

Hannover, den 27. Juli 1944.

BAG Target

3896 HANNOVER

Kursbericht

**zum Forschungsauftrag:** "Entwicklung von Rollenmeisseln für hartes Gebirge".  
**Kennwort:** "Rollenmeissel".  
**Wehrmachtsauftrags-Nr.:** SS 4104-0048/44-I/44  
**Tagebuch-Nr.:** Rf-1167/44g/14 vom 21. März 1944

Bei Beginn der Versuchsarbeit wurde festgestellt, daß objektive Werte über das Verhalten der Rollenmeißel unter den in der Praxis sehr verschiedenartigen Arbeitsbedingungen nicht vorliegen und daß auch die Auswertung der Bohrprotokolle leicht zu Fehlschlüssen führt, da die geologischen Verhältnisse nicht genau genug übersehen werden können. Diese Tatsache wurde in eigenen Betriebsüberwachungen in Bentheimer Bohrungen bestätigt. Es wurde darum eine Bohrversuchsanlage aufgebaut, in der mit Sicherheit gleichmäßig Arbeitsbedingungen zu erzielen sind, also konstanter Druck, Drehzahl und Gesteinsbeschaffenheit. Mit dieser Anlage wird in Gesteinsblöcken gebohrt, deren Druckfestigkeit gemessen wurde. Hierbei wird die Abhängigkeit der Bohrleistung von den Einflußgrößen gemessen. Bisher wurde in Sandsteinen verschiedener Herkunft und Dolomit gebohrt bei Drehzahlen von 50 bis 130 U/Min und Drücken von 2 bis 15 t und bei einem Meißeldurchmesser von 216 mm. Hierbei wurde ein linearer Anstieg der Bohrleistung mit der Drehzahl und ein etwa quadratischer Anstieg mit dem Bohrdruck ermittelt. Zur Messung der Bohrleistung bei höheren Drehzahlen war ein zeitraubender Umbau und Einbau eines schnellaufenden Drehtisches erforderlich. Diese Arbeiten sind jetzt beendet, und die Messungen werden Anfang August fortgesetzt. Insbesondere soll festgestellt werden, ob die gefundenen Gesetzmäßigkeiten auch für höhere Drehzahlen bis 300 U/min gültig sind. Ferner werden neu Muschelkalk, Keuperquarzit und Grahit gebohrt, von denen die beiden letzten als sehr hart anzusprechen sind. Im Quarzit wird u.a. der Werkzeugverschleiß in Abhängigkeit von den Arbeitsbedingungen in Langzeitversuchen gemessen.

In theoretischen Verschleißmessungen wurde festgestellt, daß hohe Härte besonderen Verschleißwiderstand ergibt, und zwar verhalten sich Chrom-Manganstähle günstiger als die bisher verwendeten Chrom-Nickel-Stähle. Es wurden darum Werkzeuge aus EC 80 angefertigt, die jetzt im Bohrbetrieb erprobt werden. Diese Versuche sollen vor allem zeigen, ob die geringere Kerbschlagzähigkeit der EC-Stähle ausreichend ist, um Brüche zu verhindern, während hinsichtlich des Verschleißwiderstandes keine Bedenken bestehen. Dauerschlag- und Kerbschlagversuche konnten leider noch nicht durchgeführt werden, da die Materialbeschaffungsversuche bisher erfolglos geblieben sind.

Ferner wurde eine Prüfmaschine entwickelt, auf der in Laboratoriumsversuchen der Bohrvorgang nachgeahmt und neben den übrigen Einflußgrößen, wie Druck, Drehzahl und Gesteinsfestigkeit, der Einfluß der Werkzeugverzahnung untersucht wird. Die Messungen werden im August 1944 beginnen.

Es ist zu erwarten, daß neben der grundlegenden Klärung

des Einflusses der Bohrbedingungen auf die Leistung und Lebensdauer der Werkzeuge ein Werkstoffaustausch möglich sein wird, sowie Vorschläge für günstigste Verzahnungen gemacht werden können. Ferner wird Aufschluß darüber gewonnen werden, welche Leistungen beim Hochgeschwindigkeitsbohren zu erwarten sind, das als besonders geeignetes Mittel zur Steigerung der Erdölförderung angesehen wird.

*Shurili*

Zusammenfassung

BAG Tarnot  
3850 HANNOV

Über den Bericht zum Forschungsauftrag:

"Untersuchung und Entwicklung von Rollenmeißeln für hartes Gebirge".

Durch den Ausfall der vor dem Kriege im Erdölbetrieb überwiegend verwendeten Rollenmeißel amerikanischer Herkunft ist ein Absinken der Bohrleistungen und damit der Erdölförderung eingetreten. Die Qualität der bisher benutzten deutschen Werkzeuge war nicht ausreichend. Es mußten daher Versuche zwecks Entwicklung geeigneter Rollenmeißel dringend durchgeführt werden. Bei diesen Untersuchungen sollten gleichzeitig die optimalen Arbeitsbedingungen, wie Druck und Drehzahl, die bei einer bestimmten Formation ohne betriebliche Schwierigkeiten in Anwendung kommen können, systematisch untersucht werden. Es wurde daher eine großtechnische Versuchseinrichtung aufgebaut, in der die Bohrleistung in Abhängigkeit von Druck und Drehzahl und der Härte des gebohrten Gesteines gemessen wird und in der insbesondere Aufschluß über das Verschleißverhalten beim Bohren sehr harter Formationen, z.B. Keuperquarzit, gewonnen werden soll. Daneben ist eine laboratoriumsmäßige Prüfeinrichtung entwickelt worden, in der insbesondere der Einfluß der Werkzeug-Zahnform und -Zähnezahl auf die Bohrleistung untersucht wird.

Auf Grund von Verschleißmessungen wurden Bohrwerkzeuge mit geringeren Anteilen an Sparmetallen entwickelt, die in Kürze im Bohrbetrieb erprobt werden können.

b.w.

Die Untersuchungen über die günstigsten Arbeitsbedingungen beim Bohren ergab, daß bei entsprechender Erhöhung der Drehzahl (bis zu 300 Umdrehungen) pro Minute) und des Bohrdrucks ein wesentlich höherer Bohrfortschritt als bisher erzielt werden kann. Diese Steigerung der Meterleistung kommt in bedeutendem Umfange der Gesamterdölproduktion zu Gute.

Hannover, den 7. Juli 1944.

B e r i c h t Nr. 5

zum Forschungsauftrag: "Entwicklung von Rollenmeißeln für  
hartes Gebirge".

Kennwort: "Rollenmeißel"

Wehrmachtsauftrags-Nr.: SS 4104-0048/44-1/44

Tagebuch-Nr.: Rf-1167/44g/14 vom 21. März 1944.

Die Bohrversuchsanlage bei der Gewerkschaft Elwerath konnte Anfang Oktober in Betrieb genommen werden. Wie schon in früheren Berichten erläutert, sollen auf dieser Anlage unter ähnlichen Bedingungen wie im praktischen Bohrbetrieb Rollenmeißel hinsichtlich ihres Verhaltens in den verschiedenen Formationen, bei verschiedenen Bohrdrücken und -drehzahlen untersucht werden. Es standen bisher als Versuchsgestein zur Verfügung:

- 1) Obernkirchener Sandstein
- 2) Nesselberger Sandstein (Altenhagen),
- 3) Grafenhorster Sandstein (Rheine).

Die Blöcke hatten eine Grundfläche von 1,0 x 1,0 m und eine Höhe von 0,7 bis 1,0 m. Ihre Härte war nicht einheitlich, doch sind von jedem untersuchten Block Probewürfel von 4 cm Kantenlänge nach Din zur Bestimmung der Gesteinsdruckfestigkeit entnommen worden. Bei den Versuchen wurde so verfahren, daß jeweils ein bestimmter Bohrdruck eingehalten und mit verschiedenen Drehzahlen gebohrt wurde. Die Drehzahlen wurden im Bereich von 50 bis 125 U/min gewählt, die Versuchsdrücke betragen zwischen 2 und 15 t, der Durchmesser der untersuchten Rollenmeißel war einheitlich 216 mm. Da die Ermittlung der Gesteinsdruckfestigkeit, zu der sich Herr Prof. Dr. Fretold bereit erklärt hat, noch nicht durchgeführt werden konnte, muß davon abgesehen werden, hier Zahlenwerte für das Verhalten der Werkzeuge in den verschiedenen harten Formationen anzuführen. Bisher wurden rund 100 Einzelversuche gefahren, und zwar bei Drehzahlen von 54-56, 80-85, 90-95, 110-115 und 120-125 U/min

und bei Drücken von 2, 4, 6, 8, 10, 12 und 15 t. Da bei den bisherigen Versuchen der Hebewerksantrieb, der den Bohrdruck liefert, und der Drehtischantrieb vom gleichen, durch Widerstände geregelten Motor erfolgten, war es nicht möglich, bei verschiedenen Drücken die gleiche Drehzahl zu fahren, diese schwankte vielmehr in den angegebenen Grenzen je nach Härte der gebohrten Formation und Bohrdruck. Für die Wiedergabe des Bohrverhaltens in Form von Kennlinien spielen diese Abweichungen aber keine Rolle. Es konnte einwandfrei festgestellt werden, daß bei gleichem Druck mit zunehmender Drehzahl die Bohrleistung stieg, und zwar geradlinig. Bei härterem Gestein ist der Verlauf der Geraden stets flacher als bei weichem. Höherer Druck ergab bei gleichgearteten Drehzahlen das gleiche Verhalten, wobei die Absolutwerte, wie erwartet, höher lagen. Wenn man die Bohrleistung über den veränderlichen Drücken bei konstant gehaltener Drehzahl aufträgt, so ergibt sich auch hier wiederum ein linearer Anstieg der Bohrleistung. Wie schon erwähnt, kann über die Absolutwerte der Bohrleistung in Abhängigkeit von Druck und Drehzahl noch nichts ausgesagt werden, da diese von der Gesteinsfestigkeit abhängig sind. Das beiliegende Schaubild enthält daher nur Kennlinien, die Blöcken jeweils gleicher Härte angehören. So ist es erklärlich, daß beispielsweise die Leistung bei höherem Druck niedriger liegt als bei geringerem Druck. Es wird aber nach Abschluß der Versuche möglich sein, bei einer bekannten Gesteinsfestigkeit zu sagen, wie die entsprechende Bohrleistung sein wird. Über die Lebensdauer der untersuchten Meißel sagen die bisherigen Versuche nichts aus, da es sich um Formationen handelt, die, gemessen an den im Bohrbetrieb auftretenden Gesteinhärten, noch als weich bezeichnet werden müssen. Trotz Gesamtbohrstrecken von 30 bis 35 m je Meißel trat noch kein spürbarer Verschleiß an dem Hartmetall der Schneidrollen auf. Auch haben die Versuche noch keine ins Gewicht fallende Verschlechterung in den Rollen- und Kugellagern gebracht, wobei allerdings betont werden muß, daß trotz der hohen Bohrdrücke ideale Verhältnisse infolge Fehlens des Bohrgestänges vorliegen, die nicht ohne weiteres Schlüsse auf das Betriebsverhalten zulassen. Bei den bisher untersuchten Meißeln handelt es sich um das Fabrikat Söding & Halbach in alter Werkstoffqualität, d.h. aus ECN 25 und 35.

Zur Zeit wird an dem Umbau der Versuchsanlage gearbeitet;

statt des alten, langsam laufenden Drehtisches von Schäfer wird ein neuer Demagisch angebaut, der stufenlos regelbaren elektrischen Einzelantrieb erhält bei einem Drehzahlbereich von 100 bis 500 U/min. Diese Drehzahlen sollen auf Grund der Besprechung zu Anfang Dezember mit Herrn Prof. Dr. Rents gefahren werden und u.a. Aufschluß über die Verhältnisse beim Hochgeschwindigkeits- und Turbinenbohren geben. Ausserdem werden auf Anregung der Gewerkschaft Elwerath die für die Bohrung Hameln I vorgesehenen Bohrversuche mit Sulfitspülung wegen der Tonschichten in der genannten Bohrung auf dem Versuchsstand durchgeführt, weil hier genau kontrollierbares und gleichmäßiges Gestein bearbeitet werden kann. Als Versuchsgestein dient zunächst Grafenhorster Sandstein (Rheine), der einen höheren Quarzgehalt besitzt als die bisher untersuchten Gesteinsarten. Es werden die gleichen Versuchsreihen einmal in Ton- und dann in Sulfitspülung gefahren, so daß an Hand etwa verschiedener Bohrleistungen auf den Einfluß der Spülung geschlossen werden kann.

Ferner werden in Kürze ausser den bisherigen Sandsteinen Dolomit (Salzhemmendorf), Granit (Sudeten) und Muschelkalk (Franken) bearbeitet.

Die in früheren Berichten beschriebene Verschleißprüfmaschine ist bei der Gewerkschaft Elwerath in Arbeit. Ihre Fertigstellung ist leider infolge kriegsbedingter Einflüsse verzögert worden.

Die Firma Wirth wurde inzwischen von mir veranlaßt, Probemeißel 267 mm  $\phi$  zu Versuchen im Bohrloch anzufertigen, die vollständig aus EC 80 (nickelfrei) hergestellt werden und solche, deren Schaft aus Kohlenstoffstahl (St.C 45.61) besteht, während der Lagerzapfen aus ECN 25 oder 35 eingeschweißt wird. Nach meiner Ansicht dürfte jedoch auch die Herstellung von Zapfen und Schneidrollen aus EC 80 keine Verschlechterung geben. Sofern diese Versuche positiv verlaufen, wäre eine allgemeine Umstellung auf die Ausführung: Schaft aus St.C 45.61, Zapfen und Schneidrolle aus EC 80 möglich. Diese Ausführung bedingt eine 100%ige Nিকেleinsparung und eine Chromersparnis von 70 bis 80 %. Durch die erwähnten Bohrversuche im praktischen Betrieb soll jedoch zuvor jedes Risiko ausgeschaltet werden. Hierzu werden auch die schon früher angeführten Kerbschlag- und Dauerschlagversuche an einsatzgehärtetem ECN 25, 35,

EG 80 und 100 beitragen, für die nunmehr nach großen Schwierigkeiten der Werkstoff angeliefert werden soll.

In der Besprechung des Herrn Dipl.-Ing. Hartmann bei der Firma Wirth wurde auch auf das Turbinenbohren auf Grund russischer und amerikanischer Berichte eingegangen und festgestellt, daß auch in Deutschland großes Interesse an dieser Entwicklung besteht, die von Wirth vor Jahren durch eigene Konstruktionen gefördert wurde, ohne daß praktisch brauchbare Lösungen gefunden wurden. Die Ergebnisse der Bohrversuche in Nienhagen lassen jedenfalls das Turbinen- oder Elektrobohren wegen der dabei möglichen hohen Drehzahlen und Drücke als ideale Verfahren erscheinen, sofern die Werkstoffschwierigkeiten überwunden werden können. Herr Hartmann wird an einer Besichtigung der Nienhaus-Turbine teilnehmen, sobald diese in Betrieb ist. Das Turbinenbohren, d.h. die Schaffung einer betriebsreifen Konstruktion müßte im Hinblick auf die zu erwartenden Erfolge mit allen Mitteln gefördert werden. Das Elektrobohren, d.h. das Arbeiten mit einem Elektromotor auf der Sohle bei stillstehendem Gestänge erscheint als noch geeigneter, wenn es gelingt, die Schwierigkeiten der Energiezuführung, Isolation und Abdichtung des Motors zu meistern, da der hohe Verschleiß der Bohrturbine fortfällt. Soviel bekannt, ist diesem Verfahren in Deutschland noch kein Interesse entgegengebracht, obwohl es unbestreitbare Vorzüge besitzt.

gez. Prof. Dr. M a t t i n g.

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. H a r t m a n n

B e r i c h t Nr.6

zum Forschungsauftrag: "Entwicklung von Rollenmeißeln für hartes Gebirge".

Kennwort: "Rollenmeißel"

Wehrmachtsauftrags-Nr.: SS 4104-0048/44-I/44

Tagebuch-Nr.: Rf-1167/44g/14 vom 21. März 1944

In die Versuchsanlage in Nienhagen wurde inzwischen statt des Schäfer-Drehtisches mit maximal 130 U/min ein Demag-Drehtisch für Drehzahlen bis 300 U/min eingebaut, der von der Gewerkschaft Elwerath leihweise abgegeben wird. Da die Versuche aber Drehzahlen bis 500 U/min erfassen sollen, ist bei der Firma Wirth ein Drehtisch angefragt worden, der bei dieser Geschwindigkeit noch betriebssicher arbeitet. Für die genaue Einhaltung und Ablesung der Drehzahl war die Aufstellung eines Nebenschluß-Kollektormotors mit Drehregler erforderlich, mit dem der Drehtisch unabhängig vom Hebewerk angetrieben wird. Die Anlage ist voraussichtlich Mitte Juni wieder betriebsbereit. Es sollen dann die im Oktober 1943 begonnenen und bis Januar 1944 fortgesetzten Versuche bei höheren Drehzahlen wiederholt und ausserdem als neue Gesteinsarten Quarzit und Muschelkalk gebohrt werden. Die Versuche mit einer Sulfitablauge-Spülung im Januar zeigten kein brauchbares Ergebnis, da nicht genügend trockene Sulfitablauge zur Verfügung stand und somit nicht die erforderliche Konzentration der Spülung erzielt wurde. Ausserdem hat der untersuchte Sandstein aus Grafenhorst(Rheine) offensichtlich nicht genügend quarzitische Bestandteile, auf die sich der Angriff der Sulfitaspülung erstrecken soll. Nach Eintreffen des bestellten Quarzits aus Hämelschenburg werden diese Versuche wiederholt.- Ferner wurde ein Dolomit aus Salshemendorf (Ith) gebohrt, der ähnliche Festigkeit wie der Grafenhorster Sandstein aufweist und in dem ähnliche Bohrleistungen erzielt wurden.

Die Druckfestigkeiten und spez.Gewichte der in den Ver-

suchen gebohrten Gesteine wurden bestimmt.

Die bei der Gewerkschaft Elwerath in Arbeit befindliche Verschleißprüfmaschine wird in einigen Wochen fertiggestellt sein.

Durch Schwierigkeiten in der Beschaffung von Zubehörtteilen und elektrischen Apparaten sind neue Verzögerungen entstanden.

Die von Wirth zugesagten Rollenmeißel 267 mm  $\varnothing$  aus Chrom-Manganstahl EC 80, mit denen Versuche in einer Bohrung der Deutschen Vakuum-Öl A.-G. bei Harburg gemacht werden sollen, sind Anfang Juni zu erwarten.

gez. Prof. Dr. M a t t i n g

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. H a r t m a n n.

BAG Tarn **Geheim**  
3886 HANNOVER Tarn  
3886 HANNOVER

Reichsinstitut für Erdforschung  
der Technischen Hochschule Hannover

Hannover, den 13.12.1944

### Kursbericht

Zum Forschungsauftrag: "Entwicklung von Rollenmeissel für hartes Gebirge"

Kennwort: "Rollenmeissel"

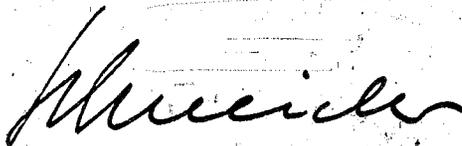
Wehrmachtauftrags-Nr.: SS 4104-0048/44-I/44

Tagebuch-Nr.: Rf 1167/44g/14 v. 21. März 1944

Die Prüfmaschine für die Untersuchung des Einflusses von Bohrdruck, Drehzahl, Gesteinsfestigkeit und Werkzeugform auf die Bohrleistung des Rollenmeissels ist bis auf einige Arbeiten für die Aufstellung und den Anschluß der Apparatur soweit fertiggestellt, dass Anfang Januar mit den Reihenuntersuchungen begonnen werden kann. Inzwischen sind die zu untersuchenden Gesteine gebohrt und einbaufähig bearbeitet. Die Versuche über die Bohrleistungen im Querzitat, die auf der Großversuchsanlage durchgeführt werden, konnten noch nicht weitergeführt werden, weil die Reparatur des zugehörigen Drehzahlmessers sich seitens der ausführenden Firma immer wieder verzögert hat. Die Firma Wirth & Co. hat sich in einer Besprechung am 11.12. bereit erklärt, eine vorgeschlagene Rollenmeisselform für Versuchszwecke kurzfristig zu liefern, sofern die Herstellung der Gesenke termingemäß erfolgt. Dauer- und Kerbschlagproben der Meisselbaustoffe werden zur Zeit bearbeitet. Versuche haben inzwischen gezeigt, dass der Austauschstahl EC 80 (Chrom-Mangan-Stahl) dem höher spanstoffbelasteten SCN 25 u. 35 (Chrom-Nickel-Stahl) mindestens gleichwertig ist. Durch konstruktive Maßnahmen konnte darüber hinaus der Anteil legierten Stahles erheblich gesenkt werden.

Prof. Dr.-Ing. habil. Matting

Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. Hartmann



Reichsinstitut für Erdölforschung  
der Technischen Hochschule Hannover

Hannover, den 27. Juli 1944

BAG Tarsoot

3890 HANNOVER

Kurzbericht

zum Forschungsauftrag: "Prüfung der geeigneten Werkstoffe für die Herstellung von Rotary-Ketten für den Erdölbetrieb unter Berücksichtigung der heutigen Mangellage".

Kennwort:

"Rotary-Ketten"

Wehrmarchtsauftrags-Nr.: SS 4104-0052/44-I/44

Tagebuch-Nr.:

Rf-1167/44g/14 vom 21. März 1944

Es wurde ein Kettenprüfstand bei einem Kettenhersteller entwickelt, der in Kürze in Betrieb genommen wird. Hier soll in Parallelversuchen zwischen Ketten verschiedener Hersteller und verschiedener Bearbeitungsgüte eine Qualitätsverbesserung versucht werden. Die Prüfung findet unter betriebsähnlichen Bedingungen, also stoßartiger Belastung, gleichen Umfangsgeschwindigkeiten usw. statt, da eine Überwachung im Betrieb selbst infolge häufiger Änderung der Belastung unmöglich ist.

*Plücker*

## Z u s a m m e n f a s s u n g

Über den Bericht zum Forschungsauftrag:

"Prüfung der geeigneten Werkstoffe für die Herstellung von Rotary-Ketten für den Erdölbetrieb unter Berücksichtigung der heutigen Mangellage".

Die Lebensdauer von deutschen Antriebsketten für den Drehtisch von Rotary-Bohranlagen ist nach den Erfahrungen in deutschen und rumänischen Ölfeldern etwa sechsmal geringer als die amerikanischer Ketten. Um einen Überblick über die Lebensdauer von Rotaryketten zu gewinnen, ist ein Kettenprüfstand entwickelt und in Kürze betriebsbereit, auf dem verschiedene Abmessungen und Fabrikate einer betriebsmäßigen Beanspruchung unterworfen werden, ohne daß die unkontrollierbaren Schwankungen der Bohrpraxis das Ergebnis verfälschen. Durch Verbesserungen in der Kettenfertigung sollen Leistungssteigerungen angestrebt werden, die mit einer Einsparung an Legierungsmetallen gleichbedeutend sind. Für einzelne Kettenteile wird sich ein Werkstoffaustausch kaum ermöglichen lassen, da selbst mit hochwertigen Werkstoffen keine befriedigende Lebensdauer erzielt werden konnte. Besonderes Interesse ist der Wärmebehandlung der Ketten zu widmen.

Hannover, 7. Juli 1944

B e r i c h t Nr.1

BAG T a r c t  
3896 HANNOVER

zum Forschungsauftrag: " Prüfung der geeigneten Werkstoffe für die Herstellung von Rotary-Ketten für den Erdölbetrieb unter Berücksichtigung der heutigen Mangellage."

Keyword: " Rotary.Ketten "

Wehrmachtauftrags Nr.: SS 4104-0052/44-I/44

Tagebuch Nr.: Rf-1167/44g/14 vom 21. März 1944

Mit den beiden wichtigsten Kettenherstellern, der Firma Siemag, Biserfeld/Sieg, und der Firma Alfred Wirth & Co., Erkelenz, wurde die Verbindung aufgenommen. Bevor an einen Austausch der beiden Werkstoffe durch sparstofffreie gedacht werden kann, muss zunächst die Qualität der Ketten aus den zur Zeit verwendeten Werkstoffen auf die Höhe der amerikanischen gebracht werden. Nach zuverlässigen Angaben aus Bohrtechnikerkreisen halten die amerikanischen Ketten aus gleichen oder ähnlichen Werkstoffen durchweg sechsmal länger als deutsche Ketten. Mit Herrn Beirat Dr.-Ing. Künkele, dem werkstoffkundlichen Mitarbeiter der Firma Wirth, wurde vereinbart, je eine Kette 3 und 4" der Firmen Siemag und Wirth auf einer Kettenprüfmaschine zu untersuchen, die zur Zeit bei Wirth geb. ut wird. Für die Kettenfertigung ist von Wirth eine höhere Genauigkeit vorgesehen, da vermutet wird, dass die Bearbeitungsgröße von wesentlichen Einfluss auf die Lebensdauer ist. Erst nach Erhalt vergleichbarer Werte durch die Untersuchung auf der Prüfmaschine kann daran gegangen werden, die Umstellung auf Ersatzwerkstoffe vorzunehmen. Die Lebensdauer der Ketten im Bohrbetriebe hängt von so vielen Einflüssen ab, dass an Hand von Laufzeiten allein nicht auf die Güte einer Kette geschlossen werden kann. Darum also zunächst Ermittlung vergleichbarer Werte von Ketten bisheriger Werkstoffzusammensetzung und

Versuche, wie weit ein Austausch möglich ist. Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass das Problem des Werkstoffaustausches von zweitrangiger Bedeutung ist, wenn es gelingt, die Lebensdauer amerikanischer Ketten zu erreichen, weil das praktisch einer Werkstoffersparnis von 80 bis 85 % entspricht.

gez. Prof. Dr. M a t t i n g

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. H e r t m a n n

Hannover, 7. Juli 1944

B e r i c h t Nr.2

zum Forschungsauftrag: " Prüfung der geeigneten Werkstoffe für die Herstellung von Rotary-Ketten für den Erdölbetrieb unter Berücksichtigung der heutigen Mangellage."

Kennwort: " Rotary-Ketten "

Wehrmachtsauftrags Nr.: SS 4104-0052/44-I/44

Tagebuch Nr.: Rf- 1167/44g/14 vom 21. März 1944

Die Firma Siemag hat sich nach vielen erfolglosen Mahnungen endlich bereit erklärt, Ketten für Versuche zur Verfügung zu stellen. Ihr eigener Versuchsstand ist zwar fertiggestellt, kann aber wegen Personalschwierigkeiten erst in 3 bis 4 Monaten anschlussfertig gemacht werden. Ich werde auf Einhaltung dieses Termins dringen. Von Wirth liegt noch keine Angabe vor, wann der dort in Arbeit befindliche Versuchsstand betriebsbereit ist.

gez. Prof.Dr. M a t t i n g.

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. H a r t m a n n

388 HANNOVER

Reichsinstitut für Erdölforschung  
der Technischen Hochschule Hannover Hannover, den 13.12.1944

K u r z b e r i c h t

Zum Forschungsauftrag: "Prüfung der geeigneten Werkstoffe für die Herstellung von Rotary-Ketten für den Erdölbetrieb unter Berücksichtigung der heutigen Mangellage".

Kennwort: "Rotary-Ketten"

Wehrmachtauftrags-Nr.: SS 4104-0052/44-I/44

Tagebuch-Nr.: Rf-1167/44g/14 vom 21. März 1944

In dieser Arbeit konnten keinerlei Fortschritte erzielt werden, da eine bei der Firma Wirth & Co in Erkelens gebaute Prüfmaschine infolge der Kriegssereignisse nicht in Betrieb genommen werden konnte. Die Maschine ist inzwischen nach Minden überführt worden und soll dort aufgestellt werden.

Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. Hartmann

*Heinrich*

Kurzbericht

zum Forschungsauftrag: "Ölmessung und Gas-Öl-Verhältnis"  
 Kennwort: "Ölmessung"  
 Wehrmachtsauftrags-Nr. SS 4104/0046/44-I/44  
 Tagebuch-Nr. Hf 1167/44g/14 vom 21. März 1944.

Um aus einer Öllagerstätte eine maximale Menge zu fördern, ist die Überwachung des Gas-Öl-Verhältnisses während der Förderung unbedingt notwendig. Es wurde aus diesem Grunde bei der Deutschen Vacuum in Oberg eine größere Versuchsanlage aufgebaut, die es gestattet, Normblenden spezieller Konstruktion für den Durchfluß von kleineren Ölmengen zu überprüfen. Die ersten Ergebnisse waren ausserordentlich zufriedenstellend und es wird im nächsten Monat der praktische Einsatz erfolgen. Die Messungen werden mit Ölen fortgesetzt, die einen möglichst niedrigen Stockpunkt haben, um den Einfluß der beginnenden Paraffinausscheidung auf die Meßgenauigkeit ebenfalls zu erfassen.

*Plücker*

ihre betriebliche Verwendbarkeit zu überprüfen bzw. neue Meßgeräte zu entwickeln.

## E i n f ü h r u n g

zum Forschungsauftrag:

### "Ölmessung und Gas-Öl-Verhältnis"

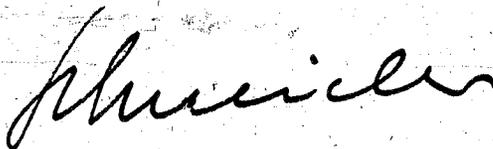
Um aus einer gemessenen Öl-Lagerstätte eine maximale Ausbeute erzielen zu können, ist es nötig, vom Beginn der Produktion an das Gas-Öl-Verhältnis der einzelnen Sonden systematisch zu erfassen. Die Aufgabe des Forschungsauftrages besteht darin, vorhandene Meßgeräte auf ihre betriebliche Verwendbarkeit zu überprüfen bzw. neue Meßgeräte zu entwickeln.

Hannover, den 7. Juli 1944

B e r i c h t

zum Forschungsauftrag: "Ölmessung und Gas-Öl-Verhältnis"  
Kennwort: "Ölmessung"  
Wehrmachtsauftrags-Nr.: SS 4104/0046/44 - I/44  
Tagebuch-Nr.: Rf 1167/44g/14 vom 21. März 1944

Die Deutsche Vakuum-Öl A.-G. hat sich bereitgefunden, einen Versuchsstand für Mengmessungen auf ihrem Gelände in Oberg aufzubauen. Die Anlage ist fertiggestellt, so daß mit den Versuchen am 1. Juli 1944 begonnen wurde.



