

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Die unipolare Gleichstrommaschine**

**Ugrimoff, Boris von**

**Berlin, 1910**

II. Die Untersuchung von Gleitkontakten bei sehr großen  
Geschwindigkeiten

[urn:nbn:de:bsz:31-274883](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-274883)

berührt, der isoliert an dem Maschinengestell 13 befestigt ist. Die Bürste 1 steckt in einer Hülse 2, die ihrerseits um eine gewisse Achse drehbar zwischen den Ringen 3 eingespannt ist. In diese Ringe 3 sind vertiefte Bahnen für Kugeln eingedreht, ebensolche Bahnen befinden sich auch in den feststehenden Ringen 4, die dieselbe Gestalt wie die Ringe 3 haben, nur sind sie starr an dem Maschinengestell mittels der Stützen 5 befestigt. Wenn nun der induzierte Körper 6 schnell rotiert, so wird die Bürste 1, die an die Oberflächen 6 und 7 durch eine Spiralfeder angedrückt wird, in der Richtung der Bewegung von 6 mitgenommen, nur bewegt sie sich mit einem gewissen Schlupf, da sie gemeinsam mit den Ringen 3 die rollende Reibung der Kugeln überwinden muß. Esnault-Pelterie nimmt an, daß die Bürste 1, falls die Reibung der beiden Enden gegen die Oberflächen 6 und 7 gleich ist, der

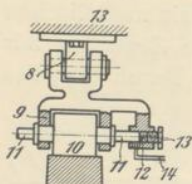


Fig. 65.

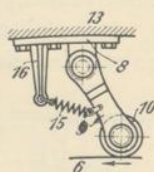


Fig. 66.

Bewegung der Oberfläche 6 folgen wird, und zwar mit der Hälfte der Geschwindigkeit dieses Körpers. Folglich könnte man der Oberfläche 6, ohne die maximal zulässige Gleitgeschwindigkeit von 150 m/sek zu überschreiten, eine absolute lineare Geschwindigkeit

von 300 m/sek verleihen. In diesem Falle würde sich die Bürste 1 mit der Hülse 2 und den Ringen 3 mit der für eine so komplizierte Einrichtung enormen Geschwindigkeit von 150 m/sek rotieren. In der Literatur sind vorläufig keine Angaben über den Verlauf der praktischen Arbeiten des genannten Ingenieurs mit seinem Stromabnehmer zu finden, doch ist es zweifelhaft, ob die Kugeln bei Geschwindigkeiten von 150 m/sek betriebssicher sind. In einem späteren Patent ersetzt Esnault-Pelterie die Bürste 1 durch Rollen, von denen eine, Fig. 65 und 66, an die induzierte Oberfläche 6, die andere an die Fläche des Gestells 13 angepreßt wird. Die Scharniere 8, auf denen sich die Rollen 10 befinden, sind auf dem Körper 13 befestigt, entsprechend der Hülse 2 und dem Ringe 3 in Fig. 63 und 64. Aus dem oben Gesagten, sowie auch aus den Zeichnungen 65 und 66 ersieht man, wie kompliziert und unpraktisch diese Vorrichtung ist.

## II. Die Untersuchung von Gleitkontakten bei sehr großen Geschwindigkeiten.

Schon vor dem Erscheinen der Arbeit von Seidener im Herbst 1904 in der „Zeitschrift für Elektrotechnik“ kam der Ver-



fasser dieser Abhandlung zu dem Schluß, daß die Lösung des Problems der raschlaufenden Unipolarmaschine von genügender Spannung hinausläuft auf die Konstruktion eines auch bei sehr großer Geschwindigkeit zuverlässigen Gleitkontaktes. Im Frühjahr 1904 wurden die ersten Versuche angestellt, deren Resultate zu einer Reihe neuer Experimente und Untersuchungen und dem D. R. P. Nr. 215218 des Verfassers endlich führten.

Obgleich die Idee eines Schleifkontaktes mit Quecksilber an und für sich nicht neu ist und von den älteren Konstruktionen die bekannte Barlowsche Scheibe mit einem unbeweglichen Quecksilberbehälter und weiter die Konstruktion

eines Kontaktes, die von Nicola Tesla angegeben war (Fig. 67), und aus einer rotierenden Fureche *A* mit Quecksilber *B*, in die eine kleine, auch rotierende Scheibe *C* eintauchte, bestand, zu nennen sind, dennoch war es dem Verfasser klar, daß alle diese und ähnliche Schleifvorrichtungen für größere Ströme und größere

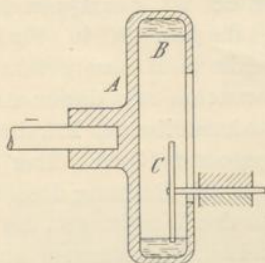


Fig. 67.

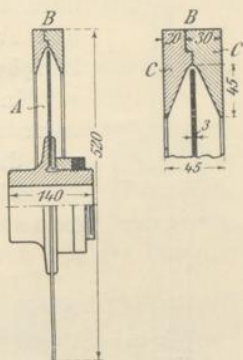


Fig. 68.

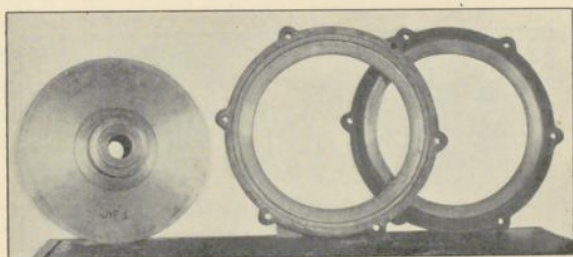


Fig. 69.

Geschwindigkeiten sich nicht eigneten. Deswegen wurden mehrere Konstruktionen eines raschlaufenden Quecksilber-Schleifkontaktes ausgeführt, die eine Schleifgeschwindigkeit von mindestens 80 m/sek hätten und stärkere Ströme leiten könnten.

Der erste Versuch wurde in folgender Weise vorgenommen (Fig. 68):

Die stählerne Scheibe *A* rotierte rasch in der Mulde *B*, die gebildet wurde durch zwei miteinander verschraubte Scheiben *C* und *C*

von entsprechender Form. Nachdem die Scheibe in Rotation versetzt war, wurde Quecksilber eingegossen, das als Kontakt zwischen der rotierenden Scheibe und der feststehenden Mulde dienen sollte. Es war beabsichtigt, daß das Quecksilber, von der Scheibe durch Reibung mitgerissen, durch die Einwirkung der Zentrifugalkraft sich über den ganzen inneren Umfang der Mulde verteilen und auf diese Weise den Kontakt längs der ganzen Peripherie vermitteln sollte.



Fig. 70.

In Fig. 68 ist der Querschnitt der beschriebenen Anordnung dargestellt, in Fig. 69 die Scheibe Nr. 1 und die Mulde in demontiertem Zustand.

Die Versuche mit dieser Anordnung haben jedoch keine zufriedenstellende Resultate ergeben. Das eingegossene Quecksilber kam in Bewegung, doch war die Reibung desselben an der Scheibe und an den Wandungen der Mulde so stark, daß es beinahe momentan auseinander spritzte und teilweise durch die Reibung so stark erwärmt wurde, daß es verdampfte. Das Verspritzen und die Verdampfung des Quecksilbers gingen so schnell vor sich, daß man diese Vorgänge nicht näher beobachten konnte; anfangs erklärte ich mir das Verschwinden des Quecksilbers ausschließlich durch mechanisches Auseinanderspritzen, und erst später wurde durch eine ganze Reihe von Versuchen festgestellt, daß sich das Quecksilber teilweise in Dampf verwandelte.

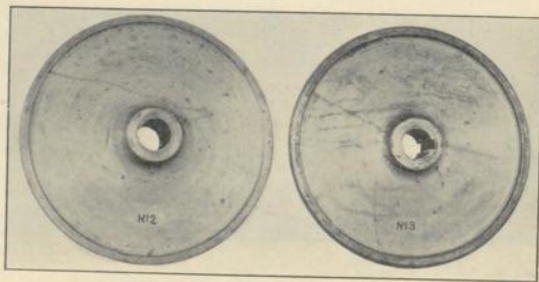


Fig. 71 a.

