

2. Mittelschwere Anlaufbedingungen:  
 $K = 36$  (z. B.:  $C = 4$ ;  $s_n = 3\%$   
 oder  $C = 2$ ;  $s_n = 4,25\%$ ).
3. Schwere Anlaufbedingungen:  
 $K = 72$  (z. B.:  $C = 8$ ;  $s_n = 3\%$   
 oder  $C = 2$ ;  $s_n = 6\%$ ).

Die Abb. 2, 3 und 4 zeigen die aus den 3 Formeln errechnete, für den Anlauf erforderliche Überlastbarkeit ( $M_k : M_n$ ) in Abhängigkeit vom Verhältnis des Anlaufmomentes zum Normalmoment ( $s = M_a : M_n$ ).

Für leichte Anlaufbedingungen weichen die Kurven ziemlich stark voneinander ab (Abb. 2). Die Gerade A gilt hier und in den nächsten Bildern für das Eintrittbleiben der Maschine ( $M_k : M_n = M_a : M_n$ ). Während die Carrsche Kurve im ganzen Verlauf höher liegt als die Gerade A, liegen die Kurven von Dreyfus und mir für kleine Anlauflasten tiefer. In diesem Falle gibt natürlich die Gerade A die notwendige Erregung an, da ein Synchronlauf mit kleinerer Erregung als der zum Eintritthalten notwendigen nicht möglich ist. In den Arbeiten von Dreyfus und mir ist hierauf ausdrücklich hingewiesen worden. Physikalisch kann man sich dieses Ergebnis so erklären, daß die kleinere Erregung zwar ausreicht, um den Rotor in den Synchronismus pendeln zu lassen, aber nicht, um ihn synchron zu halten. Die Kurven für mittelschweren Anlauf zeigen, daß die Dreyfussche Kurve mit der meinen bei wachsender Anlaufast identisch wird, während die Carrsche Kurve unbedeutend höher liegt. Für sehr schweren Anlauf ist die Übereinstimmung zwischen Dreyfus und mir vollkommen; auch die Carrsche Kurve,

die zuerst etwas höhere, dann etwas tiefere Erregerströme angibt, weicht praktisch kaum ab.

Ein nennenswerter Unterschied besteht also nur für geringe Lasten. Gerade hier aber ist er bedeutungslos; da nämlich die Überlastbarkeit einer Synchronmaschine bei normalem Erregerstrom kaum unter 1,5 beträgt, zeigt die Ausrechnung nach jeder der 3 Formeln, daß Schwierigkeiten nicht zu befürchten sind, was dem Praktiker genügt. Bei schwierigerem Anlauf aber ist es belanglos, welche Formel gewählt wird. Ich glaube daher, die meine empfehlen zu können, die im Gebrauch am einfachsten ist.

Außer den genannten Autoren hat sich noch Herr Dr. Fränkel mit dem Problem beschäftigt<sup>1)</sup>. Er berechnet den zum Eintrittwerden erforderlichen Erregerstrom für den Fall, daß im günstigsten Moment eingeschaltet wird, während die bisher aufgeführten Ergebnisse für Schalten im ungünstigsten, also praktisch für Einschalten in einem beliebigen Moment galten. Ob sich ein Mechanismus, der den günstigsten Moment automatisch treffen soll, in der Praxis bewähren wird, muß die Erfahrung zeigen.

Herr Dr. Fränkel spricht in seinen Ausführungen die Ansicht aus, daß die von mir gegebene Formel unbrauchbar sei, weil sie bei sehr günstigen Anlaufbedingungen und geringen Lasten zu Momenten führt, die niedriger als das Anlaufmoment sind, ein Vorwurf, der übrigens auch die Dreyfussche Lösung trifft. Herr Dr. Fränkel hat dabei übersehen, daß ich die zum Eintritthalten erforderliche Erregung als Minimum gekennzeichnet habe.

<sup>1)</sup> „BBC-Mitteilungen“ Jahrgang IX 1922, S. 243 (Dezember 1922).

## „Enigma“ Chiffriermaschine.

Von Dr.-Ing. Arthur Scherbius.