Sachbearbeiter:

Dr.-Ing. S c h m i d

**Geheim**

**Forschungsinstitut für Erdölforschung  
der Technischen Hochschule Hannover**

Hannover, den 13.12.1944

BAG Target

Kurzbericht

388C HANNOVER

zum Forschungsauftrag: "Ölmessung und Gas-Öl-Verhältnis"

Kennwort: "Ölmessung"

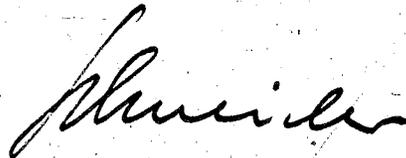
Wehrmachtauftrags-Nr.: SS 4104/0046/44-I/44

Tagebuch-Nr.: RS 1167/44g/14 vom 21. März 1944

In den vergangenen Wochen wurde diese Aufgabe eingehend bearbeitet. Es konnten zwei Versuchsberichte eingereicht werden, die einmal die grundsätzliche Brauchbarkeit der Durchflußmessung mit Blenden zeigten, zweitens erzeigten, dass der Stabe-Messner in der vorliegenden Form nicht geeignet ist, die bisher übliche Meßmethode mittels Meßtank zu ersetzen.

Eingehende Versuche auf dem Versuchstank in Oberg ergaben, dass doppelt abgeschrägte Blenden nach Mitte, die ohne besondere Hilfsmittel in einer normal eingerichteten Werkstatt hergestellt wurden, ein so günstiges strömungstechnisches Verhalten zeigten, dass sie für die Mengemessung von Erdöl hinter den Produktionssonden brauchbar erscheinen. Meßversuche hinter einer Sonde haben diese Vermutung bestätigt. Es wurde eine vollkommene Übereinstimmung zwischen den Durchfluß- und den Tankmessungen beobachtet. Über die Einzelheiten soll in Kürze im Rahmen eines Versuchsberichtes berichtet werden.

Bearbeiter: Dr.-Ing. Schmid



Reichsinstitut für Erdölforschung  
der Technischen Hochschule Hannover

Hannover, den 27. Juli 1944.

BAG Target

Kurzbericht 3800 HANNOVER

zum Forschungsauftrag: "Physikalische Konstanten in Erdöllagerstätten im Hinblick auf rationelle Förderung".

Kenntwort: "Lagerstättenkonstanten".

Wehrmachtsauftrags-Nr.: SS 4104-0047/44-I/44

Tagebuch-Nr.: Rf-1167/44g/14

Als erste Untersuchung soll die Messung der Viskositäten von Rohöl-Erdgasgemischen durchgeführt werden. Der hierzu nötige Autoklav aus Spezialmaterial wurde Anfang Juli geliefert. Nach dem Eintreffen der benötigten elektrischen Meßapparate wird umgehend mit den wichtigen Versuchen begonnen, da die Ergebnisse für eine rationelle Förderung unbedingt benötigt werden.

*Reich*

E i n f ü h r u n g

zum Forschungsauftrag:

"Physikalische Konstanten in Erdöllagerstätten im Hinblick auf rationelle Förderung".

Die maximale Ausbeutung einer vorhandenen Erdöllagerstätte ist nur dann möglich, wenn die physikalischen Konstanten des Rohöles unter den gegebenen Druck- und Temperaturbedingungen einwandfrei bekannt sind. Es werden darum von uns Messungen über die Zähigkeit von Rohöl in Abhängigkeit vom Erdgasgehalt durchgeführt. Gleichzeitig wird unter Lagerstättenbedingungen der Entlösungspunkt<sup>und</sup> die Oberflächenspannung untersucht.

Auf Grund dieser Ergebnisse wird es möglich sein, die Ausbeute der Erdöllagerstätten, die z.Zt. nur etwa 70 % beträgt, wesentlich zu erhöhen. Die hierdurch bedingte Steigerung der deutschen Erdölproduktion kann von entscheidender Bedeutung sein.

B e r i c h t

zum Forschungsauftrag: "Physikalische Konstanten in Erdöl-  
lagerstätten im Hinblick auf rationelle  
Förderung".

Kennwort: "Lagerstättenkonstanten"

Wehrmarchtsauftrags-Nr.: SS 4104-0047/44-I/44

Tagebuch-Nr.: Rf-1167/44g/14

Bei der Bearbeitung dieser Aufgabe wurde zunächst mit der Bestimmung der Erdölviskosität bei Lagerstättenbedingungen begonnen. Hierzu war die Entwicklung eines Viskosimeters erforderlich, das bei höheren Drücken und Temperaturen arbeitet.

Konstruktiv durchgebildet wurde ein Gerät, das dem Höppler-Viskosimeter sehr nahe kommt. Das eigentliche Viskosimeter-Rohr wurde mit einem Druckgefäß umgeben, wie aus beiliegender Skizze ersichtlich ist. Die Messung der Rollzeit, der im Glasrohr befindlichen Kugel, erfolgt mit Hilfe von Spulen, deren Induktion durch die Kugel beeinflusst wird.

Das Viskosimetergefäß steht in einem Wasserbad, dessen Temperatur durch eine Thermostatenlage konstant gehalten werden kann. Das Wasserbad ist in der Skizze fortgelassen.

Das Viskosimetergefäß ist konstruktiv fertiggestellt, und die Werkstattzeichnungen sind der Herstellerfirma übergeben.

Vorgesehen sind Viskositätsbestimmungen an Erdölen verschiedener Zusammensetzung, bei verschiedenen Temperaturen (bis ca  $170^{\circ}$ ) und Drücken (bis  $350 \text{ kg/cm}^2$ ). Die Versuche werden derart gefahren, daß mit dem höchsten Druck begonnen wird. Nach der Viskositätsbestimmung erfolgt eine Druckentlastung. Die hierbei freiwerdenden Kohlenwasserstoffe werden in ein Meßgerät geleitet, ihr Volumen und ihre Zusammensetzung bestimmt. Dieser Vorgang wiederholt sich dann bei den verschiedenen Temperaturen.

Ferner ist ein Autoklav mit angebautem Expansionszylinder vorgesehen. In ihm soll der Gasehtlösungspunkt, die Oberflächenspannung, der Kompressibilitätsfaktor der Erdgase und

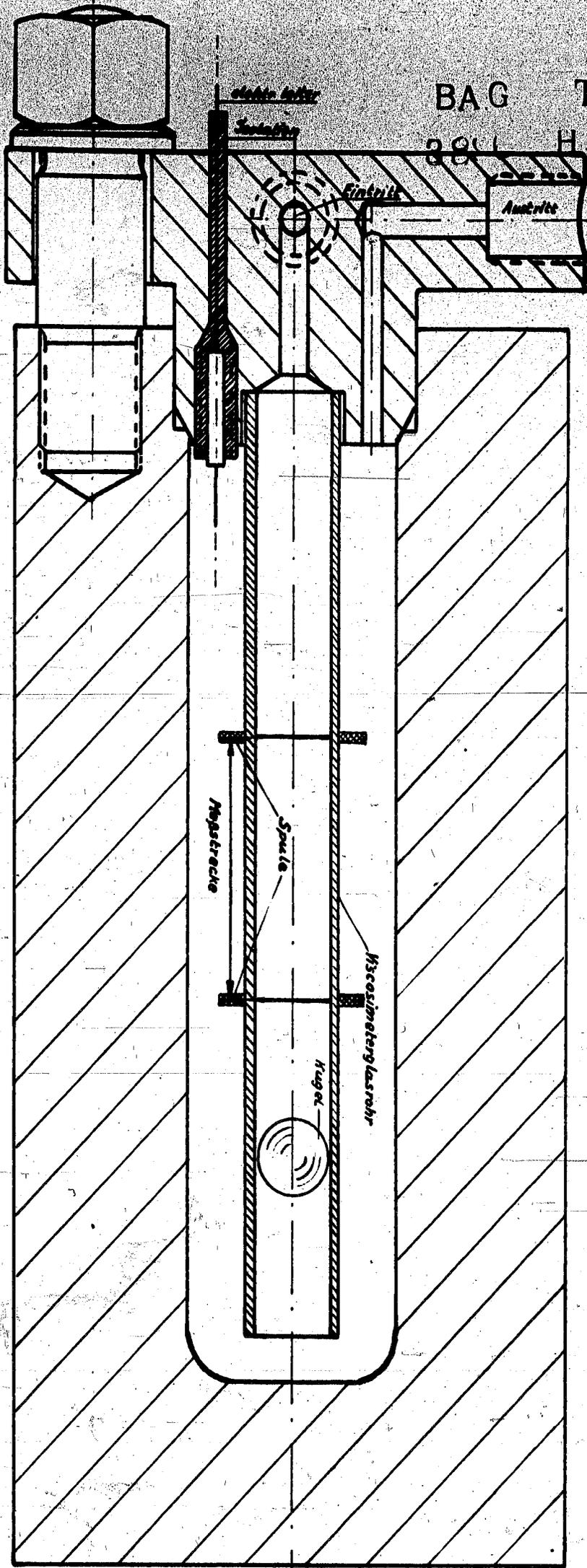
die Bestimmung der Zusammensetzung der aus dem Öl freige-  
wordenen Gase, sowie der dadurch hervorgerufenen Schrumpfung  
der noch verbleibenden Flüssigkeit bestimmt werden.

Dieses Gerät ist z.Zt. noch in der konstruktiven  
Entwicklung.

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. F r i e d r i c h

BAG Tarot  
3801 HANNOVER



M ~ 1:1

Viscosimeter für höhere Drücke und Temperaturen.

Le. Hannover, den 10. Februar 1945.

BAG Tarot

3896 HANNOVER

Vorschlag

zur drahtlosen Fernübertragung von Meßergebnissen aus Sonden

von

Dr.-Ing. Christoph Schmidt

und Dipl.-Ing. Siegfried Lechler.

Zur Messung von Druck und Temperatur in Bohrlöchern unter normalen Förderbedingungen werden heute vielfach die Druck- bzw. Temperaturschreiber verwendet. Wie schon der Name sagt, registrieren diese Geräte die Meßergebnisse, d.h. eine Auswertung kann erst erfolgen, nachdem das Gerät wieder an die Oberfläche gelangt ist. Diese Methode hat den Nachteil, daß das Gerät während der Messung sich selbst überlassen werden muß. Es kann vorkommen, daß die Uhr stehen bleibt, und die Messung, die sich oft über mehrere Tage erstreckt, vergebens war. Andererseits wird durch sofortige Auswertung in vielen Fällen die Dauer der Messung verkürzt werden können. Ein weiterer Vorteil der direkten Beobachtung ist dadurch gegeben, daß sich das Meßergebnis durch äußere Einwirkung beeinflussen läßt und damit durch Variationen in kurzer Zeit die günstigsten Förderbedingungen gefunden werden können.

Zur Übertragung von Meßergebnissen aus der Sonde an die Oberfläche kann aus betriebstechnischen Gründen eine Leitung nicht verwendet werden, auch würden die Leitungswiderstände das Meßergebnis beeinflussen, wobei die Korrektur bei wechselnden Tiefen nicht einfach wäre. Es wird daher eine drahtlose Übertragung mit Hilfe eines kleinen Senders, der in die Sonde eingelassen wird, vorgeschlagen. Die Übertragung der Meßergebnisse geschieht durch Variieren der Frequenz des Senders, die durch einen Empfänger über Tage aufgenommen und in geeigneter Weise angezeigt bzw. registriert wird. Günstig für die Ausbreitung der hochfrequenten Wellen ist die in das Bohrloch eingelassene Bohrtour und das Aufhängeseil des Gerätes, die evtl. selbst als Über-

trager

388 G HANNOVER  
BAG  
T 1300 f

trager benutzt werden können. Eine Schwierigkeit ist darin zu sehen, daß der Raum zur Aufnahme des Senders im Durchmesser sehr beschränkt ist. Ferner muß die Stromversorgung für den Sender mit im Gerät untergebracht werden. Es kommt also darauf an, für den Sender Röhren zu verwenden, die in ihren Ausmaßen so klein sind, daß sie in das Gerät passen, und deren technische Daten den Bedingungen größter Leistung bei kleinster Energieaufnahme folgen. Geeignet hierfür scheinen die von Telefunken auf den Markt gebrachten Zwergröhren. Die Wahl der günstigsten Frequenz, sowie die erforderliche Sendeenergie müssen durch Versuche ermittelt werden. Gewisse Anhaltspunkte geben die aus der Funkgeologie bekannten Ergebnisse.

Als Empfänger genügt für die ersten Versuche eine gewöhnliche Audion-schaltung mit Niederfrequenzverstärkung. Da die Stromverhältnisse nicht bei allen Sonden gleich sind, wird es sich empfehlen, den Empfänger für Wechselstrom- und Batteriebetrieb auszuliegen.

Zur Klärung der hochfrequenztechnischen Verhältnisse im Bohrloch ist vorerst die Durchführung einer Reihe von Versuchen mit oben an-geführten Geräten erforderlich.

Hannover, den 10. November 1944

BAG Tarot

3896 HANNOVER

Versuchsbericht

Betr.: Mengenummessung von Erdöl mittels Blenden  
(Durchflußmessung).

Im Rahmen der Forschungsaufgabe "Ölmessung" wurden eingehende Versuche durchgeführt, um festzustellen, ob die Durchflußmessung mittels Blenden geeignet ist, die bisher gebräuchliche Art der Öl-Mengenummessung mittels Meßtanks zu ersetzen. In einem früheren Bericht wurde gezeigt, daß die Verwendung von Normblenden nicht möglich ist, da diese zu große Durchflußmengen erfordern. Im Schrifttum sind dagegen Blendenformen angegeben, die die Messung so kleinerer Mengen ermöglichen sollen, wie sie auch bei der Ölförderung erreicht werden. Es kam nun darauf an, festzustellen, ob die verhältnismäßig schwierig herzustellenden Blenden mit den üblichen Maschinen einer normal ausgerüsteten Werkstatt mit genügender Genauigkeit gefertigt werden können, so daß deren Eigenschaften mit den im Schrifttum angegebenen übereinstimmen.

Fließt durch eine Rohrleitung mit dem Durchmesser  $D$  mm ein Öl mit der Dichte  $\gamma$   $\text{kg/m}^3$ , so entsteht an der eingebauten Blende mit dem lichten Durchmesser  $d$  mm ein Druckabfall  $(p_1 - p_2) \text{ kg/m}^2$ , der z.B. an einem U-Rohr abgelesen werden kann. Den Mengendurchfluß  $V$   $\text{m}^3/\text{h}$  erhält man dann zu

$$V = 0,01252 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \frac{\sqrt{p_1 - p_2}}{\sqrt{\gamma}} \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (1)$$

Dabei bedeutet  $\alpha$  die Durchflußzahl (dimensionslos) die von Form und Größe der Blende abhängig ist. Die Durchflußzahl muß für wechselnde Durchflußmengen verschiedener Öle konstant sein, wenn die Blende für praktische Messungen brauchbar sein soll. Den Einfluß der verschiedenen Öle erfaßt man, wenn man die Durchflußzahl auf die Reynoldszahl  $Re_D$  bezieht.

Dabei ist

$$Re_D = \frac{w \cdot D}{\nu} \quad (2)$$

mit

- $w$  = mittlere Ölgeschwindigkeit im Rohr in  $\text{m}^2/\text{s}$
- $D$  = Rohrdurchmesser in  $\text{m}$
- $\nu$  = kinematische Zähigkeit des Öls in  $\text{m}^2/\text{s}$

Bei allen Blendenformen ist die Durchflusszahl oberhalb einer bestimmten Reynoldszahl konstant (Konstanzgrenze). Bei der vorliegenden Aufgabe kam es nun darauf an festzustellen, ob die Konstanzgrenze bei genügend kleinen Reynoldszahlen liegt.

Die Grundmaße der untersuchten Blenden sind in Abb.1 angegeben. Die Besonderheit besteht in der doppelten Abschrägung, wobei die Winkel und Längen der Abschrägungen vorgeschrieben sind. Die vorhandenen Mittel ließen es nicht zu, die Abweichungen der hergestellten Blenden von den Sollmaßen festzustellen.

Den Aufbau der Versuchsanlage zeigt Abb.2. Die Kreiselpumpe P fördert das Öl aus dem Tank  $T_3$  (oder  $T_2$ ) in den Hochbehälter  $T_1$ , der mit einem Überlauf  $\bar{U}$  versehen ist, durch den das überschüssige Öl in den Tank  $T_3$  zurückfließt. Man erhält somit eine konstante Spiegelhöhe im Hochbehälter. Aus diesem fließt das Öl durch die Leitung  $L_1$  der Meßstrecke mit der eingebauten Blende zu. Zur Regulierung des Mengenstroms dient der Hahn R. Nach Durchströmen des Doppelkrümmers K, der ein Leerlaufen der Meßstrecke verhindert, gelangt das Öl in den Meßbehälter MB, der mit drei Stechpegeln versehen ist, so daß wahlweise 50, 100 oder 150 Liter Öl genau abgemessen werden können. Aus dem Meßbehälter kann das Öl in den Behälter  $T_2$  abgelassen werden, der von Zeit zu Zeit mittels der Pumpe P entleert wird. Das eingebaute Thermometer  $Th$  dient zur Messung der Öltemperatur. Von der Blende B, deren Konstruktionseinzelheiten Abb.3 zeigt, führen die Meßleitungen zu den beiden Töpfen A (Abb.2), an die sich ein U-Rohr-Manometer M und ein parallel geschalteter Kreisblatt-Differenzdruck-Schreiber (Fabrikat Debro) anschließen, die zur Messung des Wirkdruckes dienen. Das Schreibgerät wurde parallel geschaltet, um auf dem Diagramm leicht feststellen zu können, ob sich während einer Messung der Durchfluß veränderte. Für die hier zu beschreibenden Versuche war das Gerät nicht unbedingt erforderlich. Die Meßleitungen von den Instrumenten bis zu den beiden Töpfen sind mit Wasser gefüllt, ebenfalls die Töpfe bis zur Hälfte. Dadurch wird das Eindringen von Öl in die Meßgeräte verhindert, da dieses zu Emulsionsbildungen mit den Meßflüssigkeiten und anderen Schwierigkeiten führen könnte.

Als Meßflüssigkeit im U-Rohr-Manometer wurde zunächst mit Methylrot gefärbtes Bromoform verwendet, das sich aber bald als wenig brauchbar erwies. Wegen der sehr hohen Vichte von rd.

2900 kg/m<sup>3</sup> war die Bromoformsäule bei kleinen Durchflusmengen nur sehr niedrig, so daß nur eine geringe Meßgenauigkeit erreicht werden konnte. Ausserdem verringerte sich bald die Ablesegenauigkeit, da alle Schmutzteilechen, die nicht restlos aus den Meßleitungen entfernt werden konnten, sich in der Trennschicht zwischen Wasser und Bromoform sammelten. Schließlich wurde das in Abb.4 dargestellte Doppelmanometer verwendet, bestehend aus zwei parallelgeschalteten umgekehrten U-Röhren, von denen das linke mit Luft, das rechte mit Benzol gefüllt war. An dem linken konnte der Differenzdruck somit direkt in mm W.-S. (=kg/m<sup>2</sup>) abgelesen werden, während das rechte zur Wirkdruckmessung bei kleinem Durchfluß diente. Ist die Wichte des Wassers =  $\gamma_w$  kg/m<sup>3</sup>, die Wichte des Benzols =  $\gamma_B$  kg/m<sup>3</sup> und ist der zu messende Wirkdruck =  $(p_1 - p_2)$  kg/m<sup>2</sup>, so gelten folgende Beziehungen:

$$p_1 - p_2 = h'_{WS} \cdot \gamma_w = h'_{BS} (\gamma_w - \gamma_B) \quad (3)$$

wenn

$h'_{WS}$  = Höhe der Wassersäule im linken U-Rohr in m

$h'_{BS}$  = Höhe der Benzolsäule im rechten U-Rohr in m

mißt man dagegen die Flüssigkeitssäulen in mm ( $h_{WS}$  bzw.  $h_{BS}$ ), so gilt

$$p_1 - p_2 = h_{WS} \frac{\gamma_w}{1000} = h_{BS} \frac{\gamma_w - \gamma_B}{1000} \text{ kg/m}^2 = \text{mm W.-S.} \quad (4)$$

Soll also die am rechten U-Rohr abgelesene Benzolsäule (B.-S.)  $h_{BS}$  mm auf mm Wassersäule (W.-S.) umgerechnet werden, so ist  $h_{BS}$  mit 1/1000 der Differenz der Wichten von Wasser und Benzol zu multiplizieren. Die Umrechnungsfaktoren für verschiedene Temperaturen sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt worden. In Abb.4 wurde ein praktisches Beispiel berücksichtigt. Bei einer Meßtemperatur von 25°C wurde eine Benzolsäule von 81 mm gemessen. Mit dem Umrechnungsfaktor 0,1265 erhält man daraus den wirklichen Differenzdruck zu 10,25 mm W.-B. = 10,25 kg/m<sup>2</sup>. Man erkennt, daß durch Verwendung des Benzol-Wasser-Manometers die Ablesegenauigkeit um das 8-fache gesteigert wurde. Für das anfänglich verwendete Bromoform - U-Rohr-Manometer gelten dieselben Beziehungen. Zur Umrechnung der Bromoform-Säule (Br.-S.) auf Wassersäule konnte für alle vorkommenden Temperaturen der Faktor 1,90<sup>0</sup> verwendet werden.

Bei den Messungen wurde im allgemeinen so verfahren, daß

die Durchflußzeit für 50 Liter mit der Stoppuhr festgestellt wurde. Daraus wurde dann der Mengendurchfluß  $V \text{ m}^3/\text{h}$  errechnet. Bei sehr kleinem Durchfluß wurde die Durchflußzeit für 10 Liter gestoppt. Dabei wurde unter Berücksichtigung der Wichte das Gewicht von 10 Litern ermittelt und abgestoppt, in welcher Zeit eine entsprechende Gewichtsmenge ausfloß.

Während jeder Meßreihe wurde eine Ölprobe genommen und die Wichte des Öls für verschiedene Temperaturen bestimmt. Von derselben Probe wurde die Zähigkeit mittels Engler-Viscosimeter bestimmt. Aus den gemessenen  $\nu$  wurde die kinematische Zähigkeit  $\nu \text{ m}^2/\text{s}$  nach folgender Formel bestimmt.

$$\nu \cdot 10^6 = 7,32 \nu_E - \frac{6,31}{E} \quad \text{m}^2/\text{s} \quad (5)$$

An dem in Abb. 2 angegebenen Thermometer  $T_h$  wurde die Öltemperatur  $t_m$  unmittelbar vor der Meßstrecke bestimmt, während mit einem anderen Thermometer die Öltemperatur  $t_B$  im Meßbehälter gemessen wurde. Bei der Auswertung der Messungen wurde die Mitteltemperatur  $t_{mB}$  verwendet, da die Differenz der beiden durchweg sehr gering war.

Bei der Umrechnung der Benzolskule auf Wasserskule wurde die Temperatur  $t_h$  verwendet, die die Umgebungstemperatur in nächster Nähe des U-Rohr-Manometers darstellt.

Aus den eben besprochenen einzelnen Meßwerten wurden für jede Messung nach Umformung der Gleichung 1 die Durchflußzahl sowie nach Gleichung 2 die Reynoldszahl  $Re_D$  errechnet. Insgesamt wurden 3 Blenden untersucht, deren Maße und Rechenwerte, nach Zusammenfassung aller Konstanten zu einer, in Zahlentafel 2 zusammengestellt sind. Eine Zusammenstellung der verwendeten Formelzeichen findet sich am Schluß des Textteils.

Die Messungen wurden mit Blende 1 (Öffnungsverhältnis  $m = 0,121$ ) und Röhrl I begonnen. Die Versuchsergebnisse sind in den Zahlentafeln 3 bis 8 zusammengestellt. In Abb. 5 wurden die  $\alpha$ -Werte in Abhängigkeit von  $\log Re_D$  als Kreuze dargestellt. Man erkennt, daß die Punkte innerhalb eines Bereiches  $\log Re_D = 1,8$  bis  $2,8$ , d.h.  $Re_D = 64$  bis  $640$  liegen. Nach einiger Zeit, als die leichten Anteile des Öl I verdunstet waren, wurde Öl II eingefüllt, das aus derselben Bohrung stammt. Die Meßergebnisse sind in den Zahlentafeln 9 und 10 zusammengestellt worden, während die  $\alpha$ -Werte ebenfalls in Abb. 5 eingetragen wurden, und zwar als Kreise. Man erkennt, daß wegen der geringeren

Fähigkeit der Bereich der Reynoldszahlen bis rd 810 reicht. Um zu wesentlich kleineren Reynoldszahlen zu gelangen, wurden noch Messversuche mit dem wesentlich älteren Öl III durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 11 und 12 zusammengestellt. Die  $\alpha$ -Werte wurden in Abb.5 als Dreiecke eingetragen. Man erkennt, daß die Meßpunkte innerhalb des Bereichs  $\log Re_D = 1,3$  bis  $2,4$  liegen, d.h.  $Re_D = 20$  bis  $250$ .

Es wurde oben ausgeführt, daß eine Blende nur dann brauchbar ist, wenn ihre Durchfließzahlen konstant sind, und zwar möglichst bei sehr kleinen Reynoldszahlen. Abb.5 läßt erkennen, daß die Blende 1 demnach recht gut brauchbar ist. Die Konstanzgrenze liegt bei etwa  $Re_D = 150$ , oberhalb dieser Grenze beträgt die Durchfließzahl  $\alpha = 0,750$ . Dieser Wert deckt sich vollkommen mit Schrifttumswerten, nur liegt dort die Konstanzgrenze noch tiefer und zwar unterhalb  $Re_D = 60$ . Dieser Unterschied ist wahrscheinlich auf kleine Abweichungen der geometrischen Daten zurückzuführen. Abb.5 zeigt, daß der  $\alpha$ -Wert oberhalb  $Re_D = 150$  mit einer Genauigkeit von etwa  $\pm 1\%$  eingehalten wird. Die weitest-  
aus größte Anzahl der Meßpunkte liegt innerhalb dieses Bereichs. Einige Werte liegen zwar ausserhalb, doch dürfte das hauptsächlich auf Meß<sup>un</sup>genauigkeiten zurückzuführen sein. Unterhalb  $Re_D = 150$  steigt die Durchfließziffer unverkennbar zu einem leichten Maximum bei  $Re_D = 70$  an, um dann abzufallen. Im Maximum wird eine Durchfließzahl von etwa  $0,77$  erreicht. Die Verhältnisse werden etwas deutlicher, wenn man die  $\alpha$ -Werte jeweils zwischen  $\log Re_D = 1,3$  bis  $1,4$  bzw.  $1,4$  bis  $1,5$  usw. mittelt und in Abhängigkeit der mittleren  $Re$ -Werte darstellt, wie es in Abb.6 geschehen ist. Abb.6 zeigt weiterhin, daß bei verringerten Genauigkeitsansprüchen von vielleicht  $\pm 2\%$  man eine konstante Durchfließzahl  $\alpha = 0,76$  für den gesamten Untersuchungsbereich von  $Re = 20$  bis  $1000$  annehmen kann.

Die ausserdem untersuchte Blende 2 mit dem gegenüber Blende 1 etwas verringerten Öffnungsverhältnis  $m = 0,058$  ergab ähnlich brauchbare Ergebnisse. (Zahlentafeln 13 und 14). Allgemein liegt die Durchfließzahl höher als bei Blende 1 (siehe Abb.7) ausserdem wird eine eigentliche Konstanzgrenze nicht ganz erreicht, wenn gleich die gemessenen Durchfließzahlen oberhalb  $Re_D = 80$  praktisch alle innerhalb des Bereichs  $\alpha = 0,78 \pm 1\%$  liegen. Bei etwa verringerten Genauigkeitsansprüchen ( $\pm 2\%$ ) kann man auch bei Blende 2 einen konstanten  $\alpha$ -Wert von  $Re_D = 20$  bis

1000 annehmen. Siehe Abb. 8, wo wieder die Mittelwerte für die einzelnen Bereiche der Reynoldszahl eingetragen wurden.

Das dem U-Rohr-Manometer parallel geschaltete Schreibgerät ergab den Größtausschlag für einen Differenzdruck von 1500 mm W.-S. Wie die Zahlentafeln zeigen, bedeutet das für die Blende 1 einen Größtdurchfluß von etwa  $0,950 \text{ m}^3/\text{h}$ , für Blende 2 einen solchen von etwa  $0,450 \text{ m}^3/\text{h}$ . Da das Schreibgerät als Differenzdruckschreiber ohne Radizier Vorrichtung gebaut ist, schreibt dieses bei halben Maximaldurchfluß nur auf  $\frac{1}{4}$  der maximalen Schreibhöhe. Für kleine Durchflußmengen von etwa 150 bis 200 l/h, wie sie im praktischen Förderbetrieb vorkommen, sind demnach die Blenden 1 und 2 in Verbindung mit dem Schreibgerät nicht gut geeignet. Es wurde darum eine andere Meßstrecke mit verkleinertem Rohrdurchmesser (s. Zahlentafel 2) und einer noch kleineren Blende 3 untersucht. Gemessen wurde nur mit dem Rohöl II, wobei der Maximaldurchfluß sich zu  $0,185 \text{ m}^3/\text{h}$  ergab. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 15 bis 17 zusammengestellt worden. Die  $\alpha$ -Werte in Abhängigkeit von  $\log Re_p$  zeigt Abb. 9. Abgesehen von einigen wenigen Punkten, liegen alle Meßwerte innerhalb des Bereichs  $\alpha = 0,932 \pm 1\%$ , und zwar für Reynoldszahlen von  $Re_p = 30$  bis 170.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Meßversuche erfolgreich verlaufen sind. Die in einer normal eingerichteten Werkstatt mit der möglichen Sorgfalt hergestellten doppelt abgeschrägten Blenden ergeben konstante Durchflußziffern in solchen Bereichen der Reynoldszahl, wie sie bei der Durchflußmessung von Eröl hinter den Produktionssonden in Frage kommen. Wegen der Kleinheit der Blenden ist es jedoch nicht möglich, bei mehreren Blenden genau dieselben Dimensionen einzuhalten. Es wird darum nötig sein, jede Blende einschließlich der (kurzen) Meßstrecke zu eichen, um die wirkliche Größe der Durchflußzahl zu ermitteln, die ja bekannt sein muß, wenn die Blende zu praktischen Ölmessungen verwendet wird.

Wegen der Kleinheit der Blenden sind diese naturgemäß schmutzempfindlich, da schon geringe Ablagerungen genügen, den freien Querschnitt und die Form zu verändern. Bei der Messung von Produktionsöl muß daher zwischen Sonde und Meßstrecke ein Separator eingebaut sein, wo eine Trennung zwischen Öl, Gas, Wasser und Schlamm stattfindet, so daß der Meßstrecke

zur sauberen Öl austrät. Der Einbau hinter dem Separator ist bei Pumpenden auch aus dem Grunde erforderlich, um einen gewissen Ausgleich des Mengenstroms zu bekommen, da eine pulsierende Strömung stets fehlerhafte Mengenanzeigen bedingt.

Inzwischen wurde die oben untersuchte Blende 3 zwischen Separator und Meßtank auf einer Pumpstation der Deutschen Vakuum-Öl-A.-G. eingebaut. Über die Ergebnisse der praktischen Meßversuche soll in Kürze berichtet werden.

