

*M. A69*

**Bericht Nr. 536**

**Die Entwicklung eines Glühstoffes mit  
langdauernder geringer Wärmeabgabe**

9077



## Bericht des Technischen Prüfstandes Oppau

Nr. 536

Die Entwicklung eines Glühstoffes mit langdauernder

geringer Wärmeabgabe

Übersicht: Es wurde ein Glühstoff auf der Grundlage von Brüxer Braunkohlenschwelkoks entwickelt. Die Beimischungen bestehen aus Stoffen, die leicht zugänglich sind und in grossen Mengen zur Verfügung stehen. Die Zusammensetzung ist folgende:

- 84 Teile Brüxer Braunkohlenschwelkoks
- 8 Teile Rhein. Brennkohle
- 4 Teile Kalisalpeter
- 4 Teile aufgeschlagenes Altpapier (Kollerstoff)
- 6 Teilen Sulfitablauge 50%ig

vermischt mit  
Der Glühstoff lässt sich kalt brikkettieren und kann so in beliebigen Formen gepresst werden. Durch Regelung der Luftzufuhr bei der Verbrennung lässt sich die Brenndauer in weiten Grenzen regeln (bis 12 Stunden) und eine gleichmässige Wärmeabgabe erzielen. Der Glühstoffpressling brennt ohne Flammen und Rauch und ist während der Verbrennung von einer Ascheschicht umgeben, wodurch die Feuergefahr stark herabgesetzt wird. Die langdauernde geringe Wärmeabgabe macht den Glühstoff zur Warmhaltung von Sammlern und sonstigen Geräten geeignet. Sein Hauptvorteil gegenüber einer Dochtlampe ist:

1. wesentlich geringere Brandgefahr, da der Glühstoff ohne offene Flamme abbrennt,
2. Unempfindlichkeit gegen Luftzug und Lagenänderung,
3. Rauch- und geruchlose Verbrennung,
4. Nach der Entzündung ist keine Wartung des Glühstoffes mehr nötig.

Abgeschlossen am: 1. März 1943 Gr.

Bearbeiter: Dipl.-Ing. H. Weib

*W*

*Leib*

Die vorliegende Ausfertigung enthält

19 Textblätter

3 Anlagen

### Verteiler

Nr.	am	Empfänger	Nr.	am	Empfänger

9078

Die Entwicklung eines Glühstoffes mit langdauernder  
geringer Wärmeabgabe

Inhaltsübersicht:

1.) <u>Einleitung:</u> Gegenüberstellung von gebräuchlichen Wärmequellen und festem Brennstoff	Seite 3
2.) <u>Zweck der Versuche:</u> Anforderungen an festen Glühstoff	5
3.) <u>Durchführung der Versuche:</u>	
a) Wahl des Brennstoffes	6
b) Notwendige Beimischungen	7
c) Prüfung der Glühstoffproben	8
4.) <u>Versuchsergebnisse:</u>	
a) Bindemittel und Sauerstoffträger	9
b) Auflockerungsmittel	10
c) Einfluss der Festigkeit auf die Brenngeschwindigkeit	10
d) Einfluss der Beimischungen auf Festigkeit und Brenneigenschaften	11
e) Einfluss des Mahlgrades	12
f) Einfluss des Pressdruckes und der Feuchtigkeit der Rohmasse	12
5.) <u>Zusammensetzung der Fertigung des Glühstoffes TP 12</u>	13
6.) <u>Anwendung des Glühstoffes.</u>	15

Anhang: Versuche mit anderen Kokssorten

Die Entwicklung eines Glühstoffes mit langdauernder

geringer Wärmeabgabe

1.) Einleitung:

Viele Geräte bleiben bei längerem Aufenthalt in der Kälte nur dann betriebsfähig, wenn besondere Massnahmen zu ihrer Warmhaltung ergriffen werden. Bei Kraftfahrzeugen wird insbesondere der Sammler durch die Kälte in seiner Leistungsfähigkeit beeinträchtigt. Für längere Wartezeiten des Fahrzeuges und auch dann, wenn das Fahrzeug nach sehr langer Zeit des Stillstandes erneut in Betrieb genommen werden soll, sind besondere Wärmequellen für die Aufheizung des Sammlers nicht zu umgehen. Die zur Warmhaltung eines Fahrzeug-Sammlers notwendige Wärmemenge beträgt etwa 200 bis 300 kcal/h, wobei die Übertemperatur über der Umgebung 40 bis 50° beträgt.

Eine Lösung dieser Frage könnte darin gefunden werden, eine Wasserverheizung des Führerhauses vom Motor aus vorzusehen, an die auch der Batteriekasten angeschlossen sein könnte. Bei Stillstand des Wagens könnte dann die Kühlflüssigkeit als Wärmespeicher benutzt werden. Trotz der hohen spezifischen Wärme des Wassers würden hierbei nicht unerhebliche Wassermengen notwendig sein. Rechnet man mit einer durchschnittlichen Wärmeabgabe von 200 kcal/h, die innerhalb von 12 Stunden beim Abkühlen von 80 auf 0° abgegeben werden sollen, so sind hierzu 30 ltr Wasser notwendig. Bei Glykollösung sind entsprechend der geringeren spezifischen Wärme etwa 37 ltr notwendig. Es wäre zu überlegen, ob man nicht die bekannte wärmespeichernde Wirkung des Natriumthiosulfats benutzen und den Heizmantel mit diesem Stoff füllen soll. Wegen der ziemlich grossen Schmelzwärme, die bei 48° frei wird, kann, wenn auch nicht an Gewicht, so doch an Raum gespart werden. Anstelle der 30 ltr Wasser würden bei gleichem Wärmehalt etwa 17 ltr Natriumthiosulfat treten. Hierzu käme noch der Vorteil, dass

die Verluste dadurch vermindert werden, dass etwa die Hälfte der Wärme erst bei der verhältnismässig niederen Temperatur von  $48^{\circ}$  frei wird<sup>\*)</sup> (Bild 1).

