

Die electro-magnetische Telegraphie,
 nebst einer
 Einleitung über optische und akustische Telegraphen.

§ 1.

Mittheilung im allgemeinsten Sinne des Wortes ist das große Band, welches sowohl die einzelnen Organe des lebenden Wesens untereinander und mit ihrem Centralorgan, als auch die lebenden Geschöpfe untereinander verbindet und sie zu den äußern Erscheinungen des Alls in Beziehung setzt. Sie wird in der Natur auf die mannigfaltigste Weise vermittelt; so verschiedenartig aber auch die einzelnen Arten der Mittheilung sein mögen, die Perception des Mitgetheilten geschieht immer auf einem allen Geschöpfen gemeinsamen Wege. Wie nämlich bei den vollkommenern Wesen durch das künstliche Gewebe der Nerven, und bei den niedrigsten Thiergattungen, wo der Körper noch ganz Nervenmasse ist, durch diese letztern die Willensäußerungen sich momentan den einzelnen functionirenden Körpertheilen mittheilen: so gelangen auch umgekehrt alle Eindrücke der Außenwelt zum Bewußtsein des Organismus auf demselben Wege. Die Mittheilungen geschehen daher durch Affection der einzelnen Sinne. Am vollkommensten ist dieselbe unstreitig beim Menschen in dem unmittelbaren Uebertragen der Gedanken durch die Sprache und in dem mittelbaren Fortpflanzen derselben, wenn man sie durch die Schrift fixirt hat. — Die Mittheilung durch die Sprache geschieht nun zwar schnell, reicht aber nur auf kleine Entfernungen; man hat daher schon in den frühesten Zeiten das Bedürfniß gefühlt und deshalb sich nach Mitteln umgesehen, eine Gedankenreihe möglichst schnell und zugleich auf sehr große Entfernungen zu übertragen — eine solche Mittheilungsweise wurde Telegraphie, Fernschrift genannt. Das allgemeinste Problem der Telegraphie besteht also darin: eine Gedankenreihe möglichst schnell, auf beliebig weit entfernte Strecken und zu jeder beliebigen Zeit zu übertragen. —

Die Versuche, die von den ältern Zeiten bis auf unsre Tage herab zur Lösung dieses Problems gemacht worden sind, kann man füglich in drei Klassen eintheilen: in Telegraphie durch unmittelbare Wirkung auf das Gesicht (optische Tel.), in Telegraphie durch unmittelbare Wirkung auf das Gehör (akustische Tel.) und in galvanische, electro-magnetische Telegraphie durch mittelbare Wirkung auf einen der Sinne. Es ist nicht zu verkennen, wenn wir vorerst absehen von der letzten Fernschreibmethode, daß, unter übrigens in Bezug auf Vollkommenheit gleichen, Umständen die Telegraphie für das Gehör ebenso sehr einen Vorzug vor der Gesichtstelegraphie haben würde, als die Sprache sich auszeichnet vor der Mienen- und Zeichen-

sprache der Taubstummen und selbst vor der Schrift; indessen stehen im Allgemeinen jener erstern telegraphischen Methode weit mehr Schwierigkeiten entgegen, als der optischen. —

I. Die optische Telegraphie.

§ 2.

Die älteren, schon 200 Jahre v. Ch. bekannten und von Polybius beschriebenen Fernschreibmethoden bestanden meistens in Feuer- und Fackelsignalen, bei denen durch eine bestimmte Anzahl von Fackeln, die nach einer gewissen Richtung hinter einer Blendung hervorgestreckt wurden, eine von 5, mit Schriftzeichen versehenen Tafeln als diejenige bezeichnet wurde, auf welcher der zu schreibende Buchstabe befindlich sei. Durch eine bestimmte Anzahl von, nach entgegengesetzter Richtung hervorgestreckten, Fackeln wurde dann dieser, auf der schon bekannten Tafel befindliche, Buchstabe noch näher bezeichnet. — Daß diese Methode noch sehr unvollkommen war, leuchtet von selbst ein. Der erste geeignete Vorschlag zur Errichtung einer telegraphischen Linie (zwischen London und Paris) wurde gegen Ende des 17. Jahrhunderts von Robert Hook gemacht. Derselbe gab eine Vorrichtung an, mit welcher ein beliebiges von 24 hinter einem schwarzen Schirme verborgenen Schriftzeichen rasch hervorgezogen und zurückgeschoben werden konnte. Auf einer entfernten Station sollten dann die hervorgezogenen Zeichen durch Teleskope beobachtet werden. — Da indessen der Vorschlag dieses Engländers nicht zur Ausführung gekommen ist, so bleibt die Ehre der Erfindung dem französischen Ingenieur Chappé, welcher 1793 die erste Telegraphenlinie zwischen Paris und Lille, 60 franz. Meilen weit, mit 22 Zwischenstationen eröffnete. Eine Nachricht wird durch diesen Telegraphen in zwei Minuten übertragen.¹⁾ Die Engländer bemächtigten sich zuerst der Chappé'schen Erfindung, und vervollkommneten dieselbe so sehr, daß z. B. ein Zeichen von Liverpool nach Holyhead, eine Entfernung von 39 deutschen Meilen, in 35 Sekunden anlangte. — In Deutschland fanden die Telegraphen erst vor ungefähr 11 Jahren Eingang durch Herstellung einer Telegraphenlinie zwischen Berlin und Cöln. Es ist zwar nicht unsre Absicht, die Constructionen der einzelnen telegraphischen Vorrichtungen und die Verschiedenheit ihrer Zeichen auseinanderzusetzen: indessen scheint es nicht unpassend und zur Vergleichung mit dem eigentlichen Gegenstande unsrer Arbeit, dem electrischen Telegraphen, ganz geeignet, den Mechanismus des genannten preuß. Telegraphen, als des Repräsentanten einer großen Klasse von derartigen Maschinen, näher zu beschreiben:

Es befinden sich in jedesmaligen Entfernungen von 2—4 Stunden, je nach der verschiedenen Beschaffenheit des Terrains, Telegraphen-Häuser, auf deren obersten Plattform die Maschine errichtet ist. Dieselbe besteht aus einem senkrechten, 20' hohen parallelpipedischen Balken, an dessen zwei entgegengesetzten Seiten sich 3 Paare gegenüber-

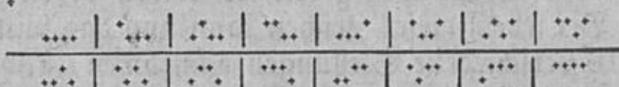
1) Beschreibung und Abbildung des Tel. in Paris. Leipzig 1794.

stehender, 4' langer, $1\frac{1}{4}'$ breiter Flügel (Indikatoren) befinden. Jeder Flügel sitzt auf einer Rolle, über die eine Schnur bis in das Gebäude herunterläuft, und sich hier über eine zweite auf einer Kurbel befestigten Rolle schlingt. Durch die Drehung der Kurbel kann daher jeder Indikator einen Halbkreis beschreiben; von den verschiedenen Stellungen werden jedoch nur 4 für die Zeichen benutzt, diejenigen nämlich, wo der Flügel mit dem Balken, von der Ruhelage aus gerechnet, einen Winkel von 0° , 45° , 90° , 135° bildet. — Es kann also bei einer Stellung eines der obersten Flügel, der andre 4 verschiedene Lagen einnehmen; mithin geben die beiden obern Flügel schon 16 Zeichen. Bei jedem dieser Zeichen kann nun das mittlere Flügelpaar wieder 16 verschiedene Stellungen einnehmen, also geben die 4 obern Flügel schon $16 \times 16 = 256$ Zeichen, und da für jedes dieser Zeichen das untere Flügelpaar wieder 16 verschiedene Combinationen gibt: so kann der Telegraph überhaupt $256 \times 16 = 4096$ Zeichen geben, die, außer zu den Buchstaben und Ziffern, noch zu Abkürzungen für eine Menge von ganzen Wörtern dienen können. — Auf jeder Station befinden sich 2 Fernröhre, die nach den beiden benachbarten Stationen hingerrichtet sind. Soll nun eine telegraphische Nachricht z. B. von Köln nach Berlin abgehen, so gibt der Kölner Telegraph durch eines seiner Zeichen das Signal zum Anfang, welches Zeichen sogleich auf allen Zwischenstationen nach gemacht wird, indem auf einer folgenden Station durch das Fernrohr das Zeichen des nächst vorhergehenden erspäht wird. Ein Zeichen bleibt hier so lange stehen, bis man durch das andre Fernrohr beobachtet hat, daß es auf der folgenden Station nachgemacht ist. Jede Veränderung der Indikatoren mag ungefähr 4" Zeit kosten und jedes Zeichen ungefähr $14'' - 16''$ stehen bleiben: so erfolgt immer nach $18'' - 20''$ ein neues Zeichen. —

§ 3.

Diese und ähnliche Telegraphen der neuern Zeit lassen für kurze Strecken in Bezug auf Schnelligkeit nicht viel zu wünschen übrig. Die Geschwindigkeit des Lichts ist bekanntlich nahe 41900 geogr. Meilen in der Secunde; also ist die Zeit, welche verfließt, bis ein Zeichen von einer Station zur folgenden gelangt, als ein Augenblick anzusehen und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Zeichen hängt nur von der Zeit ab, die auf die Bewegung der Indikatoren verwandt wird, fällt also um so kleiner aus, je mehr Zwischenstationen die Telegraphenlinie besitzt. — Durch den letzten Umstand kann daher der Flug der Nachrichten bedeutend verzögert werden; indessen ist dieser Nachtheil solcher optischer Telegraphen nicht anzuschlagen gegen die vielen Inconvenienzen, die dadurch entstehen, daß sie nicht zu jeder beliebigen Zeit arbeiten können, weil dichtere Nebel, anhaltende Regen, Höhenrauch, und vor Allem die Nachtzeit ihre Wirksamkeit völlig hemmen. — Man hat daher mehrfach sog. Nachtelegraphen vorgeschlagen und in England in Anwendung gebracht, bei denen durch Combination von 5 Gaslampen alle erforderlichen telegraphischen Zeichen gegeben wer-

den¹⁾. — Ein anderer Nachtelegraph besteht aus 4 großen Reflectoren (Hohlspiegeln), die in der Ruhelage sich in horizontaler Linie befinden und einzeln durch eine Walze gehoben oder gesenkt werden können. Sie reflectiren ein intensives Licht nach den gegenüberstehenden Spiegeln der nächsten Station, wo dann natürlich noch eine zweite Reihe solcher Reflectoren erforderlich ist, um Licht nach der folgenden Station zu senden. Durch Verschiebung dieser 4 Hohlspiegel auf eine andre Höhe lassen sich schon 16 Zeichen geben, wie das folgende Schema zeigt, wo durch Punkte die verschiedenen Stellungen der Spiegel angedeutet sind:



Nach jedem Heben muß der Reflector sogleich wieder in seine vorige Lage zurück gebracht werden. — In der neuern Zeit hat Gauß den Vorschlag gemacht, die von ihm beim Signalisiren gebrauchten Heliotropen zur Telegraphie anzuwenden. Der Vorschlag beruht darauf, daß kleine Spiegel, wenn sie das Sonnenbild reflectiren, auf 5—6 Meilen mit freiem Auge sichtbar sind. Man wird also im Stande sein, durch Drehen oder Bedecken solcher Spiegel in kurzer Zeit auf solche Entfernungen eine große Anzahl von Lichtblicken zu erregen, durch deren Combination man die Zeichen bestimmen kann. Indessen, wenn man auch, nach Steinheil's Vorschlag, während der Nacht das Drummond'sche Kalklicht anstatt der Sonne anwenden kann, so wird doch auch dieser, wie alle anderen Lichttelegraphen durch Nebel und Regen in seiner Wirksamkeit gestört werden. —

2. Die akustische Telegraphie.

§ 4.

Die Telegraphie durch Wirkung auf das Gehör ist zwar vielfach versucht worden, jedoch stellen sich derselben (außer bei den elect. Tel.) Schwierigkeiten entgegen, die sich wohl niemals werden hinwegräumen lassen. Wo die Signale einfach sind und auf nicht große Entfernungen fortgepflanzt werden sollen, da reichen die bisherigen telegraphischen Wirkungen auf das Gehör vollkommen und besser sogar, als die Gesichtssignale, aus; wie das Horn, die Trompete, die Trommel, die Glocken, die Dampfpfeife, das Sprachrohr, die Lärmapparate u. s. w. ihren speziellen Zwecken ganz entsprechen, aber auch nur für die einzelnen Zwecke tauglich sind und zur eigentlichen Fernschrift ebenso wenig angewandt werden können, als der auf irgend eine Weise verstärkte Schall.²⁾ Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls in der Luft ist nämlich, im Verhältniß zur Geschwindigkeit des Lichts, sehr

1) Das Ausführlichere in Dingler's polyt. Journal Bd. XIX. S. 341.

2) Gegen das Jahr 1794 wurden in Deutschland für telegraphische Zwecke viele Schall-Versuche, hauptsächlich mit Kanonen von verschiedenem Kaliber, von Böckmann und Bergsträcker angestellt; es ergab sich aber als Resultat, daß alle diese auf große Strecken berechneten Schallzeichen in jeder Beziehung weit hinter den Signalen des Chappé'schen Telegraphen zurückstehen.

klein und beträgt nur ungefähr 1024 Fuß in der Secunde, während das Licht in derselben Zeit einen Weg von 41900 Meilen zurücklegt. Der Schall entbehrt ferner der Mannigfaltigkeit zu sehr und das Ohr ist bei Weitem nicht geübt genug, um mit Sicherheit in bedeutenden Entfernungen verschiedenartige Schalle unterscheiden zu können. 1)

Wenn nun jede der beiden besprochenen telegraphischen Methoden, die optische wie die akustische, ihre wesentlichen Mängel haben: so besitzen sie dagegen vor andern Vorrichtungen auch wieder ihre ausgezeichneten Vorzüge, welche darin bestehen, daß sie zur Fortpflanzung der Zeichen keiner besondern, continuirlichen Verbindung zwischen den Stationen bedürfen. Die optischen Telegraphen pflanzen das Licht durch die Luft, die akustischen den Schall durch die Luft, die Erde oder noch geschwinder durch das Wasser 2) fort. — Dadurch unterscheiden sie sich wesentlich von den electricischen Telegraphen, die sonst zwar alle nur wünschenswerthen Vortheile bieten: die Nachrichten momentan auf ungemein große Entfernungen übertragen, gar keiner Zwischenstationen bedürfen und zu jeder beliebigen Zeit anwendbar sind, jedoch den großen Nachtheil mit sich führen, daß die beiden Endpunkte der Telegraphenlinie durch wenigstens einen metallischen Draht verbunden sein müssen.