*Heinrich*

Meßwerte und Bezeichnungen

$h$	mm WB	Höhe des Differenzdruckes im Manometer (Wirkdruck)
$h_{WS}$	mm	Höhe der Wassersäule
$h_{BR}$	mm	Höhe der Bromoformsäule
$h_{BS}$	mm	Höhe der Benzolsäule
$t_h$	$^{\circ}C$	Lufttemperatur am Manometer
$t_M$	$^{\circ}C$	Öltemperatur im Eingang der Meßstrecke
$t_B$	$^{\circ}C$	Öltemperatur im Meßbehälter
$t_{MB}$	$^{\circ}C$	Mittelwert von $t_M$ und $t_B$
$t_S$	$^{\circ}C$	Lufttemperatur im Schreibgerät
$Z_{10}$	Min.	Durchflußzeit für 10 Liter Öl
$Z_{50}$	Min.	Durchflußzeit für 50 Liter Öl
$Z$	sec.	jeweils gemessene Durchflußzeit in Sekunden
$V$	$m^3/h$	Durchflußmenge pro Stunde
$\gamma$	$kg/m^3$	Wichte des Öls bei $t_{MB}^{\circ}C$
$\beta$	Grad	Englergrade der Viskositätsbestimmung
	$m^2/s$	kinematische Zähigkeit des Öls bei $t_{MB}^{\circ}C$
$\alpha$	---	Durchflußzahl
$Re_D$	---	Reynoldssche Zahl, bezogen auf den Rohrdurchmesser $D$
$D$	mm	Rohrdurchmesser der Meßstrecke
$d$	mm	Blendendurchmesser
$m$	---	Öffnungsverhältnis des freien Drosselquerschnitts zum Rohrquerschnitt $\frac{d^2}{D^2}$
$w$	$m/s$	mittlere Geschwindigkeit in der Rohrleitung

Zahlentafel 1

Umrechnungsfaktoren  $f$  der Gleichung

$$h_{WS} = f \cdot h_{BS}$$

$t_h$ °C	$f$	$t_h$ °C	$f$
17	0,1195	25	0,1265
18	0,1204	26	73
19	15	27	81
20	22	28	90
21	31	29	96
22	40	30	0,1306
23	52	31	14
24	56	32	21

Zahlentafel 2

Maße und Rechenwerte der untersuchten Blenden

Blende Nr.	$d$ mm	$D$ mm	$m$ -	$\alpha$ -	$Re_D$ -
1	8,7	25	0,121	$1,0553 \cdot V \cdot \frac{\sqrt{f}}{\sqrt{h}}$	$14200 \cdot \frac{V}{v}$
2	6,0	25	0,058	$2,217 \cdot V \cdot \frac{\sqrt{f}}{\sqrt{h}}$	$14200 \cdot \frac{V}{v}$
3	3,5	12	0,085	$6,563 \cdot V \cdot \frac{\sqrt{f}}{\sqrt{h}}$	$24750 \cdot \frac{V}{v}$

Zahlentafel 3

Blonde I;

Rohöl I;

11.7.1944;

Abb.5

Mr.	h <sub>Br</sub> mm	h <sub>WS</sub> mm	t <sub>n</sub> OC	t <sub>m</sub> OC	t <sub>B</sub> OC	t <sub>S</sub> OC	t <sub>MB</sub> OC	t <sub>50</sub> minis	Z	V m <sup>3</sup> /h	γ kg/m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> ·V m <sup>2</sup> /s	α	log <sub>10</sub> log
1	798	1517	17,2	19,4	19,0	19,3	19,2	3:10,9	190,9	0,943	868,0	30,7	0,756	436 2,639
2	400	760	16,8	19,7	19,0	18,0	19,4	4:29,0	269,0	0,673	867,9	30,4	0,757	514 2,496
3	190	361	16,1	19,6	19,0	17,0	19,3	6:29,0	389,0	0,463	867,8	30,5	0,756	219,5 2,333
4	96	182	15,7	19,8	19,0	16,2	19,4	9:01,1	541,1	0,333	867,9	30,4	0,764	155,5 2,192
5	51	96,9	19,6	22,0	20,0	20,0	21,0	12:41,5	761,5	0,237	865,9	28,6	0,746	117,6 2,299
6	100	190	20,5	25,0	24,0	23,0	24,5	8:56,8	536,8	0,335	861,6	24,6	0,751	193,5 2,286
7	190	361	21,3	25,2	24,8	22,0	25,0	6:31,5	391,5	0,459	861,0	24,0	0,767	271,6 2,437
8	393	747	22,2	26,6	25,8	23,0	26,2	4:31,3	271,3	0,663	859,5	22,6	0,751	416 2,619
9	790	1501	21,0	26,6	26,0	22,8	26,3	3:12,3	192,3	0,935	859,4	22,5	0,745	390 2,770

BAG  
3896

Tarso  
HANNO

Nr.	h <sub>WS</sub> mm	t <sub>n</sub> °C	t <sub>m</sub> °C	t <sub>B</sub> °C	t <sub>S</sub> °C	t <sub>MB</sub> °C	t <sub>50</sub> minis	Z	V m <sup>3</sup> /h	γ kg/m <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup> ·V m <sup>2</sup> /s	α	h <sub>0D</sub>	10 <sup>5</sup> h <sub>0D</sub>	
1	45	85,4	19,0	21,8	20,8	20,0	21,3	12:42,1	762,1	0,236	862,7	32,19	0,790	104,1	2,017
2	47	89,3	19,0	20,5	20,8	20,0	20,6	12:30,0	750	0,240	863,1	32,80	0,779	103,9	2,016
3	48	91,2	18,9	20,8	20,9	20,0	20,8	12:25,8	745,8	0,242	863,0	32,63	0,778	103,1	2,021
4	49	93,1	18,9	21,1	20,9	20,0	21,0	12:15,0	735	0,245	862,8	32,46	0,780	88,9	1,948
5	96	182,4	18,8	22,4	21,0	20,0	21,7	9:13,0	553	0,326	862,5	31,87	0,747	145,2	2,162
6	99	188,1	18,2	22,9	22,0	20,0	22,4	8:53,5	533,5	0,338	862,1	31,27	0,763	133,4	2,185
7	197	374,3	19,0	23,4	22,8	20,0	23,1	6:24,6	384,6	0,467	861,7	30,70	0,744	216,1	2,334
8	200	380	19,0	23,4	22,8	20,0	23,1	6:19,0	379	0,475	861,7	30,70	0,749	219,7	2,341
9	402	763,8	18,9	22,8	22,8	20,0	22,8	4:27,4	267,4	0,674	861,9	30,93	0,749	303,2	2,484
10	406	771,4	19,0	23,3	22,8	20,0	23,0	4:25,2	265,2	0,679	861,8	30,80	0,750	312,7	2,494
11	805	1529,5	18,8	23,2	22,8	20,0	23,0	3:09,2	189,2	0,953	861,8	30,80	0,749	439,5	2,642

Zählentafel 5

Blende 1; Rohöl I;

20.7.1944; Abb. 5

Nr.	h <sub>Br</sub> mm	h <sub>RS</sub> mm	t <sub>h</sub> °C	t <sub>m</sub> °C	t <sub>B</sub> °C	t <sub>S</sub> °C	t <sub>MB</sub> °C	t <sub>50</sub> Min:	z	V m <sup>3</sup> /h	γ kg/m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> ·γ m <sup>2</sup> /s	α	log R <sub>0,5</sub>
1	45,5	86,5	24,3	25,0	23,3	25,0	24,2	13:24,2	804,2	0,222	871,3	27,05	0,742	116,6 2,063
2	45,5	86,5	24,7	25,8	24,8	25,2	25,2	13:26,2	806,2	0,2216	870,6	26,0	0,740	120,9 2,082
3	98	186	24,0	27,2	26,2	25,4	26,7	9:12,2	552,2	0,326	869,6	24,44	0,743	189,0 2,276
4	101	192	25,0	28,0	27,0	25,0	27,5	9:00,8	540,8	0,333	869,1	23,60	0,748	200,6 2,301
5	197,5	375	25,0	28,7	28,0	25,2	28,4	6:30,6	390,6	0,460	868,6	22,65	0,739	267,9 2,458
6	396	752	24,8	29,2	28,8	25,1	29,0	4:35,8	275,8	0,653	868,1	22,04	0,740	419,3 2,622
7	796	1512	24,8	28,2	28,2	25,2	28,2	3:14,7	194,7	0,925	868,8	22,86	0,739	373,3 2,737

BAG Tarot  
3896 HANNOVER

Zahlentafel 6

Blende I; Rohöl I;

21.7.1944; Abb.5

Nr	$h_{Br}$ mm	$h_{VS}$ mm	$t_h$ °C	$t_m$ °C	$t_D$ °C	$t_g$ °C	$t_{MB}$ °C	$Z_{50}$ min:s	$z$ s	$V$ $m^3/h$	$\delta$ $log/m^3$	$10^{6,2}$ $m^2/s$	$\alpha$	$h_{0,5}$	$log$ $h_{0,5}$
1	795	1521	17,0	20,1	19,0	16,0	19,6	3:16,3	196,3	0,916	876,7	35,12	0,734	370,5	2,568
2	787	1497	17,0	20,0	19,0	16,0	19,5	3:10,6	190,6	0,945	876,8	35,30	0,762	360,5	2,580
3	389	756	18,0	19,8	19,5	16,1	19,7	4:36,2	276,2	0,651	876,8	35,11	0,739	364,0	2,422
4	386	734	18,8	19,6	19,9	16,2	19,7	4:37,0	277,0	0,649	876,8	35,11	0,747	365,0	2,420
5	196	372	17,5	20,0	19,9	17,0	20,0	6:30,0	390,0	0,462	876,6	34,61	0,748	189,7	2,278
6	189	359	17,2	20,0	19,3	18,0	19,7	6:35,3	395,3	0,456	876,7	35,11	0,750	184,5	2,266
7	99	188,1	15,2	20,0	19,6	19,8	19,8	8:58,0	538,0	0,335	876,7	34,92	0,762	136,5	2,134
8	49	93,1	20,8	22,0	20,5	21,0	21,3	15:04,5	484,5	0,2295	875,7	32,36	0,742	100,8	2,003
9	47	89,3	22,5	23,8	22,5	23,0	23,2	12:55,3	775,3	0,2310	874,4	29,25	0,763	117,0	2,067
10	46	87,4	22,8	24,2	22,6	23,0	23,4	13:03,0	783,0	0,2296	874,2	28,77	0,767	113,2	2,054
11	44	83,6	21,8	22,6	20,8	22,0	21,7	13:33,6	813,6	0,2213	875,3	31,72	0,733	99,1	1,993
12	95	180,5	24,0	25,5	24,0	24,0	24,8	9:15,2	555,2	0,324	874,0	26,61	0,751	172,7	2,236
13	99	188,1	23,1	25,0	24,0	23,0	24,5	9:06,4	546,4	0,3292	874,0	27,10	0,750	172,6	2,360

Zahlentafel 7.

Blende 1;

Rohöl I;

28.7.1944;

Abb. 5

Nr.	hWS mm	t <sub>n</sub> OC	t <sub>m</sub> OC	t <sub>B</sub> OC	t <sub>S</sub> OC	t <sub>MB</sub> OC	250 min:s	Z	m <sup>3</sup> /h	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /s	Re <sub>D</sub>	log Re <sub>D</sub>
1	187	19,0	20,8	20,5	18,0	20,7	8:54,6	534,6	0,337	879,0	3637	0,769	2,119
2	212	19,0	21,1	20,8	18,0	21,0	8:29,0	509,0	0,354	873,8	35,85	0,768	2,146
3	382	19,6	20,6	21,2	18,5	20,9	6:18,4	578,4	0,475	873,9	36,04	0,756	2,272
4	746	20,5	22,5	22,0	22,0	22,3	4:32,0	272,0	0,661	872,9	33,73	0,753	2,446
5	1466	20,5	22,2	22,1	22,0	22,2	3:14,6	194,8	0,924	873,0	33,99	0,751	2,587
6	1482	20,8	22,2	22,1	22,0	22,2	3:14,3	194,3	0,925	873,0	33,99	0,749	2,587
7	1526	20,2	22,6	22,2	21,8	22,4	3:11,8	191,8	0,938	872,8	33,62	0,749	2,597
8	1523	20,1	22,8	22,3	21,6	22,6	3:11,2	191,2	0,941	872,7	33,24	0,751	2,604
9	750	19,8	23,0	22,8	21,1	22,9	4:32,0	272,0	0,661	872,5	32,74	0,753	2,457
10	749	19,9	22,8	22,7	21,0	22,8	4:33,8	273,8	0,658	872,6	32,93	0,750	2,458
11	343	20,0	24,2	22,9	21,2	23,6	6:43,0	403,0	0,446	871,9	31,59	0,755	2,301
12	338	20,0	23,4	23,0	20,7	23,2	6:44,4	404,4	0,445	872,3	32,24	0,756	2,291
13	185	21,3	23,3	23,0	21,0	23,2	8:57,3	537,3	0,335	872,4	32,24	0,768	2,168
14	184	21,3	23,6	23,2	21,8	23,4	9:03,8	543,8	0,331	872,1	31,92	0,759	2,189
15	173	20,2	24,7	23,0	22,0	24,8	9:17,8	557,8	0,323	871,3	29,61	0,765	2,180

BAG 96

Tarot  
HANNOVER

Zahlentafel B

Blende I;

Rehül I;

31.7.1944;

Abb.5

Nr. d. BS mm	$t_n$ °C	$t_m$ °C	$t_B$ °C	$t_s$ °C	$t_{MB}$ °C	$t_{50}$ min:s	$t_{10}$ min:s	Z	$\frac{V}{m^3/h}$	$\delta$ kg/m <sup>3</sup>	$10^6 \cdot v$ m <sup>2</sup> /s	$\alpha$	Re <sub>D</sub>	1000 Re <sub>D</sub>	
1 -	1461	18,3	20,6	20,2	18,2	20,4	3:45,8	-	195,8	0,919	874,7	42,13	0,749	309,2	2,490
2 -	712	18,8	21,0	20,5	18,5	20,8	4:39,8	-	279,8	0,643	874,4	41,15	0,751	222,0	2,348
3 -	349	18,8	21,4	20,9	19,0	21,2	6:39,5	-	399,5	0,452	874,2	40,18	0,754	159,6	2,203
4 -	179	19,5	22,8	21,7	20,0	22,3	9:11,0	-	551,0	0,327	873,3	37,40	0,761	124,4	2,095
5 1387	170	20,6	26,0	24,5	21,5	25,3	-	1:54,0	114,0	0,316	871,4	29,74	0,754	151,2	2,180
6 1374	168,3	20,6	26,0	24,5	21,5	25,3	-	1:55,0	115,0	0,313	871,4	29,74	0,752	149,6	2,172
7 926	113,7	20,6	26,0	24,5	21,3	25,3	-	2:19,4	139,4	0,258	871,4	29,74	0,756	123,3	2,091
8 908	111,2	20,5	24,2	24,0	21,2	24,1	-	2:20,0	140,0	0,257	872,3	32,84	0,759	111,2	2,046
9 494	61,3	22,0	24,6	24,0	21,2	24,3	-	3:09,5	189,5	0,190	872,6	32,33	0,757	83,6	1,922
10 241	29,9	22,0	24,8	24,0	21,8	24,4	-	4:26,4	266,4	0,135	872,0	32,05	0,771	59,7	1,776

Zählentafel 9

Blende 1;

Rohöl II;

3.8.1944;

Abb. 5.

Nr.	h <sub>BS</sub> mm	h <sub>WS</sub> mm	t <sub>h</sub> OC	t <sub>M</sub> OC	t <sub>B</sub> OC	t <sub>MB</sub> OC	Z <sub>10</sub> min:s	Z <sub>250</sub> min:s	Z	V m <sup>3</sup> /h	ρ kg/m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> ·ν m <sup>2</sup> /s	α	Re <sub>D</sub>	log Re <sub>D</sub>
1	-	1519	19,4	21,1	21,0	21,1	-	3:10,1	190,1	0,946	858,4	16,51	0,750	810	2,908
2	-	742	20,0	21,3	21,1	21,2	-	4:33,3	273,3	0,659	858,3	16,58	0,746	564	2,751
3	-	373	20,1	21,8	21,4	21,6	-	6:27,2	387,2	0,465	858,1	16,29	0,747	398	2,599
4	-	172	21,0	22,1	22,0	22,1	-	9:23,1	563,1	0,320	857,8	16,17	0,754	281	2,448
5	-	166	21,2	22,1	22,0	22,1	-	9:37,2	577,2	0,312	857,8	16,17	0,747	274	2,437
6	1165	144,5	22,0	23,0	23,5	23,2	2:02,0	-	122,0	0,295	857,2	15,58	0,756	269	2,429
7	777	97,2	22,9	23,6	24,0	23,8	2:28,1	-	148,1	0,243	856,8	15,28	0,761	226	2,354
8	401	50,3	23,2	24,2	24,2	24,2	3:29,1	-	209,1	0,1721	856,5	15,09	0,749	162	2,210
9	193	24,2	23,2	24,8	24,4	24,6	4:58,0	-	248,0	0,1208	856,2	14,80	0,756	115,9	2,063
10	103	12,92	23,8	25,1	24,5	24,3	6:13,0	-	373,0	0,0965	855,9	15,03	0,797	91,1	1,958
11	56	7,04	23,9	25,4	24,8	24,6	8:04,7	-	484,7	0,0743	855,8	14,90	0,862	70,75	1,849
12	29	3,64	23,7	25,6	24,5	24,7	11:09,7	-	668,7	0,0538	855,7	14,87	0,870	51,4	1,711

BA.G  
386

Tarot  
HANNOVER

Zahlentafel 10

Flonde I;

Rohr II;

10.8.1944;

Abb.5

Nr.	h <sub>BS</sub> mm	h <sub>WS</sub> mm	t <sub>h</sub> °C	t <sub>m</sub> °C	t <sub>B</sub> °C	t <sub>WB</sub> °C	t <sub>10</sub> min	t <sub>25</sub> min	Z	V m <sup>3</sup> /h	δ kg/m <sup>3</sup>	$\frac{106 \cdot v}{m^2/s}$	α	Re <sub>D</sub>	log Re <sub>D</sub>
1	-	1484	21,8	21,2	21,3	21,2	-	3:11,5	191,5	0,940	867,8	24,00	0,756	556	2,744
2	-	771	22,1	22,0	22,0	22,0	-	4:27,6	267,6	0,673	867,3	22,64	0,751	421	2,624
3	-	767	22,1	22,0	22,0	22,0	-	4:28,1	268,1	0,671	867,3	22,64	0,755	420	2,622
4	-	396	22,8	23,0	22,4	22,7	-	6:12,1	372,1	0,489	866,7	21,75	0,756	320	2,505
5	-	307	22,6	22,6	22,3	22,5	-	7:02,1	422,1	0,426	866,9	21,90	0,756	276	2,440
6	-	176	23,3	23,8	23,3	23,6	-	7:21,0	561,0	0,321	866,2	19,95	0,751	228	2,357
7	-	172	23,6	24,1	23,3	23,7	-	9:23,2	563,2	0,320	866,1	19,85	0,755	228	2,357
8	764	97,4	26,2	26,0	26,0	26,0	2:29,7	-	149,7	0,241	864,7	16,45	0,757	208	2,317
9	351	44,75	26,3	26,1	26,1	26,1	3:41,7	-	221,7	0,1626	864,6	15,87	0,753	185,5	2,162
10	193	24,45	25,4	27,1	27,0	27,1	5:01,7	-	301,7	0,1193	864,0	14,77	0,749	114,9	2,059
11	190	24,05	25,0	27,2	27,0	27,1	5:01,5	-	301,5	0,1193	863,9	14,77	0,753	116,6	2,066

Zählentzettel II

Blende I

Rechnl III;

16.8.1944;

Abb. 5

Nr.	h <sub>MS</sub> mm	h <sub>MS</sub> mm	t <sub>H</sub> 00	t <sub>MS</sub> 00	t <sub>50</sub> min:se	z	V m <sup>3</sup> /h	ρ kg/m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> v m <sup>2</sup> /s	α	Re <sub>3</sub>	log Re <sub>3</sub>
1	-	1469	21,0	24,4	3:15,1	195,1	0,922	942,4	223,8	0,779	58,5	1,767
2	-	315	23,0	27,2	7:14,8	434,8	0,414	940,3	162,4	0,753	36,2	1,559
3	-	198	23,0	26,1	9:24,3	564,3	0,319	941,1	186,5	0,733	24,3	1,396
4	1160	145,6	23,8	25,7	10:41,0	641,0	0,221	941,4	195,4	0,755	20,4	1,310
5	-	800	25,1	29,1	4:29,5	269,5	0,668	939,0	120,6	0,764	78,7	1,896
6	-	393	25,0	29,5	6:26,2	399,2	0,464	939,3	135,2	0,756	48,8	1,696
7	-	195	24,9	28,7	9:32,3	572,3	0,314	939,1	130,0	0,728	34,3	1,535
8	1186	150	25,0	29,0	10:22,0	622,0	0,289	939,0	121,9	0,737	33,7	1,526

BAG Target  
8896 HANNOVER

Zahlenstafel 12

Blende 1:

Rechnl III: 17.9.1944:

Abb. 5

Nr.	$h_{DS}$ mm	$h_{WS}$ mm	$t_n$ °C	$t_{WB}$ °C	$Z_{50}$ min	$Z$ s	$V$ m <sup>3</sup> /h	$\gamma$ kg/m <sup>3</sup>	$10^5 v$ m <sup>2</sup> /s	$\alpha$	$Re_D$	$1000 Re_D$
1	-	1466	24	25,6	3:17,1	197,1	0,912	945,6	222,8	0,770	58,1	1,764
2	-	1432	28,3	35,2	3:18,7	198,7	0,906	938,0	58,3	0,775	220,8	2,345
3	-	1423	25,9	26,4	3:18,5	198,5	0,906	945,0	207,3	0,777	62,1	1,792
4	-	782	24,4	26,6	4:32,4	272,4	0,880	944,9	203,0	0,765	46,1	1,663
5	-	757	28,6	32,9	4:68,6	272,6	0,860	940,4	165,9	0,776	56,3	1,731
6	-	401	24,6	25,9	6:24,1	384,1	0,480	944,6	238,0	0,760	27,92	1,446
7	-	395	27,1	33,4	6:20,4	380,4	0,473	940,0	87,0	0,771	77,1	1,886
8	-	203	27,1	33,5	8:56,2	536,2	0,336	939,9	85,0	0,762	56,1	1,748
9	1232	157,2	26,1	20,1	10:14,8	614,8	0,2927	943,8	177,2	0,756	234,8	2,370

Nr.	h <sub>82</sub> mm	h <sub>75</sub> mm	t <sub>h</sub> OC	t <sub>10</sub> min:s	t <sub>250</sub> min:s	z	V m <sup>3</sup> /h	f kg/m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> v m <sup>2</sup> /s	α	α <sub>0</sub>	log R <sub>0</sub>				
1	-	1440	19,8	21,6	21,0	19,0	21,3	-	6:36,3	396,3	0,454	275,3	40,11	0,782	160,6	2,205
2	-	1436	19,9	22,0	21,1	19,0	21,6	-	6:36,1	396,1	0,454	275,0	39,98	0,784	161,3	2,208
3	-	740	20,1	21,5	21,3	19,5	21,4	-	9:11,6	551,6	0,326	275,3	40,06	0,785	115,7	2,052
4	-	730	20,4	21,2	21,2	19,6	21,2	-	9:14,0	554,0	0,325	275,4	40,15	0,787	115,0	2,060
5	-	397	19,9	22,6	21,2	20,0	21,9	-	12:40,9	760,9	0,236	274,4	39,82	0,786	84,1	1,924
6	-	383	20,0	22,8	21,6	20,0	22,2	-	12:48,3	768,3	0,234	274,6	39,69	0,784	83,7	1,922
7	1272	155,9	20,5	23,0	23,0	20,3	25,4	3:59,3	-	239,3	0,1505	273,9	39,08	0,791	54,6	1,736
8	1268	155,9	20,9	24,2	23,0	20,3	25,6	3:58,0	-	230,0	0,1512	273,7	39,05	0,795	55,0	1,739
9	843	104,0	21,4	24,0	23,2	19,7	24,0	4:51,7	-	201,7	0,1236	273,4	38,82	0,793	45,1	1,654
10	836	103,0	21,2	24,6	23,2	19,5	23,9	4:50,2	-	200,2	0,1240	273,5	38,89	0,799	45,3	1,653
11	427	52,9	21,6	25,0	23,5	20,8	24,3	6:43,0	-	403,9	0,089	273,2	38,70	0,802	32,6	1,533
12	291	36,6	23,2	27,4	25,8	22,0	26,6	6:03,6	-	403,6	0,074	271,8	37,61	0,809	27,9	1,465
13	173	21,4	22,2	25,4	24,2	21,0	24,8	1:49,3	-	643,3	0,056	272,9	38,47	0,793	20,6	1,324
14	171	21,2	22,2	26,0	25,0	21,8	25,5	1:49,0	-	643,0	0,056	272,5	38,12	0,795	20,8	1,318

BAG

Target  
HANNOVER



Zählentafel 15

Blende 3;

Robül II;

6.9.1944;

Abb. 9

Dr.	$n_{WS}$ mm	$t_n$ °C	$t_F$ °C	$t_{10}$ min:s	$z$ g	$V$ m <sup>3</sup> /h	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$10^6 v$ m <sup>2</sup> /s	$\alpha$	Re <sub>D</sub>	log Re <sub>D</sub>
1	1222	19,5	23,8	3:33,4	213,4	0,1600	870,7	25,50	0,935	163,8	2,213
2	1050	20,0	24,0	3:50,5	230,5	0,1560	870,6	25,20	0,933	153,3	2,185
3	392	20,9	24,2	6:19,2	379,2	0,0950	870,4	24,97	0,935	94,25	1,974
4	146	20,8	24,1	10:20,5	628,5	0,0975	870,5	25,12	0,922	56,5	1,752
5	60	21,3	24,0	16:36,0	996,0	0,0362	870,6	25,20	0,909	35,6	1,551
6	279	21,0	23,7	7:51,0	451,0	0,0798	870,3	25,59	0,933	77,25	1,888
7	432	22,8	23,1	6:01,5	361,5	0,0996	871,2	26,30	0,935	93,75	1,972
8	942	22,1	21,9	4:04,2	244,2	0,1473	871,9	27,54	0,935	132,6	2,122

BAG  
8896

Tarot  
HANNOVE

BAG Target  
88cc HANNOVER

nr.	h <sub>0</sub> mm	t <sub>0</sub> 00	t <sub>1</sub> 00	t <sub>2</sub> 00	t <sub>3</sub> 00	z	V m <sup>3</sup> /h	δ kg/m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> ·v m <sup>2</sup> /s	α	ReD	log ReD
1	1451	18,0	17,9	17,9	3:15,7	195,7	0,184	875,35	30,44	0,936	124,6	2,096
2	1450	19,3	18,0	18,0	3:16,6	196,6	0,183	874,90	35,24	0,935	126,4	2,208
3	1441	19,9	19,3	19,3	3:17,3	197,3	0,1824	874,65	35,24	0,935	127,8	2,2106
4	1235	20,0	19,9	19,9	3:17,6	212,6	0,1821	874,4	34,30	0,926	122,1	2,087
5	1228	20,0	20,0	20,0	3:18,0	214,0	0,1821	874,54	34,51	0,933	120,6	2,081
6	732	21,3	20,0	20,0	4:13,6	275,0	0,1304	873,6	32,9	0,939	90,1	1,952
7	335	22,0	21,3	21,3	6:53,2	413,2	0,0872	873,4	31,98	0,926	67,6	1,8390
8	205	23,0	22,0	22,0	8:50,2	539,2	0,0678	872,97	30,77	0,925	54,6	1,777
9	117	24,0	24,0	24,0	11:27,5	587,5	0,0522	870,9	26,14	0,933	34,59	1,536
10	242	25,0	24,0	24,0	11:30,3	590,3	0,0522	870,9	26,14	0,926	49,5	1,694
11	476	25,0	25,0	25,0	13:04,0	484,0	0,0744	870,8	26,04	0,936	70,9	1,847
12	767	25,0	25,0	25,0	5:42,3	342,3	0,1051	870,8	25,93	0,935	103,9	2,016
13	1374	25,0	25,0	25,0	4:30,8	270,8	0,1328	870,8	25,93	0,935	126,7	2,208
14	1794	25,0	25,0	25,0	3:22,9	202,8	0,1774	870,7	25,80	0,935	169,2	2,228
15	193	25,0	25,0	25,0	4:25,7	255,7	0,1355	870,7	25,80	0,935	130,0	2,114
16	177	22,0	24,0	24,0	6:24,1	324,1	0,0938	870,7	25,80	0,930	89,9	1,953
17	90	22,0	24,0	24,0	9:24,9	564,9	0,0630	870,8	25,93	0,930	58,3	1,766
18	195	21,2	24,0	24,0	13:12,9	793,9	0,0454	871,0	26,46	0,929	42,45	1,727
19	411	21,2	24,0	24,0	6:15,0	535,0	0,0672	871,0	26,46	0,936	62,85	1,798
20	774	21,2	24,0	24,0	6:11,3	371,3	0,0970	870,9	26,14	0,929	91,9	1,962
21	1432	21,1	24,0	24,0	4:50,3	270,3	0,1322	870,9	26,14	0,930	126,5	2,201
22	1434	21,1	24,0	24,0	3:18,0	198,0	0,1814	871,0	26,46	0,931	169,5	2,229
23		21,1	24,0	24,0	3:18,0	198,0	0,1817	871,0	26,46	0,934	169,7	2,229

Zählentafel 17

Blende 3;

Reibel II;

8.9.1944;

Abb. 9

Nr.	$t_{NS}$ min	$t_{OG}$ min	$t_{OG}$ min	$t_{10}$ min	$Z$ s	$V$ $m^3/h$	$\gamma$ $kg/m^3$	$10^6 V$ $m^2/s$	$\alpha$	ReD	$\log Re_D$
1	1443	19,9	23,5	3:14,1	194,1	0,1353	875,3	25,77	0,946	178,4	2,241
2	1400	18,9	19,8	3:16,8	196,8	0,1330	875,0	32,95	0,948	137,5	2,138
3	805	19,4	19,9	4:26,4	266,4	0,1350	875,9	32,80	0,925	101,9	2,008
4	686	19,6	23,5	4:46,2	286,2	0,1257	873,3	25,77	0,934	120,7	2,082
5	508	19,2	20,4	5:38,4	338,4	0,1062	875,5	32,00	0,916	81,9	1,913
6	375	20,0	20,9	6:35,6	395,6	0,0911	875,2	31,47	0,914	71,6	1,853
7	358	20,4	23,4	6:32,6	392,6	0,0916	875,4	25,94	0,940	67,5	1,828
8	213	20,0	23,1	8:36,5	516,5	0,0696	873,7	26,34	0,926	65,5	1,816
9	107	20,3	22,8	12:56,4	776,4	0,0464	873,8	26,62	0,869	43,0	1,634