**Übersicht.** Nachdem kurz auf die Anforderungen hingewiesen ist, welche an eine Chiffriermaschine gestellt werden müssen, damit dieselbe den Gebrauch der Geheimschrift allgemeinen Kreisen zugänglich macht, wird das neueste Modell der „Enigma“-Chiffriermaschine, welche für die verschiedensten Anwendungsgebiete brauchbar ist, an Hand von drei Abbildungen derselben in seinen wesentlichsten Konstruktions teilen beschrieben.

An anderer Stelle<sup>1)</sup> ist auf die Bedeutung der Geheimschrift für die Telegraphie und insbesondere für die Radiotelegraphie hingewiesen worden. Bisher haben hauptsächlich Militär- und Marinebehörden sowie der auswärtige Dienst chiffriert. Besonders im auswärtigen Dienst kann es unter Umständen noch nach Jahren wichtig sein, den Inhalt eines feindlichen Chiffrates zu ermitteln. Daß für staatliche Telegramme die Notwendigkeit der Geheimhaltung eine wesentlich zwingendere ist als für die normalen, von der Post übermittelten Handelsnachrichten, liegt auf der Hand. Da aber die Radionachrichten in der einfachsten Weise von jedem Unberufenen abgehört werden können, und in dem Gesamtverkehr Texte von solcher Länge auftreten, wie sie bei irgendwelchen Ämtern nie vorkommen, und da im allgemeinen die unberufene Lösbarkeit eines Chiffrates mit seiner Länge sehr viel leichter wird, so müssen auch für die Verwendung bei der Radiotelegraphie Chiffriersysteme mit großer Anforderung an die Sicherheit gewählt werden. Neben der Sicherheit muß die Radiotelegraphie noch die schärfsten Anforderungen an betriebsmäßige Verwendbarkeit, an Schnelligkeit, Einfachheit der Bedienung zur Vermeidung von Fehlerquellen und leichte Ausmerzbarkeit von Übertragungsfehlern stellen.

Soll die Geheimschrift für die Radiotelegraphie nutzbar gemacht werden, so kann dies nur mit Hilfe einer Maschine geschehen, denn nur eine solche ist imstande, so schnell und exakt zu arbeiten, wie dies bei der ungeheuren Menge des täglich zu bewältigenden Nachrichtenstoffes notwendig ist. Auch nur eine Maschine kann die großen Vorteile, welche für die Allgemeinheit in der Benutzung der Geheimschrift liegen, weiten Kreisen zugänglich machen.

Im folgenden soll das neueste Modell der „Enigma“-Maschine beschrieben werden. Es erfüllt vollkommen die Anforderungen, die die Post stellen muß, und ist gleichzeitig für amtliche Mitteilungen, für Handel und Industrie in weitestgehendem Maße verwendbar. Ohne auf die chiffrierteoretischen Grundlagen im einzelnen einzugehen, von denen nur bemerkt sei, daß das der Maschine zugrunde liegende Chiffriersystem in der Art, wie die Chiffriersicherheit gewährt wird, prinzipielle neue, von den bis dahin verwendeten Schreibsystemen abweichende Wege geht, soll in dem vorliegenden Aufsatz im wesentlichen nur auf die Konstruktion der Maschine eingegangen werden.

In Abb. 1 ist die Maschine in vollkommenem Zustand abgebildet, während in Abb. 2 die Verschlüsskappen abgenommen sind, um die Einzelheiten der Maschine besser erkennen zu können. Die Maschine ist ganz ähnlich einer Schreibmaschine gebaut und wird auch genau wie diese bedient. Vorn sind die Schreibastgen zu erkennen, auf welchen auch ebenso wie bei einer Schreib-

maschine erstens die 25 Buchstaben des Alphabetes und darunter auf jeder Taste je eine Zahl und ein Zeichen steht. Hinter den Tasten sind in Abb. 2 vier Walzen zu sehen. Diese Walzen tragen je einen mit Buchstaben beschrifteten Ring auf der linken und ein Zahnrad auf der rechten Seite. Auf der rechten Seitenwange der Maschine erkennt man vier kordierte Griffe. Diese Griffe sind

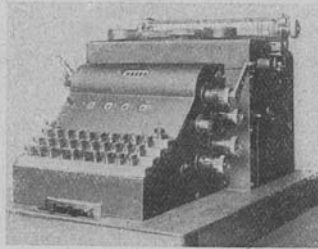


Abb. 1. Chiffriermaschine mit Verschlüsskappen.