Fig. 71 b.

Jedenfalls stand es von vornherein fest, daß die Reibung des Quecksilbers sowohl an den Wandungen der Mulde, als auch an der Scheibe so bedeutend war, daß auf diese Weise kein praktisch brauchbarer Kontakt erzielt werden konnte, beide Ursachen mußten auf das kleinste mögliche Maß beschränkt werden. Als einfachste Lösung dieser Aufgabe erschien es, daß man das Quecksilber mit



der Scheibe rotieren ließ, und zwar in einer Furche, die in der Scheibe selbst angebracht war, in das Quecksilber wurde ein feststehendes Messer von geringen Dimensionen getaucht.

In dieser Richtung wurde eine erhebliche Anzahl Versuche und Beobachtungen angestellt, die sich um so schwieriger gestalteten, je höher man mit der linearen Geschwindigkeit des Gleitkontaktes ging.

Die erste Scheibe, in die eine Furche eingedreht wurde, war die Scheibe Nr. 2, die in Fig. 70 im Schnitt und in Fig. 71a in der Ansicht dargestellt ist. Die Versuche mit derselben wurden im Herbst und Winter 1904 und im Frühjahr 1905 angestellt; der Hauptzweck dieser Versuche war die Bestimmung der Faktoren, die auf das Zersprengen des Quecksilbers bei der Arbeit des Gleitkontaktes von Einfluß sind. Die Form der Furche in der Scheibe blieb hierbei unverändert, nur die Form der Messer wurde verändert wie aus den Fig. 1 und 2 der Fig. 72 zu ersehen ist.

Die Scheibe Nr. 2 bestand aus einfachem Stahl von einer Zugfestigkeit von 60 bis 80 kg pro qmm. Die Form der Scheibe glich im allgemeinen der Scheibe von de Laval und gestattete die Umfangsgeschwindigkeit bis zu 200 m/sek zu steigern.

Die allgemeine Versuchsanordnung war folgende: die Scheibe wurde durch einen Elektromotor mittels Riemen in schnelle Rotation versetzt. Die Umdrehungszahl des Motors wurde während der Dauer jedes einzelnen Versuches konstant erhalten.

Das Quecksilber wurde in abgewogenen Mengen in die rotierende Scheibe gegossen und verteilte sich sofort über den ganzen Umfang, indem es mit an der Rotation der Scheibe teilnahm und das in die Furche gesenkte Messer bespülte. Nachdem der Kontakt zwischen Messer und Quecksilber hergestellt war, wurde Strom in das Messer geleitet; dieser Strom gelangte weiter in die Scheibe und wurde von der Achse der Scheibe mittels einfacher Metallbürsten abgenommen. Die Resultate dieser Versuche sind in den folgenden Tabellen angeführt.

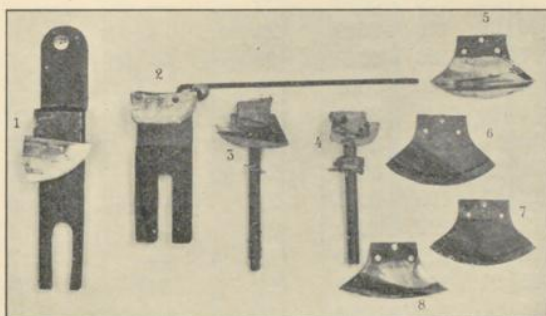


Fig. 72.

Tabelle I.

Messer Nr. 1 (siehe Fig. 72).

Geschwindigkeit  $\approx 80$  m/sek.

Nr.	Motor		Maschine					Bemerkungen
	$J$	$E$	Umdr. per Min.	$J_s$ Strom im Schleifkontakte	Quecksilber eingegossen g	Quecksilber aufgesammelt g	Mittlerer stündl. Quecksilberverbrauch g	
1	20	100	3040	—	148	—	—	Ablesung jede 15 Min. Scheibe Nr. 2 Messer Nr. 1
2	20	100	3040	20	—	—	—	
3	20	100	3050	20	—	—	—	
4	20	100	3050	20	—	—	—	
5	20	100	3050	20	—	—	—	
6	20	100	3050	20	—	—	—	
7	20	100	3050	20	—	—	—	
8	20	100	3050	20	—	—	—	
9	20	100	3060	20	—	—	—	
10	20	100	3050	20	90	—	—	
11	22	100	3050	22	—	—	—	
12	21	100	3050	21	—	—	—	
13	21	102	3050	21	—	—	—	
14	20	102	3050	20	—	—	—	
15	21	102	3050	21	56	—	—	
16	21	100	3050	21	—	—	—	
17	21	100	3050	21	—	—	—	
18	20	100	3060	20	84	—	—	
19	22	100	3050	22	—	—	—	
20	22	100	3050	22	—	142	47	

Aus diesen Tabellen ist ersichtlich, wie man es auch von vornherein erwarten konnte, daß das Verspritzen und das Verdampfen des Quecksilbers mit erhöhter Geschwindigkeit wächst.

Bei Vergleichung der Tabellen I und II finden wir, daß unter den gleichen Umständen der Verbrauch an Quecksilber bei der Arbeit mit dem Messer Nr. 2 größer war, was durch dessen längere Form seine Begründung findet. Bei dieser Form ist die Abmessung der mit dem Quecksilber in Berührung stehenden Oberfläche des Messers größer als bei dem Messer Nr. 1. Dieses hat zur Folge, daß die Reibung und hiermit auch die Erwärmung und die Verdampfung des Quecksilbers entsprechend größer werden. Bei den geringen Geschwindigkeiten  $v=80$  und  $v=100$  war die Erscheinung des Verdampfens, wegen dem guten Wärmeleitvermögen des Queck-



Tabelle I.  
 Geschwindigkeit  $\approx 100$  m/sek.

Nr.	Motor		Maschine				Bemerkungen	
	<i>J</i>	<i>E</i>	Umdr. per Min.	<i>J<sub>s</sub></i> Strom im Schleifkontakte	Quecksilber eingegossen g	Quecksilber aufgesammelt g		Mittlerer stündl. Quecksilberverbrauch g
1	39	102	3825	39	160	—	—	
2	39	102	3820	39	—	—	—	Scheibe Nr. 2 Messer Nr. 1
3	38	102	3820	38	—	—	—	
4	37	104	3820	37	—	—	—	
5	37	103	3820	37	—	—	—	
6	38	102	3820	38	—	—	—	
7	37	102	3825	37	—	—	—	
8	37	102	3825	37	—	—	—	
9	39	102	3820	39	90	—	—	
10	39	102	3820	39	—	—	—	
11	39	102	3820	39	—	—	—	
12	38	102	3820	38	—	—	—	
13	38	102	3825	38	—	—	—	
14	38	102	3825	38	—	—	—	
15	37	102	3825	37	—	—	—	
16	41	100	3820	41	124	—	—	
17	40	100	3820	40	—	—	—	
18	40	101	3820	40	—	—	—	
19	39	102	3825	39	—	—	—	
20	38	102	3825	38	—	103	54	

silbers nur unbedeutend und konnte nur konstatiert werden durch das Vergleichen des Gewichts des in die Furche eingegossenen Quecksilbers und des Gewichtes des sorgfältig gesammelten zerspritzten Quecksilbers.

Außerdem konnte als zweifelloser Beweis für das durch das Auge nicht wahrnehmbare Verdampfen des Quecksilbers der Umstand gelten, daß auf den Wandungen der Gegenstände, die in der Nähe der Experimentiereinrichtung standen, das Kondensat der Quecksilberdämpfe sich in Gestalt von einem grauen Niederschlag befand, den man leicht mit einem Wattebäuschchen aufwischen und durch Ausdrücken desselben als Quecksilberkügelchen erhalten konnte. In der Annahme, daß der Hauptverlust des Quecksilbers durch das Verspritzen desselben

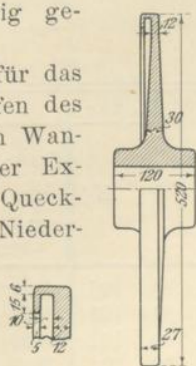


Fig. 73.

verursacht wird, habe ich die Scheibe Nr. 3 konstruiert, in der die Furche viel tiefer war, wie es aus Fig. 73 und der Ansicht dieser Scheibe in Fig. 71b ersichtlich ist.