BAG Tarant  
3856 HANNOVER

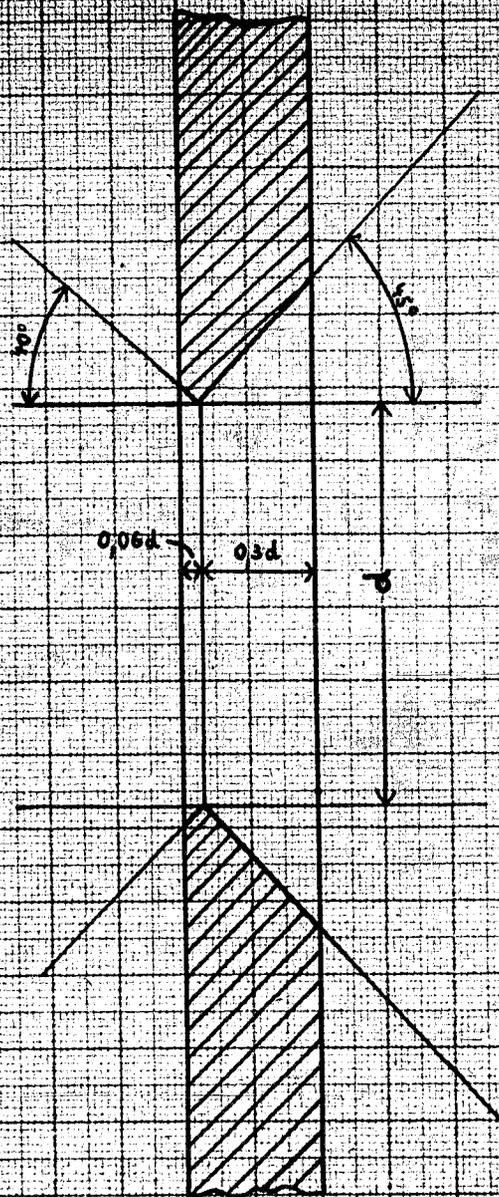
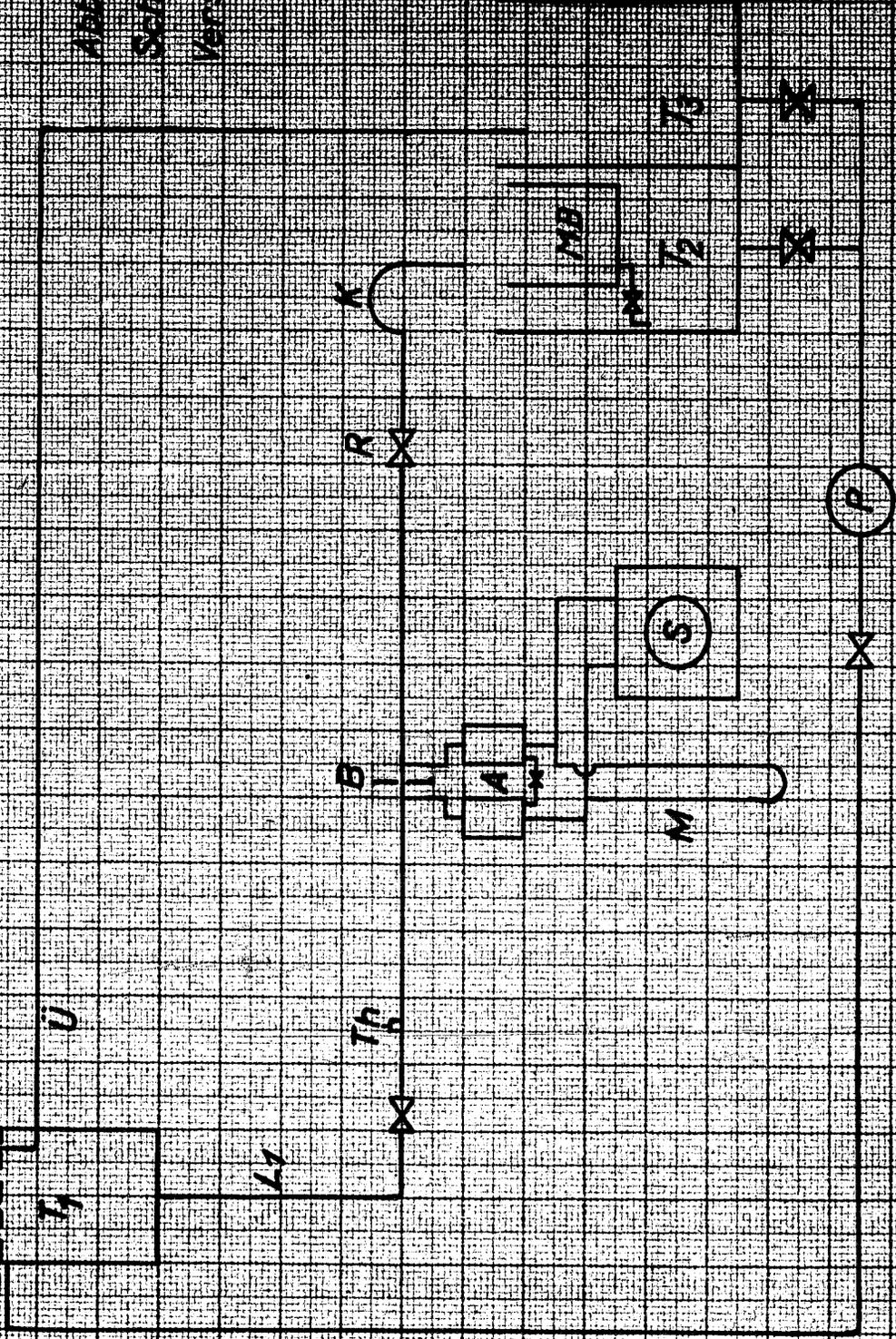
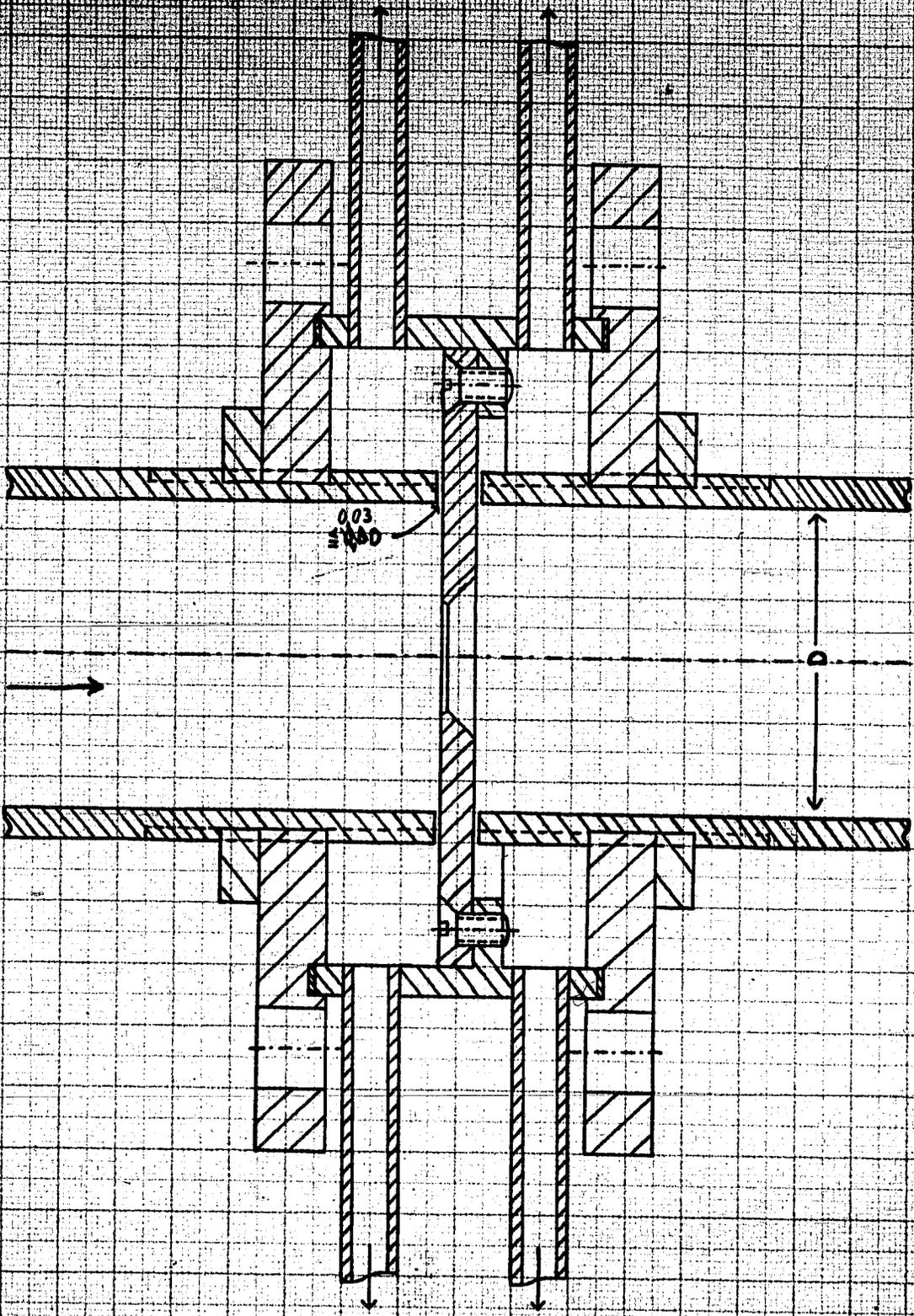


Abb.1. Skizze der Blende

1938  
SOLING  
MAY 1938



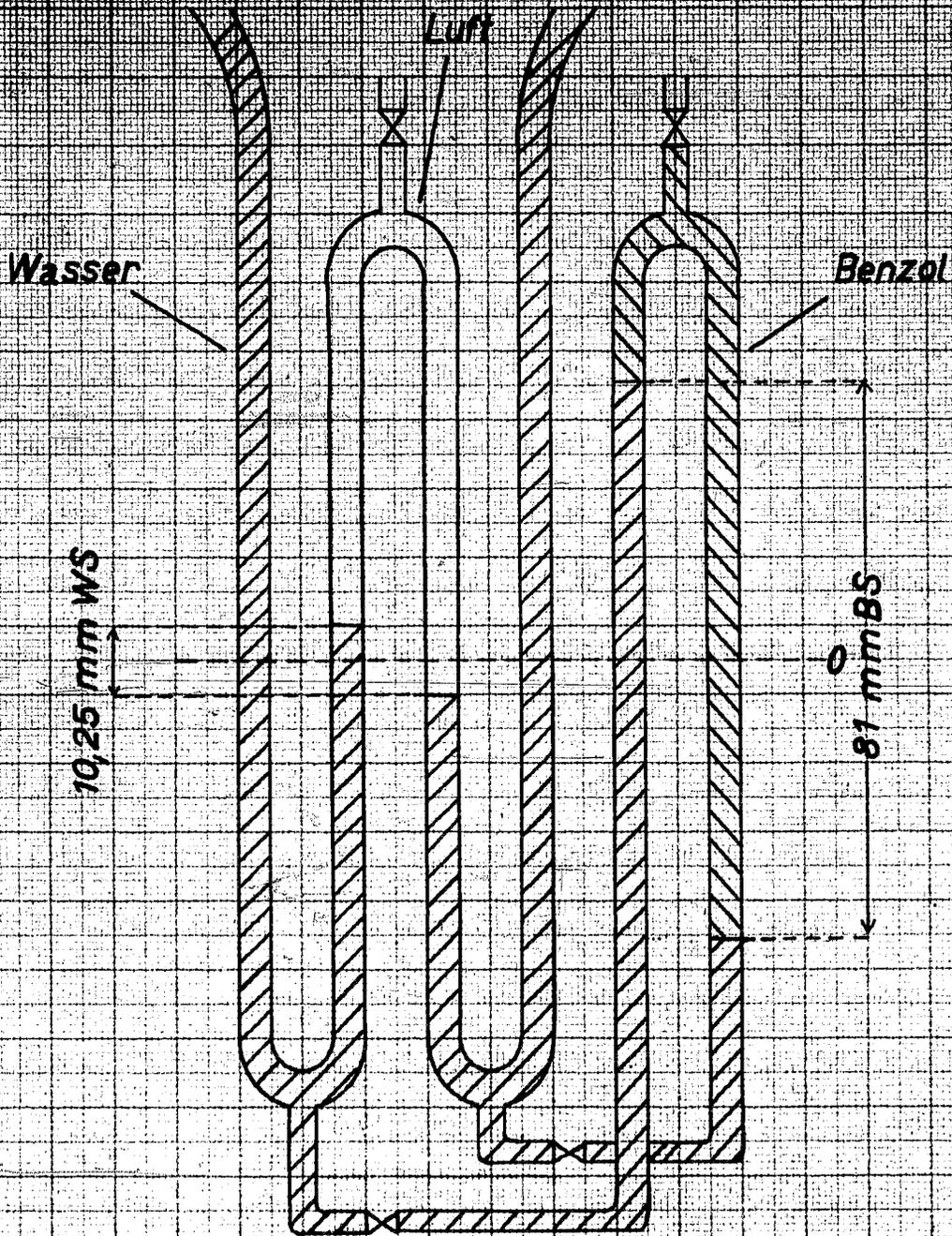
Entlüftung



Wirkdruckmesser

Abb.3. Blendenfassung.

BAG Tarnit  
38 C HANNOVER

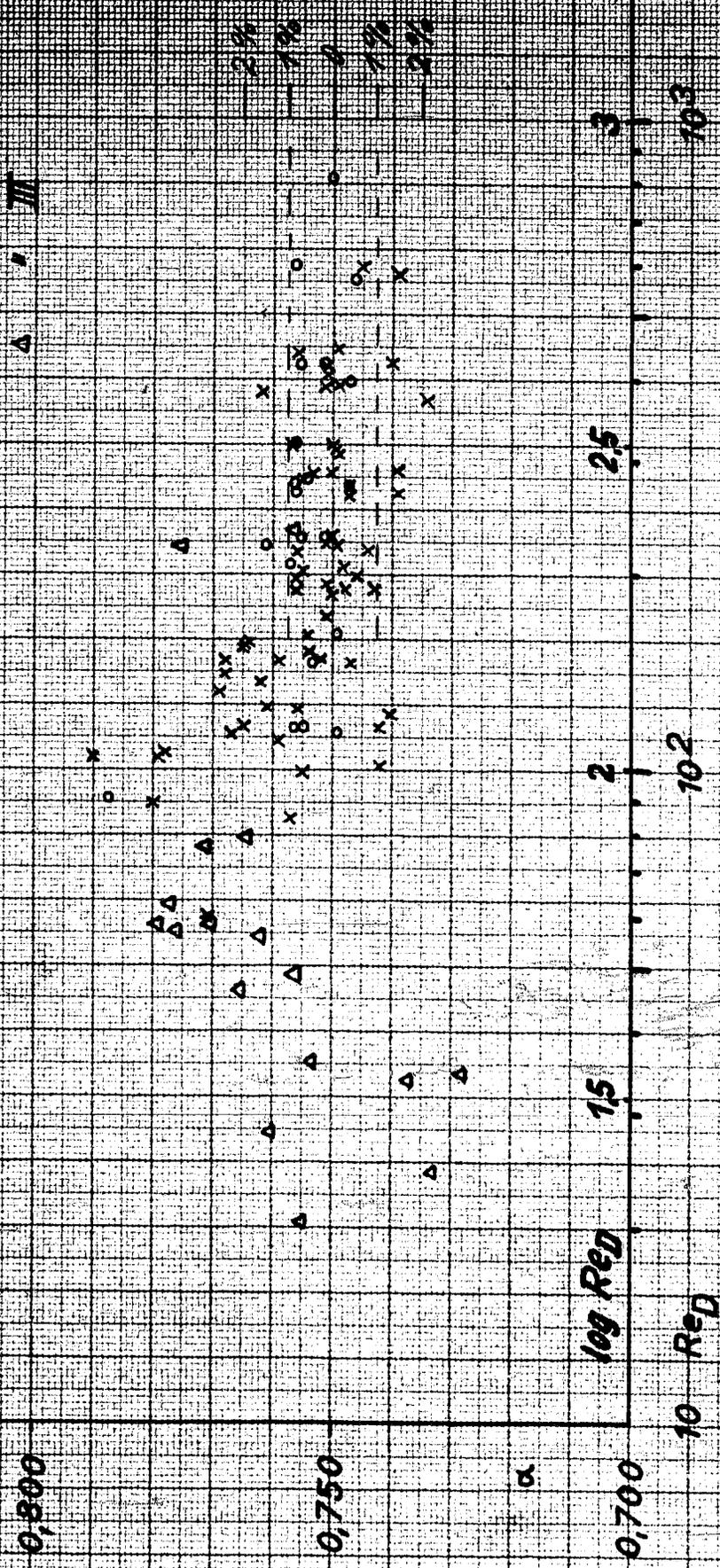


Umrechnungsfaktor bei 25°C 0,1265

Abb 4. Doppelmanometer

Durchflusszahl als Funktion von  $\log \text{Re}_D$  Abb. 5: Blende 1

x Rohöl I  
o " II  
Δ " III



Durchflußzahl als Funktion von log Red

Abb. 6: Blende 7.

0,800

0,750

$\alpha$

0,700

log Red

10 Red

1,5

2

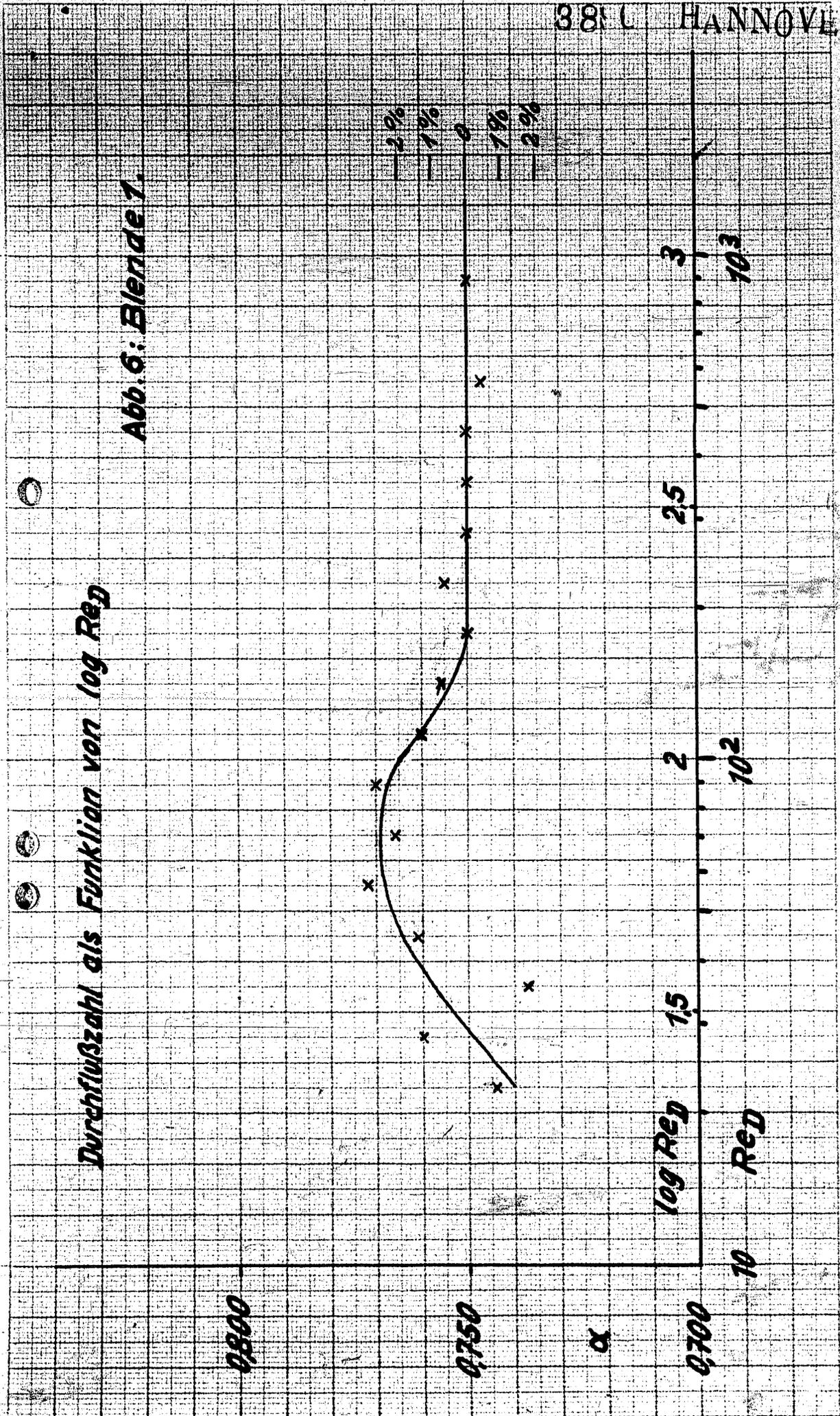
2,5

3

10<sup>2</sup>

10<sup>3</sup>

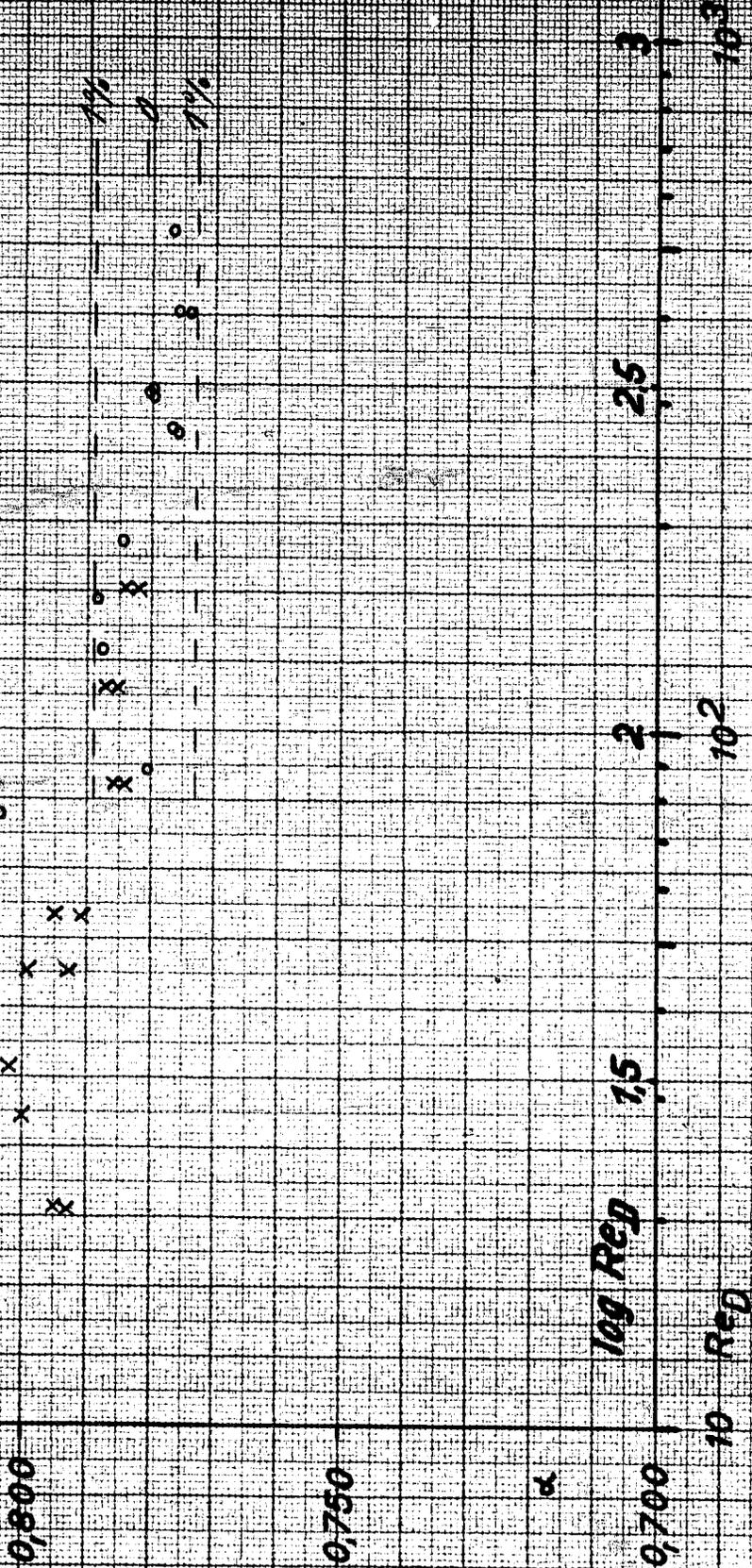
2%  
1%  
0  
1%  
2%



Durchflusszahl als Funktion von  $\log \text{Re}_D$  Abb. 7. Blende 2.

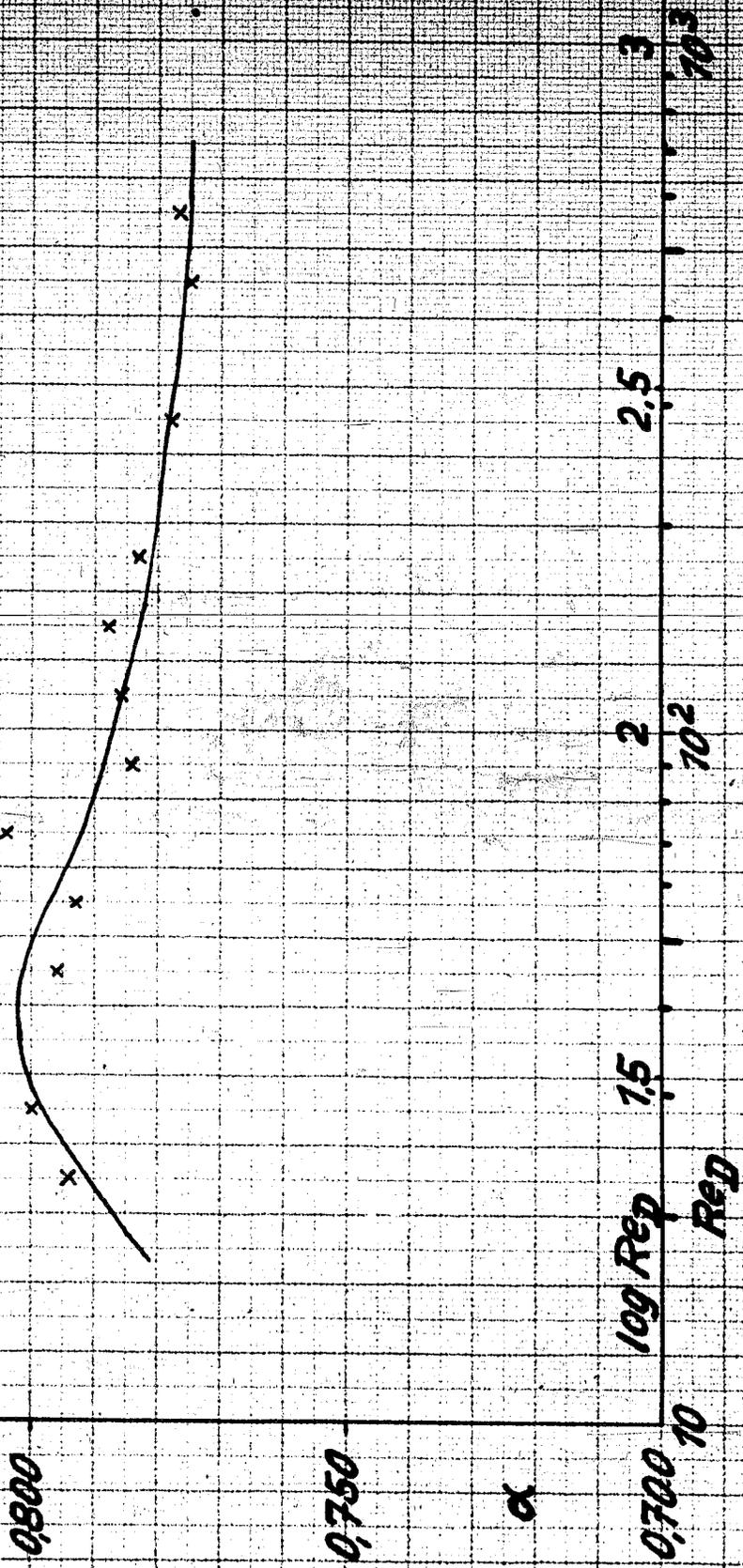
x Rohöl I

o II



Durchflußzahl als Funktion von  $\log \text{Re}_D$

Abb. 8: Blende 3



Durchflusszahl als Funktion von  $\log \text{Re}_D$

Abb. 9; Blende 3

Reihl. II

$\Delta m = 0,002$

1,000

0,950

0,900

10<sup>1</sup> Re<sub>D</sub>

10<sup>2</sup> Re<sub>D</sub>

10<sup>3</sup> Re<sub>D</sub>

2

2,5

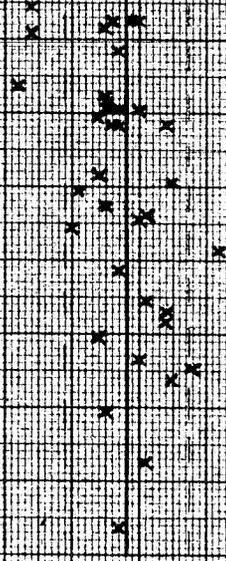
3

10<sup>3</sup> Re<sub>D</sub>

1/16

0

1/16



3. B e r i c h t

zum Forschungsauftrag: "Ölmessung und Gas-Öl-Verhältnis"  
Kennwort: "Ölmessung"  
Wehrmachtsauftrags-Nr.: SS 4104/0046/44 - I/44  
Tagebuch-Nr.: Rf 1167/44g/14 vom 21. März 1944

Untersuchung eines "Stabe" - Schwimmer-Mengenmessers  
für Erdöl.

Im Rahmen des Forschungsauftrages "Öl-Messung" wurde auf der Versuchstation Oberg ein "Stabe"-Mengenmesser untersucht, um festzustellen, ob das Gerät zur Messung von Rohöl geeignet ist. Über die Ergebnisse wird im folgenden berichtet.

Das fabrikneue Gerät (Fabrik-Nr. 4715), das uns von der DEA, Verwaltung der Erdölbetriebe, Berlin, für die Versuche freundlichst zur Verfügung gestellt wurde, arbeitet nach dem Schwimmerprinzip. Die Abb. 1 zeigt das Gerät in schematischer Darstellung. Das durch den Eingangsstutzen 1 zuströmende Öl drückt den kegelförmigen Körper 2, der sich innerhalb der Blende 3 befindet, nach oben, so daß ein ringförmiger Spalt entsteht, durch den das Öl hindurchströmen kann, das schließlich durch den Stutzen 4 das Meßgerät verläßt. Beim Durchströmen des Öls hebt sich der Körper 2 soweit, daß die von dem Druckverlust des Öls in dem Ringspalt herrührende Kraft dem Gewicht des Körpers 2, sowie des daranhängenden Bremskolbens 5 und des oberen Gestänges 6 das Gleichgewicht hält. Da der Körper 2 kegelig ausgeführt ist, wird der Ringspalt bei vergrößertem Hub größer, so daß dann bei gleichbleibendem Druckverlust am Ringspalt eine größere Ölmenge durchfließen kann. Die Bewegung des Kegelkörpers 2 wird über das Gestänge 6 und 7, sowie die Achse 8, die in einer Stopfbüchse drehbar gelagert ist, nach außen zum Anzeige- und Schreibgerät 9 übertragen. Der untersuchte Messer war ausserdem noch mit einer mechanischen Integrier- vorrichtung ausgerüstet, so daß die durchgeflossenen Ölmenngen an einem Zählwerk 10 abgelesen werden konnten. Um die evtl. auftretenden Stöße zu dämpfen und um ein übersichtliches Diagramm zu bekommen, ist der Stabemesser mit einer Flüssigkeitsbremse ver-

sehen, bestehend aus dem Kolben 5, der innerhalb des Zylinders 11 beweglich ist. Das vorliegende Gerät war ausserdem noch mit einer mit Dampf zu betreibenden Heizung für Kegel 2 und Blende 3 ausgerüstet. Da kein Dampfkessel zur Verfügung stand, wurde der Einfluß der Beheizung nicht untersucht.