3. Die electriche, electro-magnetische Telegraphie.

§ 5.

Bald nach Entdeckung der leybener Flasche im Jahre 1745 stellte man Versuche an, um die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit welcher die beiden entgegengesetzten electricischen Fluida bei ihrer Neutralisation durch metallische Leiter sich bewegen. Am merkwürdigsten waren in dieser Hinsicht die Versuche Watson's 3) (1747), bei denen die Entladung über die Themse hinweg und durch das Wasser derselben zurück, einandermal durch die Biegungen eines Flusses hindurch, ferner durch 2 engl. Meilen trockenen Erdreichs und in einem vierten Versuche durch eine Drahtstrecke von 12276 Fuß ohne den geringsten Zeitverlust geleitet wurde. — Monnier 4) leitete den elect. Entladungsschlag durch eine Drahtstrecke von 12000 Fuß und Winkler 5) in Leipzig entlud einige Verstärkungsflaschen, indem er in die Leitung eines langen Drahtes die Pleiße als Leitung einschob. Das Resultat aller dieser Versuche war, daß die Fortpflan-

1) Man vergleiche: „Beschreibung einer neuen Kanonensprache.“ Leipzig 1795. Gegenwärtig ist der Franzose Sudeu bei den Heeres-Übungen bei Metz beschäftigt, seinen seit 20 Jahren durchdachten Plan, mit 4 Tönen jeden Gedanken auf große Entfernungen auszudrücken, in Anwendung zu bringen. Er nennt seine Methode Telephonie. —

2) Colladon und Sturm's Beobachtung am Genfersee. Pogg. Ann. XII. S. 171 — Man vergl. ferner einen Bericht von D. Colladon an Arago Compt. rend. 1841. S. 439.

3) Priestley Gesch. der Electr. S. 70

4) ebendasselbst S. 69 5) ebend. S. 59. Vergl. auch Gehler's phys. Wörterbuch IV. S. 385. und Biot's Phys. übers. v. Fechner II. S. 265.

zung der Bewegung des electr. Fluidums für die erwähnten Strecken augenblicklich geschehe. Erst *Wheatstone*¹⁾ gelang es, durch seine sinnreichen Versuche mit sehr schnell rotirenden Spiegeln die Geschwindigkeit zu ermitteln, mit welcher die Electricität durch metallische Leiter hindurchgeführt wird. Nach diesen Untersuchungen beträgt ihre Geschwindigkeit für 1 Sec, durch einen Messing-Draht von 0,002 Meter Dicke, 62000 geog. Meilen und übertrifft also die des Lichtes ungefähr im Verhältniß von 29: 19. Damit ist zugleich festgestellt, wenn man die Electricität zum Träger der Gedanken benutzen kann, daß es keinen schnellern Boten gibt und daß sie in ihrem Fluge jede telegraphische Strecke im Nu durchheilt. — Der erste, der von diesem Princip Anwendung gemacht hat, scheint *Reißer*²⁾ gewesen zu sein, der auf einer Glasplatte 24 Buchstaben nach Art der elect. Blitztafeln in Staniol ausgeschnitten und jedes dieser Zeichen mit einer besondern, isolirten Drahtzuleitung versehen hatte, die alle ihre Rückleitung in einem gemeinsamen Drahte fanden. Wurde nun z. B. der zu dem Buchstaben A gehende Draht mit dem äußern Beleg einer geladenen leydeners Flasche und der gemeinsame Ableitungs-Draht mit dem innern Beleg derselben verbunden, so mußte die Entladung durch die Staniol-Unterbrechungen hindurchgehen und so den Buchstaben A erleuchten.

Ein in diesem Sinne 1798 zwischen Madrid und Aranjuez ausgeführter Telegraph soll sich bewährt haben. Aber, abgesehen davon, daß Feuchtigkeit auf der Glasplatte eine Erleuchtung der Zeichen leicht hindern konnte und das jedesmalige Laden der Flaschen mit Zeitverlust und Umständlichkeit verbunden und außerdem eine vollständige Isolirung der Drähte schwer herzustellen war: so mußte eine solche Vorrichtung für lange Strecken ungemein kostspielig werden wegen der großen Anzahl der erforderlichen Drähte. — 1816 hat *Ronalds*³⁾ ebenfalls auf die augenblickliche Fortleitung der elect. Entladung durch große Entfernungen einen Telegraphen gegründet, der indessen ebenfowenig Verbreitung gefunden hat, als der Vorschlag *Cavallo's*⁴⁾ die durch eine unterbrochene Leitung entstehenden einfachen elect. Funken als Zeichen zu wählen, von ihm zur Ausführung gebracht ist. —

§ 6.

*Sömmering*⁵⁾ war der Erste, der den Galvanismus zur Fernschrift anwandte und zwar auf folgende Weise: In einem gemeinsamen, mit Wasser angefüllten, Behälter waren 35 Gläschen zur Wasser-Zersetzung umgestülpt; in jedes Gläschen reichte das vergoldete Ende eines der 35 Drähte, die von dem Orte kamen, woher eine

1) Pogg. Annal. XXXIV. S. 464.

2) August's Physik II. S. 254.

3) Bullet univ. I. 38.

4) Vollständige Abhandlung der theor. und pract. Lehre von der Elect. von S. Cavallo, aus dem Engl. übersetzt, 1797.

5) Denkschriften der Münchener Acad. 1809—1810.

Nachricht abgehen sollte. Jedes Gläschen war mit einem Buchstaben oder einer Ziffer bezeichnet. Wurden nun zwei dieser Drähte mit den Polen einer starken galvanischen Säule verbunden, so zersetzte der entstandene galvanische Strom in den Gläschen, in denen diese Drähte endigten, das Wasser und gab auf diese Weise zwei Zeichen zugleich an, deren Reihenfolge dadurch bestimmt war, daß der Buchstabe des den Sauerstoff entbindenden Gläschens voranging. Das Schließen der galv. Säule durch je zwei der 35 Drähte geschah mittelst eines Tastenwerks. — Mit der glänzenden Entdeckung des Electromagnetismus oder der gegenseitigen Einwirkung galvanischer Ströme und Magnete durch *Derstedt* im Jahre 1820 war den Versuchen zur galvanischen Telegraphie ein weites Feld geöffnet und es hat von dieser Zeit an bis auf unsre Tage in dieser Hinsicht nicht an mancherlei Vorschlägen gefehlt, von denen freilich einige sich nicht zur Wirklichkeit gestaltet haben, andre aber theils in Modellen ausgeführt, theils zur practischen Anwendung und Ausführung im Großen gekommen sind. —

Auf die Construction des bald nachher von *Schweigger* entdeckten Multiplikators hat *Ampere* einen Telegraphen vorgeschlagen, der von *Ritchie* in Modell ausgeführt worden ist. Seine Einrichtung ist im Wesentlichen folgende: Gegen 30, in einer passenden Stellung angebrachte, Zeichen sind, wenn der Telegraph ruht, durch ebenso viele Schirme von Kartenpapier dem Auge verdeckt. Jeder dieser Schirme ist am Ende eines leichten Stäbchens befestigt, welches auf einer Magnetnadel ruht und mit ihr so aufgehängt ist, daß die Nadel im magnetischen Meridian schwebt. Um jede Nadel ist ein Multiplikator gewunden, dessen Drahtenden nach dem Orte hinlaufen, von wo aus telegraphirt werden soll. Wenn hier die 2 Enden eines der Multiplikatoren mit den Polen einer volta'schen Säule verbunden werden, so wird die betreffende Magnetnadel an der andern Station abgelenkt und so durch Entfernung des Schirmes der bezügliche Buchstabe sichtbar. — Nach denselben Principien haben *Davy* und *Alexander*¹⁾ in England Telegraphen construirt, in denen jedoch die sämtlichen Multiplikatoren einen gemeinschaftlichen Rückleitungsdraht hatten, wodurch die Länge der Drahtleitung fast auf die Hälfte reducirt wurde. Sämmtliche Drähte waren mit Seide umspunnen, stark gefirnisset und wurden, zu einem Bündel verbunden, unter der Erde und zwar, nach *Ampere's* Vorschlag, unter den Chausseen weggeführt. Das Schließen der galvanischen Säule geschah auch hierbei durch ein Tastenwerk. —

Alle diese Telegraphen aber waren noch weit von der Vollkommenheit entfernt; denn abgesehen davon, daß sie gegen 30 gute Multiplikatoren und zur Zeit ihrer Erfindung (wo Platina und Kohlen-Batterien noch nicht bekannt waren) für eine Strecke von 10 geogr. Meilen eine galvanische Säule von mehr als 100 Plattenpaaren erforderten: so war für 30 Zeichen und die Rückleitung, auf 10 Mei-

1) August Phys. II. S. 255.

len Entfernung eine Drahtlänge von 2300200 Metern¹⁾ nöthig, welches einen bedeutenden Kostenaufwand herbeiführen mußte. Bis dahin waren es überhaupt die ungeheuren Drahtleitungen, welche der practischen Anwendung der galvanischen Telegraphie auf große Strecken hindernd entgegen traten. — Eine neue Epoche trat daher für dieselbe ein, als im Jahre 1836 Gauß und Weber²⁾ einen Telegraphen mit nur zwei Leitungsdrähten herstellten und zuerst anstatt der hydrogalvanischen Ströme die im Jahre 1830 von Faraday entdeckten inducirten Ströme anwandten. Seit dieser Zeit ist man vielfach bemüht gewesen, mit möglichst wenigen Zeichen durch schickliche Combinationen hinreichend viele Buchstaben rasch hintereinander zu erhalten oder durch Gruppen von 2 verschiedenen Tönen, die passend zu 3 oder 4 combinirt werden, sämtliche Buchstaben dem Gehör darzustellen und so jene Zeichensprache in eine Lautensprache zu verwandeln; man hat gesucht, durch dieselben Ströme, welche die Zeichen geben, eine Art Becker in Thätigkeit zu setzen, um auf den Anfang des Telegraphirens aufmerksam zu machen, ja man ist so weit gegangen, daß man Vorrichtungen erfunden hat, durch welche mittelst galv. Ströme Bewegungen hervorgebracht werden, um die von einer Station aus zu irgend einer Zeit zu gebenden Zeichen auf der andern Station fast in demselben Augenblicke gedruckt zu erhalten. — Die Männer, welche die galvanische Fernschrift zu einem so hohen Grade der Vollkommenheit ausbildeten, sind Gauß und Weber, in Göttingen, Steinheil in München, Morse in New York, Wheatstone und Cooke in London und in der neuesten Zeit Alex. Bain in Schottland.

§ 7.

Gauß, in Gemeinschaft mit Weber, gründete seinen Telegraphen auf das bekannte Inductions-Gesetz, daß ein Magnet in einem geschlossenen Leiter, über welchen er bewegt wird, einen momentanen galv. Strom erregt, welcher seinerseits dem Magneten eine entgegengesetzte Bewegung ertheilt haben würde. — Sie errichteten daher auf der Sternwarte zu Göttingen ein sogenanntes Magnetometer, bei welchem die Ablenkungen der Magnete durch Fernrohr und Spiegel an einer Scale beobachtet werden. Um den Magneten N'S' (Fig. 1) war ein starker Multiplikator A gewunden, dessen beiden, 3000 Fuß langen, Drahtfortsetzungen über die Häuser und Thürme von Göttingen gespannt, nach dem physikalischen Kabinette geleitet, hier um einen gleichen Magneten NS zu einem zweiten Multiplikator B gewunden und dann zusammengelöthet wurden. Die Ebene der Multiplikator-Bindungen fällt mit dem magnetischen Meridian zusammen, so daß also die Magnete in ihre Ruhe-

1) Die geogr. Meile in 7420 Metern.

2) Schumacher's Jahrbuch 1837 S. 38.

lage in der Ebene dieser Windungen liegen. Wenn nun in B der Magnet mit seinem Nordpol nach vorne aus der Ebene des Meridians (der Ebene des Papiers) herausgedreht wird, so entsteht in dem Drahte ein Strom, der, in seiner Wirksamkeit durch den Multiplikator A verstärkt, eine Ablenkung des Magneten auf der andern Station A nach entgegengesetzter Richtung veranlaßt, so daß der Magnet N' S' mit seinem Nordpol nach hinten aus der Meridian- oder der Papier-Ebene heraustritt. — Die augenblickliche Rückkehr des abgelenkten Magneten wird veranlaßt durch andre Magnete, welche zur Seite des Multiplikators auf passende Weise und in geeigneter, durch Versuche ermittelter, Entfernung aufgestellt sind. — Auf diese Weise hat man es in seiner Gewalt, einem in einer entfernten Station befindlichen, Magneten zwei verschiedene Ablenkungen zu geben. Durch eine sinnreiche Combination mehrerer solcher Ablenkungen zu einem einzigen Buchstaben konnte Gauss alle erforderlichen Zeichen mit diesen zwei Ausschlägen hervorbringen. — Gesezt z. B., daß zur Darstellung eines Buchstabens höchstens 4 Ausschläge dienen sollen, so lassen sich durch Gruppierung derselben sämtliche Buchstaben und Ziffern geben und zwar, wenn man durch + einen Ausschlag des Nordpols nach der einen Richtung und durch — einen Ausschlag desselben Pols nach der entgegengesetzten Richtung bezeichnet, nach folgendem Schema:

a	e	i	o	u	b	c	k	d	f	v
+	;	—	;	+	;	+	;	+	;	+
g	h	l	m	n	p					
—	+	+	;	—	;	—	;	—	;	+
r	s	t	w	z						
+	+	+	;	+	;	+	;	+	;	+
o	1	2	3	4						
+	—	+	;	+	;	—	;	+	;	+
5	6	7	8	9						
—	—	—	;	—	;	—	;	—	;	—

Um überhaupt die Anzahl der verschiedenen Gruppen zu finden, die man durch Vereinigung von p Elementen, von denen höchstens q in einer Complexion vorkommen dürfen, erhalten kann: bedenke man nur, daß, wie im vorhergehenden Falle, die Gruppen durch Variation der Elemente (Zeichen, Ausschläge) mit Wiederholung entstehen. Es geben demnach:

p verschied. Elemente, von denen höchstens 1 in einer Gruppe vorkommt: p Zeichen
 " " " " " 2 " " " p² "
 " " " " " q " " " p^q "

Die Summe aller durch p Elemente, von denen höchstens q in einer Gruppe vorkommen dürfen, erhaltenen Zeichen ist also:

$$p + p^2 + p^3 + \dots + p^q = \frac{p(p^q - 1)}{p - 1}$$

1) In unserm Falle war p = 2, q = 4; die Formel gibt auch 30 Gruppen; für p = 2, q = 5 erhält man also schon 62 versch. Zeichen.

