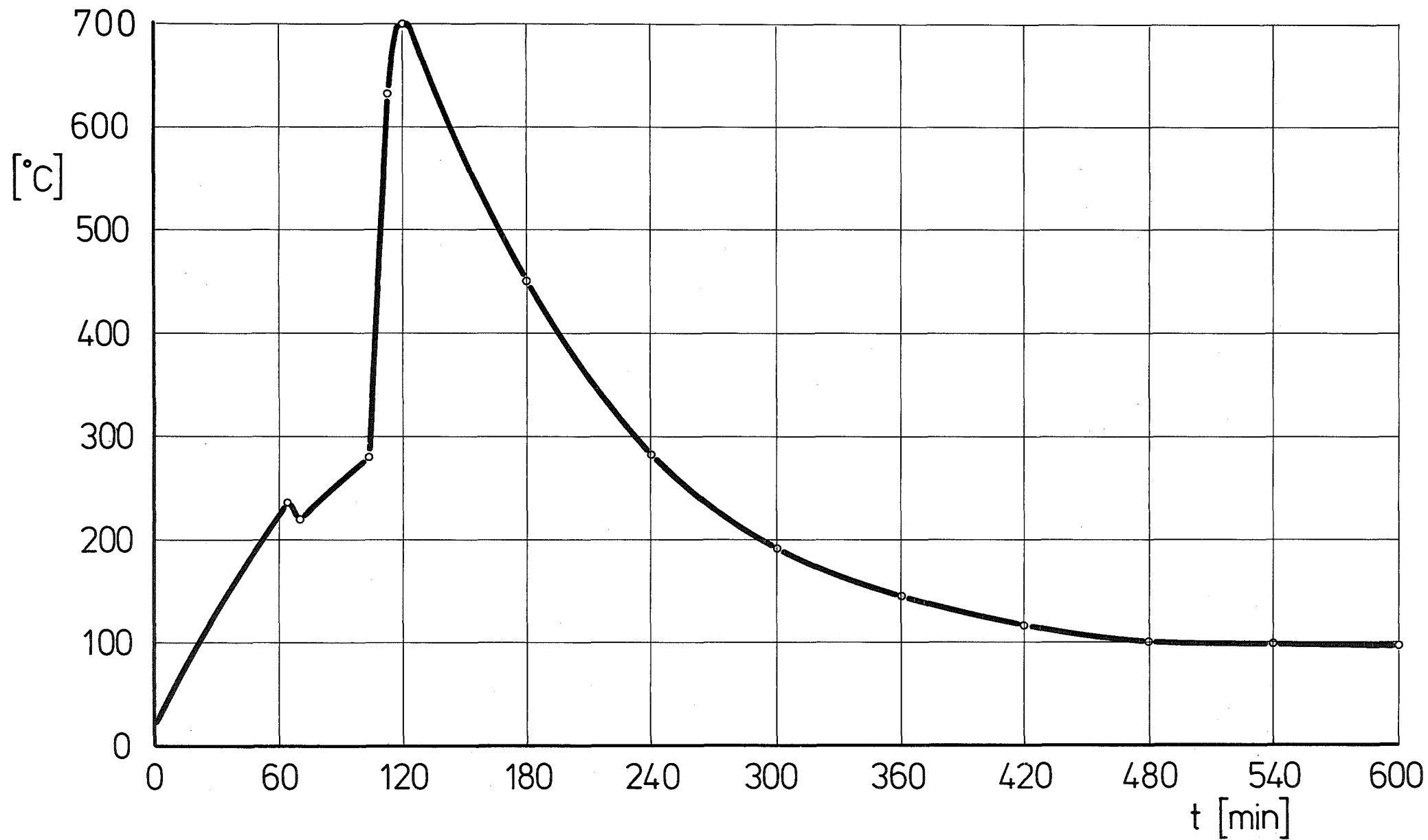


Abb. 1: Temperaturverlauf der Natrium-Lache in der Brandwanne

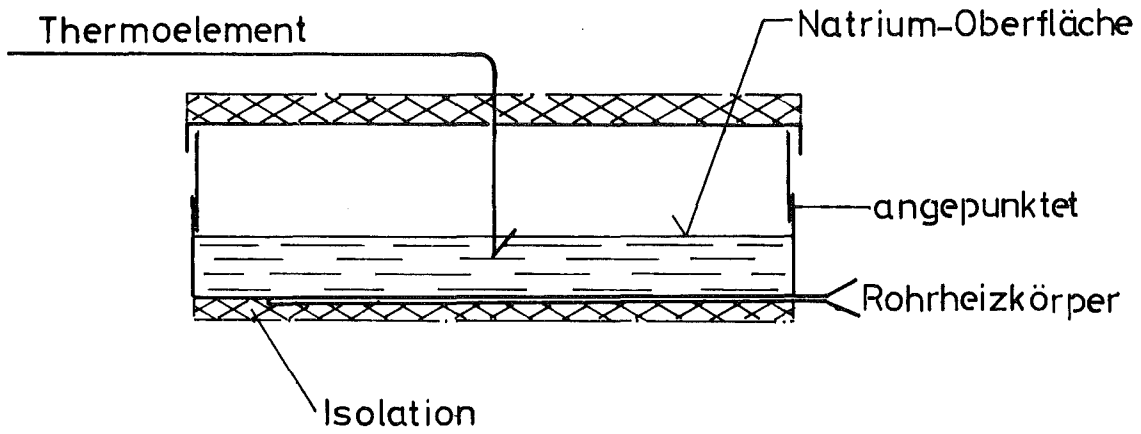


Abb. 2: Versuchswanne  $0,96 \text{ m}^2$

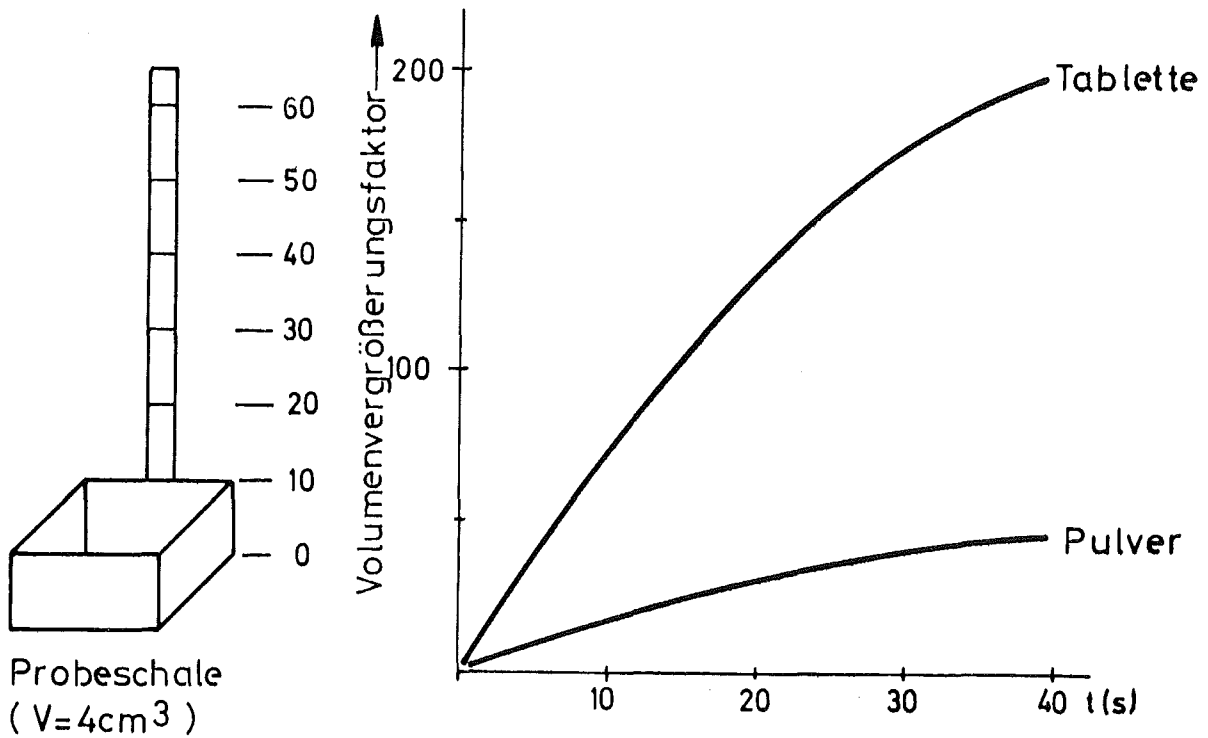


Abb. 3: Expansion des Graphit-Löschpulvers bei einer Glühtemperatur von  $520 \text{ }^\circ\text{C}$