Nachdem der Bremszylinder nach Vorschrift der Firma Stabe mit Wasser, das "spezifisch schwerer ist als Öl und mit diesem keine chemische Verbindung eingeht" gefüllt worden war, wurde das Meßgerät entsprechend Abb.2 in die Versuchsanlage eingebaut. Die Kreiselpumpe P förderte das Öl aus dem Behälter B 1 durch die Leitung L 1 in den Hochbehälter H, der mit einem Überlauf U versehen war. Aus dem Hochbehälter floß das Öl durch die 2-söllige Leitung L 2 zum Stabe-Messer, an den sich ein kürzeres Rohr L 3 anschloß, an dessen Ende zwecks Regulierung der Öldurchflußmenge ein Kükenhahn K angeschlossen war. Nach dem Durchgang durch einen Doppelkrümmer floß das Öl über die kippbare Rinne R entweder in den Meßbehälter MB, der mit Stechpegeln für Füllungen von 50, 100 und 150 l versehen war, oder (zwischen den Messungen) in den Behälter B 1. Aus dem Meßbehälter MB konnte das Öl in den Behälter B 2 abgelassen werden, aus dem die Pumpe P ebenfalls ansaugen konnte. Zur Messung der Öltemperatur war in L 2 das Thermometer Th eingebaut. Vor Beginn jeder Meßreihe wurde das Öl mindestens einmal umgepumpt, um Temperatur- und Dichteunterschiede auszugleichen.

Die ersten Versuchsreihen wurden mit einem verhältnismäßig sehr sahen Rohöl durchgeführt. Dabei stellte es sich heraus, daß die Einstellung des Stabe-Messers sehr träge erfolgt. Aus dem Grunde wurde bei jeder Einstellung des Hahns K mindestens 10 Min. gewartet, bevor mit der Messung begonnen wurde. Dabei wurde so verfahren, daß beim Umlegen der Rinne R eine Stoppuhr gestartet wurde, mit der die Zeit festgestellt wurde, in welcher eine bestimmte Ölmenge in den Meßbehälter MB floß. Gleichzeitig wurde am Thermometer Th die Öltemperatur abgelesen. Nach Füllung des Meßbehälters wurde die Schreibtrommel des Meßgerätes noch etwas weitergedreht, um auf dem Diagramm einen ausreichend langen Strich zu bekommen. Während der Messungen wurde mehrfach die Wichte  $\gamma_{20} [\text{kg/m}^3]$  sowie die kinematische Zähigkeit  $\nu [\text{m}^2/\text{s}]$  bestimmt.

Während der ersten Meßreihen herrschte klares Sonnenwetter, so daß die Öltemperatur im Laufe einiger Stunden sehr schnell

anstieg, so daß vor allem die Zähigkeit des Öls sich stark verringerte. Um einigermaßen konstante Öltemperaturen zu haben, wurden die Messungen schließlich in den frühen Morgen- und späten Abendstunden durchgeführt.

In Zahlentafel 1 sind die Ergebnisse einer Messreihe mit dem relativ sahen Öl I zusammengestellt worden. Dabei bedeutet  $V [m^3/h]$  die aus Volumen- und Zeitmessung errechnete Durchflussmenge,  $t [^{\circ}C]$  die Öltemperatur,  $\gamma_0 [kg/m^3]$  die Wichte,  $\nu [m^2/s]$  die kinematische Zähigkeit und  $h [mm]$  die Schreibhöhe auf dem Diagramm. Die von anderen Messungen her vorhandene Versuchsanlage gestattete es nicht, so große Ölmenngen durch das Meßgerät zu schicken, daß die größtmögliche Schreibhöhe von 65 mm erreicht wurde. Die vorhandene Druckhöhe von 3,8 m Ölsäule, die als Druckverlust im Meßgerät sowie in der Rohrleitung aufgezehrt wird, gestattete beim Öl I einen maximalen Durchfluß von etwa 2,5 bis 3,0  $m^3/h$  je nach Öltemperatur bei einer Schreibhöhe von etwa 36 mm. Um die Messungen mit verschiedenen Ölen miteinander vergleichen zu können, ist es notwendig, die Wichte des Öls zu berücksichtigen. Man kann davon ausgehen, daß das Meßgerät für Wasser geeignet ist, wobei die Wichte des Wassers mit  $\gamma_w = 1000 kg/m^3$  angesetzt sei. Wird jetzt ein Öl mit  $\gamma_0 kg/m^3$  gemessen, so muß die wirkliche Schreibhöhe  $h$  mm mit dem Faktor  $\sqrt{1000/\gamma_0}$  multipliziert werden, um auf einen Rechenwert  $h_R$  zu kommen, der für alle Flüssigkeiten gleich sein sollte, sofern die Durchflussmenge dieselbe ist. In Zahlentafel 1 ist dementsprechend auch  $h_R$  angegeben worden. Diese Werte sind in Abb. 3 als Liniensüge 1 und 2 graphisch dargestellt worden. Dabei umfaßt Linienszug 1 die Meßpunkte 1 bis 7, die bei jeweils verkleinertem Durchfluß gemessen wurden, Linienszug 2 die Meßpunkte 8 bis 12, die bei jeweils vergrößertem Durchfluß aufgenommen wurden. Man erkennt, daß keine geradlinige Beziehung zwischen  $h_R$  und dem Mengendurchfluß besteht, ausserdem decken sich die Liniensüge 1 und 2 bei weitem nicht. Dieses Ergebnis bedeutet, daß das untersuchte Gerät einen beträchtlichen Stellungs- d. h. Reibungsfehler besitzt.

Da die spätere Untersuchung (siehe weiter unten) zeigte, daß zwischen Zählwerk (Integriervorrichtung) und Schreibhöhe eine lineare Beziehung besteht, müßte, wenn das Zählwerk überhaupt einen Sinn haben soll, ebenfalls eine lineare Beziehung zwischen technischer Schreibhöhe  $h_R$  und dem wirklichen Mengendurchfluß vorhanden sein. Abb. 3 zeigt, daß das nicht der Fall ist. Wie

groß die Abweichungen von einer mittleren Geraden sein würden, zeigt die Spalte 8 der Zahlentafel 1, in der der Quotient  $V/h_R$  <sup>[m<sup>3</sup>/h]</sup> <sub>min</sub> eingetragen wurde. Die Einzelwerte schwanken von 0,0151 bis 0,0684, während bei einer linearen Beziehung zwischen  $V$  und  $h_R$  der Quotient konstant sein müßte.

Nachdem auf diese Weise festgestellt worden war, daß der Stabe-Messer für das sahe Rohöl I unbrauchbar war, wurden Messversuche mit dem wesentlich weniger sahen Rohöl II durchgeführt. Die Ergebnisse je einer Messreihe sind in den Zahlentafeln 2 und 3 zusammengestellt worden. Die graphische Darstellung findet sich ebenfalls in Abb. 3 als Linienzug 3 und 4 für die Ergebnisse der Zahlentafel 2, als Linienzug 5 und 6 für diejenigen der Zahlentafel 3. Dargestellt wurde wieder  $h_R$  als Funktion des tatsächlichen Mengendurchflusses. Sowohl die Zahlentafeln als vor allem auch die Abb. 3 lassen erkennen, daß für die beiden verschiedenen Öle verschiedene Beziehungen zwischen  $h_R$  und  $V$  gefunden wurden. Bei dem dünnflüssigen Öl ist die Schreibhöhe bei gleichem Durchfluß wesentlich kleiner als bei dem dickflüssigen Öl. Große Stellungs- d.h. Reibungsfehler kommen auch bei dem dünnflüssigen Öl vor. Zahlentafel 2 läßt Beispiele erkennen, daß bei Verringerung des Durchflusses von 3,968 m<sup>3</sup>/h auf 3,192 m<sup>3</sup>/h die Schreibhöhe sich nicht veränderte. Auch der Meßpunkt 8 liegt noch weit abseits von den übrigen Punkten.

Die Meßpunkte der Zahlentafel 3 liegen jedoch verhältnismäßig gut auf einer Geraden, die durch den Nullpunkt geht. Um ein vernünftiges Bild zu bekommen, wurde aus den Werten  $\frac{V}{h_R}$  für die Meßpunkte 2 bis 10 der Mittelwert gebildet und in Spalte 9 die tatsächlichen Abweichungen der Einzelwerte von diesem Mittelwert angegeben, die in Spalte 10 in % ausgedrückt wurden. Man erkennt, daß die Abweichungen vom Mittelwert noch recht groß sind und oberhalb einer Schreibhöhe von etwa 10 mm immer noch Werte bis zu 7 % erreichen.

Schließlich wurde noch festgestellt, welche Beziehung zwischen Schreibhöhe und Zählwerksanzeige besteht. Zu dem Zweck wurde entweder durch Durchleiten von Öl oder durch Betätigung der Anhebevorrichtung der Kegelskörper angehoben, so daß der Schreibstift auf einer bestimmten Höhe schrieb. Dann wurde das Zählwerk in Gang gesetzt und festgestellt, um wieviel Einheiten das Zählwerk in einer bestimmten Zeit fortgeschaltet wurde. Daraus

ließ sich leicht die Massemenge pro Stunde errechnen, die in Abb.4 in Abhängigkeit von der Schreibhöhe dargestellt ist. Ausserdem sind die Werte in Zahlentafel 4 zusammengestellt worden, die auch die Abweichungen des Umrechnungsfaktors vom Mittelwert enthält. Man erkennt, daß auch dort noch beträchtliche Abweichungen vorkommen. Die größten negativen Abweichungen ergeben sich für Schreibhöhen unter 10 mm.

Die bisherigen Versuchsergebnisse führen eindeutig zu dem Schluß, daß der untersuchte Stabe-Messer zur Messung von Rohöl unbrauchbar ist. Betrachtet man z.B. die Linienzüge 3 bis 6 der Abb.3, die mit einem dünnflüssigen Rohöl erhalten wurden (Zähigkeit ca  $3,5^{\circ}E$ ) so erkennt man, daß auch im günstigsten Fall (Linienzüge 5 und 6) noch unzulässig große Falschmessungen vorkommen. Es kommt jedoch auch vor, siehe Linienzug 3, daß die Schreibhöhe um fast 100% falsch ist. Offenbar sind die inneren Reibungswiderstände sehr groß, so daß Kegel und Schreibzeug in irgendeiner Lage hängen bleiben. So wurde z.B. zwischen den Meßpunkten 6 und 7 (Zahlentafel 2) 30 min gewartet, bis der Meßwert 7 aufgenommen wurde. Trotzdem verringerte sich die Schreibhöhe überhaupt nicht.

Noch ungünstiger wird das Bild, wenn man auch die Linienzüge 1 und 2 in Betracht zieht, die wesentlich höher liegen als die übrigen und mit dem Rohöl II erhalten wurden (Zähigkeit ca  $70^{\circ}E$ ). Da die verschiedene Wichte der beiden Rohöle berücksichtigt wurde, muß man annehmen, daß die verschiedene Zähigkeit eine so entscheidende Rolle spielt. Dieses Ergebnis ist an sich nicht überraschend, da der Ringspalt zwischen dem Kegelskörper 2 und Blende 3 (Abb.1) eine ringförmige Blende darstellt, für die ähnliche Strömungsgesetze gelten wie z.B. für eine Normblende. Sowohl bei der Normblende als auch bei irgendeiner anderen Blende oder Düse stellt man einen Einfluß der Zähigkeit fest, der sich in der Veränderung der sogenannten Durchflusssiffer bei wechselndem Durchfluß oder allgemeiner, bei wechselnder Reynoldszahl zu erkennen gibt. Der besondere Wert der Normblende liegt nun darin, daß oberhalb einer gewissen Reynoldszahl, die abhängig ist vom Öffnungsverhältnis, die Durchflusssiffer konstant ist, die Zähigkeit also keine Rolle mehr spielt. Überträgt man diese Erkenntnisse auf den Stabe-Messer, so ergibt sich, daß bei den durchgeführten Untersuchungen die Durchfluß-

ziffer offenbar nicht konstant gewesen ist. Es würde sicherlich zu recht interessanten Ergebnissen und Erkenntnissen führen, wenn man die Verhältnisse im einzelnen studieren würde. Da das untersuchte Gerät offenbar aber sehr große Reibungsfehler zeigt, würde die Brauchbarkeit doch nicht entscheidend verbessert werden können, so daß darauf verzichtet wurde, die Strömungsverhältnisse in dem Spalt näher zu betrachten.

Von der DEA, Erdölwerke Ostmark, war uns freundlicherweise ein zweites, aber gebrauchtes Gerät zur Verfügung gestellt worden, das ebenfalls untersucht werden sollte. Nach dem Einbau in die Versuchsanlage wurde jedoch festgestellt, daß das Gerät vollkommen verschmutzt war, so daß die Reibungswiderstände so groß waren, daß nach dem Anheben des Kegelkörpers dieser auch beim Durchfluß Null in der vorherigen Stellung verblieb. Zwecks Reinigung hätte das Gerät vollständig demontiert werden müssen. Darauf wurde jedoch verzichtet, sowohl im Hinblick auf die oben dargestellten Ergebnisse mit dem fabrikneuen Gerät als auch aus dem Grunde, weil keine geeignete Kraft dafür zur Verfügung stand. Die Versuche waren damit abgeschlossen.



Sachbearbeiter:

Dr. S c h m i d.

Zahlentafel 1

BAG Taro t  
~~3800~~ HANNOVER

1	2	3	4	5	6	7	8
Nr.	V	t	$f_0$	$V \cdot 10^6$	h	$n_{Roh} \sqrt{1000}$	$V / h_{Roh}$
	$m^3/h$	OC	$kg/m^3$	$m^2/s$	mm	mm	$\frac{m^3/h}{mm}$
1	2,370	25,4	951	585	36,1	37,0	0,0640
2	1,483	25,5	951	595	28,3	29,0	0,0511
3	0,864	25,9	951	563	28,3	29,0	0,0290
4	0,569	25,5	951	585	25,6	26,3	0,0216
5	0,378	25,2	951	563	19,5	20,0	0,0189
6	0,265	26,5	951	527	13,6	14,0	0,0189
7	0,145	26,9	951	505	9,3	9,6	0,0151
8	0,367	27,8	950	453	12,0	12,3	0,0299
9	0,481	28,0	950	438	14,2	14,6	0,0329
10	0,770	28,4	950	417	19,0	19,5	0,0395
11	1,482	28,4	950	410	26,9	27,6	0,0537
12	2,518	28,5	949	410	35,9	36,8	0,0684

Zahlentafel 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Nr.	V m <sup>3</sup> /h	t °C	δ° kg/m <sup>3</sup>	v · 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s	h mm	n <sub>R</sub> · 10 <sup>10</sup> k <sup>-2</sup>	v/h <sup>2</sup> m <sup>3</sup> /h/mm
1	0,571	17,3	866	23,8	5,9	6,3	0,0906
2	1,011	18,0	865	22,9	8,9	9,6	0,1054
3	1,466	18,1	865	22,9	10,9	11,7	0,1233
4	2,248	18,3	865	22,9	15,4	16,6	0,1355
5	2,800	18,4	865	22,9	21,2	22,8	0,1228
6	3,968	18,4	865	22,9	27,1	29,2	0,1360
7	3,192	18,3	865	22,9	27,1	29,2	0,1093
8	1,840	18,1	865	22,9	23,9	25,7	0,0716
9	1,170	18,3	865	22,9	14,2	15,3	0,0764
10	0,886	18,4	865	22,9	11,9	12,8	0,0692
11	0,602	19,0	864	21,6	9,3	10,0	0,0602
12	0,219	19,3	864	21,4	4,0	4,3	0,0509

Zählentafel 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nr.	V	t	ρ <sub>0</sub>	V · 10 <sup>6</sup>	h	h <sub>R</sub>	V/h <sub>R</sub> · 10 <sup>3</sup>	I <sub>h</sub> · 10 <sup>3</sup>	I <sub>h</sub> · 10 <sup>3</sup>
	m <sup>3</sup> /h	°C	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /s	mm	mm	m <sup>3</sup> /h/mm		%
1	0,511	19,6	864	21,4	5,9	6,4	0,0798	-0,0017	-34,3
2	0,992	19,6	864	21,4	8,4	9,0	0,1103	-0,0012	-9,2
3	1,508	19,7	864	21,4	11,7	12,6	0,1196	-0,0019	-1,6
4	2,184	19,8	864	21,4	15,9	17,1	0,1276	+0,0061	+5,0
5	2,859	19,8	864	21,4	20,4	22,0	0,1300	+0,0083	+7,0
6	3,688	20,1	863	20,8	28,7	30,9	0,1194	-0,0021	-1,7
7	2,888	20,4	863	20,7	20,7	22,3	0,1296	+0,0081	+6,7
8	2,242	20,6	863	20,7	16,5	17,8	0,1260	+0,0043	+3,7
9	1,624	20,6	863	20,7	11,9	12,8	0,1270	+0,0093	+4,5
10	0,981	21,3	862	20	8,7	9,4	0,1044	-0,0171	-34,1
11	0,537	22,4	861	19,4	5,9	6,4	0,0899	-0,0976	-30,9
12	0,220	22,5	861	19,1	3,0	3,2	0,0697	-0,0998	-43,4

Mittelwert aus  
Nr. 2.....10  
(Spektr. 8)

X<sub>m</sub> = 0,1215

BAG  
8886

Tarc +  
HANNOV

Nr.	Anzeige V'	Schreibh.h'	V'/h'-x'	Abweichung vom Mittel	
	m <sup>3</sup> /h	mm	m <sup>3</sup> /h/mm	x'-x' <sub>m</sub>	%
1	5,15	41,9	0,1230	+0,0057	+4,82
2	5,19	41,9	0,1239	+0,0056	+4,73
3	3,51	29,1	0,1207	+0,0024	+2,03
4	1,29	12,0	0,1074	-0,0109	-9,22
5	1,975	16,6	0,1190	+0,0007	+0,59
6	2,438	20,5	0,1189	+0,0006	+0,51
7	1,038	8,9	0,1167	-0,0016	-1,35
8	1,169	10,9	0,1073	-0,0110	-9,30
9	1,829	15,4	0,1187	+0,0004	+0,34
10	2,482	21,2	0,1172	-0,0011	-0,93
11	3,181	27,1	0,1175	-0,0008	-0,68
12	3,240	27,1	0,1196	+0,0013	+1,10
13	2,958	23,9	0,1238	+0,0055	+4,65
14	1,721	14,2	0,1212	+0,0029	+2,45
15	1,341	11,9	0,1127	-0,0056	-4,73
16	0,929	9,3	0,0999 <sup>+</sup>	-0,0184	-15,56
17	0,360	4,0	0,0910 <sup>+</sup>	-0,0273	-23,10
18	0,514	5,6	0,0918 <sup>+</sup>	-0,0265	-22,40
19	1,390	11,9	0,1168	-0,0015	-1,27
20	1,701	17,05	0,0997 <sup>+</sup>	-0,0186	-15,72
21	2,601	22,2	0,1172	-0,0011	-0,93
22	3,200	27,3	0,1172	-0,0011	-0,93
23	4,030	33,1	0,1218	+0,0035	+2,96
24	4,675	38,7	0,1209	+0,0026	+2,20
25	5,39	44,25	0,1220	+0,0037	+3,13

Mittelwert  $x'_m = 0,1183$

+Zur Mittelwertbildung nicht verwendet.

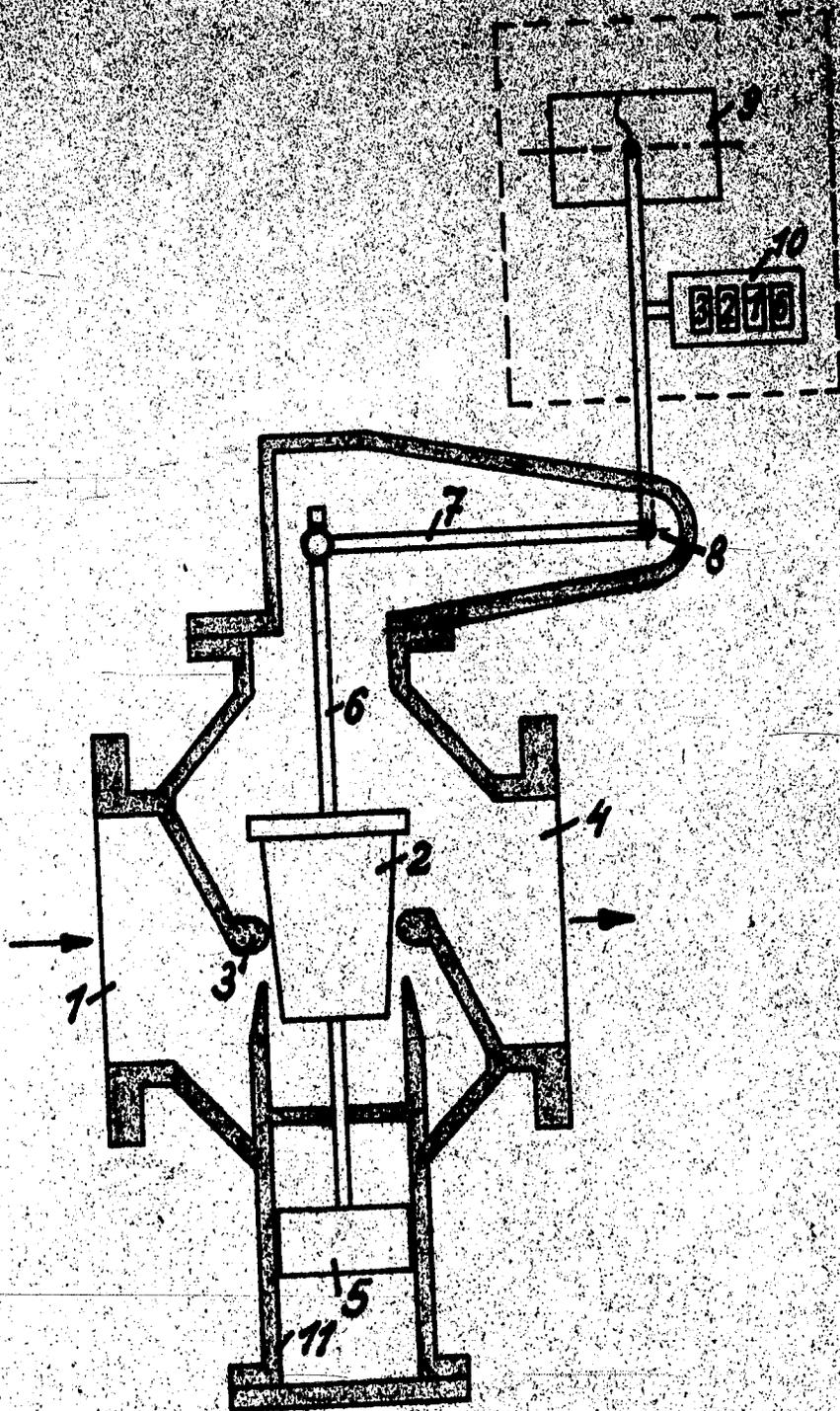
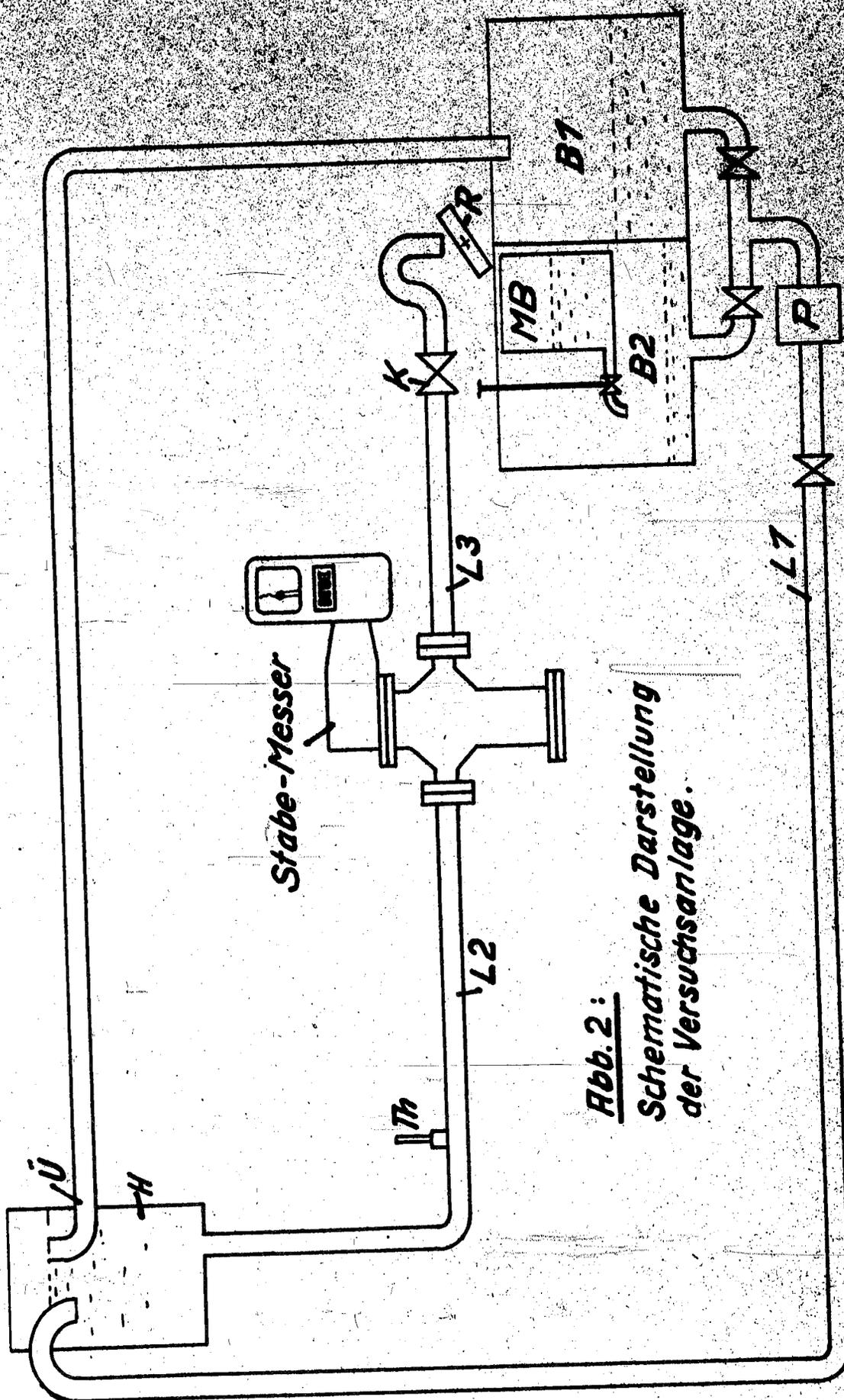


Abb. 1:  
*Stabe-Messer in schematischer  
Darstellung.*



**Abb. 2:**  
 Schematische Darstellung  
 der Versuchsanlage.

mittlere Gerade für die  
Linienzüge 5 und 6.