Da die Ablenkungen des Magnets sehr rasch hintereinander erfolgen können, nämlich etwa 4 in 1 Sekunde und also zur Darstellung eines jener 30 Zeichen im Mittel nur 0,81 Sek. verfließen: so wird bei diesem Telegraphen, wenn man am Ende eines jeden Zeichens eine Pause von etwa 0,5" macht, immer nach 1,31" ein Buchstabe gegeben sein. In der Minute würden dann 45—46 und in der Viertelstunde schon 675—690 Buchstaben gegeben werden. Rechnet man ein Wort im Durchschnitt zu 7 Buchstaben, so würden in der Viertelstunde 96—98 Wörter ohne Abfürzung telegraphirt werden. — Uebrigens zeichnet sich dieser Telegraph auch dadurch vortheilhaft vor den Vorhergenannten aus, daß er ohne weitere Vorrichtung Nachrichten von B nach A, als auch zurück von A nach B übertragen kann. —

§ 8.

Dem Prof. Steinheil zu München ist es gelungen, durch seinen erfinderischen Geist und seine große Geschicklichkeit in technischen Ausführungen dem Gauß'schen Telegraphen seine höchste Vollendung zu geben. — Die Veränderungen, die dieser ausgezeichnete Physiker an demselben vorgenommen hat, betreffen hauptsächlich 1. die Erregung des Inductionsstroms, 2. die Uebertragung der Zeichen auf den Gehörsinn durch Anschlagen der Magnete an Glocken, 3. das Fixiren der Zeichen in Form einer Schrift, 4. die Combination der Zeichen zu Buchstaben und Ziffern und 5. die Drathleitung¹⁾. Indem Steinheil das Princip des Gauß'schen Telegraphen beibehielt, wandte er als Erreger des Inductionsstroms eine sogenannte electro-magnetische Rotationsmaschine nach der Clarke'schen Einrichtung²⁾ an. Wenn die Pole derselben mit den Enden der 2 Leitungs-Drähte verbunden sind, ist man im Stande, auf bequeme Weise zu jeder Zeit galv. Ströme in beliebiger Richtung durch die Leitung zu führen und so den Magneten auf der andern Station willkürlich nach der einen oder nach der andern Seite (nach West oder Ost) abzulenken.

Der Zeichengeber besteht aus 2 Magneten, die um vertikale Aren sehr leicht beweglich und so hintereinander gestellt sind, daß die einander zugekehrten Enden entgegengesetzte Polaritäten haben. Damit die beiden Magnetstäbchen möglichst stark abgelenkt werden, sind sie mit einem starken, aus 600 Umwindungen dünnen, gut isolirten Drathes bestehenden, Multiplikator umgeben. Die Fig. 2 zeigt diese Zeichengeber im horizontalen Durchschnitt: a, b die Durchschnitte des Multiplikators; ns, s' s' die um die Aren m, m' beweglichen Magnete, an deren benachbarten Enden n', s leichte, messingene Fortsätze angeschraubt sind, welche die kleinen Gefäße c, c' tragen. Diese Gefäß-

1) Steinheil hat diese tel. Vorrichtungen beschrieben in seinem vortrefflichen Schriftchen „über Telegraphie, insbesondere durch galv. Kräfte“ eine öffentliche Vorlesung, gehalten in der Sitzung der Bayer. Akad. ic. München 1838.

2) Die Beschreibung des Clarke'schen Apparates s. unter Andern in Lautenschläger Figurentafeln VI. S. 46. Fig. 217. — Der Apparat stimmt im Wesentlichen überein mit den Maschinen von Pixii, Ettingshausen, Stöhrer u. s. w.

chen sind mit einem schwarzen Pigment (Druckerschwärze, Delfarbe) angefüllt und enden in capillare Spitzen e , die jene gefärbte Substanz beständig in sich auffaugen. In der Schwingungsebene der Magnete sind ferner einander gegenüber zwei Plättchen h, h' angebracht, welche nur eine einzige Bewegung eines jeden der Magnete zulassen, indem sie das Austreten derselben aus dem Multiplikator nach einer Richtung hin verhindern. — Wird nun mittelst des Stromerregers auf der einen Station ein inducirter Strom durch die Leitungsdrähte geleitet, so durchläuft er den Multiplikator und strebt denselben Pol eines jeden der Magnete nach derselben Richtung, z. B. den Nordpol n, n' nach der Rechten (Osten) abzulenken. Durch die hemmende Platte h wird aber das Ausschlagen des Pols n , also die ganze Bewegung des Magneten $n s$ verhindert und es kann nur $n' s'$ mit seinem Pole n' und Schreibgefäße e' nach der Rechten aus dem Multiplikator hervortreten. — Wird dagegen durch den Stromerregere ein induc. Strom von entgegengesetzter Richtung durch die Leitung geführt, so strebt dieser die Magnete auch in entgegengesetztem Sinne, also die Nordpole n, n' nach der Linken abzulenken. In diesem Falle wird aber die Bewegung des Magneten $n' s'$ durch die Platte h' verhindert, wogegen $n s$ mit seinem Südpole s und dessen Schreibgefäße e nach derselben Seite aus dem Multiplikator hervortritt, wie es früher mit e' geschah.

Um nun diese zweifachen Ablenkungen der Magnete, durch deren Gruppierung die Buchstaben vorgestellt werden, als Schrift zu fixiren, läßt Steinheil einen langen Streifen Papier sich gleichförmig vor den Schreibgefäßen fortbewegen. Durch ein Uhrwerk wird eine Walze l in einer gleichförmigen Umdrehung erhalten; dadurch wickelt sich auf dieselbe der über den obern Rollen k, i laufende und von der Walze p kommende lange Papierstreifen $pikl$. Sobald also ein Inductionsstrom den Multiplikator durchläuft, wird einer der Magnete abgelenkt und mit seinem Schreibgefäß gegen das Papier gedrückt. Der auf diese Weise gesetzte Punkt wird sogleich durch die Bewegung des Papiers vom Schreibgefäß fortgerückt, so daß eine wiederholte Ablenkung eine der Lage nach von dem vorigen Punkte ganz verschiedenen Punkt zeichnen muß. Die Schrift befindet sich auf dem zwischen k und l befindlichen Papier und wird auf l aufgerollt. In der Figur sind auf dem zwischen k und i horizontal sich ausdehnenden Streifen die Zeichen aufgetragen, wie sie in der Wirklichkeit auf dem vertikalen Streifen kl entstehen. — Die Inductionsströme haben bekanntlich nur eine momentane Dauer; die bewegende Kraft, welche die Magnete ablenkt, ist also auch momentan; um nun dieselben auf der Stelle wieder in ihre Ruhelage zurückzutreiben, dienen kleine Magnete, welche zur Seite des Multiplikators in passenden Lagen und Entfernungen aufgestellt sind. — Wenn dieser Telegraph noch die Einrichtung haben soll, die Zeichen dem Gehör vernehmbar zu machen, so ist bloß nöthig, anstatt der Schreibgefäße e, e' kleine Hämmer an die Magnete zu schrauben und diesen gegenüber, anstatt des Pa-

pierstreifens, 2 Metall- oder Glasglocken von verschiedenem, hohem und tiefem, Tone aufzustellen; wollte man den Telegraphen gleichzeitig schreiben und tönen lassen, so müßte man in einem zweiten oder in demselben Multiplikator noch einen Magneten anbringen, der bei seinen zweifachen Ablenkungen gegen Glocken von verschiedenem Tone anschlüge.

Was nun die Gruppierung jener zwei, durch ihre Lage verschiedener, Punkte angeht, so nimmt Steinheil deren höchstens vier zur Bildung eines Buchstabens oder einer Ziffer. Wir haben schon gesehen, daß auf diese Weise 30 Zeichen möglich sind. Unter diesen Punktgruppen kommen einige vor, die wenn man die hohen und tiefen Punkte nach der Reihe ihres Entstehens durch gerade Linien verbindet, in ihrer Figur viele Aehnlichkeit mit den Buchstaben des lat. Alphabets haben. Diese wählt Steinheil zur Bezeichnung der ihnen ähnlichen Buchstaben und nimmt natürlich für die am häufigsten vorkommenden Buchstaben solche Gruppen, welche sich am einfachsten darstellen lassen. Auf diese Weise hat er folgendes telegraphische Alphabet hergestellt:

..	..	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
A	B	D	E	F	G	H	CH	SCH	I	K	C	L	M	N	Ö				
·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
P	R	S	T	U	V	W	Z;	0	1	2	3	4	5	6					
·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
7	8	9																	

Bei der Bildung einer Schrift durch diese Zeichen werden die Buchstaben durch eine kleine Pause in der Aufeinanderfolge der Ströme getrennt; eine etwa zweimal längere Pause trennt die einzelnen Wörter von einander. — Wenn endlich auf der Telegraphenlinie mehrere Zwischenstationen gewünscht werden, so hat man nur an diesen einzelnen Stellen in den Leitungsdraht einen Multiplikator mit dem beschriebenen Zeichengeber einzuschalten, wodurch an allen Stationen die Nachrichten zugleich anlangen und geschrieben werden.

Nach den beschriebenen Vorrichtungen hat Steinheil einen Telegraphen zwischen der Akademie zu München und der Sternwarte zu Bogenhausen ausgeführt, dessen Leitungsdraht (hin und zurück) über die Thürme der Stadt gespannt und 30500 Par. Fuß lang ist; das Gewicht desselben beträgt 210 Pfund. Ein anderer 6000 Fuß langer Eisendraht verbindet die Wohnung Steinheils in der Lerchenstraße mit der Akademie und der Sternwarte und ein dritter Theil des Leitungsdrahtes (ein 1000 Fuß langer, dünner Kupferdraht) führt im Innern der Akademie zu dem physikalischen Kabinette. In diesen drei Leitungen sind die Stromerreger und die Zeichengeber eingeschaltet und sie können durch eine eigene Drehscheibe beliebig mit einander zu einer geschlossenen Linie verbunden werden. — In mehreren Versuchen blieb von 1000 Zeichen nicht ein einziges aus, und da nach Steinheil in einer Sekunde bequem 5 Punkte gesetzt werden können, so werden durchschnittlich 90—100 Wörter ohne Abkürzung in einer

Viertelstunde telegraphirt werden. — Durch sachgemäße Schlüsse über die Natur der Halbleiter kam Steinheil auf den Gedanken, das Erdreich selbst als einen Theil des Schließungsbogen zu benutzen. Er verband daher die Enden des einen langen Drahtes mit großen, in den Erdboden eingesenkten, Kupferplatten, und sah auf diese Weise den elektrischen Kreislauf, wie durch eine continuirliche Drahtleitung, vollständig geschlossen.

§ 9.

Auf ganz andern Principien beruhen die Constructionen der electro-magnetischen Telegraphen von Morse und Wheatstone. Der Erstere hat seine sinnreichen Erfindungen bereits im October 1837 in einem Amerikanischen Journal bekannt gemacht; seine Vorrichtungen stimmen im Princip, mit dem, von Wheatstone zwar später, aber in vollkommenerer Form construirten, Telegraphen überein. —

Bei der Morse'schen Maschine, die ebenfalls nur 2 Leitungsdrähte erfordert, wird auf der einen Station mittelst einer volta'schen Säule von 60 Zink-Kupfer-Plattenpaaren ($59\frac{1}{2}$ □" Oberfl.) ein galv. Strom erregt und durch den Leitungsdraht geführt. Da dieser auf der andern Station in spiralförmigen Bindungen um ein hufeisensförmiges Stück weichen Eisens gewunden ist, so wird dasselbe durch den hydroelectrischen Strom zum Magneten und zieht deshalb in demselben Augenblick einen eisernen Hebel (Anker) an. Sobald der galv. Strom den Leitungsdraht verläßt, verliert das Hufeisen seinen Magnetismus und der angezogene Hebel geht durch einen Federdruck oder durch sein eigenes Gewicht in seine vorige Lage zurück. Diese Bewegungen des über den Electromagneten verlängerten Ankers benutzt Morse, um einen Wecker in Thätigkeit zu setzen und eine Strich-Punktschrift auf einem fortbewegten Papiere zu erhalten. Am Ende des Hebels befindet sich nämlich ein Zeichenstift oder eine sich selbst speisende Stahlfeder, unter welcher ein Papierstreifen sich fortbewegt. An der Batterie ist die Drahtleitung unterbrochen und die beiden Enden derselben verlängern sich in Metallplatten, über denen an einer Wippe ein Metallbügel schwebt, durch den der Draht leicht verbunden und getrennt werden kann. Durch Senken des Bügels wird die Kette geschlossen und dadurch auf der andern Station der Stift gegen das Papier gedrückt. Je mehr Zeit zwischen dem Schließen und Öffnen der Säule verstreicht, desto länger sind die von dem Stift beschriebenen Linien; wenn dagegen dem Schließen der Säule sogleich das Öffnen folgt, so macht der Stift nur einen Punkt. Alle Signale bestehen daher aus den drei Elementen: Punkt, Linie, leerer Zwischenraum. — Aus denselben hat Morse durch Combination ein Alphabet und die 10 Ziffern dargestellt und erhält bequem 40–45 Buchstaben in der Minute. Bei der Entfernung von 10 engl. Meilen hat sich dieser Telegraph sehr gut bewährt. —

§ 10.