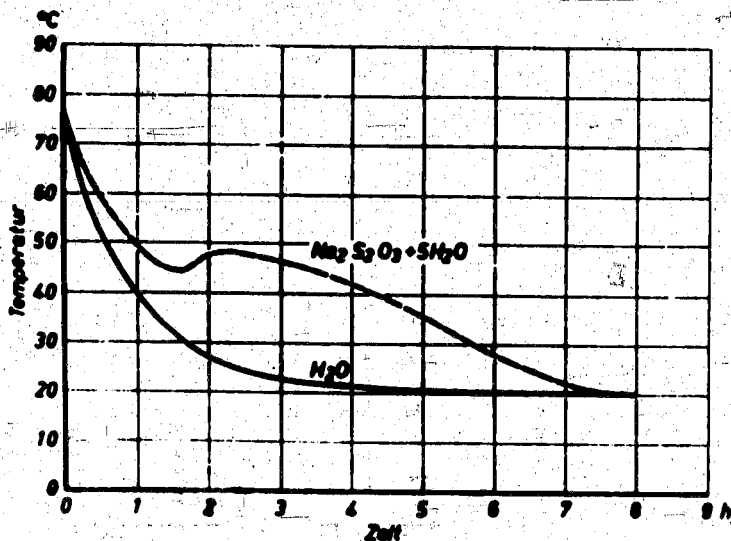


Bild 1

Andere Wärmequellen könnten in exotherm verlaufenden Oxydationsprozessen, die ohne Flammenbildung verlaufen, gefunden werden. Es wäre hier als Beispiel das Löschen von gebranntem Kalk oder die Oxydation von aktiviertem Eisen durch Wasser zu nennen. Die entwickelten Wärmemengen liegen hier nur bei etwa 500 - 1 000 kcal/kg. Das Energiegewicht ist also sehr gross, d.h. für den Gebrauch ungünstig.

Im Heer wird bisher zur Aufwärmung des Sammlers hauptsächlich eine Dochtlampe verwendet, die mit Dieselöl betrieben wird. Als vorteilhaft kann dabei angesehen werden, dass nach Beschaffung der Lampen kein

<sup>\*)</sup> Natriumthiosulfat,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5 \text{H}_2\text{O}$ , Schmelzwärme = 37 kcal/kg, Schmelzpunkt  $48^{\circ}$ , spez. Wärme zwischen 0 und  $100^{\circ}$  0,57 kcal/kg, Dichte 1,73 kg/ltr

weiterer Nachschub nötig ist, sofern an der Front überall der für die Lampen geeignete Dieselkraftstoff vorhanden ist. Diesen wäre allerdings entgegenzuhalten, dass gerade Dieselkraftstoff nur für seinen eigentlichen Verwendungszweck benutzt werden sollte. Sie hat ausserdem wesentliche Nachteile hinsichtlich Feuergefahr und Empfindlichkeit gegen Luftzug und Lagenänderung.

Demgegenüber hat die Anwendung fester Kraftstoffe beträchtliche Vorteile in der Handhabung, sodass es notwendig ist, die hier gegebenen Möglichkeiten zu untersuchen. Die für diese Zwecke geeigneten festen Brennstoffe benötigen keine besonderen Lampen, sie werden vorwiegend aus bewirtschaftungsfreien Rohstoffen hergestellt. Sie sind völlig windsicher, lagenunempfindlich, verursachen weder Russ noch Qualm und können unbedenklich ohne Aufsicht abbrennen, wenngleich ein Nachteil darin besteht, dass eine besondere Anfertigung und Nachschub notwendig ist.

Unter den festen Brennstoffen verdient die Kohle bzw. der daraus hergestellte Koks den Vorzug vor Hartspiritus, Hexamethylentetramin und anderen Chemikalien, deren Herstellung besondere Aufwendung nötig macht. Zudem verlöscht die Flamme derartiger Stoffe schon bei geringem Luftzug, während einmal entzündeter Koks durch Anblasen nur noch stärker angefacht wird.

## 2.) Zweck der Versuche:

Die Aufgabe der folgenden Versuche war es, einen Brennstoff zu entwickeln, der, um den vorliegenden Anforderungen zu genügen, folgende Bedingungen erfüllen musste:

- 1) Gleichmässige, geringe Wärmeabgabe über längere Zeit (mindestens 8 - 10 Stunden).
- 2) Abbrennen ohne Flamme und Rauch.
- 3) Die Abgase müssen frei von korrodierenden Bestandteilen sein, d.h. es muss z.B. besonders auf niedrigen S-Gehalt geachtet werden.
- 4) Leichte Entzündlichkeit mit einfachen Mitteln.
- 5) Handliche Form, d.h. zur leichten Handhabung soll der Glühstoff in Brikettform vorliegen.

Ein Glühstoff, der diese Forderungen gut erfüllt, ist z.B. die von der Deutschen Glühstoffgesellschaft hergestellte "DeGeGe-Glühkohle" (Dalli-Kohle). Ihre Grundsubstanz ist die Holzkohle, die bei hohem Heizwert (7000 kcal/kg) und geringem Aschegehalt ( $< 2\%$ ) sehr gute Brenneigenschaften besitzt. Infolge der lockeren und porösen Beschaffenheit der Holzkohle hat die Dalkohle jedoch ausser einem im Vergleich zu den später beschriebenen Glühstoffen etwas geringeren Raumheizwert ziemlich schlechte Festigkeit und somit grösseren Abriebverlust. Holzkohle steht vor allem z.Zt. nur in beschränkter Masse zur Verfügung, sodass sie als Rohstoff zur Herstellung grosser Mengen Glühstoff ausscheidet.

### 3.) Durchführung der Versuche:

#### a) Wahl des Brennstoffes

Ein Brennstoff, der bei leichter Entzündlichkeit in grossen Mengen vorhanden ist, ist die Braunkohle. Es wurde nun zunächst versucht, einen Glühstoff auf Braunkohlengrundlage herzustellen. Zu diesem Zweck wurden versuchsweise Rheinische Braunkohlenbriketts fein gemahlen, zur leichteren Entzündung mit Kaliumnitrat gemischt und wieder gepresst. Das so hergestellte Brikett hatte zwar gute Brenneigenschaften, es zeigte jedoch die ziemlich starke Rauch- und Geruchsentwicklung, dass die Braunkohle für unseren Zweck infolge ihres hohen Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen (rd. 40%) nicht verwendet werden kann.