Tabelle II.

Messer Nr. 2. — Geschwindigkeit  $\approx 80$  m/sek.

Nr.	Motor		Maschine					Bemerkungen
	<i>J</i>	<i>E</i>	Umdr. per Min.	$J_s$ Strom im Schleifkontakte	Quecksilber eingegossen g	Quecksilber aufgesammelt g	Mittlerer stündl. Quecksilberverbrauch g	
1	33	100	3050	33	153	—	—	
2	33	100	3050	33	—	—	—	Scheibe Nr. 2 Messer Nr. 2
3	32	100	3050	32	—	—	—	
4	31	100	3060	31	—	—	—	
5	33	100	3040	33	76	—	—	
6	33	109	3050	33	—	—	—	
7	32	102	3050	33	—	—	—	
8	32	102	3050	33	—	—	—	
9	33	102	3040	33	70	—	—	
10	33	102	3040	33	—	—	—	
11	33	102	3050	33	—	—	—	
12	32	102	3050	32	—	—	—	
13	33	102	3040	33	77	—	—	
14	33	102	3040	33	—	—	—	
15	32	102	3040	32	—	—	—	
16	32	102	3050	32	—	—	—	
17	33	102	3030	33	82	—	—	
18	33	102	3030	33	—	—	—	
19	33	102	3040	33	—	—	—	
20	33	102	3050	33	—	176	56	

Tabelle II.

Geschwindigkeit  $\approx 100$  m/sek.

Nr.	Motor		Maschine					Bemerkungen
	<i>J</i>	<i>E</i>	Umdr. per Min.	$J_s$ Strom im Schleifkontakte	Quecksilber eingegossen g	Quecksilber aufgesammelt g	Mittlerer stündl. Quecksilberverbrauch g	
1	60	100	3820	60	155	—	—	
2	60	100	3825	60	—	—	—	Scheibe Nr. 2 Messer Nr. 2
3	60	102	3830	60	—	—	—	
4	58	102	3830	58	—	—	—	
5	60	102	3820	60	83	—	—	



Tabelle II.  
 Geschwindigkeit  $\approx 100$  m/sek.

Nr.	Motor		Maschine					Bemerkungen
	<i>J</i>	<i>E</i>	Umdr. per Min.	<i>J<sub>s</sub></i> Strom im Schleif- kontakte	Queck- silber ein- gegossen g	Queck- silber auf- gesam- melt g	Mittlerer stündl. Queck- silber- verbrauch g	
6	60	102	3820	60	—	—	—	
7	60	100	3820	60	—	—	—	
8	60	102	3830	60	—	—	—	
9	60	102	3820	60	80	—	—	
10	60	102	3820	60	—	—	—	
11	62	102	3800	62	—	—	—	
12	61	102	3820	61	84	—	—	
13	60	102	3830	60	—	—	—	
14	60	100	3825	60	—	—	—	
15	60	100	3830	60	—	—	—	
16	60	100	3820	60	95	—	—	
17	62	100	3825	62	—	—	—	
18	62	102	3830	62	—	—	—	
19	61	102	3820	61	—	—	—	
20	61	102	3830	61	—	176	64	

Die Resultate der Experimente mit Scheibe 3 und mit Messern von der Gestalt 1 und 2 sind in den Tabellen III und IV aufgeführt.

Tabelle III.

Nr.	Motor		Maschine					Bemerkungen
	<i>J</i>	<i>E</i>	Umdr. per Min.	<i>J<sub>s</sub></i> Strom im Schleif- kontakt	Queck- silber ein- gegossen g	Queck- silber auf- gesam- melt g	Mittlerer stündl. Queck- silber- verbrauch	
1	400	100	3820	40	160	—	—	
2	39	102	3820	39	—	—	—	Scheibe Nr. 3
3	38	102	3825	38	—	—	—	Messer Nr. 1
4	37	102	3830	37	—	—	—	
5	39	102	3825	39	90	—	—	
6	38	102	3830	38	—	—	—	
7	38	102	3830	38	—	—	—	
8	38	102	3840	38	—	—	—	
9	39	102	3820	39	90	—	—	
10	38	102	3820	38	—	—	—	
11	38	102	3830	39	—	—	—	
12	38	102	3840	38	—	—	—	
13	40	100	3820	40	92	—	—	
14	39	102	3820	39	—	—	—	
15	38	102	3830	38	—	—	—	
16	38	102	3835	38	—	210	55	

Tabelle IV.

Nr.	Motor		Maschine					Bemerkungen
	<i>J</i>	<i>E</i>	Umdr. per Min.	$J_s$ Strom im Schleifkontakt	Quecksilber eingegossen g	Quecksilber aufgesammelt g	Mittlerer stündl. Quecksilberverbrauch	
1	70	101	4620	70	150	—	—	
2	70	100	4620	70	—	—	—	
3	68	100	4610	68	—	—	—	Scheibe Nr. 3
4	71	102	4610	71	90	—	—	Messer Nr. 2
5	70	102	4610	70	—	—	—	
6	69	102	4610	69	—	—	—	
7	69	101	4620	69	—	—	—	
8	70	101	4610	70	90	—	—	
9	70	102	4610	70	—	—	—	
10	68	102	4620	68	—	—	—	
11	66	102	4630	66	—	—	—	
12	71	102	4610	71	92	—	—	
13	70	102	4615	70	—	—	—	
14	70	102	4620	70	—	—	—	
15	68	102	4630	68	95	—	—	
16	71	102	4610	71	—	220	74	

Die in den Tabellen III und IV enthaltenen Angaben weisen daraufhin, daß die größere Tiefe der Furche in der Scheibe nicht den Erwartungen entsprechend den Verbrauch an Quecksilber verminderte, sondern das Gegenteil bewirkte — es wurde mehr Quecksilber verbraucht. Bei der Geschwindigkeit von  $v=120$  konnte man außerdem ziemlich deutlich beobachten, daß um die Maschine Quecksilberdämpfe in Form von leichtem Dunst sich befanden, auch machte sich in der Nähe der Maschine ein besonderer Geruch bemerkbar, der, wie es spätere Versuche zeigten, der Geruch von Quecksilberdämpfen war. Auf diese Weise gaben auch die letzten Versuche keinen Anhalt darüber, welchen Anteil die Verdampfung und das Verspritzen des Quecksilbers für sich bei dem Verbrauch des Quecksilbers haben, es wurde nur noch einmal festgestellt, daß mit erhöhter Geschwindigkeit der Gesamtverbrauch an Quecksilber stieg.

Von der Annahme ausgehend, daß das Verspritzen des Quecksilbers durch die Welle hervorgebracht wird, die beim Auftreffen des Quecksilbers auf das Messer entsteht, wobei dann eine Menge sehr feiner Tropfen sich über den Rand der Furche erheben und durch den starken Luftstrom, der entlang der Oberfläche der Scheibe



vom Zentrum zum Umfang hinstreicht, mitgerissen werden, beschloß ich über das Quecksilber eine Ölschicht aufzubringen, das nach dem Quecksilber in die Furche eingegossen wurde und, da es leichter ist, das Quecksilber bedeckt. Man konnte erwarten, daß das Öl infolge seiner zäheren Konsistenz nicht in so feine Tropfen wie das Quecksilber zersprengt werden würde, sondern immer als zusammenhängende Fläche das Quecksilber bedecken und auf diese Weise ein Entweichen desselben wirksam verhindern würde. Außerdem könnte man erwarten, daß das Öl zur Schmierung des Messers dienen würde und dadurch die Reibung und folglich auch die Verdampfung des Quecksilbers vermindern könnte. Unter Verwendung eines Messers von der Form Nr. 2 wurden Versuche mit dem Aufgießen von Öl über das Quecksilber angestellt. Es wurden 160 g Quecksilber und darauf 30 cm<sup>3</sup> Maschinenöl eingefüllt bei einer Geschwindigkeit von  $v \approx 100$  m/sek.