Dem rastlosen Streben und dem ungemein practischen Scharfblick des Prof. Wheatstone verdankt die elektrische Tele-

graphie einen großen Theil ihrer Fortschritte. Der erste von diesem Physiker construirte und auf der Eisenbahn zwischen London und Birmingham ¹⁾ 1837 ausgeführte Telegraph beruht auf der Entstehung eines electrischen Funkens, wenn ein galv. Strom durch eine unterbrochene Leitung hindurch geht (vergl. S. 8 Cavallo). An beiden Stationen dieser Telegraphenlinie befinden sich 4 Tasten, die mit einander durch starke Eisendrähte verbunden und so eingerichtet sind, daß jede bei ihrem Anschlagen eine volta'sche Säule schließt und so einen galv. Strom durch ihren bezüglichen Draht leitet, der für alle Tasten seine Rückleitung in einem fünften Drahte findet. Da die Leitungen auf der andern Station an den Tasten unterbrochen sind, so entstehen daselbst el. Funken. Durch die Combinationen dieser 4 Funken erhält man schon $4 + 6 + 4 + 1 = 15$ verschiedene Gruppen. Wenn man nun, wie Wheatstone, höchstens 2 hintereinander folgende Funkengruppen zu einem Zeichen nimmt, so gibt die Formel S. 11 schon 240 verschiedene Zeichen, die, wenn sie sich auf ein Chifferlexicon beziehen, zur Bezeichnung aller für Eisenbahn-Zwecke erforderlichen Wörter hinreichend sind.

§ 11.

Cooke ²⁾ hatte bei der Construction seiner el. Telegraphen hauptsächlich ihre Anwendung bei Eisenbahnen im Auge und suchte durch Einführung derselben einestheils die Gefahren zu beseitigen und den Betrieb zu vermehren, anderntheils mit einer einfachen Schienenspur eine größere Sicherheit zu erreichen, als bisher die doppelten Schienen gewähren konnten. Da zur Erreichung dieser Zwecke einfache Signale ausreichen, so sind seine Telegraphen äußerst einfach. Sie bestehen nämlich für jede Station aus einer volta'schen Säule und aus einem Multiplikator mit Nadel, welche letztere auf ihrer verlängerten Axe vor einem Zifferblatte einen Zeiger trägt und diesen also bei ihrer Ablenkung mitbewegt. Die Bewegung der Magnetenadel wird durch seitwärts angebrachte Stifte gehemmt. Die Multiplikatoren der Stationen sind durch 2 Drahtleitungen nach Art von Fig. 1 verbunden, jedoch so, daß mittelst eines Handgriffs die Drähte vom Multiplikator getrennt und mit den Polen der volt. Batterie in Verbindung gesetzt werden können. — Die zwei Ablenkungen bezeichnen die auf einen Dampfzug bezüglichen Worte: „her“ und „hin.“ Ein solches Telegraphen-System, wo jeder Einzelne nur 2 bis 8 Signale hat, ist von Cooke auf der Blackwall-Eisenbahn ausgeführt und hat sich in den 2—3 Jahren seines Bestehens vortrefflich bewährt. — Durch Anwendung zweier Magnete auf die angeführte Weise können 8 verschiedene Signale gegeben werden. In Fig. 3 können nämlich durch die Ablenkungen einer jeden Nadel für sich allein die Ziffern 2, 3, 4 und 5 angezeigt werden. Wenn beide Nadeln zu-

1) Polyt. Zeitg. von Leuchs 1837 Nr. 50. S. 228 und 1838 Nr. 4 S. 25

2) Telegraph. Eisenbahnen, oder: die einfache Schienenspur u. empfohlen unter dem Schutze und der Controle der electrischen Telegraphen. London 1842.

gleich parallel nach der einen Richtung stehen, so zeigen sie 6, nach der andern Richtung, 7. Wenn beide Nadeln nach oben einander zugekehrt sind, so zeigen sie 1, nach unten deuten sie auf 8. Die 4 Drahtleitungen der Multiplikatoren sind, wie bei dem vorigen, mit 2 Handgriffen zur Verbindung mit der volt. Batterie versehen. Die verschiedenen Signale beziehen sich auf ein Signallericon, welches die auf Eisenbahnen am häufigsten erforderlichen Nachrichten, in einem Zeichen abgekürzt, enthält¹⁾. Ein solcher Telegraph befindet sich auf der Edingburg-Glasgow-Eisenbahn. — Nach denselben Principien wurde von Cooke und Wheatstone 1840 eine el. Telegraphen-Linie mit vollständigen Apparaten für die Great-Western-Eisenbahn²⁾ errichtet, bei welcher die wissenschaftlichen Untersuchungen hinsichtlich der Ablenkung von Magneten auf bedeutende Strecken von der Erfahrung vollkommen bestätigt wurden. Dieser Telegraph ist nämlich mit mehreren Zwischen-Stationen auf einer Entfernung von 39 engl. Meilen, also für eine Drahtlänge von 78 Meilen ausgeführt und mehrere Berichte darüber von der auserwählten Commission für Eisenbahnen stimmen darin überein, daß er seinen Zweck auf eine zuverlässige, bewundernswürdige Weise erfülle. Der Apparat, Fig. 4 besteht aus einer Vereinigung von zwei Telegraphen der vorigen Art; er besitzt also 4 Zeiger mit ebenso vielen Multiplikatoren. Die Art, wie durch Ablenkung dieser Zeiger die Signale gegeben werden, ist folgende:

Die Zeiger einzeln deuten bei ihrer Ablenkung auf die Ziffern 1, 2 . . . 8. Durch je zwei Zeiger, werden folgende Ziffern angezeigt:

Wenn a auf 2, b auf 3: so wird 9 gezeigt.	Wenn a auf 1, b auf 3: wird 15 gezeigt.
" b " 4, c " 5: " " 10 " "	" b " 3, c " 6: " " 16 " "
" c " 6, d " 7: " " 11 " "	" c " 5, d " 8: " " 17 " "
" a " 2, c " 5: " " 12 " "	" a " 1, c " 6: " " 18 " "
" b " 4, d " 7: " " 13 " "	" b " 3, d " 8: " " 19 " "
" a " 2, d " 7: " " 14 " "	" a " 1, d " 8: " " 20 " "

Mit diesen Zeichen lassen sich sogar längere Mittheilungen fast ebenso schnell signalisiren, als man sie niederschreiben kann³⁾. — Durch die vielen Leitungsdrähte und Multiplikatoren sind die Kosten dieses Telegraphen bedeutend. Sie betragen 250—300 Pfund für die engl. Meile. Die weitere Fortführung desselben bis nach Bristol mußte daher auch bloß aus Rücksicht der Kosten einstweilen unterbleiben.

§ 12.

Wheatstone's neueste Telegraphen stimmen, wie schon gesagt, mit dem Morse'schen darin überein, daß sowohl die galvanische Kraft

1) Dingler's Polyt. Journ. LXXXIX. S. 317. — Ferner: Archiv für Eisenbahnen 1843, Nr. 6.

2) Dingler's Journ. XC. S. 106; ebenso Mech. mag. p. 467.

3) Bei einem Versuche wurde z. B. die Frage: „Wie viel Personen sind um 10 Uhr mit dem Wagenzug nach Drayton abgefahren?“ nebst der Antwort in 2 Min. signalisirt, obgleich die Entfernung 13½ engl. Meile betrug. Ebend. Band 74 S. 394.

durch hydroelectrische Ströme ausgeübt wird, als auch alle Bewegungen von der Anziehung eiserner Hebelchen durch Electromagnete ausgehen. Die Art und Weise jedoch, wie diese Bewegungen zum Zeichengeben und Läuten einer Alarm-Glocke angewandt werden, unterscheidet sich wesentlich von den vorher beschriebenen Apparaten. Freilich brauchte Wheatstone bei dieser vollständigen Einrichtung immer noch 4 Leitungsdrähte. — Auf diese Weise besteht der Telegraph aus 3 Haupttheilen: 1) dem Zeichengeber (Indikator) 2) dem Kommunikator 3) dem Alarm oder Wecker. —

Der Indikator A, Fig. 5 ist derjenige Theil, welcher die telegraphischen Zeichen angibt. Diese Zeichen sind hier die gewöhnlichen Buchstaben a—z und die Ziffern 1—9, welche nebst einem Nullpunkte der Reihe nach am Rande eines auf der Vorderseite des Indicators befindlichen, festen Zifferblattes eingravirt sind; der Nullpunkt befindet sich zwischen dem ersten und letzten Zeichen (9 und a). Durch den Apparat, wird auf diesem Zifferblatte ein Zeiger in eine Bewegung versetzt, welche sprungweise von einem Buchstaben zum benachbarten erfolgt und die nach der Willkühr desjenigen, der auf der entfernten Station die Nachricht fortsenden will, eingehalten oder fortgesetzt werden kann. — Die Bewegung des Zeigers geschieht durch ein hinter dem Zifferblatte angebrachtes, sogenanntes Echappement und Steigerad, eine Vorrichtung, welche bei den Pendeluhren die Bewegung des Räderwerks hemmt und regulirt. — Dieses Echappement abb' fällt, wenn man es bald nach der einen bald nach der andern Seite um a bewegt, mit seinen Lippen h, h' auf die schiefe Ebene der Zähne eines Steigerads c und schiebt dasselbe stoßweise um seine Axe c, auf deren Verlängerung der Zeiger befestigt ist. Auf beiden Seiten des Echappements befindet sich ein kleiner, mit feinem Drahte umwickelter Electromagnet d, d' und über jedem dieser letztern ein leichter, eiserner hebel förmiger Anker e, e'. — Diese Anker sind um einen ihrer Endpunkte drehbar, ihre andern Enden sind dagegen zu runden Stäbchen verlängert. Mit diesen hebel förmigen Verlängerungen wirken die Anker, wenn sie durch Anziehung ihrer Electromagnete niederbewegt werden, auf zwei Stifte f, f', welche senkrecht gegen die Arme des Echappements befestigt sind und in der Figur zu Punkten verkürzt erscheinen. Jeder Electromagnet ist mit einem besondern Drahte umwickelt; die einen Enden dieser Drähte münden in einer metallenen Platte g, welche ihrerseits in Verbindung steht mit dem einen Drahte l der von einer Station zur andern fortlaufenden Leitungsdrähte; die andern beiden Enden h, h' stehen in Verbindung mit zwei andern Leitungsdrähten l', l'. — Durchläuft nun ein galv. Strom die Windungen des Electromagneten d, so wird e angezogen und b fällt in die Zähne des Steigerades, welches um einen halben Zahn fortgeschoben wird, während h' die Zähne desselben verläßt; der Zeiger rückt dadurch auf dem Zifferblatte um einen Buchstaben fort¹). —

1) Das Steigerad hat also halb so viele Zähne, als das Zifferblatt Zeichen.

Wenn der Strom den Electromagneten *d* verläßt und dagegen die Windungen des andern *d'* durchläuft, so wird der Anker *e* nicht mehr festgehalten, *e'* dagegen wird angezogen und drückt gegen den Stift *l'*, wodurch der Arm *h'* das Rad nach derselben Richtung um einen halben Zahn und den Zeiger um einen Buchstaben weiter schiebt, während nun *h* die Zähne des Rades verläßt u. s. f. Damit die Anker, nachdem der Strom ihre Electromagnete verlassen hat, nicht mehr haften sollen, sind sie an der den Magneten zugekehrten Fläche mit dünnem Papier bezogen.

Der Communicator *B*. Der Indikator befindet sich an der Station, wohin telegraphirt wird, der Communicator an der Station, von wo eine Nachricht abgehen soll; dieser dient also dazu, jenen in Bewegung zu setzen und zu regieren. Beide sind verbunden durch die genannten Leitungsdrähte *l, l', l''*. — Der Communicator hat eine Einrichtung, durch welche galvanische, mittelst Säulen oder Trogaparaten erregte, Ströme durch die Leitungsdrähte hindurch in abwechselnder Folge bald um den einen, bald um den andern Electromagneten des Indicators geleitet und so die eben beschriebenen Bewegungen des Zeigers hervorgebracht werden können. Er besteht deshalb aus einer vertikalen, messingenen Scheibe, die um eine von der metallischen Säule u getragenen Ase drehbar ist. Der Umfang dieser Scheibe ist in eben so viele gleiche Theile getheilt, als die Indikator-Scheibe Zeichen trägt, also in unserm Falle in 30; von diesen Theilen ist jedoch ein um das andere Stück ausgeschnitten und die dadurch gebildeten Lücken sind mit Elfenbein ausgefüllt; letzteres erscheint in der Fig. weiß, während die metallischen Stücke schraffirt sind. Auf der Vorderseite dieser Scheibe tritt ein Ring etwas aus ihrer Fläche hervor, auf welchem jedem Metall- und Elfenbeinstück gegenüber ein Buchstabe in derselben Reihenfolge, wie am Indikator, eingravirt ist; überdies trägt er an jedem Buchstaben eine Speiche, mittelst denen die ganze Scheibe jedesmal bis zu einem auf dem Ständer u stehenden Markirstabe *m* gedreht wird. — Zu beiden Seiten der Scheibe befinden sich, einander gegenüber, 2 Federn *n, n'* in einer solchen Stellung, daß, wenn eine derselben auf einem Elfenbeinstück steht und von der Scheibe isolirt ist, die andre gegen eines der Messingstücke federt und also mit der Scheibe in metallischer Verbindung steht. Die Federn *n, n'* sind mit den zu den Electromagneten des Indicators laufenden Leitungsdrähten *l'', l'* beziehlich verbunden. — Der eine, z. B. + Pol der hydroel. Kette steht unveränderlich in Verbindung mit dem mittleren, am Indikator in die Kupferplatte *g* auslaufenden, Leitungsdrabt *l*, der andre — Pol dagegen mit dem Ständer *u*. — Das Spiel der Maschine ist also folgendes: vor dem Telegraphiren, in der Ruhelage, steht der Zeiger des Zeichengebers *A* und die feste Marke *m* des Communicators *B* stets auf *o*. Sobald telegraphirt werden soll, wird zuerst der Buchstabe *a* an die Marke *m* gestellt und der galv. Strom eingeleitet; derselbe tritt vom + Pol aus in *l* ein, läuft nach *g* und von hier zu demjenigen Electromagneten, dessen Leitungsdrabt mit derjenigen

Feder am Communicator in Verbindung steht, welche gerade auf einem Messingstück steht; in der Figur nimmt also der Strom von g die Richtung nach d und zurück durch h, l', n zur Scheibe und kann so durch den Ständer zum negativen Pol einkehren. Der Anker e wird angezogen und h schiebt das Steigerad um einen halben Zahn fort; der Zeiger rückt von o auf a und zeigt denselben Buchstaben, der am Communicator an der Marke war. Solange der Strom dauert, bleibt Alles in Ruhe. Dreht man aber am Communicator die Speiche h an die Marke, so tritt die Feder n, die vorhin auf Metall stand, nun auf Elfenbein, dagegen die Feder n' von Elfenbein auf Metall; der Strom kann also nicht mehr zu d gelangen, weil die Leitung bei n unterbrochen ist; das Hufeisen verliert seinen Magnetismus wieder. Dagegen wendet sich der Strom nach d', läuft durch h', l' zur Feder n' und von dieser durch die Scheibe und den Ständer u zum — Pol. Es wird d' magnetisch, e' angezogen, b' in die Radzähne gedrückt und so der Zeiger von a nach b gerückt, nach demselben Zeichen, welches der Telegraphirende am Communicator an der Marke hatte. — Dreht man die Communicator-Scheibe z. B. von h nach m, so wechselt der Strom 10 mal seine Richtung, 5 Zähne des Steigerades werden also fortgeschoben und der Indikator-Zeiger ebenfalls um 10 Buchstaben, also von h durch die Zwischenlagen nach m gerückt. — So ist man also in den Stand gesetzt, jeden Buchstaben, jede Ziffer vom Communicator aus am Indikator anzuzeigen und zwar sehr rasch, da das Spiel der Hebel und des Echappements leicht erfolgt. Nach jeder Arbeit der Maschine wird der Zeiger am Indikator auf o und der Nullpunkt des Communicators an die Marke gestellt, wodurch dieselbe zur Uebertragung einer folgenden Nachricht in Stand gesetzt ist.