Nach diesen Erfahrungen lag es nahe, Braunkohlenskoks zu verwenden, bei welchem die flüchtigen Bestandteile ganz oder teilweise abgeschwelt sind. Es wurden deshalb nachstehende Schwelkoks auf ihre Brauchbarkeit als Glühstoffgrundlage untersucht:

- 1) Rhein. Braunkohlengrude,
- 2) Rhein. Braunkohlenskoks, im Spülgasverfahren abgeschwelt,
- 3) Mitteldeutscher Braunkohlenskoks, Deuts.,
- 4) Sudetendeutscher Braunkohlenskoks, Brüx,
- 5) Lignitkoks, Reichenberg/Sa.,

ausserdem 6) ein Steinkohlenschwelkoks Heinitz/Saar.

Bei den Versuchen zeigte sich, dass nur die ersten vier Koks für unseren Zweck geeignet waren, während die übrigen eine zu grosse Beimischung von Zündbeschleunigern beanspruchten. Die ersten beiden Koks waren versuchsmässig hergestellte Produkte, für deren Grossherstellung die Anlagen bisher nicht vorhanden sind. Der Mitteldeutsche Braunkohlenkoks scheidet infolge seines hohen Schwefelgehaltes (4-5%) und der damit verbundenen Korrosionsgefahr aus. (Einige Hinweise über Versuche mit diesen Koksarten siehe Anhang.)

Die weiteren Untersuchungen wurden deshalb nur mit dem Brüxer Schmelzkoks durchgeführt, der bereits jetzt in solchen Mengen zur Verfügung steht, dass die Abzweigung einer Teilmenge zur Herstellung des Glühstoffes möglich ist. Die Hauptanalysendaten dieses Koks waren folgende:

Asche	16%
Flüchtige	8%
Schwefel	0,9%
Wasser	3%

#### b) Notwendige Beimischungen

Die wesentlichsten Eigenschaften eines Glühstoffes, die bei der Entwicklung zu berücksichtigen waren, sind Entzündbarkeit, Festigkeit und Abbrenngeschwindigkeit. Diese Eigenschaften stellen teilweise entgegengesetzte Forderungen an die Zusammensetzung.

Gute Entzündlichkeit ist wünschenswert, damit der Glühstoff mit einfachen Mitteln bezw. einem Streichholz entzündet werden kann. Es ist sehr wohl möglich, dies durch geeignete Wahl der Bestandteile zu erreichen. Doch sinkt dadurch die Festigkeit so, dass die Presslinge einen Transport nicht mehr überstehen. Erhöht man umgekehrt die Festigkeit so weit, dass die Presslinge wie übliche Briketts behandelt werden können, so wird ihre Entzündbarkeit ungenügend.

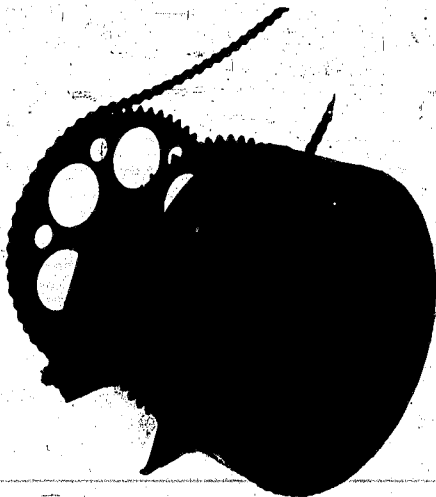


Zur Brikettierung von Koks ist im Gegensatz zu Braunkohle ein Bindemittel notwendig. Die Zumischung eines Sauerstoffträgers als Zündbeschleuniger ist notwendig, da der brikettierte Koks allein sich nur schwer entzünden lässt und auch nur in stärkerem Luftzug weiterbrennen würde. Die Menge des Sauerstoffträgers muss jedoch so bemessen sein, dass die Brenngeschwindigkeit nicht zu gross wird. Es ist deshalb notwendig, eine Zusammensetzung zu wählen, die beide Forderungen, nämlich Festigkeit und Brennfähigkeit in brauchbarer Weise verwirklicht.

c) Prüfung der Glühstoffproben

Die Versuchsmischungen wurden zunächst zu runden Briketts von 60 mm  $\phi$  und  $\sim$  80 mm Länge gepresst. Die Entzündlichkeit wurde dadurch geprüft, dass die Briketts an einer Stirnfläche mit 10 cm<sup>3</sup> Bi getränkt wurden und nach dem Abbrennen des Benzins weiterbrennen mussten. Der Verlauf von Brenndauer und Brenngeschwindigkeit wurden auf einer selbstschreibenden Waage aufgenommen. Ausserdem wurde auf das Aussehen der Asche geachtet, denn eine gut zusammenbleibende Asche wirkt isolierend und regelt so die Brenndauer. Die Versuchsproben wurden bei Normaltemperatur und im Kälteraum bei -20° abgebrannt.

Die Festigkeit der Briketts wurde in einer Abriebtrommel, die diesem besonderen Zweck angepasst war (s. Bild 2) geprüft. Diese war so an-



9085

Bild 2: Abriebtrommel

gefertigt, dass drei runde Briketts in einem zylindrischen Behälter von etwa achtfachem Brikettdurchmesser so eingelegt wurden, dass sie sich gegenseitig an ihren Mantellinien berührten. Die Höhe der Trommel war gleich der Briketthöhe, sodass die Briketts ähnlich den Walzen in einem Wälzlager in der Trommel umliefen. Die Abriebtrommel wurde dann 1/2 Stunde lang mit einer Drehzahl von etwa 60 U/min gedreht, wobei die Lage der drei Briketts jede halbe Stunde gewechselt wurde. Der Gewichtsunterschied vor und nach dem Versuch bestimmte dann den Abrieb und dient somit als Mass für die Festigkeit. Diese Prüfung auf Abrieb wurde jedoch aus Zeitersparnis erst dann vorgenommen, wenn die Versuchsbriketts den übrigen Anforderungen entsprachen.

#### 4.) Versuchsergebnisse:

##### a) Bindemittel und Sauerstoffträger

Als Bindemittel wurden mit gleichgutem Erfolg Kauritleim und Sulfitablauge verwendet. Da Sulfitablauge in weit grösserem Masse zur Verfügung steht und auch billiger ist, kam für die weiteren Versuche nur noch die Sulfitablauge (50% eingedickt) in Frage. Als Sauerstoffträger hatten Kalisalpeter ( $KNO_3$ ) und Ammonitrat ( $NH_4NO_3$ ) gleiche Wirkung. Für die weiteren Versuche wurde Kalisalpeter verwendet.