Während der ersten Zeit (ca. 10 bis 15 Minuten) schien es, als ob die Resultate die Erwartungen übertreffen würden, da der Verlust an Quecksilber weniger als die Hälfte betrug, doch fing bald die Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe an sich zu vermindern, der Stromverbrauch des die Scheibe antreibenden Motors stieg bedeutend, so daß die Maschine zur Besichtigung angehalten werden mußte. Es stellte sich heraus, daß sich das Öl in der Furche ganz mit dem Quecksilber vermischt hatte und eine konsistente Quecksilbersalbe bildete, die der Bewegung des Messers einen sehr erheblichen Widerstand entgensetzte. Diese Masse war sehr schmierig und klebrig, so daß es schwer war sie zu sammeln, sie wurde deshalb nach dem Versuch nicht gewogen.

Nachdem die Furche gereinigt war, wurde der Versuch wiederholt, jedoch bei einer Geschwindigkeit von 120 m/sek. Es wurden dieselben Quantitäten von Quecksilber und Öl eingegossen, aber schon nach einigen Minuten (3 bis 4) mußte der Versuch unterbrochen werden, da aus der Furche ein Qualm aufstieg und sich der Geruch von verbranntem Öl bemerkbar machte. Die Tatsache, daß das Öl zu brennen anfangt, trotzdem eine Menge von die Wärme gut leitendem Quecksilber vorhanden war, bestätigte endgültig die Annahme, daß die Temperatur der Flüssigkeitsteilchen, die mit dem Messer bei diesen großen Geschwindigkeiten unmittelbar in Berührung kommen, eine sehr hohe sein muß. Es wurde ganz augenscheinlich, daß das Quecksilber bei der Berührung mit dem Messer direkt verdampft, außerdem wurde die ganze Menge des Quecksilbers in der Furche stark erwärmt. Nach Erkenntnis dieser Tatsachen mußte zur Einrichtung von einer künstlichen Kühlung des Kontaktes geschritten werden, da die



natürliche Abkühlung durch die ventilierende Wirkung der Scheibe selbst ungenügend war. Zu diesem Zwecke wurde eine kontinuierliche Zuführung von Wassertropfen in die Furche der Scheibe durch den Trichter *A* (in Fig. 74) eingerichtet, die ganze Vorrichtung zur Untersuchung des Gleitkontaktes wurde mit einem Gehäuse aus starker Pappe umgeben, das an den Kanten mit Leinwand beklebt war. Aus diesem Gehäuse führten Röhren zu mechanischen Filtern, die aus stoffbespannten Rahmen bestanden. Diese Filter waren dazu bestimmt, um die sehr kleinen Quecksilbertröpfchen, die aus der Maschine durch den Luftstrom in die Filterkästen mitgerissen wurden, abzufangen, nachdem die Dämpfe von Wasser und Quecksilber beim Passieren der eisernen Röhren durch Abkühlung zur Kondensation gelangt waren. Die allgemeine Anordnung der oben beschriebenen Einrichtung ist in Fig. 74 schematisch dargestellt, eine Ansicht der Vorrichtung ist in Fig. 75 und 76 wiedergegeben.

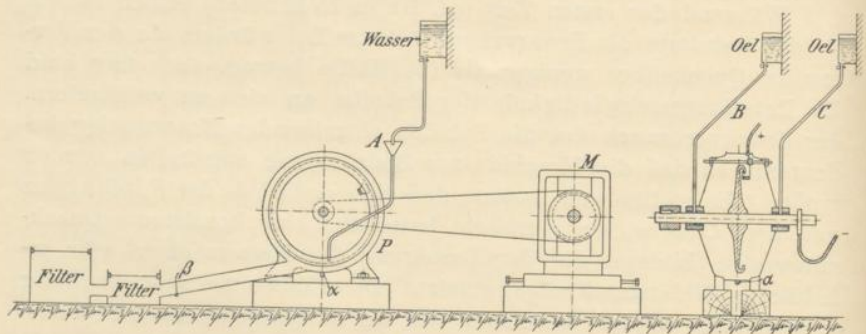


Fig. 74.

Gleichzeitig mit der Wasserkühlung des Quecksilbers wurde auch eine forcierte Schmierung der Lager durch Drucköl mittels der Röhren *B* und *C* in Fig. 74 und 75 eingerichtet. Das letztere erschien notwendig in Anbetracht des Umstandes, daß die Ringschmierung bei Geschwindigkeiten von mehr als 3500 Touren per Minute oft versagte.

Das Wasser gelangte tropfenweise durch den Trichter *A* in die Furche gleich hinter dem Messer (in der Drehrichtung der Scheibe gesehen), es wurde sofort in rotierende Bewegung versetzt und breitete sich wegen seines geringeren spezifischen Gewichtes als dünne Schicht über das Quecksilber aus. Da die Siedetemperatur des Wassers niedriger ist als die des Quecksilbers, konnte man erwarten, daß durch die Verdampfung des Wassers eine Abkühlung des Quecksilbers verursacht würde, was die Versuche auch vollauf bestätigt haben.



In der Tabelle V sind die Resultate dieser Versuche mit Messer von der Form Nr. 2 angeführt.

Tabelle V.

Nr.	Motor		Maschine					Bemerkungen	
	<i>J</i>	<i>E</i>	Umdr. per Min.	$t^{\circ}$ Temper. im Filter	$J_s$ Strom im Schleifkontakt	Quecksilber eingegossen	Quecks. auf-gesam-melt g		Mittl. stündl. Quecks.-Verbrauch
1	70	102	4630	27	70	155	—	—	
2	70	102	4630	27	—	—	—	—	Scheibe Nr. 3
3	70	101	4630	27	70	—	—	—	Messer Nr. 2
4	68	101	4630	27	68	—	—	—	Wasser- kühlung!
5	70	101	4620	27	70	90	—	—	
6	70	102	4625	27	70	—	—	—	
7	69	102	4620	27,5	69	—	—	—	
8	68	102	4630	27,5	68	—	—	—	
9	71	102	4620	27,5	71	90	—	—	
10	70	102	4620	27,5	70	—	—	—	
11	70	101	4620	28	70	—	—	—	
12	69	101	4630	28	69	—	—	—	
13	71	101	4620	28	71	91	—	—	
14	71	102	4620	28	71	—	—	—	
15	69	102	4620	28	69	—	—	—	
16	68	102	4630	28,5	68	—	—	—	
17	71	102	4620	28,5	71	93	—	—	
18	70	102	4620	28,5	70	—	—	—	
19	68	102	4625	29	68	—	—	—	
20	68	102	4630	29	68	—	304	43	

Aus den oben angeführten Versuchen wurde es ersichtlich, daß ein großer Teil des versprengten Quecksilbers sich innig mit dem Wasser vermischte, diese „Emulsion“ konnte man durch die Öffnung *a* (Fig. 74) am unteren Rande des Gehäuses *P* aus Pappe ablassen.

Dieses Gehäuse hatte vorher innen mehrere Anstriche von Ölfarbe erhalten. Ebenfalls konnte man die Emulsion durch die Öffnung *B* am unteren Ende des eisernen Rohres gewinnen, wo eine besondere Küvette *D* (Fig. 75) aufgestellt war. Die Emulsion hatte eine gleichmäßige graue Färbung, irgendwelche Teilchen von Quecksilber waren nicht zu bemerken. Ließ man diese Emulsion stehen, so sammelten sich am Boden des Gefäßes geringe Mengen von Quecksilber. Ebenso sammelten sich in der Küvette *D* eine beträchtliche Menge von reinem Quecksilber in der Form von kleinen

Kügelchen, das wieder direkt verwendet werden konnte. Dieses Quecksilber, sowie das aus der Küvette unter dem Gehäuse wurde nach jedem Versuche gewogen, um den Verlust am Quecksilber genau ermitteln zu können. Das in der Emulsion verbleibende Quecksilber wurde als verloren betrachtet, obwohl die Emulsion