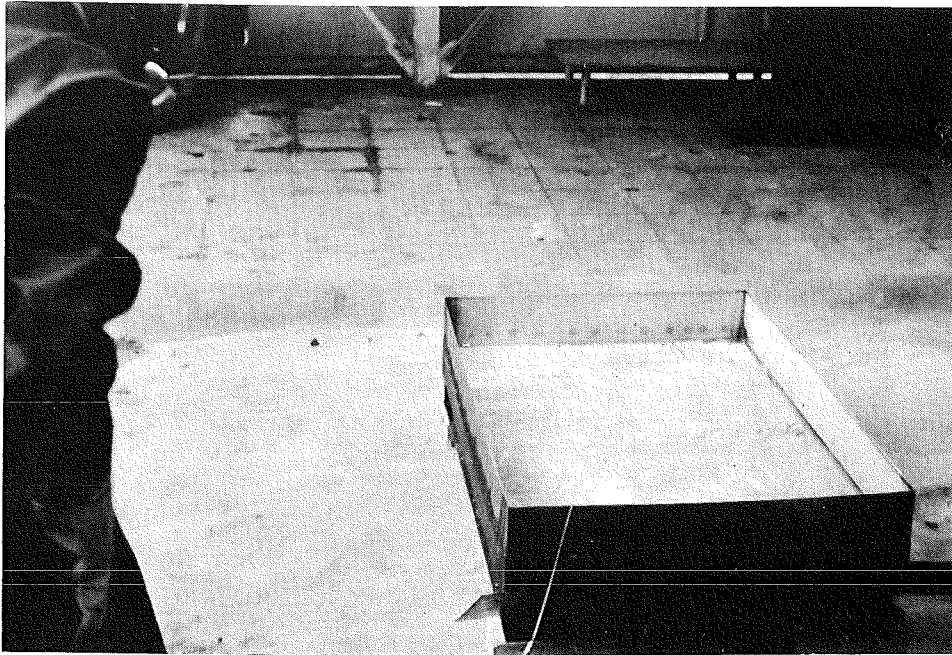


Abb. 4: Brandwanne kurz nach den Öffnen. Temperatur der Natriumlache 280 °C. Auf dem Natrium hat sich eine Oxidschicht gebildet.



Abb. 5: Beginn Löschaktion mit Handfeuerlöscher mit Graphitlöschpulver. Natrium brennt auf der ganzen Fläche.





Abb. 6: Ende des Löschvorganges. Der Blähvorgang des sich erwärmenden Löschpulvers läuft weiter. Beginn Löschversuche des am Rande ausgetretenen Natriums.



Abb. 7: Brandwanne mit an einer Stelle entferntem Löschpulver. Aufgabe von pelletiertem Löschpulver mit der Hand.