Zur Herstellung der Glühstoffbriketts wurde der feingemahlene Koks mit einer wässrigen Lösung des Salpeters und der Sulfitablauge gemischt; die Masse wurde gepresst und dann getrocknet. Über Zusammensetzung und Brenneigenschaften der ersten Versuchsbriketts gibt die Tafel 1 der Anlage 1 eine Übersicht. Man sieht daraus zunächst, dass das Brikett aus den Mischungen 3 und 4 sich entzünden lässt, nach kurzer Zeit aber wieder ausgeht. Zur Erreichung einer guten Festigkeit genügt offenbar eine Bindemittelmenge an Sulfitablauge von  $\sim 4-6\%$ . Zur Entzündung nach dem oben angegebenen Verfahren sind  $4\%$  Kalisalpeter notwendig. Grössere Mengen erhöhen zwar die Festigkeit, verbessern jedoch die Brennbarkeit nicht mehr. Ausserlich hatte der Pressling eine etwas tonige Struktur und gab beim Anschlagen einen Ton ähnlich dem eines Ziegelsteins.

b) Auflockermittel

Um die Glühstoffmasse aufzulockern, wurde nun zunächst Braunkohle, dann Sägemehl, Lignin und Altpapier, letzteres in aufgeschlagenem Zustand, (= nasser Kollerstoff) zugemischt. Es ergab sich dann das in Tafel 2 (Anlage 1) dargestellte Bild. Wie man sieht, verbessert bei der Mischung 1 die Zugabe von 20% Braunkohle die Brenneigenschaften wesentlich, ruft jedoch Qualm- und Geruchsbildung hervor. Kollerstoff und Sägemehl haben auf die Brenneigenschaften etwa gleichen Einfluss, wirken jedoch auf die Festigkeit verschieden ein. Zunächst haben beide auflockernde Wirkung. Die Papierfasern haben jedoch gleichzeitig die Eigenschaft, die Masse zu verfilzen, während eine steigende Zugabe von Sägemehl zum Krümmeln und Zerfallen der Briketts führt (Mischungen 3 und 4). Lignin (Mischung 5) ergab keine Verbesserung.

c) Einfluss der Festigkeit auf die Brenngeschwindigkeit

Bild 3 zeigt die auf der selbstschreibenden Waage erhaltenen

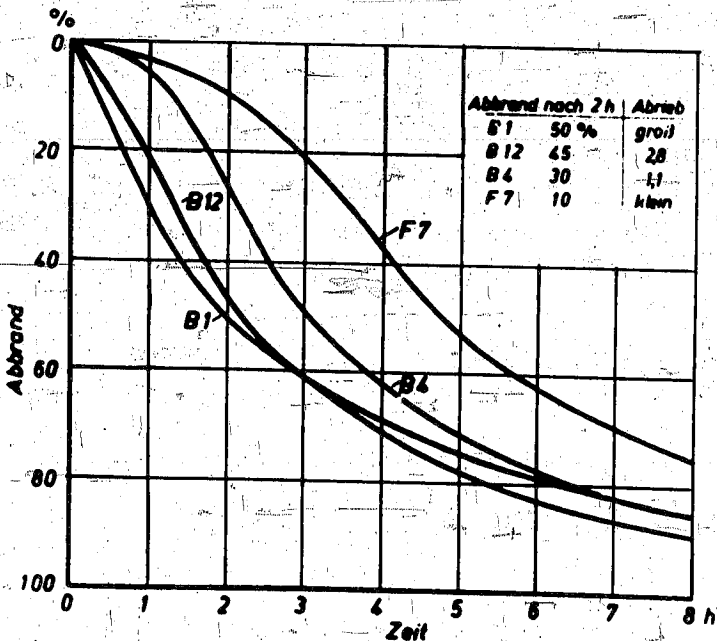


Bild 3

Abbrandkurven für Glühbriketts verschiedener Zusammensetzung. Dabei waren drei Glühstoffe mit Brüxer Koks ( $B_1$ ,  $B_4$  und  $B_{12}$ ) und ein Glühstoff mit Rhein-Braunkohlkoks als Grundsubstanz (s. Anhang Versuch mit anderen Kokssorten) gefertigt. Die Beimischungen gehen aus der Tafel 3 der Anlage 1 hervor.

Je nach der Zusammensetzung verläuft nun, wie Bild 3 zeigt, der Abbrand der Glühstoffe verschieden. So zeigt sich beispielsweise, dass der Stoff F 7 zunächst nur langsam abbrennt und folglich eine lange Brenndauer erreicht. Die Probe B 1 dagegen kommt offenbar schnell in Glut und brennt demzufolge auch schneller ab. Entsprechend der grösseren Reaktionsgeschwindigkeit ist auch die Entzündlichkeit sehr gut, während F 7 nur mit sehr starken Hilfsmitteln zur Entzündung zu bringen war. Die Festigkeit als Abrieb in der Trommel (Bild 2) gemessen, ist dem vorhin Gesagten entsprechend bei F 7 sehr gross, bei B 1 dagegen völlig unbefriedigend. Die Probe B 4 hatte zwar bessere Festigkeit, jedoch ungenügende Entzündbarkeit. Die Mischung B 12 erfüllte die Forderung am besten von den vier Proben.

d) Einfluss der Beimischungen auf Festigkeit und Brenneigenschaften

Nachdem durch Zumischung des Kollerstoffes ein Glühstoff hergestellt war, der den Anforderungen recht nahe kam (Mischung 3, Tafel 2), wurde durch planmässige Veränderung der drei Beimischungen Braunkohle, Kollerstoff und Salpeter die günstigste Zusammensetzung festgelegt. Es ergaben sich dabei die Werte, die in den Tafeln 4, 5 und 6 zusammengefasst sind. Die günstigsten Ergebnisse gibt eine Beimischung von 1 bis 5% Kollerstoff, wie Tafel 4 zeigt. Aus Tafel 5 ist ersichtlich, dass bei Steigerung des Braunkohlgehaltes über 6% die Brennfähigkeit verbessert, die Festigkeit unbedeutend verschlechtert wird. Wie aus Tafel 6 hervorgeht, führt ein Salpeterzusatz von unter 1% zur Geruchsbildung durch die Braunkohlen (d.h. die Verbrennung ist schlecht). Über 5% wird die Brennfähigkeit verschlechtert, was offenbar durch Zusammenkleben der Masse durch den Salpeter hervorgerufen wird.