Der Alarm oder Wecker. Vorrichtungen dieser Art haben den Zweck, von einer Station aus der entfernten Station das Signal zum Anfange des Telegraphirens zu geben. Am Indikator geht von der Kupferplatte g ein dünner Draht s ab, läuft in spiralförmigen Windungen um einen Electromagneten o und ist dann mit einem vierten Leitungsdrahte l'', der ebenfalls zum Communicator auf der entfernten Station hinläuft, verbunden. — Zwischen diesem letztern Draht l'' und dem Ständer u findet in der Ruhelage des Weckers keine metallische Verbindung Statt; dieselbe kann aber durch einen Druck gegen die Feder x sogleich zwischen diesen Theilen hergestellt werden. — Ueber dem Electromagneten o befindet sich ein einarmiger eiserner Hebel p, der in seiner Ruhelage durch eine schwache Feder mit einem Zacken in den Zähnen eines Rades liegt, welches durch ein Gewicht umgetrieben wird, sobald der Sperrzacken des Ankers die Zähne desselben verläßt. Durch den Umlauf dieses Rades wird dann, wie bei gewöhnlichen Uhren, ein Wecker in Thätigkeit gesetzt. — Wird nun die Feder x am Communicator gegen den Leitungsdraht gedrückt, und der galv. Strom wie vorhin eingeleitet, so tritt derselbe durch den Draht l in die Platte g, theilt sich hier, so daß ein Theil durch s

um den Electromagneten o , und zurück durch s' , l'' , x , y zum Pol läuft. Der Hebel p wird also angezogen, sein Zacken verläßt die Radzähne und der Wecker wird in Bewegung gesetzt. — Hebt man die leitende Verbindung bei x auf, so verliert o seinen Magnetismus, die Feder drückt den Hebel p in die Zähne des Rades, welches nun an seinem Umlaufen gehindert ist und den Wecker in Stillstand versetzt. — Ein momentaner Druck auf die Feder x reicht hin, einige Glockenschläge am Wecker hervorzubringen. Hierdurch ist es möglich, durch den Alarm sowohl das Zeichen zum Anfange des Telegraphirens (durch längeres Läuten), als auch das Ende der Wörter (durch ein paar Glockenschläge) anzugeben. —

Es ist augenscheinlich, so sinnreich auch der eben beschriebene Mechanismus ist, daß gleichwohl mehrere Theile desselben einer großen Vervollkommnung fähig sind. Ein wesentlicher Fehler, den dieser Telegraph hat, besteht darin, daß er 4 Leitungsdrähte erfordert, ein Umstand, welcher bei einer practischen Ausführung auf bedeutende Entfernungen die Kosten ungemein erhöhen würde. Glücklicherweise aber liegen die Mittel nahe, um dieselben Wirkungen mit 2 Drahtleitungen zu erhalten, ohne daß es nöthig wäre, das Princip aufzugeben oder auch nur wesentliche Aenderungen vorzunehmen. Denn zunächst ist klar, daß die bewegende Kraft eines der Electromagneten z. B. d ersetzt werden kann durch eine Feder, welche nur wenig gespannt zu sein braucht, um den Arm ab des Echappements in die Zähne des Steigerads zu drücken, da in demselben Augenblicke der Anker e' nicht mehr von seinem Electromagneten angezogen wird. — Die Lage einer solchen Feder ist durch r angedeutet. Damit fällt also der Electromagnet d , nebst Anker, Leitungsdraht l'' und Feder n ganz weg. Reibt nun die Feder n' gegen Metall, so wird d' magnetisch und der Zeiger rückt um einen Buchstaben fort, wie vorhin; reibt n' gegen Elfenbein, so geht kein Strom durch den Telegraphen und die Feder r bewirkt die rückgängige Bewegung des Echappements; der Zeiger rückt also abermals um einen Buchstaben fort. Noch mehr, wenn man Verzicht darauf leisten will, den Wecker während des Telegraphirens zu benutzen (und dieses könnte höchstens den Zweck haben, das Ende der Wörter anzuzeigen und sehr füglich durch ein besonderes, auf der Communicator- und Indikator-Scheibe anzubringendes Zeichen ersetzt werden): so kann sogar der dritte Leitungsdraht l''' noch wegfallen und man kann demnach mit zwei Drahtleitungen l , l' , wie bei dem Gauß'schen, Steinheil'schen und Morse'schen Telegraphen nicht nur das Regierwerk des Indicators leiten, sondern auch noch den Anfang des Telegraphirens durch den Wecker anzeigen. Es ist dann nur erforderlich, am Indikator einen einfachen Commutator anzubringen, derart, daß dadurch die beiden Drahtleitungen l , l' sowohl mit den beiden Drahtenden h' des Electromagneten d' , als auch mit den beiden Drähten s , s' des Weckers in leitende Verbindung gesetzt werden können und daß, wenn eine dieser Verbindungen Statt findet, die andre nicht zugleich Statt hat. Vor jedem Telegraphiren ist der Com-

mutator des Indicators so gestellt, daß er die Drähte l, l' bloß mit den Drahtleitungen s, s' des Weckers verbindet. Beim Anfang des Telegraphirens geht dann der $+$ Strom wie vorhin in l zu dem Commutator, von hier zu s, s' und durch den Commutator zurück zu $l',$ von hier zu n' (die dann auf Metall zu stellen ist), zur Scheibe, durch u zum $-$ Pol. — Der Wecker läuft also ab und sogleich wird der Commutator nun so gestellt, daß die Leitungsdrähte l, l' den Strom zum Indicator führen. — Es lassen sich viele Vorrichtungen erdenken, die alle diese Dienste leisten; einer der einfachsten mögte wohl der in Fig. 6 von uns vorgeschlagene sein. —

Durch das längere Drehen der Communicatorscheibe B und das starke Reiben der Federn n, n' gegen ihren Umfang geschieht es meistens, daß sich allmählig auf den Elfenbeinstücken eine feine Spur von Messingstaub ansetzt, wodurch die Isolirung unvollständig und manchmal ganz aufgehoben wird. Dasselbe bewirken Feuchtigkeiten, Dünste, die sich darauf niederschlagen. Um diesen störenden Einflüssen abzuhelfen, ist es am besten, die durch je zwei messingene Hervorragungen gebildeten Lücken gar nicht auszufüllen und so die Isolirung durch die Luft zu bewirken, wie dieses ja auch an den Anfern der electromagnetischen Rotations-Maschinen von Ertingshausen, Stöhrer u. s. w. geschieht. ¹⁾ —

§ 13.

Aber auch in dieser vervollkommenen Gestalt leidet der Telegraph immer noch an einigen Uebelständen. — Denn zunächst ist ersichtlich, daß durch die Reibung der angezogenen Hebel e, e' an ihren Drehpunkten, so wie an den Stiften l, l' des Schappements ein nicht geringer Theil ihrer ohnehin nicht großen bewegenden Kraft für die Drehung des Zeigers verloren geht. — Ferner geht ein Theil dieser bewegenden Kraft nutzlos verloren, wenn bei Anwendung zweier Electro-Magnete d, d' , einer der Hebel immer das Gewicht des andern heben muß; oder, in dem Falle, daß ein Electro-Magnet durch die Feder r ersetzt wird, wenn der eine Hebel den Druck dieser Feder zu überwinden hat. ²⁾ Dazu kommt noch, was bei längerer Anwendung des Apparates sich besonders nachtheilig erweisen kann, daß auch das beste weiche Eisen, nachdem der galv. Strom aufgehört hat, dasselbe zu umkreisen, immer noch einen Rückstand der magnetischen Kraft behält. In Folge dieses Umstandes verläßt der Magnetismus nicht sogleich den Electromagneten und dieser wirkt also fortwährend anziehend auf seinen Hebel. Es läßt sich sogar vermuthen, weil der galv. Strom um das weiche Hufeisen stets in derselben Richtung circulirt, daß das jedesmalige Residuum magnetischer Kraft sich häufen wird. Es geht also ein dritter, beträchtlicher Theil

1) Hr. Mechanikus Hilt in Köln hat nach diesen einzelnen Abänderungen bereits mehrere Telegraphen für phys. Kabinette ausgeführt, die in ihren Leistungen allen Erwartungen vollkommen entsprechen.

2) In diesem Falle muß die Intensität des galv. Stromes immer stärker sein, als bei Anwendung zweier Electro-Magnete.

der bewegenden Kraft verloren, wenn erst die Attractionskraft eines Magneten gegen seinen Hebel durch den andern überwunden werden muß. —

Alle diese Uebelstände, glauben wir, werden sogleich verschwinden, wenn man jene Vorrichtungen dahin abändert, daß 1) die magnetische Kraft der Electromagnete unmittelbar auf die Arme des Schappements wirkt und 2) daß abwechselnd Ströme nach entgegengesetzter Richtung die Electromagnete umkreisen. Es wird dadurch von selbst bedingt, daß statt des Communicators B Fig. 5 eine gyrotropische Scheibe angebracht werde, die bei einem Umgange 30 mal die Richtung des galv. Stromes umkehrt. — Bei diesen Abänderungen würden wir folgenden Mechanismus vorschlagen:

1) Indikator Fig. 6. Die Arme des Schappements b, b' bestehen an ihren untern Hälften aus 2 Stahlmagneten $sn, s'n'$, die so befestigt sind, daß die Enden der Arme b, b' gleichnamige Polarität haben. Zur Seite dieser Magnete befinden sich zwei Electromagnete d, d' , deren Drahtwindungen dieselbe Richtung haben, ein Continuum bilden und in die beiden Kupferplatten v, v' auslaufen. Der Draht wird so gewunden, daß da, wo der + Strom in die Windungen eintritt, der entgegengesetzte Pol des ihm gegenüberstehenden Pols des Stahlmagneten gebildet wird; es werden ferner die Electromagnete so gestellt, daß da wo der Strom austritt, ein Pol gebildet wird, welcher mit dem ihm gegenüberliegenden Pol des Stahlmagneten gleichnamig ist. Die Fig. 6 zeigt dieses für den Fall, daß der galv. Strom die Richtung des beigesezten Pfeiles hat. In diesem Falle zieht d den Magneten ns an und wirkt ebenso anziehend auf $n's'$; zugleich stößt d' den Magneten $n's'$ ab und wirkt auch noch abstoßend auf ns ; das Schappement bewegt sich also nach der Rechten und schlägt kräftig auf einen Zahn des Steigrades. Ändert sich aber die Richtung des galv. Stromes, so ändern sich die Pole von d und d' , während die Stahlmagnete ihre Polarität behalten. — d wirkt nun auf ns abstoßend, d' auf $n's'$ anziehend und das Schappement bewegt sich nach entgegengesetzter Richtung. Durch dieses Spiel springt also der Zeiger von einem Zeichen zum andern.

2) Der Commutator befindet sich am Indikator und dient dazu, den Strom bald nach dem Indikator, bald nach dem Wecker zu leiten. Seine Einrichtung kann sehr verschiedenartig sein; sehr einfach und dem Gyrotropen von Dujardin¹⁾ ähnlich scheint folgende zu sein: Die Drahtleitungen l, l' laufen in 2 Kupferplatten x, x' aus; zwei von einander gut isolirte Kupferstäbe t, t' sind auf x, x' durch Schraubenlose befestigt und durch einen Querbügel (von Glas oder Elfenbein) so verbunden, daß bei ihrer Bewegung um die einen Endpunkte, die anderen bald mit den Platten v, v' , bald mit den vom Wecker kommenden Drähten y, y' in Verbindung treten. Durch Verschiebung dieser Brücke t, t' kann man also den durch l, l' laufenden Strom entweder nach dem Wecker o , oder nach dem Indi-

¹⁾ Pogg. Ann. Bd. LX S. 407.

kator leiten. Vor jedem Telegraphiren steht die Brücke t, t' immer nach dem Wecker hin auf y, y' . Sobald also ein galv. Strom in den Apparat eintritt, wendet er sich nach o und gibt das Signal zum Anfange. Nach Ablauf des Weckers wird die Brücke nach v, v' geschoben und der Strom zum Indikator geleitet.