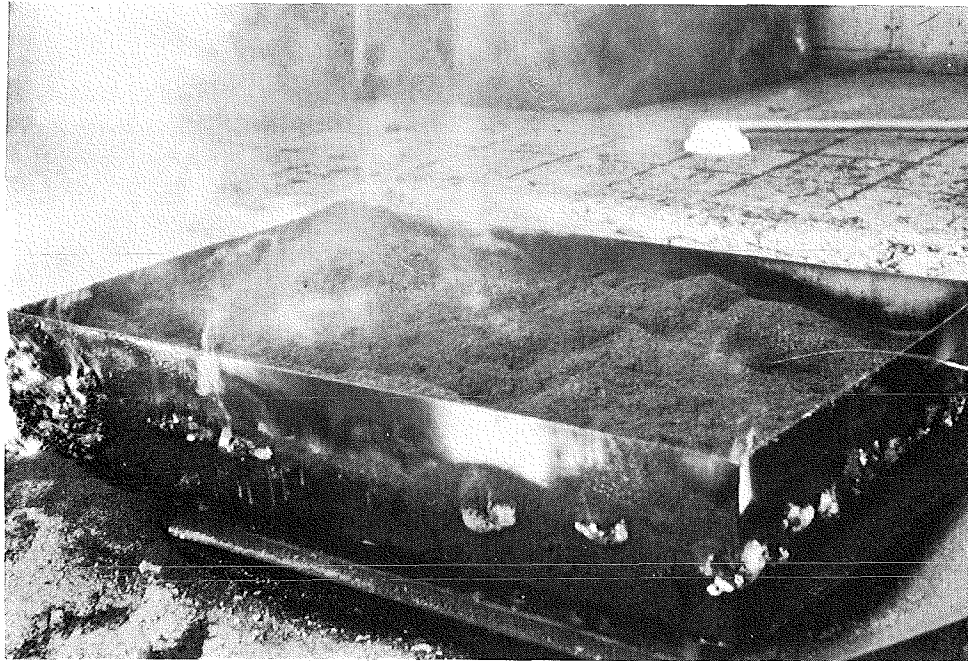


Abb. 8: Brandwanne nach Ende des Löschvorganges mit einer dicken Schicht geblähten Löschpulvers bedeckt.



Abb. 9: Absaugen des Löschpulvers nach Erkalten des Natriums.

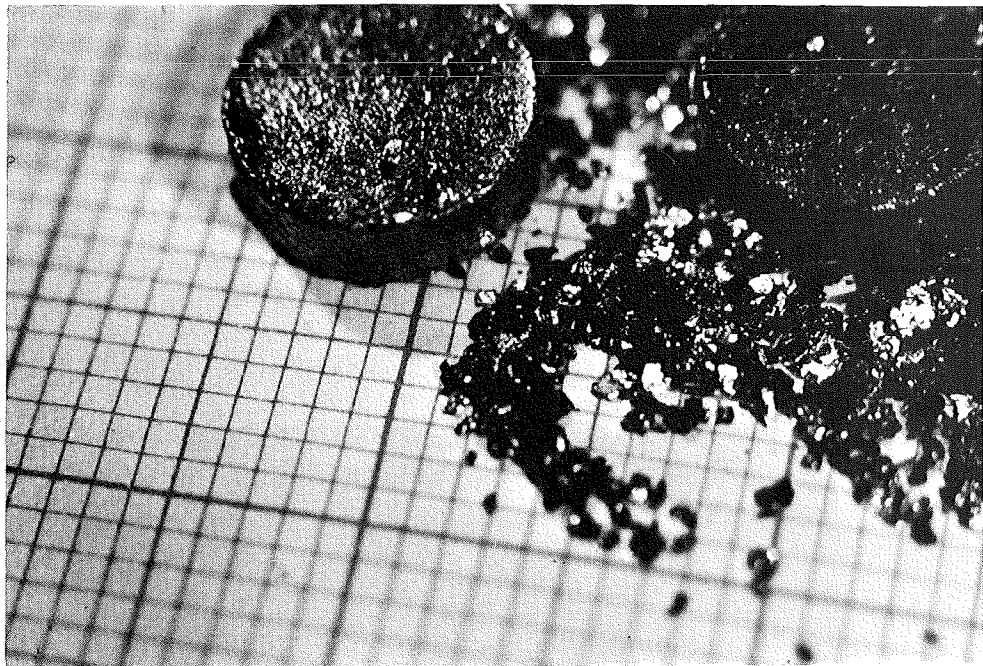


Abb. 10: Graphitlöschmittel in Pulverform und zu Tabletten gepreßt.  
Als Maßstab wurde Millimeterpapier untergelegt.