e) Einfluss des Mahlgrades

Bei diesen Versuchen verwendete sudetendeutsche Braunkohlenschwelkoks mit der auf Seite 7 angegebenen Analyse war in einer kleinen Laboratoriumskugelmühle auf eine Feinheit von 96-98% Durchgang durch das 6400 Maschensieb<sup>+)</sup> gemahlen worden. Es war versucht worden, mit groberen Mahlungen auszukommen, da ja besonders bei Grossherstellung mit steigendem Feinheitsgrad eine ungleich stärker ansteigende Mahlarbeit verbunden ist. Es war dies jedoch mit Rücksicht auf die Brennfähigkeit nicht möglich. Dagegen gelang es, bei einer anderen Sorte des gleichen Kokes mit einem auf 60% Durchgang durch 6400 Maschen gemahlene Koks brauchbare Briketts herzustellen. Der Grund hierfür liegt in dem geringeren Aschegehalt (9%) und grösseren Bestandteil an Flüchtigen (17%). Es wird jedoch zweckmässig sein, bei einer Grossherstellung des Glühstoffes nicht unter einer Feinheit von 6400 Maschen zu bleiben, da mit Schwankungen in der Zusammensetzung des Kokes gerechnet werden muss. Die Verwendung eines Kokes gleicher Herkunft mit über 25% Asche war bei der im vorigen Absatz angegebenen Zusammensetzung nicht möglich. Versuche mit höherem Gehalt an Zündbeschleunigern wurden hier nicht durchgeführt, da es offenbar schon aus Gründen des Energieinhaltes vorteilhafter ist, den Koks unter 20% zu entaschen, als Mehrarbeit für Mahlung usw. aufzuwenden.

f) Einfluss des Pressdruckes und der Feuchtigkeit der Rohmasse

Die ersten Versuchsbriketts mit den Massen 60 g, 80 lang wurden auf einer hydraulischen Handpresse mit Pressdrücken von 50 - 300 kg/cm<sup>2</sup> gepresst. Dabei wurde ein Mindestdruck von 100 kg/cm<sup>2</sup> zur Erreichung einer annehmbaren Festigkeit ermittelt. Die Brikettierung einer grösseren Versuchsmenge von 5t auf einer Couffinhal-Brikettpresse erforderte einen Druck von 300 kg/cm<sup>2</sup> (hierbei wurden vierkantige Briketts 127x65x55 mm mit etwa doppeltem Gewicht hergestellt).

Der Feuchtigkeitsgrad der Rohmasse spielt insofern eine Rolle, als ein zu hoher Wassergehalt die Masse vor dem Brikettieren zusammenbacken lässt, sodass die Füllung der Brikettiermaschine ungleichmässig

<sup>+)</sup>Prüfsieb 80, 6400 Maschen/cm<sup>2</sup>, 75/μ lichte Maschenweite, 50/μ Drahtstärke, DIN 11/1

wird, während ein zu geringer Wassergehalt eine schlechte Festigkeit zur Folge hat; ausserdem wird schon bei der Brikettierung und Trocknung ein zu starker Abrieb hervorgerufen. Der günstigste Wassergehalt der Rohmasse liegt bei der Verarbeitung auf einer Stempelpresse bei  $\sim 15\%$ . Es wurde versucht, durch Zusatz von Wasser die Rohmasse in eine breiige Form überzuführen und wie eine keramische Masse in Formen zu giessen oder zu pressen. Die hierbei von Hand in primitiver Weise hergestellten Briketts hatten zwar gute Festigkeitseigenschaften, aber geringere Entzündlichkeit. Diese Versuche lassen es immerhin als aussichtsreich erscheinen, die Fertigung auf einer Strangpresse vorzunehmen.

#### 5.) Zusammensetzung und Fertigung des Glühstoffes TP 12:

Nach den in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Ergebnissen wurde die Zusammensetzung des Glühstoffes wie folgt festgelegt:

- |   |  |
|---|--|
| 84 Gewichtsteile sudetendeutscher Braunkohlenschwelkoks | ) beide gemahlen<br>auf 2-3 $\frac{1}{2}$ Rück-<br>stand bei 6400<br>Maschen |
| 8 Gewichtsteile Rhein.Braunkohle                        |  |
| 4 Gewichtsteile Kalisalpeter                            |  |
| 4 Gewichtsteile Kollerstoff                             |  |

vermischt mit

6 Volumenteile Sulfitablauge (50%ig).

Als Bezeichnung dieser Mischung wurde Glühstoff TP 12 gewählt. Um nun die Eignung auf einer grösseren Grundlage zu erproben und damit im Bedarfsfalle ein möglichst weitgehend erprobter Stoff vorliegt, haben wir eine grössere Versuchsmenge von  $\sim 2$  t hergestellt.

Das verwendete Altpapier wurde von der Papierfabrik als Kollerstoff der billigsten Papiersorte mit etwa 70% Wassergehalt bezogen. Kollerstoff, Sulfitablauge, Braunkohle wurden mit der konzentrierten wässerigen Lösung des Salpeters vermischt, wozu ein Mischer mit Kollergang verwendet wurde, da hiermit bei der filzigen Struktur des Papiers am besten für gute Durchmischung gesorgt wird. Zum Schluss wurde der Koks beigemischt, wobei

je nach Notwendigkeit noch soviel Wasser zugegeben wurde, dass der Feuchtigkeitsgrad von  $\sim 15\%$  erreicht wurde.