3). Der Gyrotrop vertritt die Stelle des sog. Communicators im Wheatstone'schen Telegraphen. Er hat die Aufgabe, in der Zeit, in welcher alle 30 Zeichen gegeben werden, die Richtung des galvanischen Stromes in der Drahtleitung 30 mal umzuändern. Auch hier können sehr verschiedenartige Einrichtungen zum Ziele führen. Unter Andern läßt sich der erwähnte Dujardin'sche Gyrotrop leicht zu diesem Zwecke verallgemeinern, wenn man in einen Kreisumfang 30 Kupferstreifen, durch schmale Streifen von Elfenbein getrennt, einfaßt und den 1, 3, 5.. 29, ebenso den 2, 4, 6.. 30 metallisch verbindet, aber das erste ungerade System von dem letzten geraden isolirt hält. — Der von Jacobi ¹⁾ bei seiner electro-magnetischen Maschine angewandte Gyrotrop kann ebenfalls dem vorliegenden Zweck angepaßt werden, wenn die Anzahl der dort vorkommenden Randausschnitte der Räder gehörig vermehrt wird. — Einfacher aber scheint folgende Vorrichtung zu sein: r ist ein horizontal liegendes, messingenes, concentrisches Ringstück mit 15 gleichen äußeren Randausschnitten; r' ist ein zweites derartiges Ringstück, welches nach der Innenseite ebenso viele, aber ein wenig größere Ausschnitte hat, als der Ring r . Die Ausschnitte und Hervorragungen des Ringes r' lassen sich dann resp. zwischen die Hervorragungen und Ausschnitte des Ringes r legen, ohne daß beide Theile in metallischer Berührung sind. Nachdem beide Stücke so, voneinander isolirt, fest verbunden sind, werden sie zu einer Ebene genau abgeschliffen. Der eine Ring z. B. der äußere r' wird mit dem Drahte l , der andre Ring r mit dem 2ten Drahte l' verbunden. Im Mittelpunkte beider Ringe steht eine metallene Axe p und peripherisch um dieselbe, von ihr isolirt, ein hohler Kupfercylinder q . — Eine, aus 2 ungleich langen, gebogenen, von einander isolirten Messingarmen bestehende Brücke läßt sich über die gemeinsame Ebene beider Ringe um p als Mittelpunkt rundbewegen. Der Arm m sitzt nämlich ringförmig auf p , der andre m' etwas federnd auf dem Cylinder q ; beide sind fest verbunden durch ein Glasstäbchen. Ein auf diesem Glasstäbchen sitzender Zeiger bewegt sich mit dieser Brücke, indem er über einen, die Buchstaben und die Ziffern enthaltenden, Ring gleitet und zugleich dazu dient, denjenigen Buchstaben anzuzeigen, den man auf der entfernten Station angeben will. — Steht nun z. B. der Zeiger der Brücke auf a , so geht der + Strom, nach den gemachten Annahmen, von p aus durch m nach dem äußern Ringe r' , läuft durch l zum Wecker oder zum Indi-

1) Mem. sur l'application de l'electro-magn. au mouvement des machines. Potsdam 1835. —

fator, je nachdem der Commutator resp. auf y, y' oder v, v' steht, dann durch l' zum Ringe r , endlich durch m' nach q , dem — Pole, und schließt so den Kreislauf. Verrückt man nun am Gyrotrop die Brücke, indem man den Zeiger von a auf b schiebt, so geht der + Strom nach wie vor durch m zum innern Ring r , durch l' aufwärts und also durch l abwärts. Der Strom hat also die entgegengesetzte Richtung von vorhin; und da bei jeder Verstellung der Brücke am Gyrotrop von einem Zeichen zum benachbarten die Richtung des Stromes geändert wird, so ist man im Stande, wie es bei der Beschreibung des Indicators gezeigt ist, jeden beliebigen Buchstaben von einer Station aus der andern entfernten mitzutheilen. — Daß hierbei der Zeiger des Indicators und des Gyrotropen, um von einem Buchstaben zu einem andern zu gelangen, mit Zeitverlust alle dazwischenliegenden Zeichen durchlaufen muß, ist ein Nachtheil, den diese Vorrichtung noch mit der alten gemein hat und den man fast ganz unschädlich machen würde, wenn man durch irgend eine Vorrichtung dem Zeiger eine rechtläufige und rückläufige Bewegung nach Willkür ertheilen könnte. —

§. 14.

Eine von den vorigen ganz abweichende telegraphische Methode hat Borselman de Heer ¹⁾ vorgeschlagen und im Kleinen ausgeführt. Dieser holländische Physiker nimmt das Gefühl zum Zeichengeben in Anspruch; sein Telegraph beruht nämlich auf der Eigenschaft der galv. Ströme, physiologische Wirkungen in den Muskeln und Nerven hervorzubringen. Aber dieser Gelehrte entfernt sich so sehr von der Einfachheit, daß er sogar 10 Leitungsdrähte von einer Station bis zur andern anwendet. — Auf jeder Station befinden sich nämlich in 2 Reihen untereinander 10 metallische, von einander isolirte Tastenpaare, von denen man jede Taste einzeln niederdrücken kann. Jedes Tastenpaar der einen Station ist mit einem entsprechenden Paar auf der andern Station durch eine Drathleitung verbunden. Wenn irgend ein Paar Tasten angeschlagen werden, so geht ein, vermittelt einer Inductionsröhle erregter, Inductionsstrom durch die entsprechenden Drähte, im Falle auf der andern Station die entsprechenden Tasten verbunden sind und also die Leitung ein Continuum bildet. Auf der andern Station müssen während des Telegraphirens beständig die Finger des Beobachters auf den 10 obern oder untern Tasten ruhen; der Inductionsstrom wird auf diese Weise durch den menschlichen Körper geleitet und die Erschütterungen in den Fingerspitzen geben die Tasten zu erkennen, welche auf der andern Station angeschlagen wurden. — Durch Combination von 10 Elementen zu zweien lassen sich schon $10 \times 9 = 45$ verschiedene Gruppen bilden.

1. 2

¹⁾ Pogg. Ann. XLVI S. 513.

Durch paarweises Anschlagen jener 10 Tasten auf der einen Station lassen sich also auf 45 verschiedene Fingerpaare Erschütterungen hervorbringen, die mehr als hinreichend sind, alle Buchstaben und Ziffern zu telegraphiren. — Der Erschütterungen in einem Finger der linken Hand und einem Finger der rechten Hand gibt es 25; sie stellen die Buchstaben vor und man erzeugt sie, wenn man bloß Tasten der obern Reihe anschlägt. Läßt man den Strom durch 2 Finger einer Hand gehen, so erhält man $\frac{5 \cdot 4}{2} = 10$ Combina-

tionen, welche die Ziffern vorstellen und die man erzeugt, wenn man eine Taste der obern und eine der untern Reihe anschlägt. Die 10 andern Combinationen, die man erhält, wenn man den Strom durch 2 Finger der andern Hand schließt, können noch zu andern Zeichen, z. B. um das Ende der Wörter anzuzeigen, benutzt werden. — Die Buchstaben sind auf folgende Weise auf den Tasten eingegraben:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	obere Tasten = Reihe untere R. R.
a	b	c	d	e	a	f	l	q	v	
f	g	h	i	k	b	g	m	r	w	
l	m	n	o	p	c	h	n	s	x	
q	r	s	t	u	d	i	o	t	y	
v	w	x	y	z	e	k	p	u	z	
0	0	1	2	3						
1	4	4	5	6						
2	5	7	7	8						
3	6	8	9	9						

I II III IV V

Man sieht, daß auf jedem Tastenpaar, von welchem eine Taste aus der ersten (1 — 5) und die andre aus der 2ten Abtheilung (6 — 10) genommen ist, sich ein und derselbe Buchstabe befindet. Fühlt man z. B. eine Erschütterung in den Fingern der Tasten 4 und 7, so ist der Buchstabe i telegraphirt; ebenso würde das Wort „Haus“ durch Anschlagen folgender Tastenpaare angezeigt werden: 3, 7 — 1, 6 — 5, 9 — 3, 9 u. s. f. — Die Ziffern sind auf analoge Weise auf 5 untere Tasten geschrieben und werden auf die angegebene Weise signalisirt. Weil der Beobachter doch nicht fortwährend seine Finger auf den Tasten halten kann, so schlägt Vorhelfmann vor, nach jedem Telegraphiren die 10 Drahtleitungen zu 5 in 2 metallische Ringe zu vereinigen und an jedem Fuß einen Ring zu befestigen. Wenn dann der Anfang zum Telegraphiren gemacht wird, soll ein Inductionsstrom durch jene 10 Drähte geleitet werden, der nun bei vereinigten Drähten stark genug sein würde, um durch seine Erschütterungen den Beobachter auch aus dem festesten Schlafe aufzustören. —

Wenngleich nicht zu läugnen ist, daß der Mechanismus dieses Telegraphen sehr einfach und ohne namhafte Kosten herzustellen ist, und auch die Anwendung dieses neuen Principis der physiologischen Wirksamkeit in mancherlei Beziehung vortheilhaft sich auszeichnet

vor den andern telegraphischen Principien: so scheint uns doch diese telegraphische Methode nicht sehr geeignet für die practische Ausführung im Großen. — Denn einerseits würden die Kosten bei bedeutenden Entfernungen durch die 10 Drathleitungen ungemein hoch ausfallen; andererseits würde die Isolirung dieser Leitungsdrähte auf so große Entfernungen schwer herzustellen und zu erhalten sein und endlich scheint uns die erschütternde Wirkung auf die Fingerspitzen nicht sicher genug zu sein zur Angabe der Zeichen, indem in der Eile leicht eine Verwechslung der getroffenen Finger und Tasten oder der damit bezeichneten Buchstaben Statt finden könnte. —

§. 15.

Wenn wir in dem Bisherigen bei der Beschreibung des Gauß'schen, Steinheil'schen, Wheatstone'schen und Vorsehmann'schen Telegraphen ausführlicher verweilten: so geschah dieses, weil diese Vorrichtungen entweder bereits eine practische Anwendung erlangt haben oder doch dem Princip nach einer Ausführung im Großen fähig sind. Es sind indessen in der neuern und neuesten Zeit mehrere andre telegraphische Vorrichtungen construirt und als neue Erfindungen beschrieben worden, welche meistens mit einem oder dem andern der genannten Telegraphen nicht bloß im Princip, sondern oft in dem äußern Mechanismus mehr oder weniger übereinstimmen. Die Principien, auf denen jene Telegraphen beruhen, sind dreifacher Art: entweder wirkt die Kraft eines galv. Stromes ablenkend auf eine Magnetnadel (Gauß, Steinheil, Cooke, Wheatstone), oder diese Kraft macht weiches Eisen zum Magneten (Morse, Wheatstone) oder diese Kraft übt physiologische Wirkungen aus auf den menschlichen Körper, wie bei der Vorsehmann'schen Vorrichtung. Zu den neuesten electro-magnetischen Telegraphen gehören der Bain'sche in Schottland, der Jakobi'sche in St. Petersburg, der Morse'sche in Washington und der Fardely'sche in Mainz. —

§. 16.

Die telegraphische Vorrichtung des schottischen Uhrmachers Alex. Bain¹⁾ ist zwar sehr sinnreich und hat viel Eigenthümliches; ihre Construction ist aber so complicirt, daß eine Beschreibung aller Theile zu viel Raum einnehmen würde; wir können daher hier nur eine Skizze derselben entwerfen. Auf beiden Stationen befinden sich ganz dieselben Apparate, die aus folgenden Theilen bestehen: F ist ein Federgehäuse, welches auf das Räderystem G, H, J wirkt und dadurch sowohl die Kugeln des Regulators K in Umschwung bringt, als auch den Zeiger B eines von ihm isolirten Zifferblattes C rumbewegt. Die Bewegung dieser Räder kann

1) Allg. Zeitg. für Nation. Industrie, Gew. ic. 1844, Nr. 5 S. 30.
Bain hat in der neuesten Zeit einen galv. Regulator erfunden und in Mech. mag. beschrieben, wodurch eine gleichförmige Strömung des galv. Fluidums bewirkt wird.

durch eine Hemmung plötzlich eingehalten und durch Auslösung derselben wieder veranlaßt werden. Da die Uhren F auf beiden Stationen genau gleichzeitig gehen, so zeigen die Zeiger B auf jeder Station zugleich dieselben Buchstaben auf dem Zifferblatt. Es kommt also darauf an, von einer Station aus zu bewirken, daß auf der andern der Zeiger in dem Momente still hält, wo auf der erstern der Zeiger vor dem zu signalisirenden Buchstaben anhält. Dieses Einhalten der Zeiger vor einem bestimmten Buchstaben geschieht durch die galvanische Kraft auf folgende Weise: D ist ein kräftiger Stahlmagnet, um welchen ein Multiplikator Draht A so gelegt ist, daß er sich um den Magneten nach der Richtung des Pfeiles drehen kann, wenn ein galv. Strom durch ihn hindurchgeht. Das eine Ende dieses Drahtes ist mit der Spiralfeder E, das andre Ende mit dem Zeiger B in met. Verbindung. Von einer Station geht nach der andern nur eine einzige Drahtleitung, welche die beiden Zifferblätter verbindet, wogegen die Spiralfedern E mit einer großen, in das feuchte Erdreich versenkten, Kupfer- und Zinkplatte Z verbunden sind; die Erde zwischen diesen Platten dient als Strom erregendes Mittel, oder wenn man den Strom durch eine Batterie erzeugt, als Rückleitung desselben anstatt der zweiten Drahtleitung. Die Feder F treibt ferner das Buchstabenrad L rund, welches so eingerichtet ist, daß, wenn der Zeiger B an einem Buchstaben anhält, ein gleicher Buchstabe dem Cylinder M gegenüber steht, auf welchem sich ein Papier zur Aufnahme der zu druckenden Mittheilung befindet. N ist ein zweites Federgehäuse, welches den Druckapparat mittelst der Kurbelspindel P, T S in Bewegung setzen soll und zugleich auf das lange Getriebe h und dadurch auf den Signalcylinder M wirkt. Das Spiel des Telegraphen ist folgendes: Vor jedem Operiren steht die Leitung durch metallische Verbindung des Zeigers mit dem Zifferblatte geschlossen, die Zeiger stehen auf dem Nullpunkte und die Hemmung liegt in den Rädern, weil der durch die natürliche Elect. des Bodens erregte Strom fortdauernd wirkt und den Draht A fortwährend in der Lage der Zeichnung abgelenkt und so die Hemmung in den Rädern hält. — Wenn nun von einer Station aus eine Nachricht abgehen soll, so wird hier die Leitung unterbrochen und das Uhrwerk in Bewegung gesetzt; da der Strom auf der andern Station den Draht A verläßt, so geht dieser durch die Spiralfeder in der Richtung des Pfeiles zurück, löst die Hemmung aus und setzt dadurch das Uhrwerk ebenfalls in Bewegung. Da auf diese Weise die Uhren auf beiden Stationen zu gleicher Zeit in Bewegung gesetzt werden und dieselben ganz gleichmäßig gehen, so treiben sie fortwährend auf beiden Stationen zu gleicher Zeit den Zeiger an demselben Buchstaben vorbei. Das Zifferblatt C ist vor jedem Buchstaben durchbohrt; in das Loch des zu signalisirenden Zeichens z. B. e wird sodann ein metallischer Stift eingesteckt; der Zeiger B rückt dagegen an, und das Uhrwerk bleibt auf der einen Station

stehen. Durch den Stift wurde die Leitung geschlossen und der entstandene galv. Strom lenkt in demselben Augenblick auf der andern Station, wo der Zeiger ebenfalls gerade e zeigt, den Multiplikator A nach der Lage der Zeichnung ab; die Hemmung fällt dadurch in das Räderwerk H, dasselbe steht plötzlich still und der Zeiger hält also vor e an. Zieht man den Stift vor e heraus, so geht das Uhrwerk mit dem Zeiger fort, die Leitung ist unterbrochen und der Strom hört auf; auf der andern Station zieht die Feder E den Multiplikator nach der Richtung des Pfeils zurück, die Hemmung wird ausgelöst und auch hier fängt das Uhrwerk seine Bewegung zu derselben Zeit wieder an, um dieselbe so lange fortzusetzen, bis durch Einsetzen des Stiftes der Strom wieder hergestellt wird und beide Zeiger wieder an gleichen Zeichen still stehen.