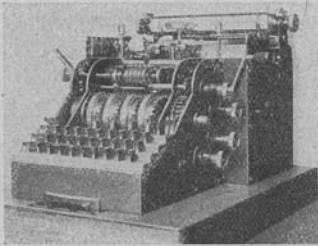


Abb. 2. Chiffriermaschine ohne Verschlüsskappen.

mit vier Wellen verbunden, von denen je eine unter Vermittlung eines Zahnrades auf eine der vier Walzen arbeitet. Die Zahnräder sind nicht gleichmäßig geteilt, vielmehr ist bei ihnen ein Teil der Zähne weggelassen, so daß der Transport der Rolle ungleichmäßig erfolgt. Die ganze Chiffrierung geschieht auf elektrischem Wege. Außerdem wird die Maschine von einem Elektromotor angetrieben. Die vier Walzen bilden zusammen einen elektrischen Vielfachumschalter. Vor der hinten oben liegenden Schreibwalze ist ein auf einer wagerechten Welle befestigtes und mit dieser drehbares Typenrad zu erkennen. Wird ein Buchstabenkontakt niedergedrückt, so wird durch dieses Typenrad ein Buchstabe abgedruckt. Die Verbindung zwischen Schreibvorrichtung und Schreibkontakten wird durch die vier Walzen in ungeheurer großer Variationsfähigkeit geändert, und zwar tritt dadurch, daß nach jedem Niederschreiben eines Buchstabens die vier Wellen mit Hilfe eines gemeinsamen Antriebes jedesmal um eine Teilung weitergestellt werden, diese Veränderung nach jedem Buchstaben ein, und zwar derart, daß nach Niederschreiben von etwa 1 Mill. Buchstaben wieder die gleiche Variationsfolge auftritt, das heißt, erst wenn ein normales Buch von etwa 1000 Seiten abgeschrieben ist, wird ein genau gleicher Text wieder das gleiche Chifftrat ergeben. Den Text einer solchen Länge kann man als Chiffrierperiode bezeichnen. Derartiger Chiffrierperioden sind etwa 20 000

<sup>1)</sup> „Radiotelegraphie und Geheimschrift“, Zeitschrift für Fernmeldetechnik Heft 7 v. 16. 7. 1923, 4. Jahrgang.

in der Maschine, das heißt: es können 20 000 derartiger Bücher mit immer anderen Variationen beschrieben werden. Diese verschiedenen Variationen werden erreicht durch Einstellung verschiedener Schlüssel, das heißt durch veränderte Einstellung der Anfangsstellung der Rollen auf verschiedene Buchstaben. Die Einstellung geschieht mit Hilfe der vier rechts zu sehenden, kordierten Griffe. In Abb. 1 sind da, wo bei Abb. 2 die Rollen liegen, vier Fenster zu sehen. In diesen Fenstern erscheinen die jeweiligen Schlüsselbuchstaben der vier Rollen. Links neben den kordierten Griffen sind abermals vier kleine, rechteckige Fenster zu sehen. Auch unter diesen erscheinen Buchstaben, welche die Stellung der Wellen und der mit diesen verbundenen Zahnräder zum Antriebsmechanismus festlegen. Auch diese vier Buchstaben können durch die kordierten Griffe nach Hereinschieben derselben eingestellt werden. Der gesamte Schlüssel besteht also aus acht Buchstaben. Über den vier Rollen sind in Abb. 2 fünf kleine Rollen zu sehen, die ein Zählwerk bilden. Das Zählwerk kann vermittels des kordierten Griffes, welcher links außen an der Maschine zu sehen ist, auf Null gestellt werden. Die Zahlen des Zählwerkes erscheinen in den fünf oberen kleinen Fenstern (Abb. 1). Das Zählwerk zählt die Anzahl der in einem Telegramm, einer Telegrammserie oder in einem Bericht geschriebenen Buchstaben. Der Transportmechanismus der Papierwalze ist so eingerichtet, daß die Chiffribuchstaben automatisch ohne Hinzutun des Schreibenden in Gruppen zu fünf auf dem Papier erscheinen. Halbautomatisch wird die Zeile auf je 50 Buchstaben begrenzt, so daß die Doppelzeile 100 Buchstaben enthält. Durch diese Anordnung ist es möglich, in einem Chiffriertext sofort die Nummer des Buchstabens im Telegramm zu ermitteln. Mit Hilfe der an dem obersten der kordierten Griffe angebrachten Kurbel kann man Chiffriermechanismus und Zählwerk beliebig vorwärts und rückwärts drehen. Durch diese Maßnahmen: die Einteilung der Buchstaben in Gruppen und Zeilen genau bestimmter Länge, die Anordnung des Zählwerkes und die Verstellbarkeit des Chiffriermechanismus durch die Kurbel kann man in jedem Augenblick die Korrespondenz zwischen Maschine und Schriftstück herstellen. Dies ist ein wesentlicher Faktor zur Vermeidung und Auffindung von Fehlern und zur Erleichterung von Rückfragen bei fehlerhaften oder unvollständigen Chiffrierten. Die Kombination dieser Einrichtungen ermöglicht es, alles das richtig zu dechiffrieren, was richtig überkommen ist, im Gegensatz zu anderen Chiffrierverfahren, bei welchen ein fehlerhafter oder fehlender Buchstabe häufig die Entzifferung des ganzen Telegrammes unmöglich macht. Die Begrenzung der Zeilen geschieht praktisch folgendermaßen:

Ist die Zeile von 50 Buchstaben beendet, so wird der Schreibmechanismus der Maschine elektrisch abgeschaltet. Ein Weiter-schreiben auf derselben ist erst dann wieder möglich, wenn die Papierwalze auf ihre Anfangsstellung zurückgeschoben ist. Es ist also weder möglich über die Zeile hinaus zu schreiben noch die Zeile zu spät zu beginnen.

An Abb. 3 sind die bereits erwähnten Walzen noch besonders abgebildet. Sie sind nach Montage auf der Welle, auf welche sie auf dem Bilde nur lose aufgesteckt sind, drehbar gelagert. Am linken Ende der Welle ist ein Endanschlußstück zu sehen, zu welchem eine Reihe von Zuleitungen in einem gemeinsamen Kabel führt. An diese Zuleitungen sind die Schreibkontakte angeschlossen. Auf der rechten Seite der beiden Rollen sind kreisförmig angeordnete, herausstehende Kontaktbutzen zu sehen. Diese werden in kleine Röhren geführt und durch Federn nach außen gedrückt. Die Rollen tragen auf der nicht sichtbaren Seite eine gleiche Anzahl von Kontakten, welche mit dem Isoliermaterial der

Stirnseite eine Fläche bilden und nach dem Zusammenbau gegen die herausstehenden Butzen anliegen. Von diesen Kontakten der beiden Stirnseiten einer Rolle ist je einer der einen mit je einem der anderen Seite verbunden, und zwar in möglichst unregelmäßiger Weise. Auf jeder Stirnseite sind ebensoviel Kontakte vorhanden wie Schreibkontakte an dem Tastenbrett liegen. Durch Drehen jeder Rolle um je eine Teilung werden die Verbindungen zwischen der Geber- und Empfängerseite in der Maschine grundlegend vertauscht (nicht zyklisch, sondern vollkommen neu durcheinandergewürfelt), aber immer so, daß für jede Stellung ein Schreibkontakt einem ganz bestimmten Buchstaben am Typenrad entspricht.

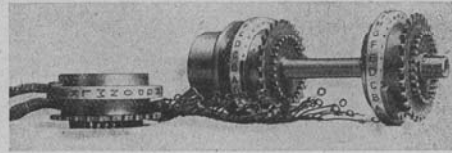


Abb. 3. Papierwalzen der Chiffriermaschine.