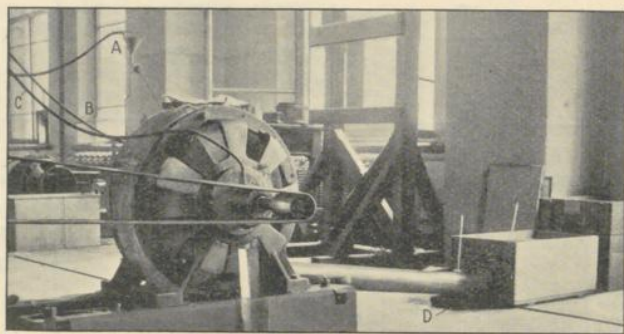


Fig. 75.

gewöhnlich in das Gefäß zurückgegossen wurde, von wo das Kühlwasser oder das Gemisch von Wasser und Emulsion dem Trichter *A* zugeführt wurde. Die große Menge der Emulsion und der erhebliche Verlust an Quecksilber, die bei der Arbeit mit der Scheibe Nr. 3 auftraten, gaben Grund zu der Vermutung, daß die Flüssig-

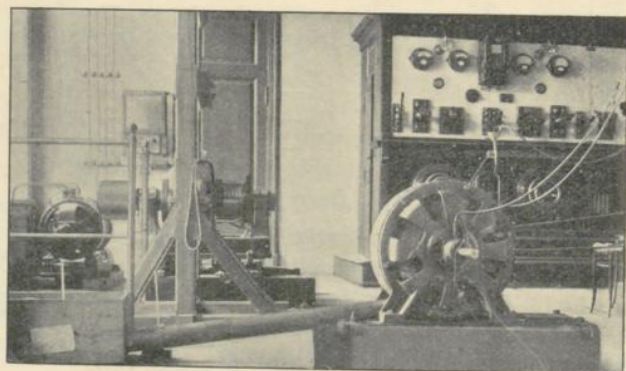


Fig. 76.

keitsteilchen, die bei dem Auftreffen auf das Messer die Welle bilden, einen Teil ihrer Zentrifugalbeschleunigung verlieren, von der Kreisbahn abweichen und dadurch, sozusagen leichter werdend, durch die ventilierende Luft aus der Furche herausgeblasen wurden. Um die Vorgänge, die sich an den Messern abspielten, besser be-



obachten zu können, wurden in das Gehäuse einige durch Glasscheiben verschlossene Öffnungen gemacht. Das Innere des Gehäuses wurde durch elektrische Glühlampen erleuchtet. Durch diese Vorrichtung konnte man die fächerartige Ausbreitung der Flüssigkeit beobachten, die bei einer bestimmten Form der Messer, einer bestimmten Scheibe und einer gegebenen Geschwindigkeit

ganz bestimmte Bahnen beschrieb. Man konnte auch beobachten, wie sich die Flüssigkeit in einer dünnen zusammenhängenden Schicht zu beiden Seiten des Messers emporhob. Nach dem Passieren des Messers wurde diese Schicht der Emulsion wie ein Segel vom Ventilationswinde

erfaßt, so daß die Flüssigkeit in ganz feinen Tropfen über den Rand der Furche geschleudert wurde. Es muß noch erwähnt werden, daß, sobald der Zufluß der abkühlenden Flüssigkeit aus irgendeinem Grunde abgestellt wurde, aus den Filtern sofort Quecksilberdämpfe aufstiegen, die verschwanden, wenn man wieder kühlende Flüssigkeit einströmen ließ.

Als nächste Aufgabe erschien es nun, solche Bedingungen zu schaffen, unter denen die Flüssigkeitsteilchen möglichst wenig von ihrer zentri-

fugalen Beschleunigung verlieren würden, oder die einmal verlorene Beschleunigung wiedergewinnen könnten. Zu diesem Zwecke wurde die Scheibe 4 konstruiert, die in Fig. 77 im Schnitt und in Fig. 78 in der Ansicht dargestellt ist.

Um mit noch größeren Geschwindigkeiten arbeiten zu können, wurde die Nabe der Scheibe noch mehr verstärkt, als es bei der Scheibe 3 der Fall war, die Furche wurde viel schmaler und tiefer gemacht, auf

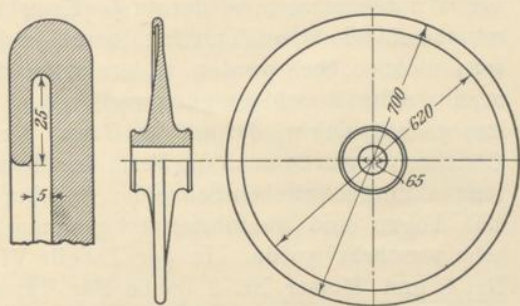


Fig. 77.

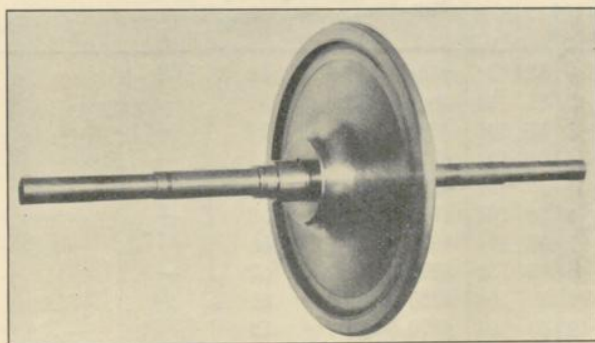


Fig. 78.

Grund der Annahme, daß die Luft, die sich in der Furche mit enormer Geschwindigkeit bewegt (der Asynchronismus der Luft in der Furche ist in bezug auf die Scheibe nur sehr gering), die Flüssigkeitsteilchen, die, wie oben erwähnt, die Welle bilden und die Seiten des Messers mit einer dünnen Schicht bedecken, in die Rotationsbewegung mitreißen wird. Wenn nun die Flüssigkeitsteilchen, von dem rotierenden Luftwirbel mitgenommen, wieder an der Kreisbewegung teilnehmen, so gewinnen sie wieder an Zentrifugalbeschleunigung, die Welle wird einerseits nicht so hoch werden, andererseits wird die Flüssigkeit weniger an Zentrifugalbeschleunigung verlieren, so daß dieselbe mehr das Bestreben hat, sich wieder auf den Grund der Furche niederzulassen. — Gleichzeitig wurde auch die Form des Messerhalters verändert, da die langen und schwachen Schneiden bei den großen Geschwindigkeiten sich bogen und zu vibrieren begannen, wodurch das Verspritzen sehr verstärkt wurde. In der Tabelle VI sind die mit der Scheibe Nr. 4 und Messer Nr. 3 (siehe Fig. 72) erzielten Betriebsresultate angeführt, es wurde hierbei mit Wasser und Emulsion gekühlt.

Tabelle VI.

Nr.	Motor		Maschine						Bemerkungen
	<i>J</i>	<i>E</i>	Umdr. per Min.	<i>t</i> <sup>o</sup> Temper. im Filter	<i>J</i> <sub>s</sub> Strom im Schleif- kontakt	Quecks. einges- gossen g	Quecks. aufges. g	Mittl. stündl. Quecks.- Ver- brauch	
1	58	104	4860	32	58	150	—	—	Scheibe Nr. 4 Messer Nr. 3
2	57	104	4860	32	57	—	—	—	
3	57	104	4860	32	57	—	—	—	
4	56	104	4870	32	56	—	—	—	
5	59	104	4860	32,5	59	91	—	—	
6	58	104	4860	32,5	58	—	—	—	
7	58	104	4870	32,5	58	—	—	—	
8	57	103	4870	33	57	—	—	—	
9	59	104	4860	33	59	94	—	—	
10	59	104	4870	33	59	—	—	—	
11	58	102	4860	33	59	—	—	—	
12	57	102	4870	33	57	—	—	—	
13	59	102	4860	33	59	88	—	—	
14	58	102	4860	34,5	58	—	—	—	
15	58	102	4870	34,5	58	—	—	—	
16	57	102	4870	34,5	57	—	—	—	
17	59	103	4860	35	59	92	—	—	
18	58	102	4860	35	58	—	—	—	
19	58	102	4870	35	58	—	—	—	
20	57	102	4870	35	57	—	312	40	



Da, wie aus den Angaben der Tabelle ersichtlich ist, die erzielten Resultate günstiger als die früheren sind, so kann man wohl folgern, daß die Annahmen, die als Grundlagen zur Konstruktion der Scheibe Nr. 4 gedient hatten, richtig sind.