Die Pressung erfolgte auf einer Couffinhal-Brikettpresse, die für verschiedene Brikettformen gebaut wurde. Für unsere Versuchsmenge von 2 t wurden Briketts in den Massen 127x65x55 gepresst. Versuchsweise wurden auch Briketts in Eiform hergestellt. Es zeigte sich jedoch, dass bei der jetzigen Zusammensetzung der Masse hierbei ein zu hoher Abrieb durch schlechte Festigkeit eintritt. Um einwandfreie Briketts dieser Form fertigen zu können, müsste die Bindemittelmenge wesentlich erhöht und somit auch der Zusatz der anderen Beimischungen geändert werden. Nach dem Brikettieren wurden die Briketts im Ofen getrocknet, wobei darauf geachtet werden musste, dass die Temperatur nicht über  $150^{\circ}$  steigt, da das Brikett sich bei längerem Verweilen bei etwa  $170^{\circ}$  von selbst entzündet. Als Richtzeiten für die Trocknung können angegeben werden 5-6 Stunden bei  $120-130^{\circ}$  oder 8 bis 10 Stunden bei  $100^{\circ}$ . Der Feuchtigkeitsgehalt ist darnach unter  $5\%$  gesunken und das Brikett lässt sich leicht entzünden. Je nach der Grösse der Briketts wird selbstverständlich die Trockenzeit verschieden sein. Jedoch ist eine langsame Trocknung bei niedriger Temperatur vorteilhaft, da die Feuchtigkeit aus dem Inneren des Briketts besser entweichen kann, wenn die Oberfläche nicht durch eine scharfe Hitze abgetrocknet ist.

Nachstehend seien die Hauptdaten des Glühstoffes TP 12 angegeben.

Heizwert	6200 kcal/kg
spez. Gewicht	0,86-0,9
Asche	14%
Schwefel (flüchtig)	0,15%
Masse eines Briketts	127x65x55 mm
Gewicht "	400 g
Energieinhalt "	2400 kcal
Brenndauer	8 - 10 h

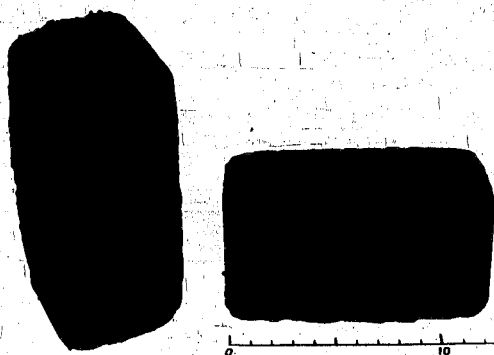


Bild 4: Briketts auf der Couffinhalpresse gepresst

6.) Anwendung des Glühstoffs:

Die Entzündung erfolgt am einfachsten dadurch, dass man zunächst den Pressling an einer dafür vorgesehenen Kerbe durchbricht, eine Bruchfläche mit etwas Benzin übergießt (15-20 ccm) oder darin eintaucht und dann in Brand setzt. Die beiden Hälften nähert man dann einander auf einen Zwischenraum von etwa 5 mm, sodass die Flamme in dem Spalt brennend beide Bruchflächen gut anwärmen kann. Somit wird ein Abstrahlen der Wärme verhindert und eine sichere Entzündung erreicht. Andernfalls kann der Pressling mit einem Holzspan oder etwas Papier angezündet werden. Nach dem Verlöschen der Flamme glüht der Pressling an den Kanten weiter, was sich durch Weisswerden infolge Aschebildung anzeigt. Ein einzelner Pressling glüht freistehend ohne besonderes anblasen ungefähr 8-10 Stunden lang. Eine Regelung der Brenngeschwindigkeit kann durch die Luftzufuhr vorgenommen werden. Es kann dies durch Verstellen der Luftlöcher am Heizkasten unter dem Sammler geschehen. Man kann auch so vorgehen, dass man die Presslinge in Bechern abbrennt, die am Boden Löcher bestimmter Grösse haben.

Einige Versuche mit Sammlern, die im Kälteraum aufgestellt wurden, zeigen, dass Briketts, die in der einfachsten Weise freistehend abgebrannt werden, durchaus brauchbare Ergebnisse bringen. Bei einem GC Ab-Sammler (Bild 5) ergeben zwei freistehend abbrennende Presslinge kurz-

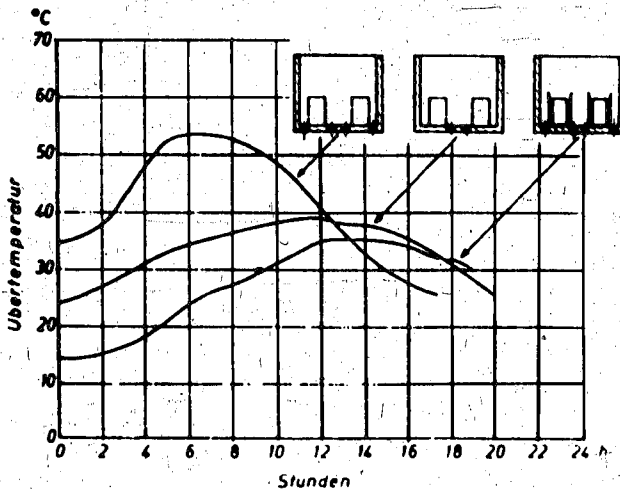


Bild 5



zeitig eine Temperatur von  $\sim 55^{\circ}$  (über Aussentemperatur), die dann rasch abnimmt. Nach 12 Stunden war der Sammler immerhin noch  $30^{\circ}$  wärmer als seine Umgebung. Die Temperaturspitze von  $50^{\circ}$  ist bei  $-40^{\circ}$  Aussentemperatur notwendig. In Bedarfsfalle kann durch Nachlegen eines Presslings, beispielsweise nach 6 Stunden, für das Einhalten dieser Temperatur gesorgt werden. Lässt man am Boden des Kastens nur zwei Löcher von 4 mm offen, so wird der erste hohe Temperaturanstieg vermieden und eine Wirkung ähnlich wie beim Becher erzielt.

Beim Vergleich der dargestellten Versuche muss berücksichtigt werden, dass die Übertemperatur zu Beginn der Versuche verschieden war.