Abb. 3:  
PR = f(V) für

Roböl I: Linienzug 1

Roböl II:

2 3 4 5 6

PR  
min

30

20

10

0

Roböl I

Roböl I

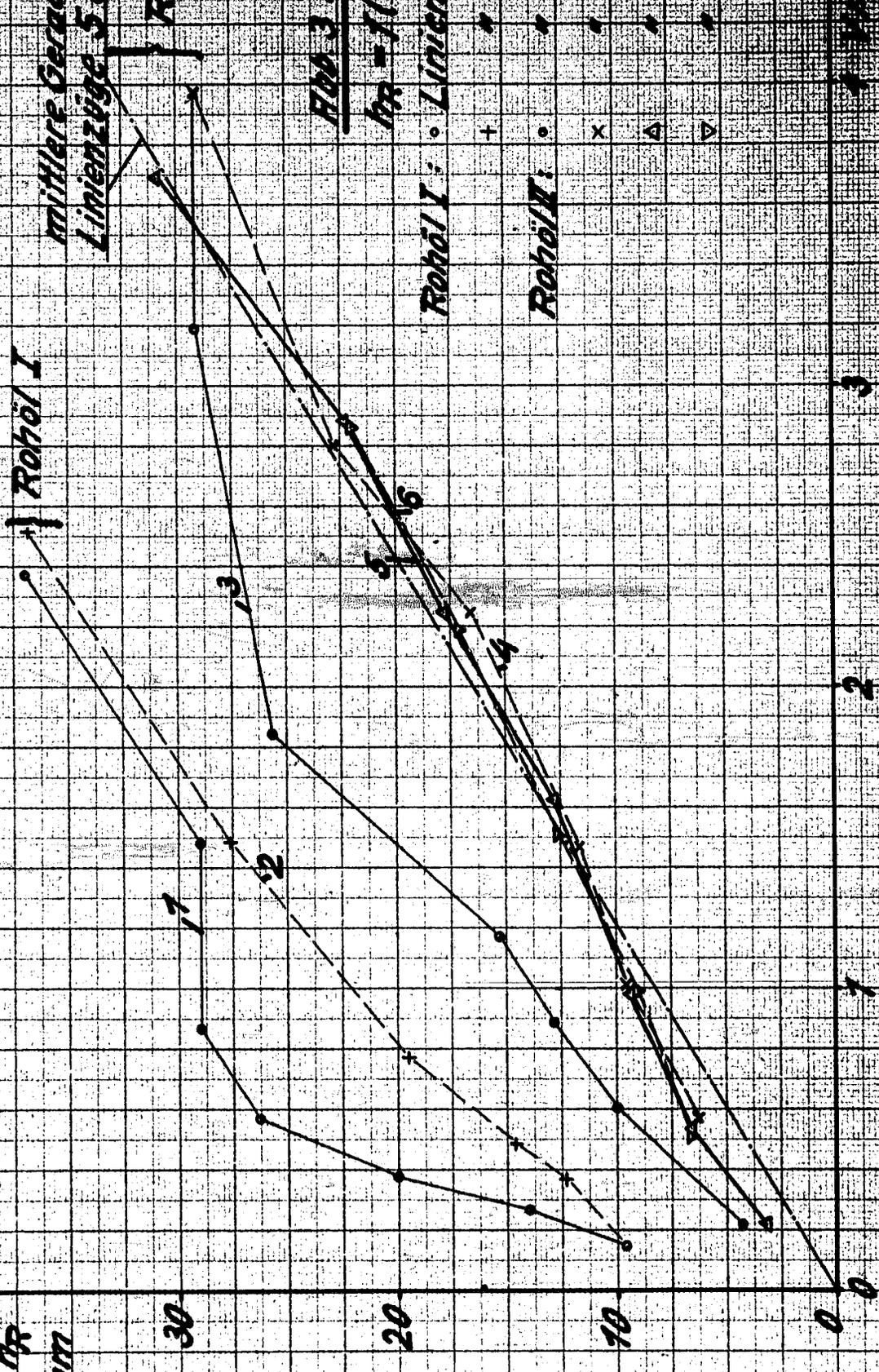


Abb. 47

$n = 100$

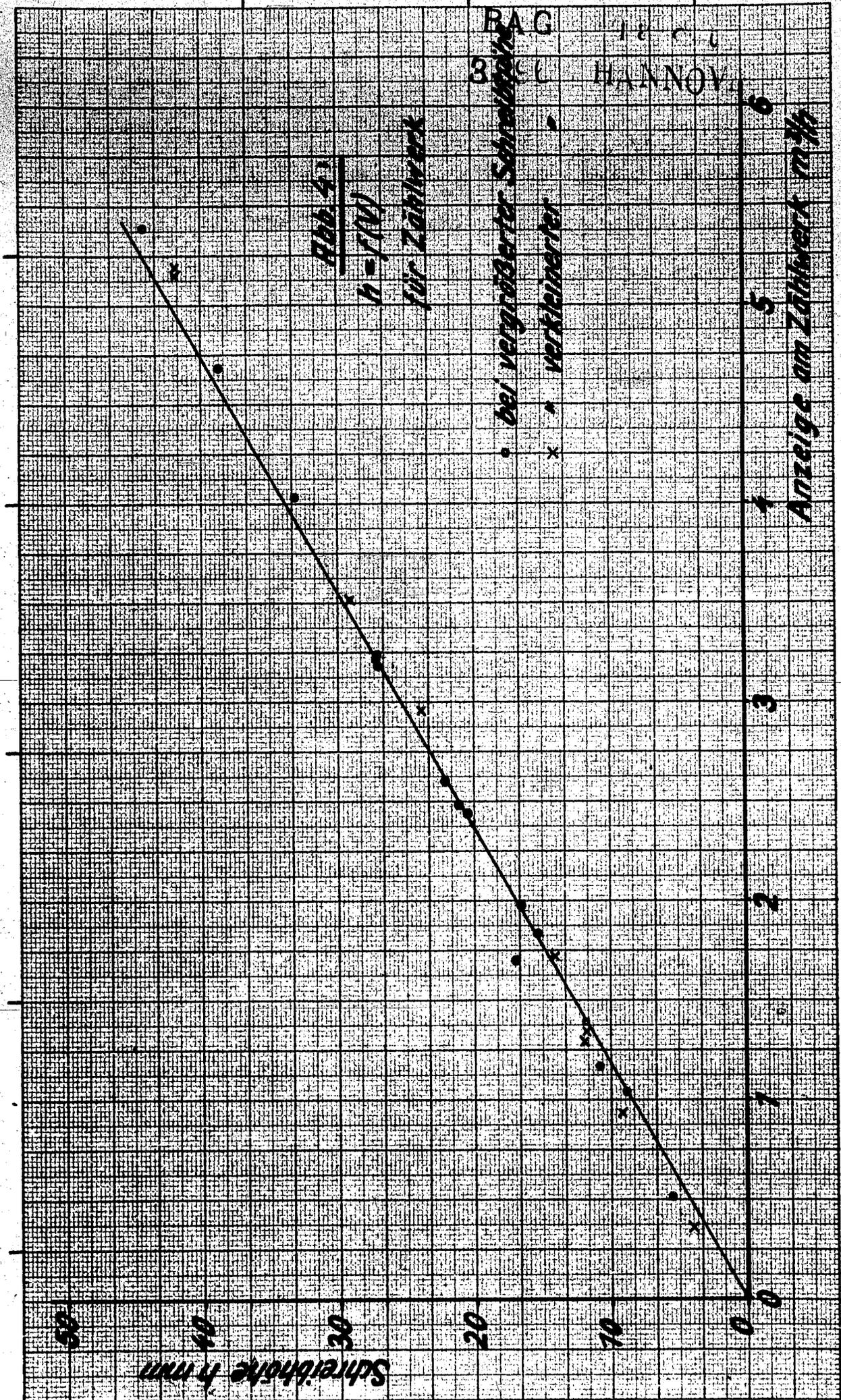
für Zähwerk

• bei vergrößerter Schreibhöhe

x „ verkleinerter

Anzeige am Zähwerk 1000

Schreibhöhe  $h$  mm



19.10.1944

A k t e n n o t i z.

Betr.: Stabe-Messer.

Besprechung mit Herrn L a n g e von der DEA, Verwaltung der Erdölbetriebe, Berlin, am 18.10.1944 in Hannover.

In der kurzen, durch Fliegeralarm beendeten Besprechung bat Herr Lange um einige nähere Auskünfte darüber, worauf das unbefriedigende Arbeiten des untersuchten Stabe-Messers zurückzuführen sei. Ich erklärte, daß, wie im Bericht angegeben, sowohl die mechanische Ausführung des Gerätes fehlerhaft gewesen sei, sodaß großestellungsfehler auftreten, von uns jedoch nicht nachgeprüft wurde, an welcher Stelle innerhalb des Gerätes eine unzulässig große Reibung vorhanden war, andererseits wegen des großen Einflusses der Zähigkeit das untersuchte Gerät nur in beschränktem Umfang brauchbar zu sein scheint. Eine etwas ausgedehntere Unterhaltung ergab sich bei der Besprechung der Strömungsvorgänge im Stabe-Messer einerseits und im Bayer-Siemens-Messer andererseits.

Um zu einem endgültigen Ergebnis zu kommen, bat Herr Lange darum, ein weiteres Gerät zu untersuchen, das mechanisch einwandfrei arbeitet, bei dem durch genaue Bearbeitung und Montage die Reibung auf ein Mindestmaß beschränkt ist. Um innerhalb des Ringspaltes größere Geschwindigkeiten zu haben, soll der Kegel mit einem Zusatzgewicht versehen werden. Dadurch wird der Druckverbrauch des Messers entsprechend größer. Da bei der DEA kein Gerät greifbar ist, wurde vereinbart, daß wir das von uns untersuchte Gerät an Stabe schicken, der es nach Überholung an uns zurückgibt.

*Lange*

Hannover, den 30.1.1945

BAG T a r o t

3896 HANNOVER

## V e r s u c h s b e r i c h t

### Betr.: Stabe - Messer

Auf Wunsch der Deutschen Erdöl A G sowie der Firma Stabe wurde in einer kurzen Versuchereihe nochmals ein Stabe - Mengennmesser für Erdöl untersucht, bei dessen Herstellung und Montage die Erfahrungen verwertet wurden, die in meinem Versuchsbericht vom 18.9.44 mitgeteilt worden sind.

Im Gegensatz zur bisherigen Ausführung war durch konstruktive Umgestaltung besondere Sorgfalt darauf verwendet worden, die inneren Reibungswiderstände des Gerätes auf ein Mindestmass herabzusetzen. Durch Vergrößerung des Bremskolbengewichtes wurde sowohl die innere Verstellarbeit des Gerätes vergrößert, um dadurch eine grössere Sicherheit der Kegeleinrichtung zu erreichen, als auch eine Vergrößerung der Ölgeschwindigkeit im Durchflussspalt erzielt, durch die die Strömungsverhältnisse innerhalb des Gerätes günstig verändert werden.

Durch genaue Überprüfung der Konstruktion des Gerätes wurde erkannt, dass es beim Einbau des Gerätes in die Messleitung äusserst wichtig ist, das Gerät genau senkrecht einzubauen. Um das zu ermöglichen, wurde von mir vorgeschlagen, das Gerät mit einer Dosenlibelle zu versehen. Ausserdem schlug ich vor, das Unterteil des Gerätes so umzugestalten, dass man den Apparat auf ein Fundament aufstellen und ausrichten kann, bevor die Anschlussleitungen angeschraubt werden. Von Herrn Dipl.-Ing. Arndt, DWA-Berlin, wurde angeregt, die beim Ölmesser in Fortfall gekommene untere Führung des Messkegels wieder einzubauen. Um die Reibungswiderstände klein zu halten, wird es zweckmässig sein, die Führung als Rollen auszubilden, die ihrerseits mit relativ dünner Achse leicht drehbar gelagert sind. Es scheint mir jedoch nicht ganz sicher zu sein, ob der Einbau von Führungen zweckmässig ist, wenn die senkrechte Aufstellung des Gerätes gesichert ist. Da die untere Führung sich innerhalb der Bremsflüssigkeit befinden würde, wäre bei Verwendung von Wasser als Bremsflüssigkeit ohne weiteres ein Restansatz zu erwarten, sodass schliesslich eine Vergrößerung der Reibungswiderstände durchaus möglich wäre. M.E. wäre es überhaupt wünschenswert, der Frage der Bremsflüssigkeit gesonderte Aufmerksamkeit zu schenken.

Diese aus naturgemässen schwerer sein als die Messflüssigkeit und darf mit dieser keine chemische Verbindung eingehen. Auch wäre z.B. eine Emulsionsbildung durchaus unerwünscht. Bei der Messung dünnflüssiger Öle wird man wahrscheinlich überhaupt auf eine besondere Bremsflüssigkeit verzichten können, vielmehr den Bremszylinder mit dem Messöl füllen. Bei der Messung dickflüssiger Öle wird dagegen auf die Bremsflüssigkeit nicht verzichtet werden können, da sonst das Messgerät sich zu träge einstellen und Durchflussänderungen nur langsam folgen würde. Gegebenenfalls wäre durch Vergrösserung des Zwischenraumes zwischen Bremszylinder und -kolben die Dämpfung auf das erforderliche Mass zu verringern.

Nach sorgfältigem Einbau des Gerätes in die Messleitungen wurde vor der Inbetriebnahme mittels einer eigens zu dem Zweck von der Firma Stabe angefertigten und zur Verfügung gestellten Balkenwaage die Reibungswiderstände des Gerätes gemessen. Bevor das Anzeige- und -Schreibwerk angebaut war, wurde bei einem Gewicht des Kegels + Bremskolbens von 3445 gr eine Reibungskraft von 25 gr gemessen. Nach Anbau des Schreibgerätes vor Einsetzen des Schreibstiftes ergab sich in der Nähe der Nulllage eine Reibungskraft von 35 gr., beim Endausschlag eine solche von 30 gr. Nach Einsetzen des Schreibstiftes vergrösserte sich die Reibungskraft bei Nullstellung auf 75 g. Wird der Bremszylinder mit Wasser gefüllt, dann verringert sich das Gesamtgewicht wegen des Auftriebes um vielleicht 400g. Somit bedeutet die Reibungskraft von 75g etwa 25% des Gesamtgewichtes. Da die Reibungskraft nach beiden Seiten in gleicher Höhe wirksam wird, besagt dieses Ergebnis, dass der Fehler des Schreibwerkes innerhalb des Bereiches von  $\pm 2,5\%$  liegen wird.

Nach Abschluss der Reibungsmessungen wurde der Bremszylinder mit Wasser gefüllt und mit den Messversuchen begonnen. Die Versuchsanlage entsprach praktisch vollkommen der früher beschriebenen (s. Versuchsbericht vom 18.9.44.) Der Unterschied bestand nur darin, dass der Durchmesser der Anschlussleitungen gleich demjenigen der Anschlussstutzen des Messgerätes gewählt wurden.

Da das zur Verfügung stehende Oberger Rohöl eine Temperatur von  $4,8^{\circ}$  C hatte, der Fröhungspunkt damit um wenigstens  $5^{\circ}$  C unterschritten war, wurden starke Paraffinausscheidungen festgestellt. Es zeigte sich bald, dass das Messgerät unter <sup>den</sup> Umständen versagte. Trotzdem der Mengendurchfluss konstant gehalten wurde, erreichte das Messgerät keine konstante Schreibhöhe. Dabei war diese verhältnismässig sehr gross.

Bei einem Mengendurchfluss von etwa 2,8 m<sup>3</sup>/h wurde eine Schreibhöhe von etwa 40 mm erreicht.

Unter den geschilderten Umständen war eine Prüfung des Gerätes nicht möglich. Mit Hilfe eines fahrbaren Dampfkessels wurde dann die eingebaute Beheizung von Düse und Kegel in Betrieb genommen. Die Schreibhöhe des Gerätes wurde sofort ganz wesentlich kleiner und es hatte den Anschein, als wenn die Kegelbeheizung ausreichend sein würde. Die Auftragung der Messwerte, die in Zahlentafel 1 zusammengestellt sind, zeigte jedoch kein endgültig befriedigendes Bild, siehe Abb. 1. Dabei wurde nicht die tatsächliche, sondern die rechnerische Schreibhöhe  $h_p$  in Abhängigkeit vom Durchfluss  $V \text{ m}^3/\text{h}$  aufgetragen. Die Punkte streuen beträchtlich, auch liegt der eine gemessene Abwärtspunkt nicht in einer Linie mit den Aufwärtspunkten. Um eine einwandfreie Prüfung des Messgerätes durchführen zu können, schien es unumgänglich notwendig zu sein, das gesamte Öl aufzuwärmen, um eine Paraffinabscheidung mit Sicherheit zu vermeiden. Unter Verwendung des schon erwähnten Dampfkessels gelang das einfach und schnell. Die erste Messreihe wurde bei Öltemperaturen zwischen 18 und 14° C durchgeführt. Die Messwerte sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt worden und ebenfalls in Abb. 1 graphisch dargestellt. Das Diagramm lässt erkennen, dass die Unterschiede der Schreibhöhe für Aufwärts- und Abwärtspunkte recht klein sind. Daraus ist zu folgen, dass die Reibungswiderstände tatsächlich wesentlich geringer sind als bei dem früher untersuchten Gerät. Andererseits stellt man fest, dass die Messpunkte nicht auf einer durch den Nullpunkt führenden Geraden liegen. Man kann die Punkte vielmehr wesentlich besser durch die gestrichelt eingezeichnete Kurve I angleichen. Da es leider nicht möglich war, während der Versuchsreihe die Öltemperatur konstant zu halten, kann man nicht entscheiden, worauf die Abweichungen von den Geraden zurückzuführen sind. Einen gewissen Einfluss wird die Zähigkeit haben, da sich diese doch recht merklich mit der Temperatur verändert. Die Wichteänderungen auf Grund der Temperaturschwankungen sind dagegen vollkommen unbedeutend und schon berücksichtigt. Um den Einfluss der Zähigkeit zu überprüfen, wurde das Öl stärker aufgewärmt und eine zweite Messreihe bei Temperaturen zwischen 26 und 21° C durchgeführt. Die Werte sind in Zahlentafel 3 zusammengestellt und ebenfalls in Abb. 1 eingetragen worden. Man erkennt, dass die Kreuze tiefer liegen als die Kreise, aber immer noch von der Geraden abweichen. Die strichpunktierte eingezeichnete Kurve II entspricht wesentlich besser den Punkten.

Der Vergleich der beiden Kurven ergibt aber, dass die Zähigkeit der Messflüssigkeit einen recht bedeutenden Einfluss auf die Schreibhöhe hat, denn beide Kurven wurden mit demselben Öl erhalten, wobei die Temperaturen sich um etwa  $8^{\circ}\text{C}$  unterschieden, während die Zähigkeit bei I rd  $20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  und bei II rd  $15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  betrug.

Zwischen Zählwerksanzeige und Schreibhöhe besteht eine lineare Beziehung, wie früher festgestellt wurde. Da zwischen Schreibhöhe und tatsächlichem Mengendurchfluss dagegen ein nicht lineares Verhältnis besteht, wobei dieses noch stark von der Zähigkeit abhängt, wird die Zählwerksangabe stets mit einem beträchtlichen Fehler behaftet sein, auch wenn man einen mittleren Umrechnungsfaktor einsetzt. Für das untersuchte Öl, wobei keinesfalls die möglichen Extremwerte der Zähigkeit berücksichtigt wurden, ergibt sich aus den Zahlentafeln sowie der Abb. 1, dass bei kleinem Durchfluss die Fehlanzeigen leicht 10% und mehr erreichen (auf den Sollwert bezogen) wenn der Umrechnungsfaktor so gewählt wird, dass die kleinsten Fehler bei grossem Durchfluss auftreten und dort immerhin auch noch mindestens  $\pm 2\%$  betragen.

Eine vollständige und erschöpfende Übersicht über die möglichen Fehler und das ganze Verhalten des Stabe - Messers würde man erst dann erhalten, wenn man die Strömungsverhältnisse im Messer näher betrachten würde. Es wurden eingehende Überlegungen und Berechnungen in der Richtung angestellt, doch ergab sich schliesslich, dass die vorhandenen Unterlagen nicht ausreichend sind, um wirklich definitive Aussagen zu machen.

Die Arbeiten wurden damit beendet.

Schmid

Zahlentafel 1.

Stabe - Messer, Mengemessung bei Kegelbeheizung.

Nr.	V	t	$f \cdot s$	$v \cdot 10^6$	h	$h_R = h \sqrt{\frac{1000}{f \cdot s}}$	$V/h_R$
	$m^3/h$	sec	$kg/m^2$	$m^2/s$	mm	mm	$m^3/m^2$
1	0,496	8,8	886	26,5	7,9	8,38	0,0593
2	1,150	7,4	888	27,4	16,0	17,84	0,0643
3	1,948	7,1	888	27,6	25,8	27,40	0,0712
4	3,040	7,1	888	27,6	36,0	38,20	0,0796
5	4,110	6,9	888	27,8	48,4	51,40	0,0800
6	1,381	7,6	888	27,2	20,0	21,25	0,0650

Zahlentafel 2.

Stab - Messer, Messung mit aufgewärmtem Öl.

Nr.	V	t	$\rho$	$v \cdot 10^6$	h	$h_R$	$v/h_R$
	$\frac{m^3}{h}$	$^{\circ}C$	$\frac{kg}{m^3}$	$\frac{m^2}{s}$	mm	mm	$\frac{m^3}{h}$
1	0,3648	16,0	879	21,6	6,7	7,15	0,0511
2	1,992	17,5	877	20,6	14,4	15,38	0,0710
3	1,738	17,7	877	20,5	22,9	24,46	0,0710
4	2,535	18,0	877	20,3	31,5	33,6	0,0755
5	3,420	18,0	877	20,3	40,9	43,7	0,0783
6	4,170	18,0	877	20,3	48,4	51,6	0,0808
7	3,980	18,0	877	20,3	47,4	50,6	0,0786
8	3,330	18,0	877	20,3	40,3	43,1	0,0773
9	2,490	17,5	877	20,6	31,4	33,5	0,0743
10	1,738	17,0	878	21,0	22,9	24,48	0,0709
11	0,968	16,5	878	21,3	15,4	14,32	0,0675
12	0,632	14,0	881	23,0	6,7	7,15	0,0604

Zehrentafel 3.

Stabe - Messer, Messung mit aufgewärmtem Öl.

Nr.	V	t	$\rho$	$V \cdot 10^6$	h	$h_R$	$V/h_R$
	$m^3/h$	$^{\circ}C$	$kg/m^3$	$m^2/s$	mm	mm	$\frac{m^3}{h \cdot mm}$
1	1,122	26,0	868	15,0	1370	13,96	0,0803
2	1,600	26,0	868	15,0	19,1	20,5	0,0780
3	2,121	26,0	868	15,0	24,9	26,7	0,0794
4	2,643	26,0	868	15,0	30,8	33,1	0,0798
5	3,295	25,0	869	15,6	37,6	40,4	0,0817
6	3,930	25,0	869	15,6	45,4	48,7	0,0820
7	3,800	24,0	870	16,3	43,9	47,1	0,0807
8	3,040	23,0	871	17,0	36,4	39,0	0,0779
9	2,465	22,0	872	17,6	29,8	31,9	0,0773
10	1,984	22,0	872	17,6	23,6	25,3	0,0784
11	1,436	22,0	872	17,6	18,0	19,3	0,0743
12	0,957	21,0	874	18,3	12,0	12,65	0,0744

Zahlentafel 7 (Kegelbeziehung)

- aufwärts abwärts

2 3

100  
 mm

50

40

30

20

10

0

1000

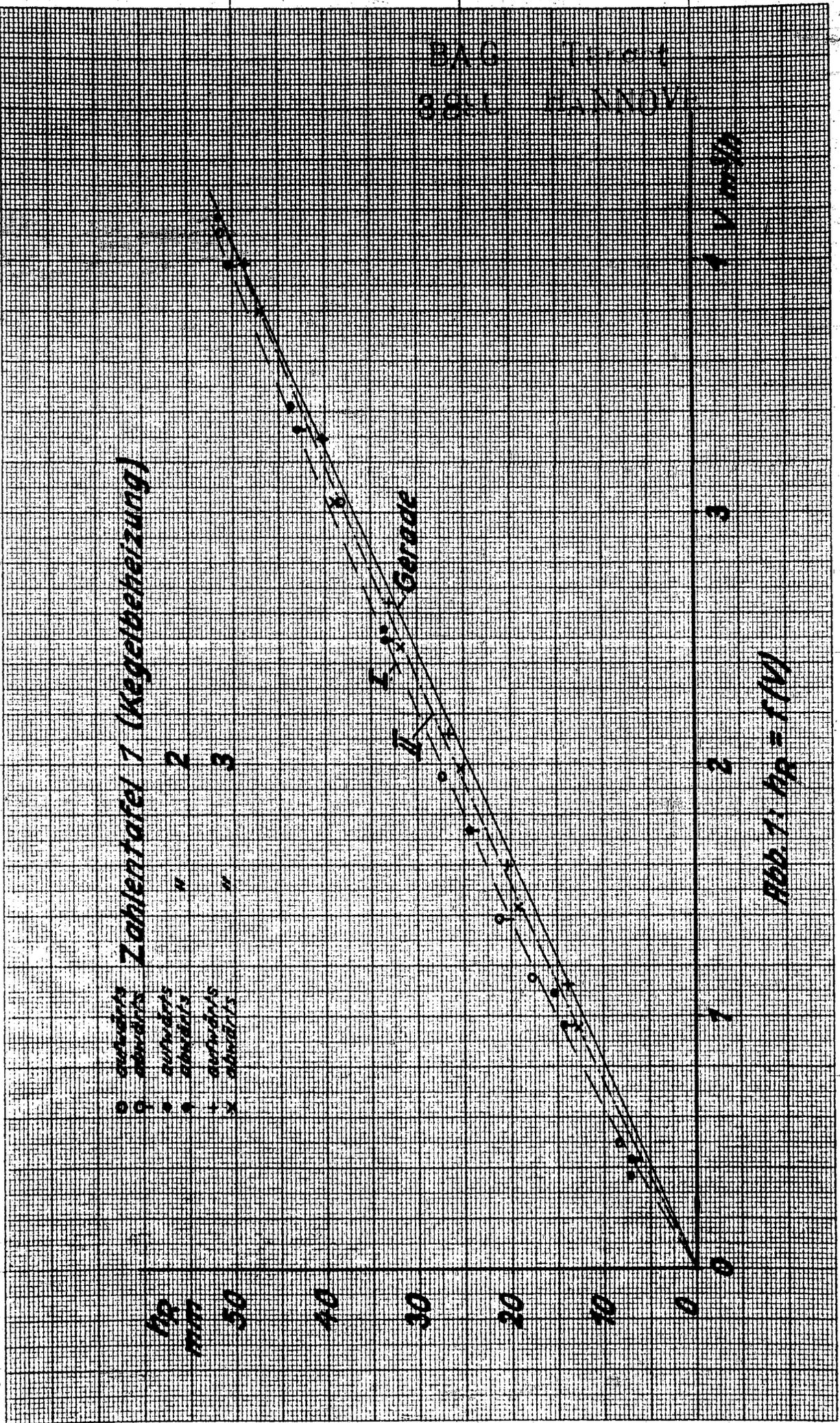
3

2

1

I  
 II  
 Gerade

Abb. 7:  $PA = f(V)$



Strömungsgetriebe für Erdölbohranlagen.

Die Betriebsbedingungen für die Maschinenanlagen der nach dem Drehbohrverfahren arbeitenden Bohr- und Hebewerke sind gekennzeichnet durch starke Änderung des Bohrwiderstandes, dadurch ausgelöste Stoßbeanspruchungen und Drehschwingungen der beteiligten schweren Massen bei wechselnden Frequenzen. Ferner sind beim Heben nennenswerte Teufen mit hohen Geschwindigkeiten zu durchfahren und trotz der großen bewegten Massen kürzeste Anfahr- und Bremswege zu halten. Obendrein ist die Maschinenanlage ständig der Verschmutzung, die die Tiefbohrarbeit mit sich bringt, ausgesetzt. Dem stehen die Anforderungen nach höchster Betriebssicherheit, Dauer-Vollastleistung und feinfühligem Steuerbarkeit über den gesamten Drehzahlbereich gegenüber. Dieser maschinentechnisch schwierigen Aufgabe entspricht auch die im letzten Jahrzehnt zu ihrer Lösung aufgewendete Entwicklungsarbeit, die in vieler Hinsicht eine Parallele zu ähnlichen Problemen des Fahrzeugantriebes darstellt und dort bereits vorliegende Erfahrungen nutzen konnte. Als Energiequellen kommen ebenfalls Dampf, Brennkraftmaschine und -- in ausgebauten Ölfeldern -- Drehstrom in Frage. Die erstrebte Dauer-Vollastleistung verlangt bei den wechselnden Drehmomenten eine nach der Hyperbel verlaufende möglichst stufenlose Drehzahlregelung. Während Dampf- und Elektroantrieb dieser Forderung angepaßt werden können, trifft dies für die Brennkraftmaschine nicht ohne weiteres zu. Andererseits bietet sie aber durch geringes Eigengewicht niedere Betriebsmittelgewichte und völlige Freizügigkeit gerade für den Bohrbetrieb außerordentliche Vorteile. So muß also bei ihrer Verwendung die hyperbolische Zuordnung von Drehzahl und Drehmoment in einem besonderen Übertragungsglied zwischen Diesel- und Arbeitsmaschine erfolgen, das zusätzlich auch den Schutz der Kraftmaschine vor Schlägen und Stößen sicherstellt. Von den drei möglichen Grundformen dieser Leistungsübertragung -- mechanisch, elektrisch, hydraulisch -- soll hier die letzte und jüngste betrachtet und gegen die beiden anderen abgewogen werden.

Die m e c h a n i s c h e Übertragung verlangt ein Zahnrad-Schaltgetriebe mit mindestens vier Geschwindigkeitsstufen, wobei innerhalb einer Stufe der Drehzahlbereich durch zusätz-

liche Steuerung der Motordrehzahl überbrückt werden muß. Das bedeutet jedoch bereits einen teilweisen Verzicht auf die Dauer-Vollastleistung, und zwar umso mehr, je geringer die Zahl der Schaltstufen ist, da die Vollastleistung der Brennkraftmaschine mit ihrer Drehzahl nahezu proportional fällt. Eine hiernach wünschenswerte Vermehrung der Schaltstufen vermehrt aber auch die erforderlich werdenden Steuereingriffe und findet somit rasch ihre betrieblich tragbare Grenze. Hinzukommt, daß hier die Zuordnung von Drehmoment und Drehzahl dem Gefühl des Bohrmeisters überlassen ist, wobei er das zeitlich wechselnde Drehmoment vorwiegend abschätzen muß. Dabei wären diese laufenden Steuereingriffe allein zur Erzielung der Zugmomenthyperbel nötig, weiterhin sind aber die bei den Bohrarbeiten an sich schon erforderlichen Steuervorgänge vom Bohrmeister durchzuführen, die selbstverständlich betrieblich den Vorrang erheischen, wobei auch das Abwürgen des Motors sorgsam vermieden werden muß. Praktisch wird man also nur auf eine sehr grobe Annäherung an die ideale Zugmomenthyperbel und damit an die Dauer-Vollastleistung rechnen dürfen. Der weiterhin erforderliche Schutz der Antriebsmaschine vor den vom Bohrgestänge kommenden Stößen wird z.T. von den schweren Massen der Getriebezahnräder, vor allem aber von mechanischen Schwingungsdämpfern und besonderen Schutzkupplungen übernommen, die letzteren indes aber die Maschinenanlage auch um störanfällige Glieder erweitern. Gleiches gilt für die mechanischen Bremsen beim Senken und Abfangen der im Bohrloch niederzubringenden schweren Massen, die daher auch bei rein mechanischer Übertragung schon länger gern mit zusätzlicher Wasserbremse, also nach einem hydraulischen Prinzip, ausgestattet wurden.

Entnehmen die bekannten elektrischen Bohrhebwerke ihre Energie nicht aus Überlandleitung und Transformator, sondern unmittelbar aus einem Diesel-Generator-Satz, dann liegt die im (Schienen-) Fahrzeug- und Schiffsantrieb vielfach, im Bohrbetrieb seltener, angewandte elektrische Leistungsübertragung vor. Ihr wesentliches Charakteristikum ist die dreimalige Installation der Gesamtleistung (Diesel / Generator / Elektromotoren). Damit wird dieser Antrieb teuer und schwer, zumal der große Drehzahlbereich stufenlos regelbare Kollektormotoren und mindestens vierfach polumschaltbare Kurz-

schlussmotoren mit zugehöriger Schaltanlage erfordert. Dafür wird gute Regulierfähigkeit erreicht, die auch leichtes Anfahren ermöglicht und das Abwürgen des Verbrennungsmotors umgeht. Die hyperbolische Zuordnung von Drehzahl und Drehmoment bleibt aber auch hier dem Gefühl des Bohrmeisters weitgehend überlassen, da er die Steuereingriffe jeweils von Hand durchführen muß. Damit gilt in dieser Hinsicht das Gleiche, wie für die mechanische Leistungsübertragung: Die Forderung nach der Dauer-Vollastleistung ist auch hier nur näherungsweise erfüllbar und durchaus vom Können des Bohrmeisters abhängig. Der Schutz der Brennkraftmaschine vor Stößen ist jedoch ein vollkommener, während die Senk- und Abfangbremsung auch hier gern mit zusätzlicher Wasserbremse ausgestattet wird.

Den so charakterisierten Haupteigenschaften der mechanischen bzw. elektrischen Übertragung steht nun das Betriebsverhalten der hydraulischen Leistungsübertragung mittels Strömungsgetriebe gegenüber. Nach dem Pöttingerschen Grundgedanken ist das Strömungsgetriebe nicht einfach die Vereinigung von Kreiselpumpe und Turbine auf gemeinsamer Welle, sondern vielmehr eine Einheit, bei der sowohl Pumpen- wie Turbinenteil gerade in der Zone höchster Strömungsgeschwindigkeiten Leitapparate mit Geschwindigkeit-Druck-Umsetzungen (als Hauptquelle der hydraulischen Verluste) entbehren. Die zur Drehmomentwandlung erforderlichen feststehenden Schaufeln können vielmehr in Zonen verringerter Geschwindigkeiten ohne Druckumsetzung angeordnet werden. Dadurch ist auch der organisch geschlossene Kreislauf bedingt, der das Strömungsgetriebe zu einem nur wenig Raum beanspruchenden Übertragungsglied formt, dessen Leistung nach dem Newton'schen Ähnlichkeitssatz mit der 5. Potenz des Durchmessers und der 3. Potenz der Antriebsdrehzahl wächst. Daher baut das Strömungsgetriebe umso kompakter, je höher die zu übertragende Leistung wird, denn weder ein anderes Glied der Gesamtanlage noch irgend ein anderes Übertragungsglied gestattet bei Leistungshinaufsetzung eine solch geringe Vergrößerung der Abmessungen.