In dem Bestreben, die günstige Wirkung des Windes auf die Welle noch mehr zu verstärken, wurde das Messer Nr. 4 konstruiert, bei dem der das Messer in einem Schlitz führende Halter teilweise in der Form von einem Schlittenvorderteil ausgebildet ist (die Flüssigkeit bewegt sich von links nach rechts). Man konnte annehmen, daß die Luft beim Auftreffen auf die schräge Fläche nach unten abgelenkt wird (in bezug auf Fig. 72 (4) und, die Flüssigkeit der Welle mitnehmend, dieselbe auf den Grund der Furche befördern wird. Tabelle VII enthält die Resultate der Prüfung dieses Messers Nr. 4 (Fig. 72) mit der Scheibe Nr. 4.

Tabelle VII.

Nr.	Motor		Maschine					Bemerkungen	
	J	E	Umdr. per Min.	t° Temper. im Filter	Quecks. eingegossen g	Quecks. aufges. g	J <sub>s</sub> Strom im Schleifkontakt		Mittl. stündl. Quecks.-Verbrauch
1	56	104	4860	32	151	—	56	—	
2	56	104	4860	32	—	—	56	—	Scheibe Nr. 4
3	55	104	4860	32	—	—	55	—	Messer Nr. 4
4	55	104	4870	32	—	—	55	—	
5	56	104	4860	32	88	—	56	—	
6	56	104	4860	32	—	—	56	—	
7	55	104	4870	32	—	—	55	—	
8	54	104	4870	32	—	—	54	—	
9	58	104	4860	32,5	97	—	58	—	
10	56	104	4860	32,5	—	—	56	—	
11	56	105	4870	33	—	—	56	—	
12	55	104	4870	33	—	—	55	—	
13	59	102	4860	33	73	—	59	—	
14	58	102	4860	33	—	—	58	—	
15	57	102	4870	33,5	—	—	57	—	
16	56	102	4870	33,5	—	—	56	—	
17	57	104	4860	35	80	—	57	—	
18	56	104	4860	35	—	—	56	—	
19	55	104	4870	35	—	—	55	—	
20	55	104	4870	35	—	330	55	32	

Die in dieser Tabelle angeführten Resultate zeigen jedoch, daß trotz der verhältnismäßig geringen Stärke der Messerklinge — nur

1,25 mm —, die für die Verringerung des Verspritzens günstig ist, der Verlust an Quecksilber pro Stunde beinahe derselbe bleibt.

Von der Annahme ausgehend, daß je schmaler die Furche bei derselben Tiefe ist, desto stärker die Wirkung der Seitenwände der Furche auf die Luft (den Asynchronismus derselben) ist, konstruierte der Verfasser ein Messer, dessen Schneide dünn, dessen übriger Teil jedoch verhältnismäßig stark bemessen war, damit die Seitenflächen des Messers, an denen die Flüssigkeit in einer dünnen Schicht emporsteigt, möglichst nahe an die inneren Flächen der

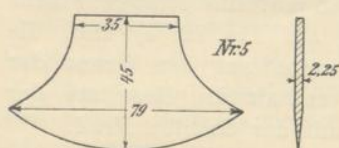


Fig. 79.

Furche herankommen, so daß von jeder Seite nur ca. 1,5 mm Spiel verblieb. Ein solches Messer ist in Fig. 72 unter Nr. 5 dargestellt. Wie aus dieser Figur hervorgeht, wird das Messer in diesem Falle an die Seitenflächen des Halters angeschraubt.

Der Halter geht nicht in die Furche hinein, sondern bleibt höher als die Kanten derselben. Der radiale Schnitt und Seitenansicht eines solchen Messers ist in Fig. 79 dargestellt.

Wie aus den Daten der Tabelle VIII ersichtlich ist, war der geringe Abstand zwischen dem Messer und der Wandung der Furche von sehr großem Einfluß auf den Umstand gewesen, daß die als Welle sich am Messer erhebende Flüssigkeit ihre Zentrifugalbeschleunigung beibehielt.

Wiederholte Versuche mit Messern der Form Nr. 5 ergaben die gleichen Resultate, wobei der Verlust an Quecksilber sogar bei sehr großer Geschwindigkeit — bis zu 6000 Umdrehungen per Minute — auf kurze Zeit (denn die Lager wurden bald warm) nicht wesentlich größer wurde.

Diese auf den ersten Blick paradoxe Erscheinung erklärt sich dadurch, daß ungeachtet der größeren Höhe der Welle bei größeren Geschwindigkeiten die Einwirkung der inneren Wandungen der Furche bei größeren Geschwindigkeiten, ebenfalls wächst infolgedessen verliert die sich als Welle erhebende Flüssigkeit weniger von ihrer zentrifugalen Beschleunigung.

Leider konnte man nicht einmal für eine kurze Zeit der Maschine eine höhere Geschwindigkeit als 6000 Umdrehungen per Minute erteilen, denn der die Maschine antreibende Riemen faßte die Riemenscheibe nicht mehr genügend und fing an stark zu gleiten.

Nachdem auf diese Weise die erforderliche Dicke des Messers gefunden war, mußte die Aufmerksamkeit auf den unteren Teil des Messers gelenkt werden. Durch Veränderung dieses Teiles

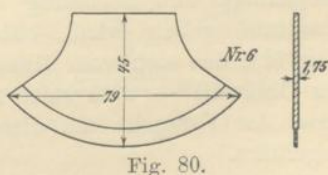


konnte man hoffen, den Verbrauch an Quecksilber noch mehr einzuschränken.

Tabelle VIII.

Nr.	Motor		Maschine					Bemerkungen	
	J	E	Umdr. per Min.	t° Temper. im Filter	J <sub>s</sub> Strom im Schleifkontakt	Quecks. eingegossen g	Quecks. aufges. g		Mittl. stündl. Quecks.-Verbrauch
1	57	104	4860	32	57	130	—	—	
2	56	104	4860	32	56	—	—	—	Scheibe Nr. 4
3	56	104	4860	32	56	—	—	—	Messer Nr. 5
4	56	102	4860	32	56	—	—	—	
5	57	104	4860	32,5	57	72	—	—	
6	56	104	4860	32,5	56	—	—	—	
7	55	104	4860	32,5	55	—	—	—	
8	55	104	4870	32,5	55	—	—	—	
9	57	104	4860	32,5	57	65	—	—	
10	56	104	4860	33	56	—	—	—	
11	56	104	4860	33	56	—	—	—	
12	55	104	4870	33	55	—	—	—	
13	57	104	4860	33	57	60	—	—	
14	57	102	4860	33	57	—	—	—	
15	56	102	4860	33,5	56	—	—	—	
16	56	104	4870	33,5	56	—	—	—	
17	56	104	4860	33,5	56	50	—	—	
18	55	104	4860	34	55	—	—	—	
19	55	104	4870	34,5	55	—	—	—	
20	54	104	4870	35	54	—	240	27	

Nachdem durch die oben beschriebenen Versuche die Tatsache festgestellt war, daß die Teilchen der Flüssigkeit, die in Form einer dünnen Schicht am Messer emporsteigen, ihre Zentrifugalbeschleunigung verlieren, lag der Gedanke sehr nahe, diese nach oben strebenden Flüssigkeitsteilchen vom Messer zu entfernen und unter den Einfluß der Luft zu bringen, damit diese, die Teilchen mitreißend, ihnen wieder neue Zentrifugalbeschleunigung verleihen und sie dadurch wieder auf den Boden der Furche befördern könnte. Auf Grund dieser Betrachtungen wurde das Messer Nr. 6 hergestellt (Fig. 72), dessen Maße in Fig. 80 aufgegeben sind.



Die Resultate der Versuche mit diesem Messer sind in der Tabelle IX angeführt.

Tabelle IX.