Während der Umdrehung der Räder G, H, J entfernen sich die Kugeln des Regulators von der Umdrehungsaxe K und heben einen Arm des Hebels V, während der andre herabgedrückt wird und den oberen Gegenleger t frei macht; der untere u fährt dadurch fort, durch seinen Druck gegen die Welle T diese am Umlaufen zu verhindern. Während der Bewegung von G, H, J steht also N, P, T still. Sobald aber durch den Stillstand der erstern Räder auf die beschriebene Weise ein Buchstabe signalisirt wird und zugleich ein gleicher Buchstabe des Rades L dem Cylinder M gegenübersteht: so fallen die Arme des Regulators plötzlich zusammen, lösen den Einleger u und gestatten der Kurbelspindel P, umzulaufen. Durch die Kurbel S wird nun mittelst der Hebel m, n das Buchstabenrad L kräftig gegen M gedrückt, und da ein geschwärzter Bandstreifen zwischen den Typen von L und dem Papier des Cylinders M liegt, so wird der Buchstabe deutlich abgedruckt. — Das lange Triebrad b dreht sich während eines Umganges von P (der gerade erforderlich ist, um ein Zeichen zu drucken) den Signalcylinder so weit um, daß auf dem Papier Platz für ein neues Zeichen wird. Jenem wird dadurch zugleich eine Schraubenbewegung ertheilt, durch welche er allmählig gehoben wird, so daß die folgenden Zeilen aufgenommen werden können. Durch die Bewegung des Hebels n greift eine am Arme y angebrachte Feder in einen Zahn des auf der Welle des Triebes h feststehenden Sperrrades a und hemmt den Umlauf von b und der Kurbelspindel P während des fernern Stillstandes von G, H, J. — Durch die Auslösung der Hemmung aus H gehen die Arme des Regulators von Neuem auseinander und der Druck von u hemmt die Bewegung von P so lange, bis durch das Zusammenfallen der Kugeln das Räderwerk P wieder rund läuft und ein neues Zeichen abdruckt. Die Nachrichten werden auf diese Weise nicht bloß am Zifferblatte buchstabenweise angezeigt, sondern auch in einer Schraubenlinie mit Typen abgedruckt. — Daß der Telegraph auf dieselbe Art zur Rückantwort benutzt werden kann, ist von selbst einleuchtend. — Bain hat noch eine zweite Construction eines

Drucktelegraphen bekannt gemacht, welcher von dem beschriebenen darin abweicht, daß der Druck gegen das Buchstabenrad und die schraubenförmige Bewegung des Cylinders nicht durch ein Uhrwerk, sondern durch zwei Electromagnete verrichtet wird. Uebrigens scheint uns der erstere Apparat noch einer bedeutenden Vereinfachung fähig zu sein, indem man bei dem plötzlichen Zusammenfallen der Regulatorkugeln die eine Kugel O unmittelbar gegen einen Arm des Buchstabenrades L anschlagen ließe, durch welchen Schlag dann der Buchstabe abgedruckt würde; wenn dann ferner der Regulator die Einrichtung erhielte, daß der Signalcylinder bei jedem Auseinanderfliegen der Kugeln um ein Weniges bewegt würde, jedoch beim Zusammenfallen derselben und während ihrer Bewegung mittelst eines Sperrrades stehen bliebe: so könnte das ganze Räder-system N, P, T, m, n, b u. s. f. wegfallen. —

§ 17.

Herr William Fardely¹⁾ in Mainz hat den Bain'schen Telegraphen, (den er electricischen Typotelegraph nennt) in derjenigen Construction, bei welcher der Buchstabenruck durch Electromagnete vollzogen wird, ausgeführt und seine Apparate in einem dortigen Gasthose am Rhein und in einem weit davon entfernten Gebäude aufgestellt. Beide Theile hat er durch einen einzigen Draht verbunden, dessen Enden in den Rhein auslaufen, so daß der galv. Strom seinen Lauf durch das Wasser fortsetzt und so den Kreislauf schließt. Bei einer vollständigen Drahtleitung reicht eine kleine Batterie nach der Smee'schen Art, von der Größe, daß sie in ein gewöhnliches Trinkglas gestellt werden kann, zur Bewegung des Apparates vollkommen aus.²⁾ Obwohl Hr. Fardely selbst nur auf geringes Verdienst der Selbsterfindung Anspruch macht: so verdienen seine Bemühungen in Bezug auf Vervollkommnung der electricischen Telegraphie durch practische Vereinfachung der Apparate und Nichtisolirung des Leitungsdrahtes alle Anerkennung.

Im vorigen Jahre hat Hr. Prof. Jacobi³⁾ zwischen St. Petersburg und Jaroskoje = Selo einen elect. Telegraphen eingerichtet, bei welchem er ebenfalls das feuchte Erdreich als die eine Hälfte der Leitung benutzt hat und anzunehmen scheint, daß die Ehre dieser letztern Entdeckung ihm gebühre⁴⁾; wir haben indessen S. 13 gesehen, daß Steinheil, und dieser zuerst, bereits im Jahre 1838 diese Entdeckung gemacht und bei seinem Telegraphen angewandt hat. Ihm gebührt daher die Ehre dieser für die electricische Telegraphie so äußerst wichtigen Entdeckung⁵⁾.

1) Der el. Telegraph, insbesondre für Eisenbahnen u. von W. Fardely. Mannheim 1844.

2) Allg. Zeitg. für Nation.-Industrie, Gew. u. 1844 Nr. 53. 2 Juli.

3) Bullet. de St. Petersburg (el. Phys. Math.) N. 41, tom II Nr. 17 p. 259.

4) Allg. Zeitg. f. Nat. Ind., Gew. u. 1844 Nr. 56, 12 Juli.

5) Steinheil hat seine Entdeckung theils in einer öffentlichen Rede, theils in dem citirten Schriftchen „über Telegraphie,“ hauptsächlich aber und nach allen ihren Theilen in Schumachers Astron. Jahrbuche 1839 S. 172 ff. entwickelt. —

Der Amerikanische Telegraph von Morse ist nun zwischen den 34 engl. (ungef. $6\frac{4}{5}$ deutsche) Meilen entfernten Städten Washington und Baltimore in voller Thätigkeit. Derselbe befindet sich nicht ausschließlich in den Händen der Regierung, sondern wird auch von Privatpersonen nach Belieben benutzt. Es ist nach öffentlichen Berichten nicht 1 Minute Zeit erforderlich, um kürzere Fragen zu signalisiren und die Antwort darauf zurück zu erhalten¹⁾.

Der erst vor einem Jahre auf der Bahn von Aachen zur belgischen Gränze eingerichtete electriche Telegraph befindet sich zwischen Aachen und dem Maschinenhause am Tunnel im Aachener Busche (ungef. 25 Min. Wegs). Er hat eine nach Wheatstone's Plane zu dem Eisenbahn-Zwecke eigens verfertigte Einrichtung. Die Leitung besteht aus 4 starken, $\frac{1}{4}$ " dicken Eisendrähten, von denen je zwei eine Kette bilden, in welchen ein galvanischer Strom wirkt. Ein Wecker kann durch Auslösung eines Sperrhafens mittelst eines Electromagneten in Bewegung gesetzt werden. Ein Zeiger auf einem bloß mit 6 Zeichen versehenen Zifferblatte gibt die Signale, durch deren Combination sich jedoch 25 Signale und hierdurch eine Reihe von Fragen und Antworten rasch mittheilen lassen²⁾.

4. Schlußbemerkungen.

§ 18.

Nach diesen detaillirten Untersuchungen der einzelnen, bisher construirten oder in Vorschlag gebrachten electriche Telegraphen, halten wir es für angemessen und zur Vergleichung resp. Beurtheilung der verschiedenen Vorschläge für nothwendig, einige Bemerkungen allgemeiner Art hinzuzufügen. — Aus dem Vorigen ist bis zur Evidenz nachgewiesen, daß die durch den Galvanismus erzeugte bewegende Kraft angewandt werden kann, um alle erforderlichen Zeichen zu einem gegenseitigen Verständniß rasch und vollständig anzugeben. Es fragt sich nur noch — da keine der bisher ausgeführten elect. Telegraphen-Linien eine sehr bedeutende Länge hat³⁾ — ob jene bewegende Kraft auf sehr große Strecken noch groß genug sein wird, um die beschriebenen Bewegungen hervorzubringen? von welchen Umständen diese Kraft modificirt wird? welche Art von electriche Strömen den Vorzug verdienen? von welcher Beschaffenheit die Drahtleitungen sein müssen? u. s. w. Wenn gleich diese Fragen nach dem gegenwärtigen Stande der Dinge sich noch nicht vollständig beantworten lassen, da es für so großartige Untersuchungen noch an Versuchen fehlt und wir die in den physikalischen Kabinetten angestellten Experimente nicht füglich als

1) Köln. Zeit. 1844 Nr. 193.

2) Archiv für Eisenbahnen 1843 Nr. 8.

3) Die Amerikanische Linie hat $6\frac{4}{5}$, die Great-Western 8 deutsche Meilen Länge.

Maafstab an dieselben anlegen können: so lassen sich doch aus den bekannten physikalischen Gesetzen über die Natur und die Wirkungen galvanischer Ströme Schlüsse ziehen, welche die Beantwortung jener und ähnlicher Fragen wenigstens annäherungsweise enthalten. Der Mechanismus der electricischen Telegraphen hat bereits einen so hohen Grad von Vollkommenheit erlangt, daß in dieser Hinsicht ihrer practischen Anwendung kein Hinderniß mehr im Wege stehen kann; Steinheil's, Morse's, Cooke's, Wheatstone's und Bain's Telegraphen sind Belege hierzu. Die Kosten aller dieser verschiedenen Mechanismen sind verhältnißmäßig unbedeutend und verschwinden gegen die Anlage- Ausstattungs- und Unterhaltungskosten der vielen Stationshäuser bei optischen Telegraphen ¹⁾. — Anders verhält es sich mit den Drahtleitungen, die von einer Station bis zur andern fortlaufen müssen. Ohne Zweifel waren sie es, die bisher das Anlegen electricischer Telegraphen auf große Entfernungen verhinderten und zwar aus zwei Ursachen: einmal wegen der bedeutenden Kosten des Metalls und der Fortführung des Drahts, ²⁾ zweitens wegen der Schwierigkeit in der Beaufsichtigung der Leitung. Wegen des ersten Punktes können daher die Vorrichtungen von Reifer, Sömmering, Ampere, Borschmann de Heer und selbst der Wheatstone'sche in seiner ursprünglichen Gestalt mit 4 Drähten, wohl vielleicht für kleine Strecken bei Eisenbahnen (z. B. auf geneigten Ebenen, Tunnels u. s. f.), nicht aber eine allgemeine, ausgebreitete Anwendung finden. Wir haben indessen schon gesehen, daß die Telegraphen von Gauß, Steinheil, Morse und der neueste von Wheatstone nur zwei Drähte erfordern und daß nach Steinheil's Princip durch Benugung des feuchten Erdreichs als Leiter bei eben diesen Apparaten der eine Draht durch die Erde ersetzt werden kann, wie es schon von Bain, Jacobi und Fardely ausgeführt worden ist. Seit Winkler's und Watson's Versuchen (S. 5) war es bekannt, daß bei der Ausgleichung der verdichteten Reibungs-Electricitäten der Schließungsbogen zur Hälfte aus Wasser oder feuchtem Erdreich bestehen könne, seit Steinheil's Versuchen ist dieses auch für galvanische Ströme bekannt. Indem der Letztere richtig schloß, daß der Widerstand, den ein Halbleiter dem galvanischen Strom entgegensetzt, um so geringer wird, je größer seine Durchschnittsfläche ist und daß man diese Fläche beim Erdreich beliebig groß machen könne, wenn man nur die Enden des über der Erde gehenden Leitungsdrahtes unter der Erde in hinreichend große Metallflächen auslaufen läßt: so gelangte er dahin, den Widerstand des Erdreichs beliebig klein, ja verschwindend gegen den Widerstand im Metalldraht, zu machen. — Spätere Versuche über diesen Gegenstand von Bain und Jacobi bewiesen

1) z. B. jene S. 20 erwähnten, von Mech. Hilt ausgeführten und auf sehr große Strecken berechneten Apparate, zu 4 und zugleich zu 2 Leitungs-Drähten anwendbar, kosten nur 50 Thlr.