Hinsichtlich der dem Strömungsgetriebe eigentümlichen selbsttätigen Zuordnung von Drehzahl und Drehmoment der Abtriebsseite (bei konstanten Antriebsverhältnissen) darf an folgendes erinnert werden: Die Leistungsaufnahme des Primärrades wird bei fester Antriebsdrehzahl meist nur wenig von der Abtriebsseite beeinflusst, so daß die Vollastleistung der Kraft-

maschine auch dauernd abgenommen werden kann. Die Sekundärseite zeigt dagegen eine Turbinencharakteristik mit dem automatischen Rückgang (Anstieg) der Drehzahl bei steigendem (sinkendem) Lastdrehmoment ohne ~~Manuelle~~ Steuer-eingriffe. Hierbei ist die Zuordnung von Moment und Drehzahl zwar keine echte Hyperbel, kann ihr aber im Hauptbetriebsbereich angeglichen werden und ermöglicht ein Festbremsmoment bis zum 6-fachen Antriebsmoment. Wegen des beiderseits der Normaldrehzahl flach abfallenden Wirkungsgrades wird die ~~Ges~~ meist nicht in voller Höhe, sondern nur bis etwa zum  $3/2$ -fachen ~~Betriebs~~ bei etwa  $2/5$  Normaldrehzahl ausgenutzt und die niederen Drehzahlen den höheren Lastmomenten durch hinzufügen einer Zahnradschaltstufe zugeordnet. Diese dem Wunsch nach Eingrenzung der hydraulischen Verluste entsprungene Schaltstufe unterbricht zwar die Selbsttätigkeit der Moment-Drehzahl-Zuordnung und verlangt an einer Stelle der Kurve einen Steuer-Eingriff des Bohrmeisters. Wenn auch die völlige Selbsttätigkeit schöner wäre, so ist doch immerhin die Zahl der Schaltstufen auf mindestens  $1/3$  herabgesetzt, vor allem aber innerhalb des Schaltintervalls auch tatsächlich die hyperbelähnliche Zuordnung automatisch verwirklicht. Somit lautet die entscheidende Frage über den Wert des Strömungsgetriebes nunmehr: Werden seine hydraulischen Verluste wieder eingebracht, und zwar

a) wirtschaftlich:

1. Durch bessere Ausnutzung der Kraftmaschine, indem diese im Betriebsbereich des günstigsten Brennstoffverbrauches gehalten werden kann?
2. Durch bessere Bohrfortschritte, indem auf Grund größerer Durchschnittsleistung der Kraftmaschine Zeitdauer und Gesamtkosten für das Niederbringen der Bohrung gekürzt werden?

b) betrieblich:

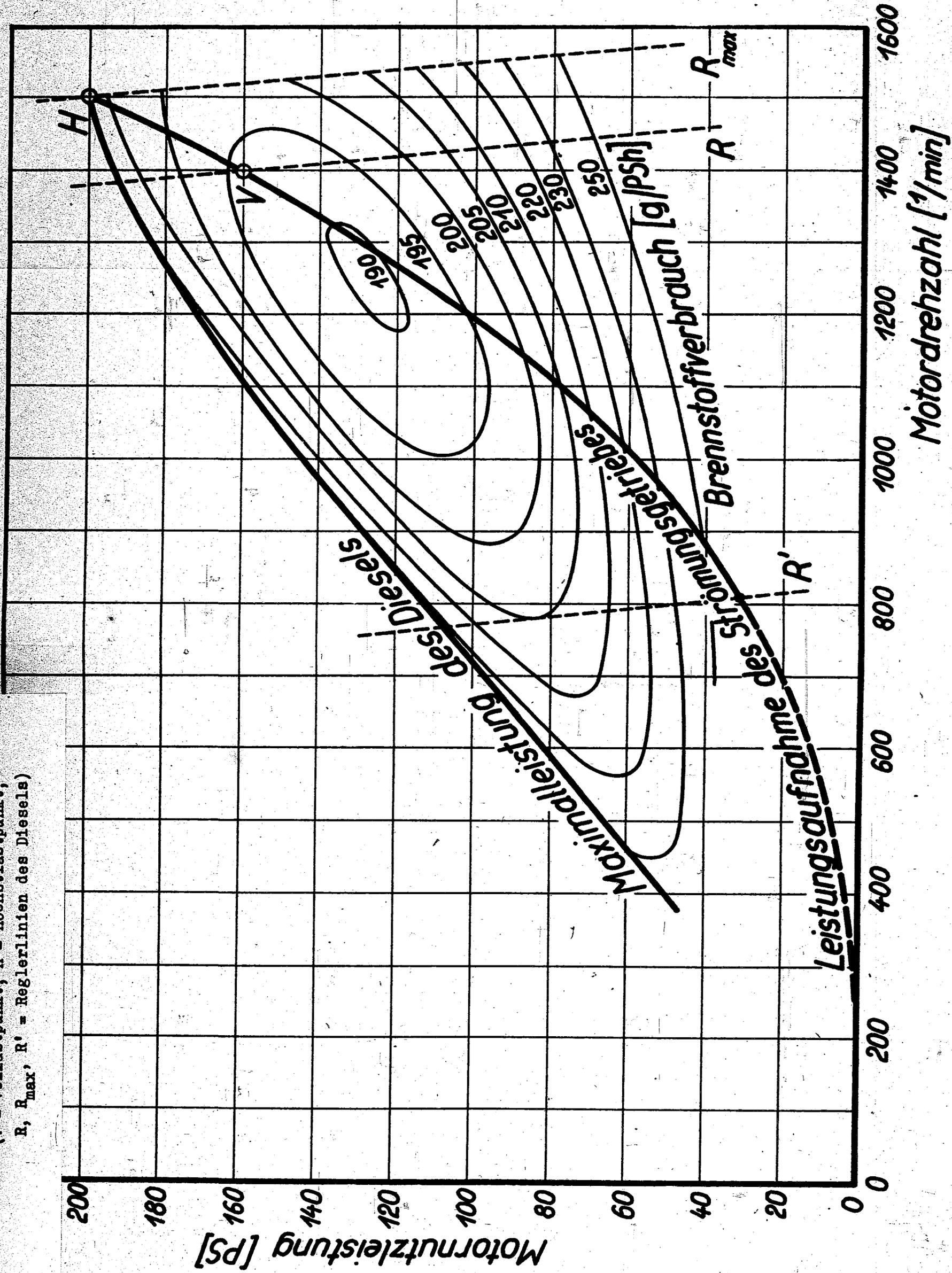
Bietet — unabhängig von der Wirtschaftlichkeit — die Entlastung des Bohrmeisters von gewissen Steuereingriffen, sowie die Erhöhung der Steuerfeinfühligkeit (Elastizität der Anlage) besondere betriebliche Vorteile?

Die Beantwortung der Frage a) 1. setzt die Kenntnis des Betriebsverhaltens der Brennkraftmaschine voraus. Zu diesem Zweck

Leistungslinie eines Strömungsgetriebes im  
Kennlinienfeld eines Dieselmotors.

(V = Vollastpunkt, H = Höchstlastpunkt,

R, R<sub>max</sub>, R' = Reglerlinien des Diesels)



sei hier das Kennlinienfeld eines 8-Zylinder-Diesels mit Druckspritzung und im gesamten Drehzahlbereich im Eingriff bleibenden Regler für die aus Abb.1 ersichtlichen Leistungsgrenzen zugrunde gelegt. Die Steuerung der Maschine erfolgt über eine Drehzahlverstellung am Regler durch äußeren Steuereingriff (im Diagramm Abb.1 dargestellt als seitliche Verschiebung der gestrichelten Reglerlinie), während der Regler wiederum für jede mögliche R-Linie den Betriebspunkt nach der vorliegenden Belastung selbsttätig auf ihr verschiebt unter praktischer Konstanthaltung der Drehzahl (innerhalb der aus der Schräglage der R-Linie erkennbaren Regler-Ungleichförmigkeit). Dabei ist der Brennstoffverbrauch in g/PS<sub>h</sub>, der dem effektiven Wirkungsgrad des Diesels umgekehrt verhältnismäßig ist, von Betriebspunkt zu Betriebspunkt verschieden und durch die eingezeichneten Muschelkurven wiedergegeben. Im praktisch in Frage kommenden Betriebsfeld sind im vorliegenden Fall also Verbrauchszahlen zwischen 190 und 250 g/PS<sub>h</sub> möglich, das bedeutet bei Abweichungen vom Belastungs-Bestpunkt Wirkungsgradeinbußen bis zu 30% in der Kraftmaschine selbst. Da aber bei der mechanischen Leistungsübertragung das Schalten der Gänge ganz dem Gefühl des Bohrmeisters überlassen sind ebenso wie die Drehzahlverstellung des Diesels innerhalb des Schaltintervalls (dessen Drehzahlgrenzen sich meist etwa wie 1:2 verhalten; in Abb.1 entspricht dem das ganze Gebiet zwischen R u. R'), ganz dem Gefühl des Bohrmeisters überlassen sind, kann natürlich weder erwartet werden, daß der mittlere Brennstoffverbrauch in der Nähe des Bestpunktes liegt, noch daß die durchschnittliche Leistungsaufnahme auch nur angenähert der Vollastleistung entspricht. Die Leistungsaufnahme des Strömungsgetriebes ist demgegenüber der 3. Potenz der Drehzahl proportional und somit im wesentlichen durch die in Abb.1 gezeichnete kubische Parabel gegeben. Sie <sup>sieht</sup> ~~übersteigt~~ <sup>nicht</sup> ~~als~~ nicht das gesamte Kennlinienfeld des Motors, <sup>daher</sup> ist der Betriebspunkt allein durch den Schnittpunkt der kubischen Parabel mit der Reglerlinie gegeben und somit der Brennstoffverbrauch nur noch von der Motordrehzahl abhängig. Diese aber kann — wenn nicht gerade besondere Manöver durchgeführt werden müssen — immer konstant gefahren werden, da die Sekundärseite die Zuordnung von Drehzahl und Drehmoment ja selbsttätig vornimmt. Der dabei eingesparte Brennstoff vermag also der Größenordnung nach den im Anwendungsbereich zwischen

20 und 30% liegenden hydraulischen Verlust des Strömungsgetriebes zu einem großen Teil auszugleichen.

Hinsichtlich Frage a) 2. kann etwa zugrunde gelegt werden, daß für ein gegebenes Bohr- und Hebewerk der Bohrfortschritt der mittleren erzeugten Motorleistung direkt proportional ist. Hier fällt nunmehr die allein von der Primär-Drehzahl bedingte, bei konstanter Motordrehzahl praktisch gleichbleibende und nicht mehr vom Gefühl des Bohrmeisters abhängige Leistungsaufnahme des Strömungsgetriebes entscheidend ins Gewicht. Wird der mit V bezeichnete Betriebspunkt in Abb. 1 als Vollastpunkt angesehen, so kann bei hydraulischer Übertragung durch Konstanthaltung der Motordrehzahl ohne weiteres Zutun dauernd diese Vollastleistung abgenommen werden. *ausgewählter Betriebspunkt* muß demgegenüber *der* Betriebspunkt vom Bohrmeister eingesteuert werden, wird er nicht nur zeitweise, sondern im Mittel überhaupt vom Vollastpunkt abweichen. Die prozentuale Abweichung der mittleren Leistung kann dabei sogar in ziemlich weiten Grenzen liegen. Man dürfte eher zu günstig als zu ungünstig schätzen, wenn man sie mit 10 bis 15% annimmt. Da nun in gleichem Ausmaß der Bohrfortschritt in Mitleidenschaft gezogen werden muß und damit auch der "wirtschaftliche Wirkungsgrad", findet der energetisch etwa noch nicht ausgeglichene Teil der hydraulischen Strömungsgetriebe-Verluste *zufällig* ~~hierin~~ *aber* schon einen wirtschaftlichen Vorsprung. Ebenso folgt, daß ein mit Strömungsgetriebe ausgerüstetes Bohr- und Hebewerk mit schwächerem Motor ausgestattet sein kann, um den gleichen Bohrfortschritt zu erzielen wie z.B. ein solches mit mechanischer Leistungsübertragung, was letzten Endes ebenfalls im wirtschaftlichen Wirkungsgrad seinen Niederschlag findet. In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, daß Diesel und Strömungsgetriebe natürlich richtig bemessen und aufeinander abgestimmt sein müssen, um optimale Verhältnisse zu erzielen. Die kubische Parabel der Leistungsaufnahme des Strömungsgetriebes soll einerseits im Kennlinienfeld das Gebiet des kleinsten Brennstoffverbrauches durchziehen und muß andererseits unter allen Umständen durch den Höchstleistungspunkt H laufen (da sonst diese höchste Leistung des Motors niemals abgenommen werden könnte). Die unter a) aufgeworfene Frage nach der Kompensation der hydraulischen Verluste muß also eindeutig mit **ja** beantwortet werden. Das Ergebnis dieser Überlegungen wird durch Vergleichsbohrungen bestätigt,

wobei sogar der Gesamtbrennstoffverbrauch der Strömungsgetriebe-Anlagen sich bei gleichen Bohrfortschritten erheblich unter dem der Vergleichsanlagen ohne Strömungsgetriebe hielt.<sup>1)</sup>

Betriebliche Vorteile gemäß Frage b) sind vor allem darin zu sehen, daß sich infolge der in 3. Potenz von der Drehzahl abhängigen Leistungsaufnahme eine äußerst feinfühlig steuerbarkeit durch einfache Drehzahlverstellung des Diesels ergibt. Die dadurch erreichbare Elastizität der Anlage steht derjenigen des Dampftriebes nicht nur nicht nach, sondern übertrifft sie eher und findet im leichten Anlassen des Diesels ebenso wie in der Beseitigung des Abwürgens bei schwierigen Bohrmanövern, selbst wenn sie bis zum Stillstand des Drehtisches bei laufender Kraftmaschine getrieben werden, ihren stärksten Ausdruck. Dabei schützt die äußerst wirksame Schwingungsdämpfung des Flüssigkeitskreislaufes nicht nur den Motor, sondern ~~ebenso~~ auch das Seil vor Belastungsstößen und erhöht seine Lebensdauer in nennenswertem Maße. Z.B. konnten bei Löffelbaggern Verlängerungen der Seilstandzeiten auf über das Doppelte festgestellt werden. Das wird verständlich, wenn man bedenkt, daß beim Hebewerk mit Strömungsgetriebe ein völlig ruckfreier Übergang aus dem Lastabsturz in das Heben möglich ist.<sup>2)</sup> Die Verwendung des Strömungsgetriebes als verschleißlose Bremse wurde schon erwähnt, hinzuweisen ist aber noch auf die aus der funktionellen Zuordnung von Drehzahl und Drehmoment sich ergebende Möglichkeit einer Beurteilung des Gestängedrehmomentes und damit der Verhütung von Gestängebrüchen. Alle diese betrieblichen Annehmlichkeiten sind wertvoll und stellen zusammen mit der Entlastung des Bohrmeisters von den oben behandelten Steuereingriffen einen Vorzug dar, der dem Verlauf der Bohrarbeit zugute kommt, vielleicht sogar gelegentlich den Verlust einer Bohrung verhüten und letzten Endes die Gesamtkosten ebenfalls nur verbessern kann. So kann auch Frage b) im positiven Sinne beantwortet werden.

*wie im  
Kran  
auf  
Haupttrieb*

1) Besigk, Neuerungen im Bohrerätebau, Bohrtechniker-Zeitung 56.Jg. (1938) S.167/174.

2) Püttinger berichtet, daß in ähnlicher Weise bei Versuchsfahrten des mit Strömungsgetriebe ausgestatteten Schienenzugg ebenfalls ruckfreie Umsteuerung von voller Vorfahrt auf Rückwärtsfahrt möglich war, vergl. Automobiltechn. Zeitschr. 1933, S.276.

*unpubliklika*

Die Beurteilung muß beim Bohrbetrieb also weit über die energiewirtschaftliche Betrachtung hinausgreifen und unterscheidet sich dadurch von der bei Schienenfahrzeugen üblichen. Demgemäß ist auch das Ergebnis ein noch eindeutigeres. Rein energetisch ist dem dieselhydraulischen Antrieb der dieselelektrische gleichwertig, wie im Fahrzeugbetrieb vielfach erwiesen, bezüglich Einfachheit der Bedienung, Gedrängtheit der Anordnung, Gewicht und Preis ist jedoch die hydraulische Leistungsübertragung erheblich im Vorteil. Es kann daher keinem Zweifel unterliegen, daß bei dieselgetriebenen Bohr- und Hebewerken der Strömungsgetriebeantrieb die betrieblich und wirtschaftlich günstigste aller z. Zt. bekannten Anordnungen darstellt.

Das gewonnene Bild wird noch dadurch ergänzt, daß das Strömungsgetriebe auch beim elektrischen Antrieb (Energie aus dem Netz) betriebliche Vereinfachungen ergibt, indem es die Verwendung von Kurzschlußläufermotoren gestattet, die obendrein ohne Rücksicht auf Anzugsmoment nur nach der Dauer-Vollastleistung bemessen werden brauchen. Das bedeutet nicht nur eine Verbilligung der Maschinenanlage, sondern ermöglicht gleichzeitig einen nach Belieben vornehmbaren Austausch von Diesel und Elektromotor an ein und derselben Bohranlage.

Nach dieser Klarstellung der technischen und wirtschaftlichen Überlegenheit des hydraulischen Übertragungsprinzips muß noch auf Bauform und Entwicklung der für den Bohrbetrieb in Frage kommenden Strömungsgetriebe und ihre speziellen Eigenschaften eingegangen werden. Von der Vielzahl der Getriebebauarten, die ihre Entwicklungen jeweils bestimmten Sonderzwecken verdanken, kommen nur wenige für das Bohr- und Hebewerk in Frage. An überragender Stelle steht hier die aus dem rauhen und dauernd unter Vollast fahrenden Betrieb sich ergebende Forderung nach Einfachheit und bester Steuerbarkeit. Damit scheiden von vornherein alle Getriebe mit mehreren abwechselnd zu füllenden Kreisläufen aus; ebenso wie solche mit einem seine Rolle wechselnden Schaufelsystem. Geeignet sind demnach nur Bauarten mit einem einzigen, dauernd gefüllt bleibenden Kreislauf und zusätzlicher Regelbarkeit des hydraulischen Leistungsumsatzes. Die Regelbarkeit ist bei Strömungsmaschinen (bei konstanter Antriebsdrehzahl) nur

durch Schaufelverstellung oder Drosselung möglich und dementsprechend kommen auch hier nur zwei Ausführungsformen in Frage: Das Krupp-Strömungsgetriebe mit drehbaren Schaufeln des Primärrades oder das Voith-Strömungsgetriebe mit Ringschieber. Beide Getriebe gestatten bei unveränderter Antriebsdrehzahl die Leistungsübertragung zusätzlich zu steuern und zusammen mit der durch Änderung der Motordrehzahl üblichen "normalen" Steuerung eine ganz außerordentliche Manövrierfähigkeit zu erreichen. Die Schaufelverstellung verbindet mit der Herabsetzung der Leistungsübertragung eine gleichzeitige Herabsetzung der Leistungsaufnahme ebenso können beide auch (in geringerem Maß) noch gesteigert werden. Beides vermag der Ringschieber natürlich nicht, dagegen kann ihm die größere konstruktive Einfachheit nicht abgesprochen werden. Wenn auch bisher in Deutschland die drehbare Primärschaukel das Feld allein beherrscht, erscheint es doch nicht unmöglich, daß auch der Ringschieber Fuß fassen kann, zumal in kurzen Manövrierzeiten der Wirkungsgrad keine entscheidende Rolle spielt.

Die bisherigen Erfahrungen mit Strömungsgetrieben in Bohr- anlagen stützen sich nach Vorstehendem allein auf das Drehschaukel-Getriebe. Daß bei den ersten Ausführungen — die das Getriebe zunächst so übernahmen, wie es für den Fahrzeugantrieb entwickelt war — Erfahrungen auch hinsichtlich der konstruktiven Ausbildung gesammelt werden mußten, ist selbstverständlich. So waren Anstände in den Dichtungen zu überwinden, die durch Ersatz der Manschetten durch Drosselspalte mit Leckölabführung, sowie durch Verwendung eines für den hydraulischen Prozess wie für die Gleitstellenschmierung gleichermaßen geeigneten Spindelöles gemeistert wurden. Der Dauer-Vollastbetrieb, der beim Fahrzeug auf freier Strecke nicht in gleichem Maße vorliegt, verlangte weiter eine Verstärkung der Konstruktion. Es kann aber festgestellt werden, daß diese Fortentwicklung zu einer Bauweise geführt hat, die in betrieblicher Hinsicht heute völlig befriedigt und deren Betriebssicherheit nichts zu wünschen übrig läßt.

Das charakteristische Verhalten eines Strömungsgetriebes mit drehbaren Pumpenschaufeln gibt Abb. 2 für vier verschiedene Schaufelstellungen wieder.  $N_p$  ist jeweils die aufgenommene primäre,  $N_g$  die abgegebene sekundäre Leistung,  $M_g$  das Sekundärmoment als Funktion des Verhältnisses von sekundärer zu primärer

*Für den zentralen Klüppel.*

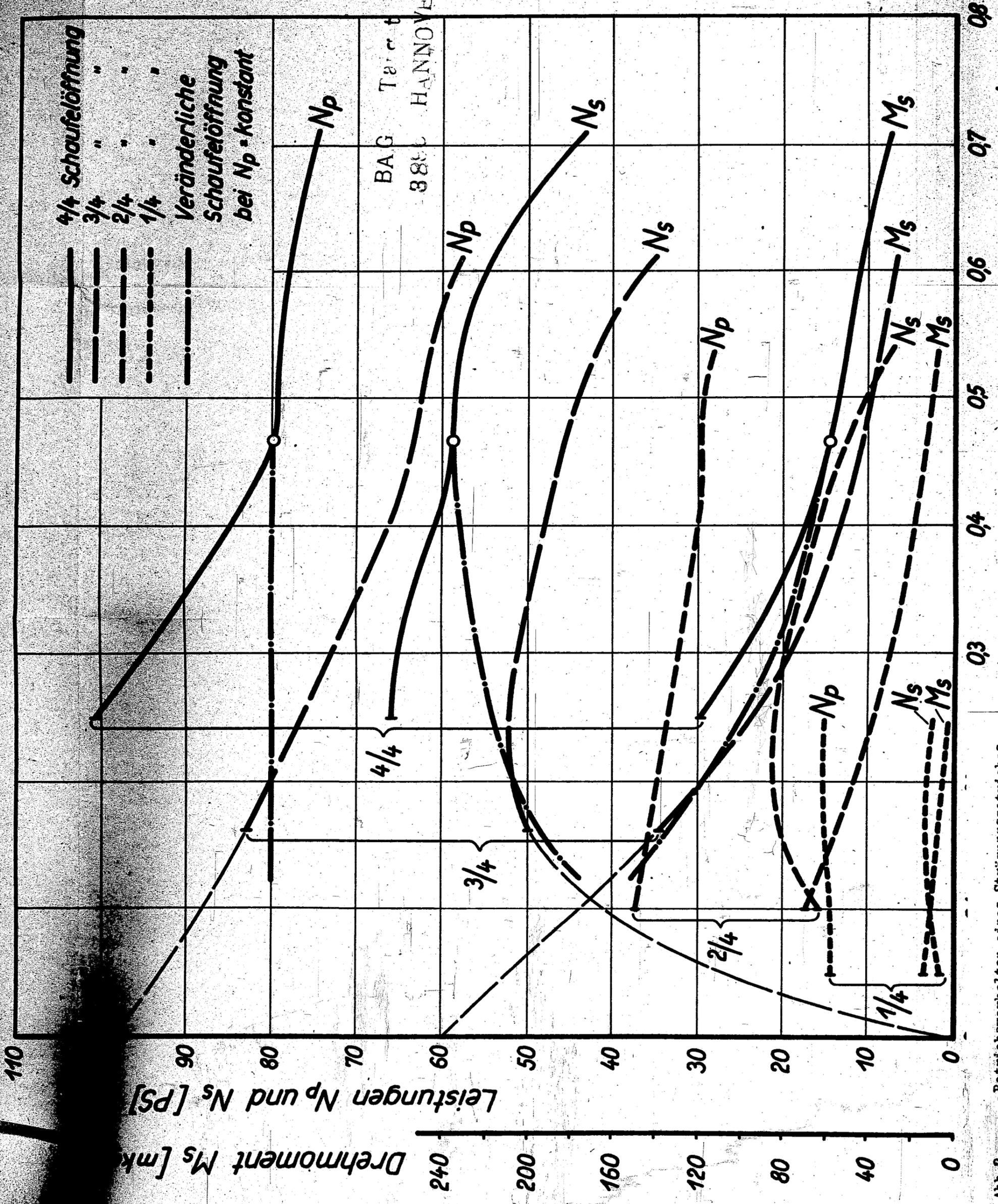


Abb. 2. Betriebsverhalten eines Strömungsgetriebes mit drehbaren Pumpenschaufeln bei konstanter Primärdrehzahl  $n_p = 1565$  U/min.

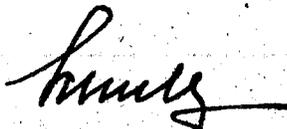
Drehzahl bei konstant gehaltener Motordrehzahl. Das Diagramm zeigt, das allein durch Schaufelverstellung die Sekundärleistung auf etwa  $\frac{2}{3}$  herabgerregelt werden kann, wobei  $\frac{4}{5}$  der Primärleistung eingespart werden. Diese Steuerbarkeit des hydraulischen Leistungsumsatzes ist, wie erwähnt, aber weniger ökonomisch als vielmehr betrieblich zu werten, wenn auch die Leistungserparnis und damit die Entlastung des Ölkühlers durchaus erwünscht sind. Eine Eigentümlichkeit dieses Getriebes ist der Anstieg der Leistungsaufnahme beim Sinken der Sekundärdrehzahl unter  $0,45 n_p$ . Dadurch wird die kubische Parabel in Abb. 1 zu einem im gleichen Sinne verlaufenden Flächenstreifen endlicher, nach rechts oben zunehmender Breite, ohne das sich an den bisherigen Überlegungen grundsätzlich Änderungen ergeben. Es besteht natürlich auch die Möglichkeit, im Bereich  $n_s/n_p < 0,45$  durch Änderung der Schaufelstellung die Anlage mit konstant bleibender Primärleistung zu fahren, wobei sich die strichpunktierten Kurvenstücke ergeben. Praktisch wird, wenn die Motorhöchstleistung in diesem Drehzahlgebiet erreicht wird, der Motor in seiner Drehzahl etwas absinken bis nach dem 3.-Potenzgesetz das Leistungsgleichgewicht hergestellt ist — sofern nicht der Bohrermeister eine Schaufelverstellung schon vorgenommen hat. Vielleicht wird die weitere Entwicklung diesen Anstieg der Primärleistung noch herabsetzen und das Drehschaufel-Strömungsgetriebe, das so viele wertvollste Eigenschaften vereinigt, auch in dieser Hinsicht noch ausgestalten können.

Die bisher im europäischen Raum mit dieselhydraulischen Anlagen gesammelten Erfahrungen wurden an Bohr- und Hebewerken mit Motorleistungen bis 150 PS gewonnen. Sie dürfen unbedenklich auf größere Leistungen übertragen werden, da Fragen grundsätzlich neuer Art nicht auftreten. Überdies sind die Strömungsgetriebe längst für Leistungen bis 1000 PS entwickelt und im Fahrzeugantrieb erprobt, in den USA laufen seit einigen Jahren schon wesentlich stärkere diesel-hydraulische Bohranlagen mit guten Erfolgen. Ähnliche Projekte sind in Deutschland nur infolge des Krieges bisher nicht zur Ausführung gelangt, liegen in der Durcharbeitung aber fertig vor. Diese Entwicklung der Kraftmaschinenanlage bedeutet für das Rotarybohren einen technischen Fortschritt, der vor allem bei Aufschlußbohrungen in schwierigem Gelände Früchte tragen wird und geeignet ist, j e d e n a n d e r e n A n t r i e b z u ü b e r f l ü g e l n.

**Zusammenfassung:** Unter Zugrundelegung der bei Rotary-Bohr- und Hebewerken gegebenen Arbeitsbedingungen und zu fordernden Betriebseigenschaften kann man für den Antrieb durch Brennkraftmaschine die mechanische und elektrische Leistungsübertragung der hydraulischen mittels Strömungsgetriebe gegenüberstellen. Dabei ergeben sich wesentliche Unterschiede vor allem hinsichtlich der Moment-Drehzahl-Zuordnung, ihrer Einsteuerung bzw. selbsttätigen Einstellung, sowie hinsichtlich der Bauerabnahme der Vollastleistung der Kraftmaschine. Der Wirkungsgrad der reinen Leistungsübertragung, der bei hydraulischer und elektrischer Übertragung praktisch gleich groß ist, ist beim Zahnrädergetriebe am höchsten. Jedoch ist nicht der Übertragungs- sondern der Gesamtwirkungsgrad maßgebend unter Einschluß des von der Betriebspunktlage abhängigen Brennstoffverbrauches des Diesels. Ferner spielt beim Bohrbetrieb der effektive Bohrfortschritt eine für die Gesamtkosten der Bohrung entscheidende Rolle. Der Bohrfortschritt hängt aber von der im Mittel an der Kraftmaschine abgenommenen Leistung ab. Unter kritischer Wertung dieser beiden Gesichtspunkte ergibt die hydraulische Leistungsübertragung Vorteile, die z.Zt. von keiner anderen erreicht werden. Außerdem gestattet das Strömungsgetriebe betriebliche Annehmlichkeiten, insbesondere größte Einfachheit der Anlage, leichte Maschinengewichte und eine unübertreffliche Manövrierfähigkeit. Dem Strömungsgetriebe muß daher der Vorrang zugesprochen werden. Anfängliche Betriebsanstände konnten durch konstruktive Maßnahmen restlos behoben werden. Für Bohranlagen kommen vorwiegend zwei Bauarten der Strömungsgetriebe mit einem einzigen, dauernd gefüllten Kreislauf und zusätzlicher Steuerbarkeit durch drehbare Schaufeln oder Drossel-Eingschieber in Frage. Die bisher mit Drehschaufelgetrieben an Bohranlagen mit 150 PS Motorleistung gesammelten Erfahrungen dürfen auch auf Anlagen größerer Leistungen übertragen werden.

Lehrstuhl f. techn. Strömungslehre  
Institut für Strömungsmaschinen  
der Technischen Hochschule Hannover

7. 9. 44.