Nr.	Motor		Maschine							Be- merkungen
	J	E	Umdr. per Min.	Temperatur im Filter $t_0$	Queck- silber ein- gegossen	$J_s$ Strom im Schleif- kontakt	Queck- silber auf- gesammelt	Mittl. stündl. Quecksilber- verbrauch	Übergangs- widerstand des Schleif- kontakts	
1	49	108	4950	33	143	49	—	—	0,02	
2	48	108	4950	33	—	48	—	—	0,019	Scheibe Nr. 4 Messer Nr. 6
3	46	108	4950	34	—	46	—	—	0,02	
4	46	108	4960	34	—	46	—	—	0,021	
5	49	109	4950	34	50	49	—	—	0,018	
6	48	108	4960	34	—	48	—	—	0,19	
7	46	108	4960	34	—	46	—	—	0,02	
8	45	108	4970	34,5	—	45	—	—	0,019	
9	47	108	4950	34,5	30	47	—	—	0,018	
10	47	106	4950	34,5	—	47	—	—	0,018	
11	46	106	4950	35	—	46	—	—	0,019	
12	46	106	4960	35	—	46	—	—	0,021	
13	47	108	4950	35	30	47	—	—	0,018	
14	47	108	4950	36	—	47	—	—	0,018	
15	46	108	4950	36	—	46	—	—	0,018	
16	46	108	4960	37	—	46	130	31	0,019	

Aus dieser Tabelle ersehen wir, daß der Verlust an Quecksilber bei dem Messer nach Fig. 72 (6) und von den in Fig. 80 angegebenen Dimensionen erheblich höher ist, als bei dem Messer nach Fig. 72 (5). Dieses kann seinen Grund haben in der geringen Stärke des Messers (nur 1,75 mm) im oberen Teil der Furche.

Von der Annahme ausgehend, daß die Form der Schneide prinzipiell richtig ist und daß eine Verstärkung des oberen Teils der Klinge und Belassung einer Schneide von 1 mm Stärke gute Resultate geben wird, habe ich das Messer Nr. 7 konstruiert (Fig. 72), das sich vom Messer Nr. 6 nur durch die größere Stärke des Oberteils — 2,25 statt 1,75 mm — unterscheidet. Die Ergebnisse der Versuche mit diesem Messer sind in der Tabelle Nr. X angeführt.

In der Annahme, daß die Luft beim Auftreffen auf die stumpfe Vorderseite des stärkeren Oberteils der Klinge nach oben abgelenkt wird und so auf das Verspritzen einen ungünstigen Einfluß ausübt, habe ich das Messer Nr. 8 (Fig. 72) konstruiert, das sich vom Messer Nr. 7 nur durch den scharfen Vorderteil unterscheidet.





den noch spitzeren Vorderteil und durch die größere Stärke des Oberteils der Klinge unterscheidet, die aus einem Stahlblech von 3,75 mm Stärke hergestellt ist, die Schneide hat eine Stärke von 0,6 mm.

Tabelle XI.

Nr.	Motor		Maschine							Be- merkungen
	J	E	Umdr. per Min.	$t_0$ Temperatur im Filter	$J_s$ Strom im Schleif- kontakt	Queck- silber ein- gegossen	Queck- silber auf- gesammelt	Mittl. stündl. Quecksilber- verbrauch	Übergangs- widerstand des Schleif- kontakts	
1	50	108	4950	33	50	145	—	—	0,016	
2	49	108	4960	33	49	—	—	—	0,017	Scheibe Nr. 4 Messer Nr. 8
3	49	106	4960	33,5	49	—	—	—	0,017	
4	48	106	4970	34	48	—	—	—	0,018	
5	49	108	4960	34	49	30	—	—	0,017	
6	49	106	4960	34	49	—	—	—	0,018	
7	48	106	4960	34,5	48	—	—	—	0,018	
8	47	108	4970	35	47	—	—	—	0,018	
9	48	108	4960	35	48	21	—	—	0,017	
10	48	108	4960	35,5	48	—	—	—	0,017	
11	47	108	4970	36	47	—	—	—	0,018	
12	47	108	4970	36	47	—	—	—	0,019	
13	49	107	4960	36	49	18	—	—	0,017	
14	48	107	4960	36,5	48	—	—	—	0,018	
15	48	108	4970	37	48	—	—	—	0,019	
16	47	108	4970	38	47	—	—	—	0,019	
17	48	108	4960	38,5	48	20	—	—	0,018	
18	48	108	4960	38,5	48	—	—	—	0,018	
19	47	107	4960	38	47	—	—	—	0,018	
20	47	107	4960	38	47	—	141	18	0,018	

Um eine weitere Verringerung des Quecksilberverlustes zu erzielen, wurde versucht, die Temperatur des das Quecksilber bedeckenden Wassers unmittelbar vor dem Messer möglichst niedrig zu halten. Zu diesem Zwecke wurde der Zufluß des Wassers in die Furche nicht hinter dem Messer, wie früher, sondern vor dem Messer angeordnet.

Auf diese Weise wurde erzielt, daß die Temperatur des Kühlwassers unmittelbar am Messer niedriger war als an den anderen Stellen, die Abkühlung des Messers war also so günstig wie möglich. Die an diesen Umstand geknüpften Erwartungen haben sich vollauf bestätigt, wie aus der Tabelle XII zu ersehen ist, in der die Resultate der Versuche mit dem Messer Nr. 9 angeführt sind,



wobei jedoch das Wasser in die Furche ca. 3 bis 5 cm vor der Spitze des Messers zugeführt wurde.

Tabelle XII.

Nr.	Motor		Maschine							Be- merkungen
	J	E	Umdr. per Min.	$f_0$ Temperatur im Filter	$J_1$ Strom im Schleif- kontakt	Queck- silber auf- gesammelt	Queck- silber ein- gegossen	Mittl. stündl. Quecksilber- verbrauch	Übergangs- widerstand des Schleif- kontakts	
1	49	107	4950	32	49	—	140	—	0,015	
2	49	107	4950	32	49	—	—	—	0,016	Scheibe Nr. 4
3	48	107	4960	33,5	48	—	—	—	0,017	Messer Nr. 9
4	48	106	4970	34	48	—	—	—	0,017	
5	50	104	4960	34	50	—	31	—	0,016	
6	48	106	4960	34	48	—	—	—	0,016	
7	48	106	4970	34,5	48	—	—	—	0,018	
8	47	107	4970	34,5	47	—	—	—	0,018	
9	49	107	4960	35	49	—	20	—	0,016	
10	49	107	4960	35	49	—	—	—	0,017	
11	47	107	4970	35,5	47	—	—	—	0,018	
12	47	107	4970	35,5	47	—	—	—	0,018	
13	49	106	4960	36	49	—	21	—	0,016	
14	49	106	4960	36	49	—	—	—	0,016	
15	48	106	4960	36	48	—	—	—	0,017	
16	48	106	4960	36,5	48	—	—	—	0,017	
17	49	107	4960	36,5	49	—	15	—	0,016	
18	48	107	4960	37	48	—	—	—	0,017	
19	48	107	4970	37	48	—	—	—	0,018	
20	48	107	4970	38	48	143	—	16	0,017	

Diese Ergebnisse, die auch bei Wiederholung des Versuches ohne Veränderung blieben, erweisen zur Genüge, wie wichtig es ist, daß der Abstand der Seitenflächen der Furche von dem Ober-  
teil des Messers möglichst gering ist.

Bei Wiederholung der Versuche wurden dieselben Resultate erzielt.

Weiter wurden Versuche angestellt mit einem Messer Nr. 10, dessen Schneide schwächer war, während die Stärke des oberen Teils dieselbe blieb. Man konnte vermuten, daß, je dünner die Schneide des Messers gemacht wurde, desto kleiner auch die durch das Messer verursachte Welle ausfallen würde infolge des geringeren Widerstandes, den das Quecksilber dem Messer entgegensetzt. In der Tabelle XIII sind die Resultate angeführt, die sich bei dem Arbeiten mit dem Messer ergaben, dessen Schneide 0,4 mm stark

war, während der stärkere Teil der Klinge eine Dicke von 3,8 mm besaß.