Versuche mit einer 120 Ah-Batterie (Bild 6) zeigten, dass auch

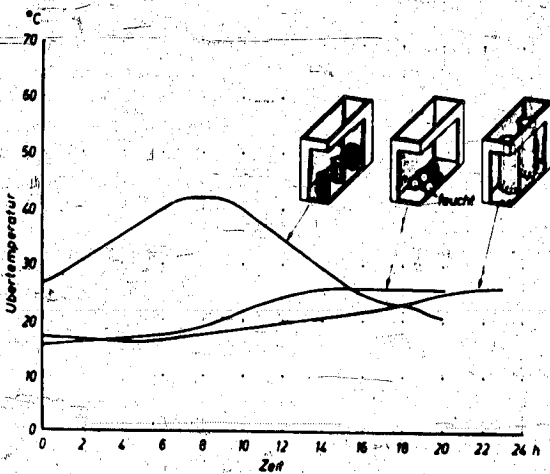


Bild 6

hier durchaus brauchbare Ergebnisse mit der einfachsten Art des Abtreibens erzielt werden. Soll der Sammler über lange Zeit warm gehalten werden, so kann man zwei Becher mit zusammen vier Presslingen anwenden, oder man kann auch hier eine Regelung der Luftlöcher benutzen. Es ist schliesslich auch

möglich, in gewissen Zeitabständen neue Presslingen nachzulegen. Um diese Arbeit zu sparen, kann folgendermassen verfahren werden: Man legt unten in den Kasten einige angefeuchtete Presslinge und darauf einen oder mehrere trockene, die man anzündet. Wie der dargestellte Versuch 2 zeigt, wird auch hierdurch eine gleichmässige Verteilung der Wärme über längere Zeit bewirkt.

Die Temperaturen, die beim Verbrennung des Glühstoffes auftreten, betragen unmittelbar in der Glühzone etwa  $700^{\circ}$ . Da der Glühstoff nach aussen hin stets von einer Ascheschicht umgeben ist, ist die Brandgefahr gering. Auftropfendes Benzin oder ein Kraftstoff-Luftgemisch wird dabei nicht entzündet. Lediglich heftiges Anblasen oder wenn mehrere Presslinge eng beieinander liegen, können sich in den Spalten zwischen den Briketts kleine Flammen bilden, die dann die Zündung von Bi herbeiführen.

Alle langsam brennenden Glühstoffe entwickeln infolge ihrer langsamen Verbrennung Kohlenoxyd, was unter Umständen zu einer Gefahr bei der Anwendung werden kann. Zur Untersuchung der Kohlenoxydentwicklung wurde ein Stück Glühstoff TP 12 von 200 g in einem luftdicht abgeschlossenen Raum mit  $60 \text{ m}^3$  Inhalt verbrannt und der CO-Gehalt im Raum gemessen. Es ergab sich, dass der maximale CO-Anteil der Luft 0,08% betrug. Rechnet man diesen Wert auf die entwickelte Abgasmenge um, so ergibt sich, dass der Volumenanteil des Kohlenoxydgases an der entwickelten Abgasmenge etwa 3,7% beträgt. Die gleichen Versuche wurden in einem Zimmer von  $\sim 90 \text{ m}^3$  Inhalt mit 3 Glühbriketts (= 600 g) zu gleicher Zeit durchgeführt. Das Zimmer hatte drei Fenster und eine Türe, sodass an deren Ritzen ein Gasaustausch stattfinden konnte. Der Verlauf der Kohlenoxydentwicklung über die Brennzeit zeigt nachstehendes Bild 7. Man sieht, dass das Maximum mit ebenfalls 0,08% in der Luft im ersten Drittel der Brennzeit liegt, dass also die CO-Entwicklung dann geringer wird oder ganz aufhört, wenn das Brikett voll in Glut geraten ist.

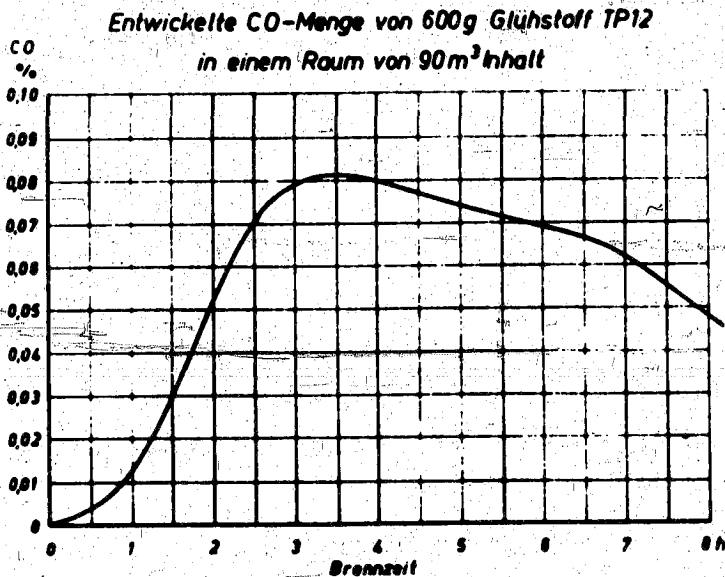


Bild 7

Es wurde versucht, durch Änderung der Beimischungen die Kohlenoxydentwicklung herabzusetzen, doch ist dies ohne gleichzeitige Änderung der Brenneigenschaften nicht möglich, denn die CO-Entwicklung ist durch die langsame, bei verhältnismässig niedriger Temperatur stattfindende Verbrennung bedingt. Über die Giftigkeit von Kohlenoxyd für den Menschen schreibt Flury<sup>\*)</sup>: "Die individuelle Empfindlichkeit gegen CO ist verschieden, demzufolge gehen auch die Angaben in der Literatur ziemlich auseinander. Wird die Kohlenoxydkonzentration in Volumenprozent und die Zeit in Stunden angegeben, so lässt sich die physiologische Wirkung durch untenstehende Kurven darstellen" (Bild 8). Man sieht, dass die mit drei

<sup>\*)</sup> Flury/Zernik: "Schädliche Gase", Springer Berlin 1931, S.208

### Physiologische Wirkung von Kohlenoxyd

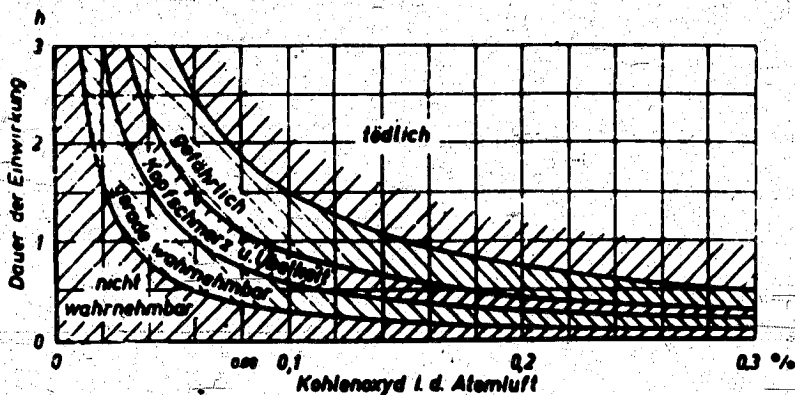


Bild 8

Briketts erreichte Höchstkonzentration von 0,08 Vol-% nach etwa zwei Stunden Einwirkung tödlich sein kann. Die versuchsweise vorgenommene Heizung des Führerhauses eines Kraftfahrzeuges mit einigen Glühstoffpresslingen ergab keine gesundheitliche Schädigung des Fahrers, jedoch wird eine Verwendung in einem geschlossenen Raum nicht möglich sein.