BA 66  
Targat  
20.5.44  
3896 HANNOVER

Aktennotiz

Betr.: Besprechung über die Zähigkeitsmessungen von Rohöl-  
Erdgasgemischen unter Lagerstättendruck und Temperatur.

Ort und Besprechung: Wienhagen bei Celle

Zeit: 18. Mai 1944

Anwesend:

Dipl.-Ing. Tempel }  
" " Rohde } Gewerkschaft Elwerath

Dipl.-Ing. Friedrich }  
Dr. Schmid } Reichsinstitut für  
Dr. Schneider } Erdölforschung der  
T.M. Hannover.

Herr Tempel beauftragte am 18.4.44 das Reichsinstitut für Erdölforschung Löslichkeitsuntersuchungen und Zähigkeitsmessungen an Rohölerdgasgemischen durchzuführen.

In unserem Schreiben vom 27.4.44 übermittelten wir der Gewerkschaft Elwerath die grundlegenden Skizzen aus denen unsere Vorschläge für die Versuchsdurchführung zu ersehen sind.

Bei der obigen Besprechung teilte uns Herr Tempel mit, daß die Ergebnisse der Untersuchungen für die Frage des Repressurings-Verfahrens im Linger Ölfield unter Verwendung von Erdgas benötigt würden. Dr. Schneider nahm hierzu wie folgt Stellung:

Beim Einpressen eines Erdgases in ein Bohrloch ist nur mit einer langsamen Diffusion des verwendeten Gases in die in Erdöl-Speichergesteinen sich befindenden feinen Kapillaren zu rechnen.

Auf Grund anderer Versuche ist bekannt, daß die Gleichgewichtseinstellung zwischen der Dampf- und Flüssigkeitsphase selbst bei einem Benzin außerordentlich lange Zeit in Anspruch nimmt, wenn für eine mechanische Durchwirbelung nicht Sorge getragen wird. Es ist daher anzunehmen, daß die Wirkung der erhöhten Ausdeute nach dem Einpressen eines Erdgases in erster Linie infolge der entstandenen Druckdifferenz zwischen der Einpresssonde und den Förder sonden bedingt wird. Herr Rohde bestätigte, daß diese Auffassung mit neueren amerikanischen Veröffentlichungen übereinstimmt, die von einer Schubwirkung sprechen.

Berichtersteller wies jedoch darauf hin, daß nach dem Herauspressen des Ölfilmes aus den Poren infolge Adsorption an dem Gestein

... eine saure Schicht befinden wird. Für die Frage des Desorption dieser Schicht dürfte die Art des verwendeten Einpreßgases von Bedeutung sein.

Wir haben also bei dem Repressuring-Verfahren folgende Faktoren, die zur Erhöhung der Gesamtblausbeute dienen, zu unterscheiden:

- 1.) Die Wirkung der Druckdifferenz
- 2.) Die Desorption <sup>durch</sup> des verwendeten Einpreßmittels.

Man könnte in diesem Zusammenhang daran denken, anstelle von Gasen, Wasser mit kapillar-aktiven Stoffen einzupressen, die bekanntlich in mono-oder di-molekularer Schicht schon für die gewünschte Desorption Sorge tragen würden.

Zur Klärung dieses gesamten Fragenkomplexes sind daher die Zähigkeitsmessungen an Erdgas-Rohölgemischen allein nicht geeignet. Diese Untersuchungen sind für starke erdgashaltige Felder in Bezug auf die durchzuführende Gasbewirtschaftung von grundlegender Bedeutung und werden daher auch von uns durchgeführt.

Dagegen ist für den Fall Lingen die in Skizze 3 beschriebene Versuchsanordnung anzuwenden.

In einem Versuchsrohr, das von einem Temperaturbad umgeben ist, befindet sich eine Gesteinsprobe G, die mit Hilfe einer konischen weichen <sup>ölfesten</sup> Gummidichtung in das Innere des Rohres eingeführt wird. Mit Hilfe eines Spannrings und eines Widerlagers wird für die einwandfreie Dichtung gesorgt.

Durch die Gesteinsprobe wird das Versuchsrohr in die Kammern A und B geteilt. Die Verschlussdeckel beider Kammern sind mit Nadeln versehen, in denen sich je ein Nadelventil (V1, V2) und ein Reduzierventil (R1, R2) befindet. Dicht hinter der Gesteinsprobe in der Kammer B befindet sich im unteren Teil ein geeichtes Meßrohr aus Glas (M), das durch ein Schauglas in den Mantel des Temperaturbades zu beobachten ist. Die Zuleitung der zu untersuchenden Gase geschieht über R1-V1 in die Kammer (A). Die Ableitung über V2-R2 in die Gasuhr (G). Vor der Gasuhr befinden sich ein fest eingebauter <sup>draht</sup> Platinelektroden (W). Mit Hilfe einer Meßstrecke wird die Änderung der Wärmeleitfähigkeit gemessen. Die Meßwerte gestatten einen Rückschluß auf die Gaszusammensetzung. Hinter der Uhr befindet sich aus Sicherheitsgründen eine geeichte kalibrierte Rülletalle (K).

### Durchführung der Versuche.

Es findet eine nach genau festgelegten Bedingungen hergestellte Gesteinsprobe Verwendung. (Herr Tempel schlägt vor, keramische Massen bestimmter Korngröße und Zusammensetzung zu beziehen). Diese wird ebenfalls unter einmalig festgelegten Bedingungen mit dem zu untersuchenden Rohöl getränkt.

Nach Einbringen der Gesteinsprobe in die Meßstrecke und Einstellung der gewünschten Badtemperatur wird mit Hilfe von Stickstoff der Druck in den beiden Kammern entsprechend dem Lagerstättendruck eingestellt.

Mit Hilfe des Reduzierventils R 1 läßt man bei geöffnetem Ventil V 1 das zu untersuchende Gas in die Kammer A je nach den gewünschten Versuchsbedingungen unter einem Druck zwischen 101 bis maximal 110 atm. einströmen. Infolge der Druckdifferenz wird das Öl aus der Gesteinsprobe herausgedrückt. Mit Hilfe der Meßburette<sup>(11)</sup>, die wahrscheinlich einen kapillaren Ansatz zur Erhöhung der Meßgenauigkeit haben muß, wird in Abhängigkeit von der Zeit die anfallende Ölmenge gemessen. Das Reduzierventil R 2 sorgt für die Aufrechterhaltung des ursprünglich eingestellten Lagerstättendrucks in der Kammer. B. Die durch die Gesteinsprobe (G) diffundierten Gase gelangen durch das Reduzierventil R 2 über die Meßstrecke (W) in die Gasuhr (G). Auf diese Art und Weise sind Diffusionsgeschwindigkeit und Ölansbeute in Abhängigkeit von der Zeit festzustellen.

Nach Beendigung des Versuches wird die Gesteinsprobe zermahlen und mit verschiedenen Lösungsmitteln extrahiert. (Äther, Tetrachlorkohlenstoff, Chloroform)

Die extrahierte Ölmenge wird bestimmt. Diese stellt ein Maß für die Absorptionskraft des Ölfilmes an die Gesteine dar und gibt Auskunft darüber, wie stark das Lösungsvermögen bzw. die Desorptionsfähigkeit des verwendeten Gases oder der Flüssigkeit ist.

Kritik: Die beschriebene Untersuchungsmethode kann nur einen qualitativen Anhalt für die zu lösenden Probleme geben.

Gesteinsproben aus dem Erdölspeichergesteinen können aus folgenden Gründen nicht verwendet werden.

- 1.) Inhomogenität der Probe,
- 2.) Infolge der Druck- und Temperaturdifferenzen zwischen der

der Lagerstätte und der Erdoberfläche tritt beim Ziehen der Probe eine Druckentspannung und damit eine Verdampfung der leicht siedenden Bestandteile ein.

7.) Das Erdöl-Speichergestein ist in der Lagerstätte sofern sich freie Poren in dem Gestein befinden, nur mit Kohlenwasserstoffdämpfen im Kontakt. Beim Ziehen der Probe kommt das Gestein mit Luft in Berührung, die Oberflächenkräfte werden hierdurch grundlegend verändert.

Aus diesen Gründen erscheint es vorteilhaft, eine genau definierte Gesteinsprobe mit den zu untersuchenden Rohölen vor Beginn der Versuche zu tränken und mit dieser Probe die Untersuchungen durchzuführen. Finden bei den Untersuchungen nicht Flüssigkeiten sondern Gase Verwendung, so besteht ein weiterer Nachteil der Anordnung darin, daß das Stickstoffpolster der Kammer A ebenfalls durch die Gesteinsprobe diffundieren muß und zu Beginn des Versuches hierdurch eine Verfälschung der Resultate nicht zu vermeiden ist.

B e r i c h t

BAG 72 - t  
3896 HANNOVER

Über den Stand der Arbeiten an der Entwicklung  
einer Bohrturbine.

Die Einzelteil-Konstruktionen der Versuchsmaschine zur Erprobung der Schaufelungen sind abgeschlossen und die Herstellung der Modelle in Angriff genommen. Dabei erfordern die Modelle für Lauf- und Leiträder, die mit räumlich verwundenen Schaufeln ausgestattet werden, ein besonderes Herstellverfahren, das in mehrfachen Besprechungen mit verschiedenen Sachverständigen zu einer technisch brauchbaren Lösung geführt werden konnte.

Nach Abschluß der Konstruktionsarbeiten für die vorerwähnte Versuchsmaschine sind nunmehr auch die Entwurfsarbeiten zur Bohrturbine selbst eingeleitet und insbesondere die Entwicklung eines geeigneten Längslagers in Angriff genommen worden.

Gleichzeitig wird die Meißelfrage mit der Firma Wirth u.Co. weiter behandelt, von der ein erster Entwurf vorliegt, der aber noch weiterer Durcharbeitung bedarf. Dabei wird die Lagerung der Rollen noch gewisse Umgestaltungen verlangen, wofür die hier im Institut vorliegenden Erfahrungen über Unterwasser-Lagerungen nutzbar gemacht werden sollen.

Weiterhin wird die Frage hinsichtlich des Einflusses der Tixotropie der Aufschlagflüssigkeit auf den Turbinenbetrieb behandelt, die für das Anfahren nach Betriebspausen Bedeutung hat.

Die Arbeiten waren vielfach durch Fliegeralarm und gelegentlich durch die Folgen von Luftangriffen gestört, verlaufen aber planmäßig.

Hannover, 20.III.45.



Über den Stand der Arbeiten an der Entwicklung  
einer Bohrturbine.

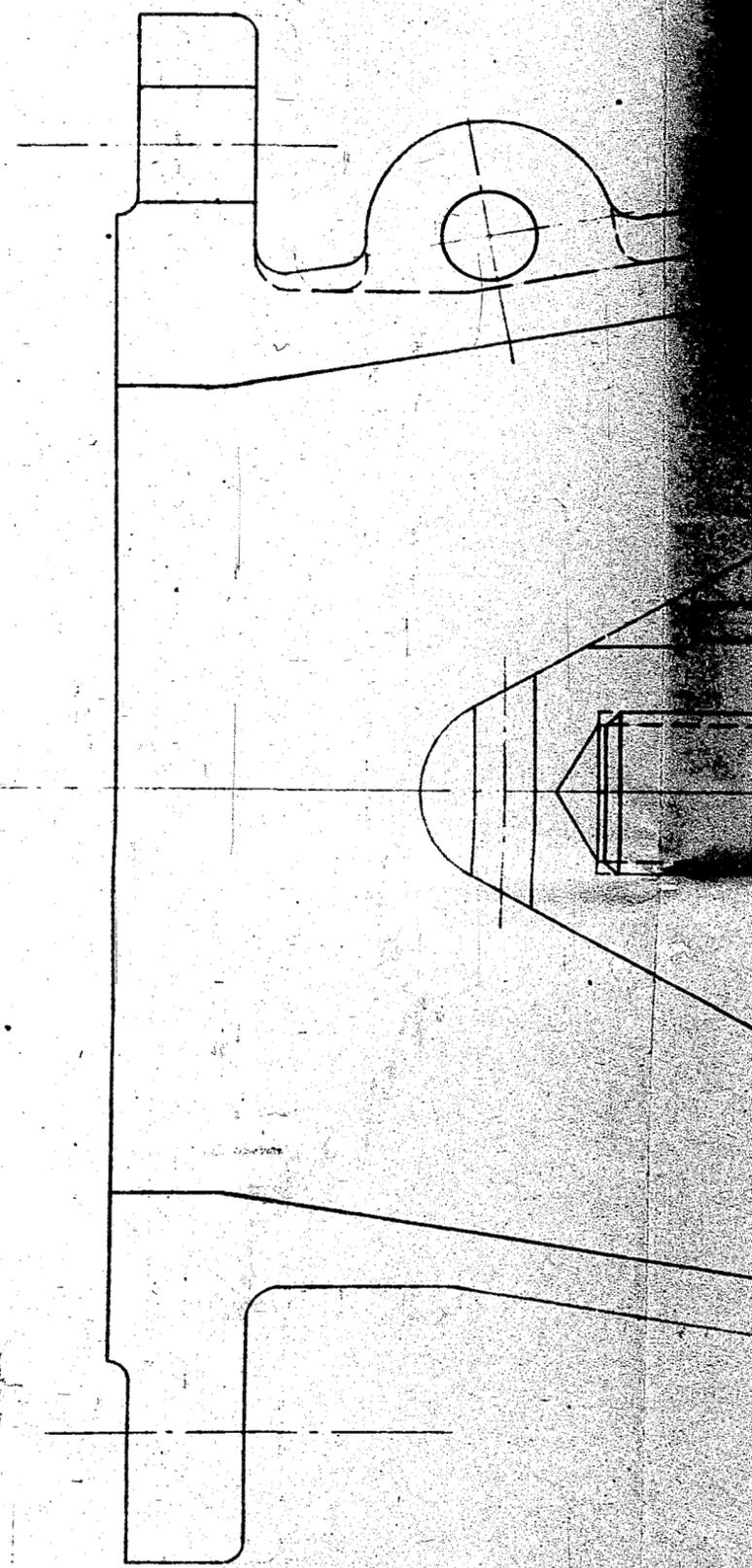
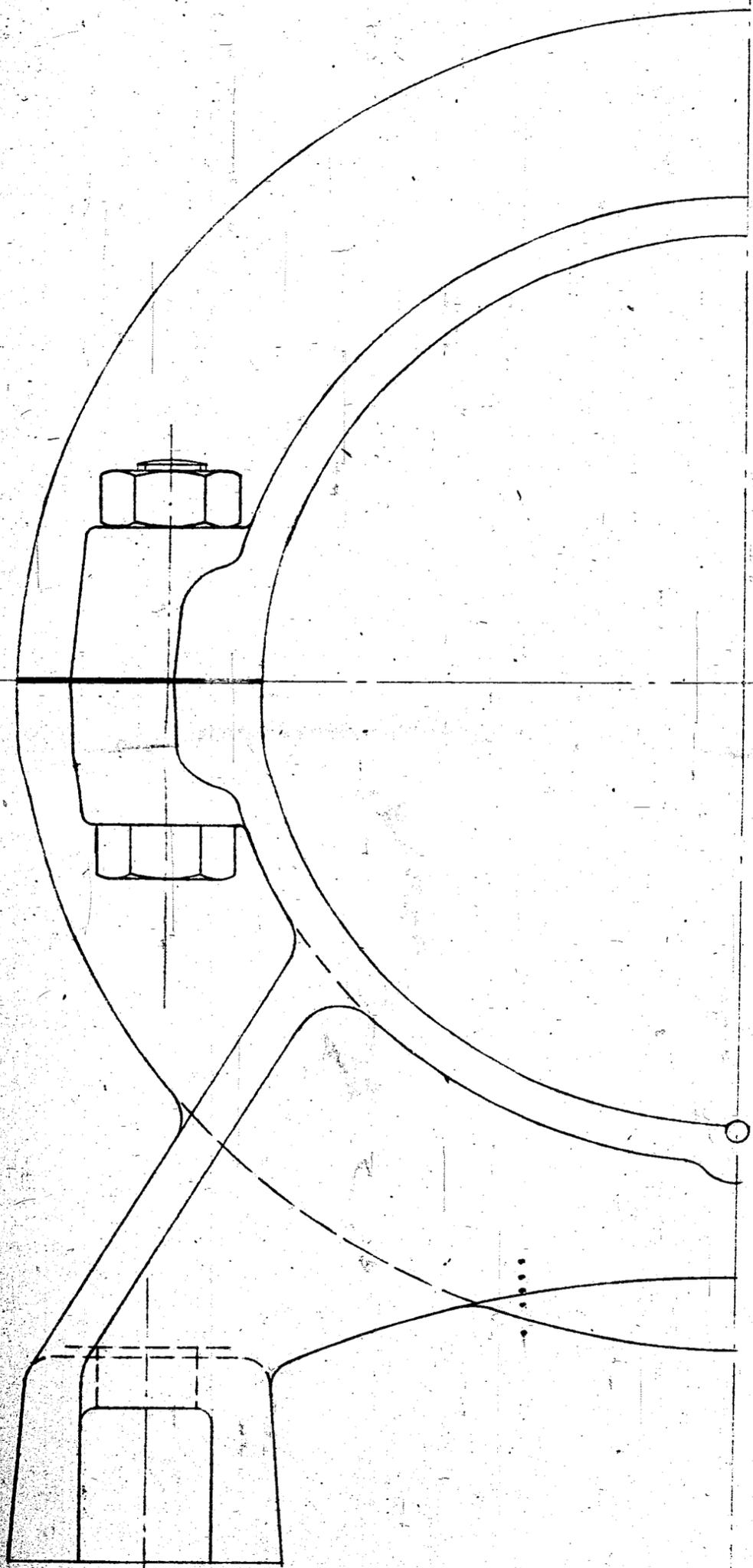
Für die Bohrturbine wurde nach eingehenden Rechnungen und Prüfung der nicht ganz einfachen werkstattmäßigen Herstellung die Schaufelung entworfen und eine Laboratoriumsversuchsausführung zur Untersuchung der Schaufelung konstruktiv durchgearbeitet (vgl. anl. Zeichnung).

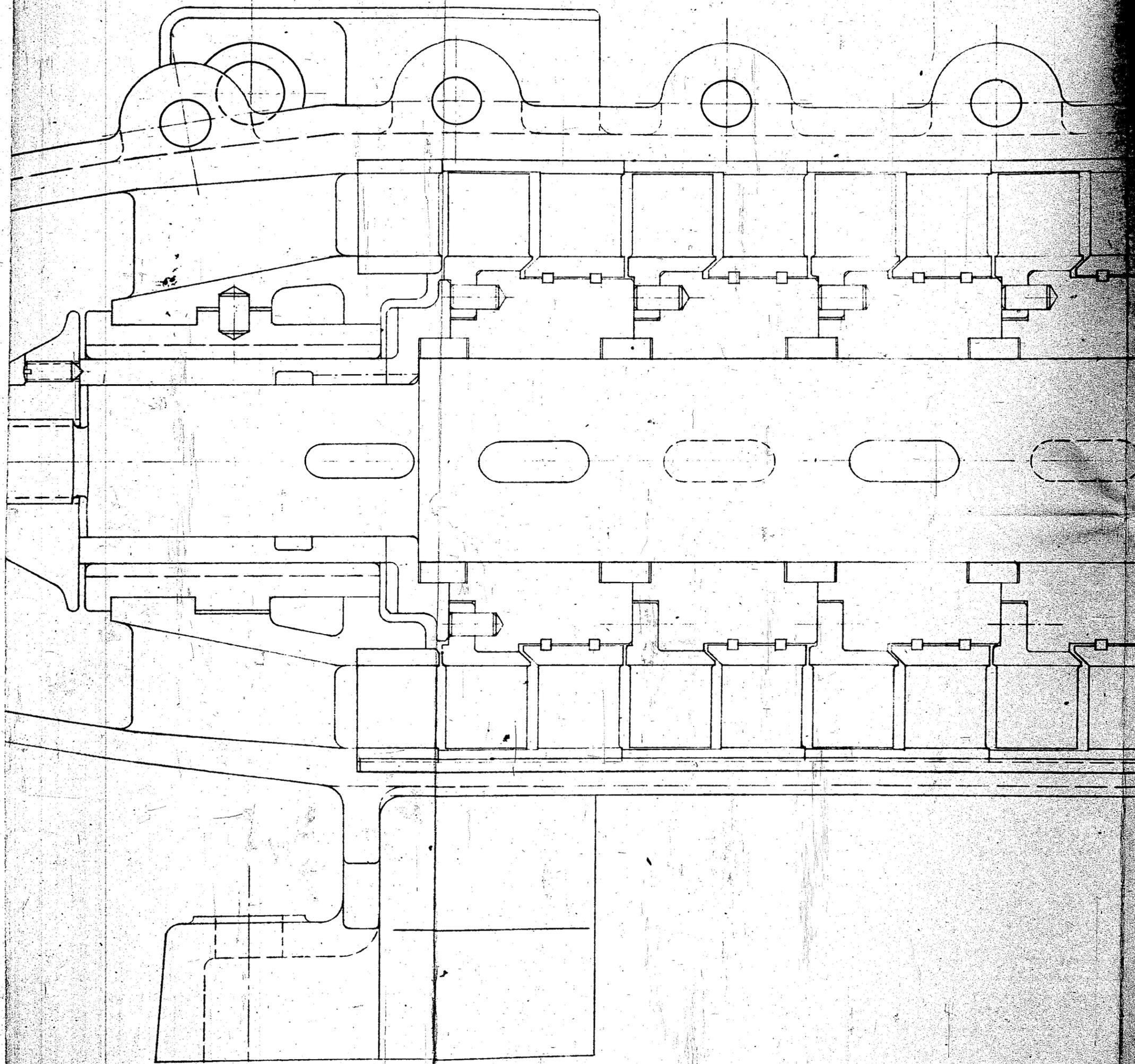
Gleichzeitig wurde die Meißelfrage aufgegriffen und in verschiedenen Besuchen bei der Firma Wirth & Co., z. Zt. Minden, vorgeklärt. Die Firma Wirth hat sich bei dieser Gelegenheit mündlich bereit erklärt, von sich aus einen Meißelentwurf durchzuarbeiten und in gemeinsamer Arbeit mit meinem Institut zu entwickeln. Ebenso zeigt sich die genannte Firma außerordentlich interessiert an der Entwicklung der Bohrturbine selbst und würde bereit sein, unter Umständen Werkstattarbeiten hierfür zu übernehmen.

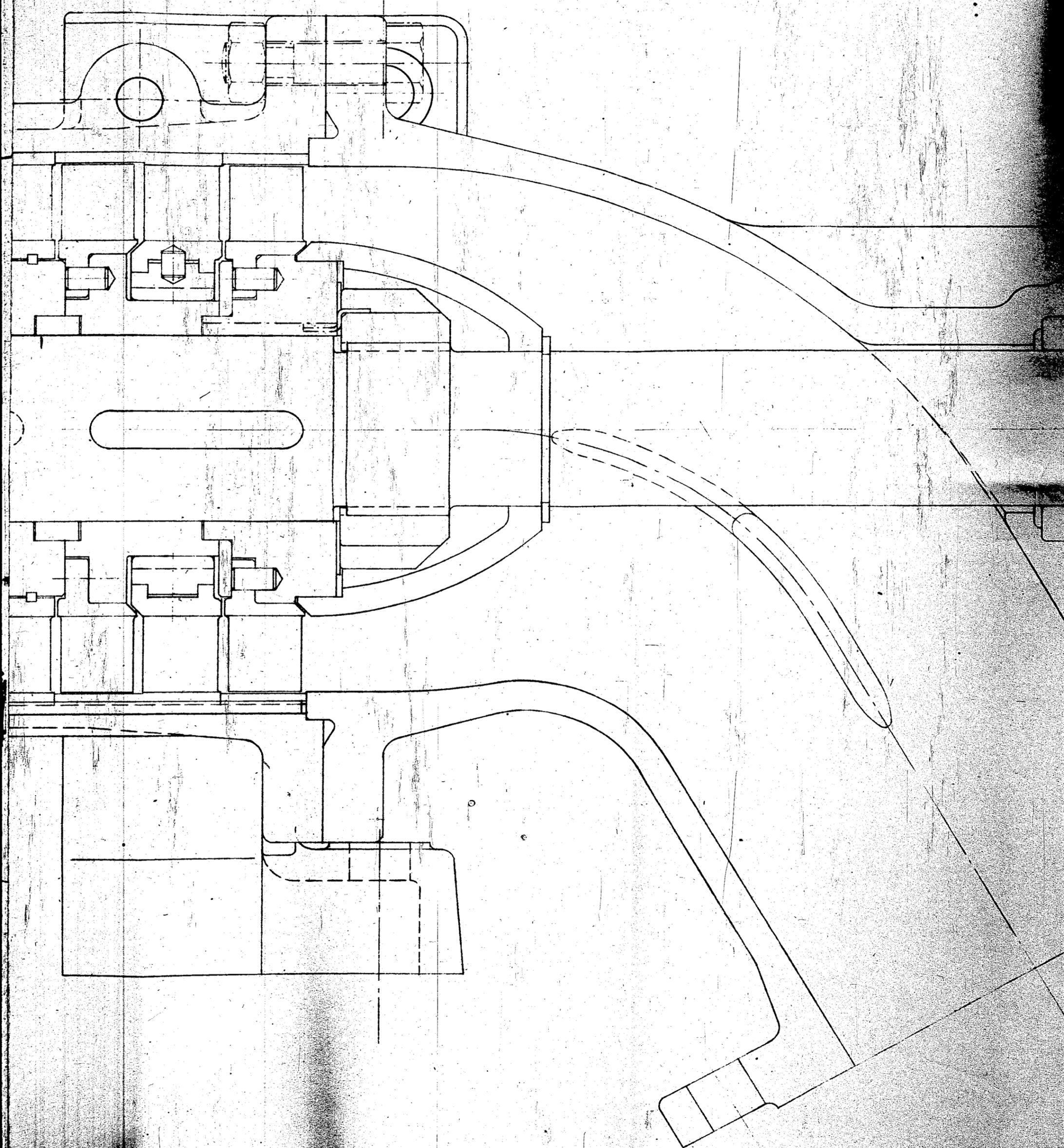
Weiterhin wurde die Frage der zweckmäßigen Werkstoffwahl für die der Erosion ausgesetzten Teile -- insbesondere also der Schaufelungen -- geklärt. Unter anderem wurde hierüber mit hiesigen Firmen ein eingehender Gedankenaustausch herbeigeführt, wobei sich als verschleißfestes, für den vorliegenden Zweck besonders geeignetes Material eine bestimmte Gußeisenlegierung herausgestellt hat.

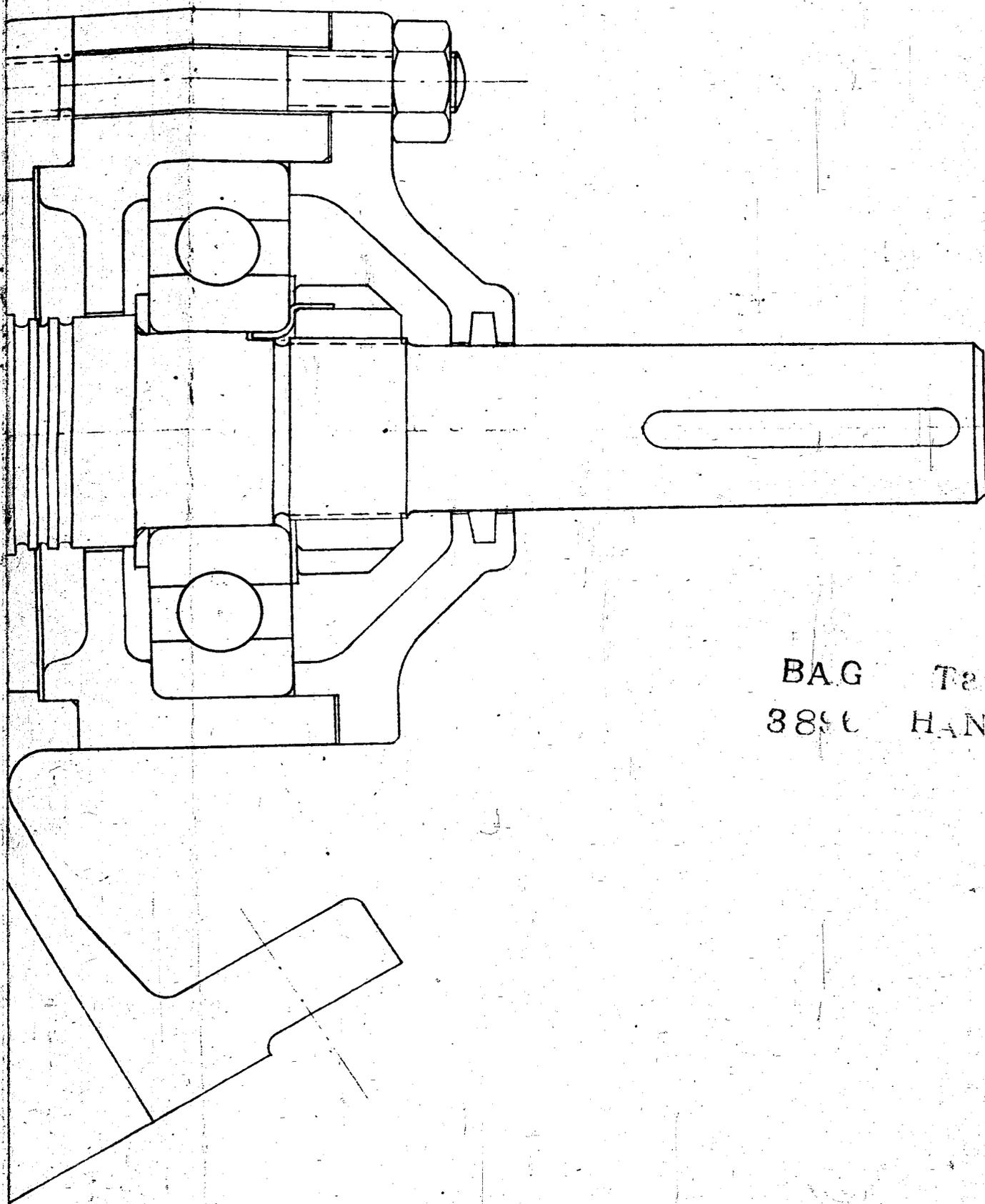
Zur Zeit wird an der Konstruktions-Detailierung des beigelegten Entwurfes gearbeitet. Die Arbeiten sind verhältnismäßig gut verangekommen. Es ist geplant, im Anschluß an den nunmehr festliegenden Entwurf des hydraulischen Teiles als Nächstes die Lagerfrage in Angriff zu nehmen und erst daran anschließend den Entwurf der für das Bohrfeld bestimmten Versuchsmaschine.

*Müller*









BAG Terc t  
3890 HANNOVER

	Tag	Name	Institut für Strömungsmaschinen der Techn. Hochschule Hannover
Gezeichnet	Nov. 1944	Funck	
Geprüft			
Maßstab	Versuchsausführung zur Bohr-Turbine		Ersatz für
1:1			Ersetzt durch