In der mit „ $t_1$ “ bezeichneten Spalte dieser Tabelle ist die Lufttemperatur im Innern des Gehäuses angegeben. Wie es sich später herausgestellt hat, konnte man auf Grund dieser Temperatur mit voller Genauigkeit beurteilen, ob die Wasserkühlung genügend ist. Jedesmal, wenn der Wasservorrat im Reservoir, aus dem das Wasser in den Trichter *A* tropfte, gering wurde und deshalb die Anzahl Tropfen pro Minute entsprechend kleiner wurde, stieg sofort die Temperatur im Innern des Gehäuses.

Tabelle XIII.

Nr.	Motor		Maschine										Bemerkungen
	<i>J</i>	<i>E</i>	Umdr. per Min.	$t_1$ ° Temperat. in der Masch.	$t_0$ ° Temperat. im Filter	$J_2$ Strom in Schleifkontakte	Quecksilber eingegossen	Quecksilber aufgesammelt	Mittelständl. Quecksilberverbrauch	Übergangswiderst. des Schleifkont.			
1	59	107	5000	30	29	59	105	—	—	0,009			
2	56	110	5030	30	29	56	—	—	—	0,01	Scheibe Nr. 4 Messer Nr. 10		
3	55	115	5030	31	29,5	55	—	—	—	0,01			
4	55	115	5030	31	30	55	—	—	—	0,016			
5	59	115	5000	32	30	59	30	—	—	0,01			
6	59	115	5000	32	30	59	—	—	—	0,01			
7	57	120	5030	33	31	57	—	—	—	0,013			
8	57	120	5030	33	31	57	—	—	—	0,019			
9	58	120	5000	33	32	58	20	—	—	0,01			
10	58	110	5000	33	32	58	—	—	—	0,01			
11	58	110	5030	34	32	58	—	—	—	0,017			
12	57	110	5020	34	32	57	—	—	—	0,018			
13	58	110	5000	34	32	58	17	—	—	0,01			
14	58	110	5000	34	32	58	—	—	—	0,013			
15	58	110	5020	35	33	58	—	—	—	0,013	Wasser mehr		
16	55	120	5020	32	30	55	—	—	—	0,016			
17	58	120	5000	32	30	58	18	—	—	0,01			
18	58	120	5000	32	30	58	—	—	—	0,01			
19	57	120	5000	32	30	57	—	—	—	0,013			
20	58	115	5020	32	30	58	—	118	14	0,013			

Da es einerseits gefährlich war, die Schneide noch dünner zu machen, denn sie fing bereits an sich zu werfen und andererseits der Zwischenraum zwischen den Seitenflächen des Messers und der Furche auch nicht geringer gemacht werden konnte, denn es blieben von jeder Seite nur 0,6 mm, so kann man annehmen, daß die Form des Messers Nr. 10 am besten zu der Furche in der Scheibe Nr. 4



paßt. Die weiteren Versuche dienten nur zur Feststellung der maximalen Stromstärke, die man durch das Messer senden kann. Das Schema der Versuchsanordnung ist in Fig. 82 dargestellt.

Durch Schließen von Schalter 1 und 2 wurde der Motor in Gang gesetzt, Schalter 3 blieb offen. Der Anlaßwiderstand ist auf dem Schema der Übersichtlichkeit wegen weggelassen. Nachdem die Geschwindigkeit des Motors durch Regulieren des Widerstandes  $RW$  auf das erforderliche Maß gebracht war, wurde der Kontakt zwischen der Scheibe  $S$  und dem Messer  $S_1$  durch Öffnen des Schalters 2 hergestellt, so daß der zur Speisung des Motors dienende Strom durch den zu prüfenden Kontakt passieren mußte. Dieser Strom wurde durch das Amperemeter  $A$  gemessen. Nach Schließen von Schalter 3 ging durch den Kontakt zwischen Messer und Scheibe außer dem Motorstrom auch der Strom, der durch den Widerstand  $BW$  fließt. Mit Hilfe dieser Anordnung ist es gelungen, durch das Messer einen Strom bis zu 400 Amp.

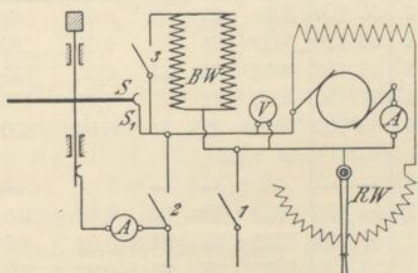


Fig. 82.

Stärke zu senden. Allerdings konnte in Anbetracht der Unzulänglichkeit der Leitungen in unserem Laboratorium ein so starker Strom nicht für lange Dauer angewandt werden, doch beweist der Umstand, daß ein solcher Strom länger als eine halbe Stunde durch das Messer floß, zur Genüge, daß dieser Strom das Messer nicht überlastet, und daß bei der enormen Ventilationswirkung der Luft und der Abkühlung durch Wasser die Joulesche Wärme keine Rolle spielt, man hat nur mit der durch die Reibung des Messers im Quecksilber entstehende Wärme zu rechnen.

Sehr bezeichnend war der Umstand, daß der Messerhalter innerhalb der Verkleidung der Maschine, wo er von der durch die Scheibe bewegten Luft sehr energisch gekühlt wurde, ganz kalt blieb, außerhalb der Pappverkleidung aber, wo der Halter von der ruhenden atmosphärischen Luft umgeben war, wurde er durch den Strom merklich erwärmt (Joulesche Wärme).

Die Resultate dieser Versuche sind in der Tabelle XIV angeführt.

Damit war die experimentielle Untersuchung des gekühlten raschlaufenden Gleitkontaktes abgeschlossen, es wurde weiter zur theoretischen Bearbeitung der aus dem Versuch gewonnenen Resultate geschritten, auch wurde der Bau einer zu Experimenten bestimmten

unipolaren Dynamo von 80 KW Leistung in Angriff genommen, die mit dem obenbeschriebenen gekühlten Gleitkontakt versehen ist.

Tabelle XIV.

Nr.	Motor		Maschine										Bemerkungen
	$J$	$E$	Umdr. per Min.	$t_1$ ° Temperat. in der Masch.	$t_2$ ° Temperat. im Filter	Übergangswiderst. des Schleifkont.	$J_s$ Strom im Schleifkontakte	Quecksilber eingegossen	Quecksilber aufgesammelt	Mittl. stündl. Quecksilberverbrauch			
1	50	120	5000	29	28	0,01	50	160	—	—			
2	50	120	5020	29	28	0,01	180	—	—	—	Scheibe Nr. 4		
3	56	110	5030	32	31	0,02	135	—	—	—	Messer Nr. 10		
4	60	100	5000	32	31	0,03	400	—	—	—			
5	60	100	5000	32	31	0,03	400	—	—	—	Sicherung gesch.		
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
7	56	105	5000	32	31	0,03	330	92	—	—			
8	50	120	5030	32	31	0,02	90	—	—	—			
9	50	120	5020	32	31	0,02	323	—	—	—			
10	50	120	5020	30	29	0,02	295	40	—	—	Mehr Wasser		
11	50	120	5030	30	29	0,01	50	—	—	—	Widerst. Sicherung gesch.		
12	50	120	5020	30	29	0,01	305	35	—	—			
13	57	110	5020	41	35	0,02	260	—	—	—			
14	55	115	5020	43	37	0,03	260	—	—	—			
15	55	120	5020	39	35	0,02	260	70	343	~ 15			

### III. Theorie des raschlaufenden gekühlten Schleifkontaktes.

Die Frage der Stromabnahme von schnell rotierenden Oberflächen ist bei der Konstruktion von Unipolarmaschinen von ausschlaggebender Bedeutung. Alle Bemühungen der Konstrukteure und Erfinder sind hauptsächlich auf diesen Punkt gerichtet und erschien es deshalb notwendig, die von dem Verfasser vorgeschlagene und praktisch erprobte Konstruktion eines Stromabnehmers auch vom hydrodynamischen Standpunkt aus eingehend zu prüfen. Dieses war um so mehr erforderlich, als bei den enormen relativen Geschwindigkeiten zwischen dem beweglichen und dem unbeweglichen Teil der Stromabnahmevorrichtung die unmittelbare Beobachtung durch das Auge nicht mehr die Möglichkeit gab, eine klare Vor-