1.) Rhein. Braunkohlengrude

Bei gleichem Mischungsverhältnis wie der Glühstoff TP 12 hat das Brikett mit Rheinischer Braunkohlengrude gleiche Festigkeit und Brenneigenschaften.

2.) Rhein. Braunkohlenkoks im Spülgasverfahren abgeschwelt

Von Dr. Flesch, Generatorversuche, wurden drei Sorten dieses Kokses geliefert:

- a) mit Gas-Luft geschwelt,
- b) mit Stickstoff geschwelt,
- c) mit Dampf geschwelt.

Alle drei Sorten zeigten ein wesentlich besseres Verhalten als der Brüxer Schwelkoks. Es gelang hier, nur mit Kalisalpeter (4%) und Sulfitablauge (4%) auszukommen.

Rheinische Braunkohle wird jedoch z. Zt. nur versuchsartig in geringen Mengen geschwelt, welche für eine grössere Herstellung des Glühstoffes nicht ausreichen.

3.) Mitteldeutscher Braunkohlenschwelkoks, Deuben

Bei gleichguter Brennbarkeit wie der Brüxer Schwelkoks ist der Schwefelgehalt jedoch so hoch (bis 5%), dass wegen Korrosionsgefahr von der Verwendung abgesehen wurde.

4.) Lignitkoks, Reichenberg/Sa.

Wesentlich schlechtere Brennbarkeit wie die vorher untersuchten Kokse.

5.) Steinkohlenschwelkoks, Heinitz/Saar

In der Zusammensetzung wie Glühstoff TP 12 ist eine Verwendung unmöglich.

Tafel 1

Nr.	Zusammensetzung		Sulfidablage *	Festigkeit	Entzündlichkeit	Brennbarkeit
	Koks	KNO <sub>3</sub>				
1	98	2	15	sehr gut	nicht entzündbar	
2	98	2	8	sehr gut	"	
3	96	4	4	schlechter als 2	noch entzündbar	schlecht brennt nicht weiter
4	92	8	4	besser als 3	"	"

\* Zusatz v. Sulfidablage i. Vol. Teilen auf 100 Teile Masse

Tafel 2

Nr.	Zusammensetzung *						Sulfidablage	Festigkeit	Entzündlichkeit	Brennbarkeit
	Koks	KNO <sub>3</sub>	Braunkohle	Kollinstoff	Sägemehl	Lignin				
1	76	4	20	-	-	-	4	gut	gut	sehr gut gut
2	93,5	4	-	2,5	-	-	4	sehr gut	"	brennt nicht weiter
3	83	4	10	3	-	-	4	sehr gut	"	gut
4	83	4	10	-	3	-	4	gut	"	gut
5	83	4	10	-	-	3-6	3-6	gut	schlecht	brennt nicht weiter

\* Zusammensetzung in Gewichtsteilen

Tafel 3

Bez.	Zusammensetzung				Sulfidablage	Abrieb % in 1/h	Entzündlichkeit	Brennbarkeit
	Koks	KNO <sub>3</sub>	Braunkohle	Kollinstoff				
B1	83	2	10	5	-	groß	sehr gut	gut
B12	82	3	10	5	6	2,8	gut	gut
B4	81	6	10	5	8	1,1	schlechter wie B12	gut
F7	80*	10	-	-	10	klein	sehr schlecht	gut

\* Rhein. Braunkohlkoks

9098

TPr S 2876

Tafel 4

Kollerstoff-Zusatz verändert

Nr.	Zusammensetzung				Sulfatablauge	Abrieb % in 1/2 h	Entzünd- lichkeit der Kohle	Brennbarkeit
	Koks	KNO <sub>3</sub>	Braun- kohle	Koller- stoff				
1	77	3	10	10	6	-	stellen- weise	brennt nicht weiter
2	82	3	10	5	6	3	4/4 *	gut
3	83	3	10	4	6	3	4/4	gut
4	86	3	10	1	6	4	4/4	weniger gut
5	87	3	10	-	6	5	3/4	stärkere Ge- ruchsbildung

\* 4/4 bedeutet, daß nach dem Abbrennen der 5 cm<sup>3</sup> Benzin mit welcher das runde Briketts getränkt worden war, 4/4 d.h. die ganze Kante des Briketts sich entzündet hatte. Je weniger ausgedehnt die Brennfläche an der Kante also ist, desto weniger zündwillig ist der Glühstoff.

Tafel 5

Braunkohlen-Zusatz verändert

Nr.	Zusammensetzung				Sulfatablauge	Abrieb % in 1/2 h	Entzünd- lichkeit der Kohle	Brennbarkeit
	Koks	KNO <sub>3</sub>	Braun- kohle	Koller- stoff				
6	84	3	8	5	6	3	4/4	gut
7	86	3	6	5	6	3	4/4	"
8	88	3	4	5	6	2,5	3/4	"
9	90	3	2	5	6	2,5	3/4	"
10	92	3	-	5	6	1	3/4	weniger gut

Tafel 6

Salpeter-Zusatz verändert

Nr.	Zusammensetzung				Sulfatablauge	Abrieb % in 1/2 h	Entzünd- lichkeit der Kohle	Brennbarkeit
	Koks	KNO <sub>3</sub>	Braun- kohle	Koller- stoff				
11	75	10	10	5	6	0,5	stellen- weise	brennt nicht weiter
12	79	6	10	5	6	0,5	1/3	gut
13	80	3	10	5	6	1,5	4/4	"
14	81	4	10	5	6	2	4/4	"
15	83	2	10	5	6	3	3/4	"
16	84	1	10	5	6	4	6/4	"
17	85	-	10	5	6	4	6/4	Geruchsbildung