Ganz vorn am unteren Rand der Maschine ist ein Hebel zu sehen, der auf drei Stellungen eingestellt werden kann. Mit Hilfe dieses Hebels kann die Maschine auf Chiffrieren, Dechiffrieren und Klartext eingestellt werden. Bei der Einstellung auf Klartext arbeitet dieselbe genau wie eine normale Schreibmaschine. Es kann also ein Brief, der nur teilweise geheim ist, in Klarschrift geschrieben und es können lediglich einige Abschnitte, Sätze oder gar Worte chiffriert werden. Beim Chiffrieren wird der Klartext auf der Maschine getippt wie bei einer Schreibmaschine. In der untersten Reihe der Tastatur sind zwei Tasten doppelter Breite zu erkennen. Dies sind Umschalttasten. Beim Übergang von Buchstaben zu Ziffern und Zeichen wird die Ziffernumschalttaste gedrückt. Sollen dann wieder Buchstaben geschrieben werden, so wird die Buchstabenumschalttaste angeschlagen. Das Chiffriertastensystem Umschaltung nicht erkennen. Es besteht ausschließlich aus Buchstaben. Werden dagegen zum Zweck der Dechiffrierung diese Buchstaben wieder auf der Maschine abgetippt, nachdem der Umschalthebel auf Dechiffrieren eingestellt war, so erscheint der Klartext wieder mit sämtlichen Zeichen und Buchstaben und, was für die leichte Lesbarkeit sehr wichtig ist, mit den richtigen Wortabständen. Das Dechiffriertastensystem hat also ungefähr die doppelte Anzahl von verschiedenen Zeichen wie das zur übermittelnde Chiffriertastensystem. Dies bedeutet einen großen Vorteil. Nachrichten, insbesondere solche, welche viele Zahlen enthalten, sind selbstverständlich wesentlich kürzer, wenn sie in Zahlen geschrieben werden als bei der Übermittlung in Worten. Andererseits ist es bei der telegraphischen Übermittlung von großem Vorteil, insbesondere bei Morsecodierung, nur Buchstaben übermitteln zu müssen, da die Morsecodierung für die Buchstaben wesentlich kürzer sind als die für Zahlen.

Die Maschine ist von der Firma Scherbius & Ritter in Berlin-Wannsee entwickelt worden. Das abgebildete neueste Modell dagegen ist von der Gewerkschaft Securitas, Berlin W 35, Steglitzer Straße 2, welche die sämtlichen Patente zwecks Verwertung übernommen hat, unter Mitarbeit der ersteren Firma gebaut worden.

### Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfmäße<sup>1)</sup>.

#### Nr. 167.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten sind die folgenden Systeme von Spannungswandlern zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfmäße im Deutschen Reiche zugelassen und ihnen die beigesetzten Systemzeichen zuerteilt worden.

I. System  $\left[ \begin{array}{c} \text{---} \\ 9 \\ \text{---} \end{array} \right]$ , Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom, Form TE 21,

II. System  $\left[ \begin{array}{c} \text{---} \\ 10 \\ \text{---} \end{array} \right]$ , Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom, Form TE 22,

beide hergestellt von der H. Aron, Elektrizitätszählerfabrik G. m. b. H. in Charlottenburg.

Charlottenburg, den 4. X. 1923.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

In Vertretung:  
gez.: Holborn.

<sup>1)</sup> „Reichsministerialblatt“ 1923, S. 974.

### Beschreibung.

#### I. System $\left[ \begin{array}{c} \text{---} \\ 9 \\ \text{---} \end{array} \right]$ .

Form TE 21, Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom der H. Aron Elektrizitätszählerfabrik G. m. b. H., Charlottenburg.

Die Spannungswandler der Form TE 21, und zwar:

TE 21 m mit Masseisolation,  
TE 21 o mit Ölisolierung,  
TE 21 L mit Luftisolation

können bei der Frequenz 50 Per/s für primäre Nennspannungen bis 6000 V, für die sekundäre Nennspannung 110 V und für eine sekundäre Höchstbelastung von 30 Volt-Ampere beglaubigt werden.

Die Wandler der Form TE 21 L (Abb. 1) haben Luftisolation; sie sind auf vier eisernen Füßen montiert, auf denen die Hochspannungsisolatoren befestigt sind. Die Sekundärwicklung befindet sich innerhalb der Primärwicklung. Die Primärwicklung auf einem Porzellanspulenkörper wird durch einen plomberbaren Pressmantel umgeben und ist somit gegen äußere Eingriffe geschützt. Die Anschlüsse der Sekundärwicklung werden durch eine plomberbare Schutzkappe verdeckt.

Die Wandler der Form TE 21 m und TE 21 o (Abb. 2) befinden sich in einem ovalen Topf aus Eisenblech von 240 mm Höhe, 240 mm Längsdurchmesser und 180 mm Querdurchmesser, der mit Isoliermasse oder Transformatoröl angefüllt und mit einem Gußeisendeckel plomberbar verschlossen ist. Die Hochspannungs-