2) Die Leitungen auf der Great-Western kosteten für jede engl. Meile 250—300 Pf.

jenes Princip vollständig. Bei den Untersuchungen von Bain und Bright ¹⁾ wurde der galvanische Strom durch eine kleine Grove'sche Batterie erregt und 1.) ein einzelner Draht an dem Ufer entlang $\frac{1}{2}$ Meile weit gelegt und beide Enden ins Wasser getaucht, 2.) ein einzelner Draht mit einem Ende in einen Fluß, mit dem andern in eine ungefähr 300 Schritte entfernte Quelle gelegt, wobei also der Draht, das Wasser und die Erde den Schließungsbogen bildeten: in beiden Fällen durchlief der galvanische Strom die Leitung mit der größten Leichtigkeit. Die Drähte waren bei diesen Versuchen ganz nackt, weder gefirnisset noch übersponnen, woraus also zugleich folgt, daß die bisherige Ansicht, die Drähte müßten gegen die Feuchtigkeit geschützt sein, nicht gegründet war. — Bei den Jacobi'schen Versuchen ²⁾ wurde der galvanische Strom durch 24 Grove'sche Becher oder eine Volta'sche Säule von 150 Platten (6" Seite) erregt, ein Draht von 5600' auf einem Damme fortgeführt, jedes Ende desselben mit einer Zinkplatte von 5 □ Fuß Oberfläche verbunden, die eine Platte in den finnischen Meerbusen, die andre in einen damit communicirenden Kanal gebracht und die Stromstärke in diesem 11200' langen Schließungsbogen aus Metall und Wasser gemessen: der Erfolg war, daß keine Schwächung durch die Wasserleitung eintrat. Aehnliche Versuche, bei denen 9030' Draht die Nawa und einen davon getrennten Teich verbanden, ergaben nur 3% Verlust an Stromintensität; als endlich das in die Nawa mündende Drahtende mit der Stange des in das feuchte Erdreich hinabreichenden Blitzableiters auf dem Winterpallast verbunden wurde, erlitt der Strom nur $\frac{1}{2}$ % Verlust. Es ist also wohl erwiesen, daß fortan das Erdreich oder das Wasser die eine Hälfte der Leitung vertreten kann und daß bei den neuern telegraphischen Constructionen eine einzige Drahtleitung vollkommen hinreichend ist, nicht bloß um alle Buchstaben und Ziffern anzuzeigen, sondern auch um eine Glocke tönen zu lassen und durch den Apparat die Mittheilungen mit gewöhnlichen Lettern zu drucken. — Bei den Kosten der Leitung kommen, außer der Anzahl der Drähte, auch noch andre Elemente in Frage, nämlich ihre metallische Substanz, ihre Dicke und die Isolirung. Von den wohlfeilern Metallen können nur Kupfer und Eisen, als gute Leiter zum Schließungsbogen angewandt werden. Eine Drahtleitung von Eisen würde nun freilich ungefähr sechsmal wohlfeiler sein, als eine gleiche Kupferleitung; es ist aber bekannt, daß das Eisen sechsmal schlechter den Strom leitet, als das Kupfer, oder daß das Eisen einen sechsmal größern Widerstand dem galvanischen Strom entgegensetzt, als ein gleich dicker Kupferdraht. Nach dem Ohm'schen Gesetze ist dann auch die Intensität des Stromes in der Eisenleitung sechsmal geringer, als in der Kupferleitung,

1) Mech. Mag. Juni 1842. 469 oder Dingler's Polyt. Journ. Bd. 85 S. 347.

2) Bulletin de St. Petersburg tom 1 p. 129 — Dingler's Journ. Bd. 87 S. 281.

und damit er in dem Eisen dieselbe Intensität erhalte, als in dem Kupfer, muß nach demselben Gesetze der Querschnitt des Eisendrahtes sechsmal größer sein, als der des Kupferdrahtes, wodurch dann die Kosten für beide Metalle dieselben sind. Das Kupfer verdient indessen den Vorzug, weil es dem Drydiren weniger unterworfen ist und weil bei seiner Anwendung die Leitung nicht so schwer ausfällt, was da von Bedeutung ist, wo die Drähte durch die Luft ausgespannt und gestützt werden müssen. Das vollständige Isoliren zweier und mehrerer Leitungsdrähte auf lange Strecken ist sehr schwierig; Steinheil führte die Drähte auf hölzernen Säulen durch die Luft und bemerkte dennoch Nebenleitungen an den Säulen herab, die sich durch Ablenkungen am Gauß'schen Galvanometer zeigten, wenn dasselbe in den getrennten Theilen der Kette eingeschaltet wurde. Wheatstone fand diese Nebenleitungen so stark, daß er sein Telegraphen-System mit Nadeln aufgab, weil beim Schließen der Batterie alle Nadeln abgelenkt wurden, auch die, welche außer der Kette lagen. Gleichwohl ist das Isoliren der Leitung von der größten Wichtigkeit bei langen Strecken, weil im entgegengesetzten Falle der Strom-Verlust mit der Entfernung von der Kette immer zunimmt und so den größten Theil der galvanischen Kraft verloren geht. Morse umwickelte die Drähte seines Telegraphen mit Baumwolle, firnigte dieselben stark, überzog sie nochmals mit einem Kaoutschuk Firniß und schloß sie in eine bleierne Röhre ein; diese Isolirung reichte für 10 engl. Meilen vollkommen aus. — Cooke und Wheatstone versahen die Drähte ebenfalls mit Kaoutschuk Ueberzügen und leiteten sie in, mit Harz ausgegossenen eisernen, Röhren von $1\frac{1}{2}$ " Durchmesser 6" hoch über den Boden und parallel mit der Eisenbahn, in einer Entfernung von 2—3 Fuß von derselben fort. Jacobi schließt die Drähte in gläserne, über 5' lange und $\frac{3}{4}$ " weite und ziemlich starke, mit Kaoutschuk verbundene Röhren ein und leitet sie 21" tief unter der Erde weg. Von den Kupferdrähten wogen 3500' 45 Pfd.; sie waren alle 4 einzeln mit Zwirn übersponnen, in einer heißen Mischung von Harz, Wachs und Talg getaucht, dann abermals umsponnen und nochmals mit der Mischung überzogen. Dennoch zeigte sich hierbei eine Spur von Nebenleitung, welche für eine Entfernung von 90 Fuß schon 6,6% Stromverlust herbeiführte. — In der neuern Zeit hat Cooke¹⁾ die Isolirung des Leitungsdrathes vollständig erreicht, indem er nach Gauß's und Steinheil's Methode denselben durch die Luft wegführte. In jedesmaligen Entfernungen von 500—600 Schritten werden 16'—18' hohe Pfosten eingerammt, zwischen denen noch in Entfernungen von 60—70 Schritten hölzerne Stützen angebracht sind. Oben auf den Pfosten befinden sich, von denselben durch Glas oder glasirtem Thon getrennt, Spannapparate, durch welche mittelst eines gezahnten Rades und eines Sperrhakens der Draht straff angezogen wird. Damit die

1) Mech. mag. 1843. P. 467.

Feuchtigkeit des Holzes bei Regenwetter dem galvanischen Strom keinen Abfluß durch Nebenleitung gestatten kann, sind die Spannaparate durch Abdachungen geschützt. Diese Einrichtungen haben sich bereits seit 2 Jahren bei der Blackwall-Eisenbahn und neuerdings wieder bei der Manchester-Leeds-Bahn vortrefflich bewährt. Selbst die Kosten einer solchen Anlage betragen für gleiche Strecken nur ungefähr die Hälfte von den Kosten der Leitung auf der Great-Western-Bahn, also für die engl. Meile gegen 125 — 150 Pfund. — Es läßt sich sogar vermuthen, daß es einmal gelingen werde, auch den einen metallischen Leitungsdraht überflüssig zu machen und so ohne alle metallische Verbindung durch Electromagnetismus zu telegraphiren. Steinheil, und, so viel uns bekannt, dieser allein hat einige Versuche hierüber angestellt und es ist ihm gelungen, durch einen, von dem Multiplikator metallisch völlig getrennten electro-magnetischen Apparat, bloß durch die Leitung des Erdbodens eine Ablenkung der Nadel hervorzubringen; die Entfernung jener Apparate betrug jedoch nur 50 Fuß. Indessen glauben wir die ausgesprochene Vermuthung noch dadurch bestärken zu können, daß man galvanische Ströme im Innern der Erde nach allen Richtungen direct nachgewiesen hat, wobei allerdings hier und da metallische Adern und Gänge vorkommen, die jedoch keineswegs zusammenhängen, sondern vielmehr durch vielerlei Arten von Halbleitern oft auf große Strecken unterbrochen sind. Jedenfalls verdiente dieser Gegenstand neue Versuche mit kräftigen Batterien und empfindlichen Multiplikatoren. —

Eine fernere Frage bei der practischen Anwendbarkeit der electrischen Telegraphen ist die, ob der galvanische Strom in sehr großen Entfernungen noch Kraft genug besitzen wird, um Magnetnadeln abzulenken oder weiches Eisen zu magnetisiren und unter welchen Umständen der beste Erfolg zu erwarten ist? Das Ohm'sche Gesetz und die bisherigen längern Telegraphenlinien scheinen diese Frage bejahend zu beantworten. Die Ablenkungen der Magnetnadeln auf der 39 engl. Meilen langen Great-Western-Linie geschahen sehr bestimmt, obgleich die Leitung nicht vollkommen isolirt war, sondern noch Nebenleitungen Statt fanden; ebenso geschah die Magnetisirung des weichen Eisens beim Morse'schen Telegraphen in einer Entfernung von 10 engl. Meilen sehr vollkommen. Die Theorie stimmt hiermit ganz überein; denn einestheils besitzt man Mittel, die Quantität des durch die Leitung strömenden electrischen Fluidums beliebig zu vergrößern, entweder durch Vergrößerung der Oberfläche oder der Anzahl der Platten, anderntheils kann man den der galvanischen Wirkung ausgesetzten Apparaten einen fast beliebig hohen Grad von Empfindlichkeit geben. Nach dem Ohm'schen Gesetze ist die Kraft einer Volta'schen Kette der gesammten in ihr wirksamen electromotorischen Kraft direct, dem Leitungswiderstande aller ihrer Theile aber umgekehrt proportional. Bezeichnet

T die Kraft der Kette, **E** die gesammte electromotorische Kraft, **L** den Gesamtwiderstand, so ist
$$T = \frac{E}{L}$$

Aus dieser Formel folgt sogleich, daß auch der größte Widerstand, den die Halbleiter (das Erdreich, Wasser) dem galvanischen Strome entgegensetzen, durch Erhöhung der electromotorischen Kraft compensirt werden kann, was jedoch nicht durch Vergrößerung der Oberfläche der Platten, sondern nur durch Vermehrung ihrer Anzahl erreicht wird. In der That würde das Erstere bloß eine Verminderung des Widerstandes in der Kette hervorbringen und dieses würde die Kraft des Stromes wenig erhöhen, da ja ohnehin dieser Widerstand fast verschwindend ist gegen den der Halbleiter; dagegen kann durch die Vermehrung der Anzahl der Plattenpaare, deren electromotorische Kräfte sich zur Summe zusammensetzen, die electromotorische Gesamtkraft **E** beliebig vergrößert werden. Man wird daher in allen den Fällen, wo man das Erdreich als einen Theil der Leitung benutzt, die galvanische Kraft mehr durch eine vielplattige, als durch eine großplattige Batterie erzeugen, um so den größern Leitungswiderstand (den Nenner) durch eine größere electromotorische Kraft (den Zähler) zu compensiren. Der Widerstand der metallischen Leiter steht im geraden Verhältnisse ihrer Länge und im umgekehrten ihres Querschnittes. Dieser Widerstand hat um so weniger Einfluß auf die Gesamtkraft der Kette, je größer der Widerstand in der Kette selbst schon ist. Deshalb schwächen oft sehr lange Drähte einen durch eine vielplattige Säule erregten Strom nur wenig, während dieselben Drähte in anderen großplattigen Ketten die Wirkung ausnehmend vermindern ¹⁾, eben weil der Widerstand des langen Leiters den Strom nur in dem Verhältnisse schwächt, in welchen er zu dem Gesamtwiderstand der Kette steht. Die Länge der Drahtleitung ist also ein zweiter Grund dafür, daß für telegraphische Zwecke eine gehörige Wirkung nur von mehrplattigen Säulen zu erwarten steht. — Wo die Zeichen aus Ablenkungen von Magnetnadeln bestehen, muß ein Multiplikator in die Leitung eingeschoben werden. Da durch den Widerstand des langen Leitungsdrahtes und der Säule der Gesamtwiderstand **L** sehr groß ist, so leuchtet ein, daß selbst eine bedeutende Länge des Multiplikator drahtes, bis zu einer gewissen Gränze von beliebiger Dicke, keine merkliche Schwächung des Stromes herbeiführen wird; wenn aber auch eine Schwächung desselben entstände, so würde dessen verminderter Einfluß auf die Nadel vollständig compensirt werden durch die vermehrte Anzahl der Windungen; da ferner die Windungen eines dünnen Drahtes dichter zusammengewunden werden können, also der Magnetnadel näher sind, so wird man für telegraphische Zwecke einen Multiplikator aus einem einzigen langen und dünnen Drahte mit sehr

1) Biot's Physik übers. von Fechner, III. S. 216.

vielen Windungen anwenden. — Bei dem Princip, auf welches Morse zuerst und nach ihm Wheatstone ihre Telegraphen gründeten, wird die Kraft des galvanischen Stromes angewandt, um weiches Eisen zu magnetisiren. Hier scheint auf den ersten Blick die Kraft des galvanischen Stromes auf bedeutende Entfernungen nicht auszureichen, denn selbst die kräftigsten Electromagnete zeigen in gewissen Fällen keine Spur von Magnetismus, auch dann nicht, wenn man sehr starke Batterien anwendet. Indessen geben auch hier wieder die Ohm'schen Gesetze Aufschluß darüber, wie für die vorliegenden Zwecke die Electromagnete construirt werden müssen, damit sie durch den Strom magnetisirt werden. Nach jenem Gesetze verhält sich die Kraft eines Electromagneten gerade wie die electromotorische Kraft der Kette, indirect wie der Widerstand in den Schließungsdrähten und wieder direct wie die Anzahl der Umwindungen; sie richtet sich überdieß noch nach der Größe der Erregerplatten, der Weichheit des Eisens, der Isolirung der Windungen u. s. w. — Der Strom muß also auch hier durch eine vielplattige Säule erregt werden. Durch Vermehrung der Anzahl der Windungen wird die magnetische Kraft verstärkt; aber wegen des Widerstandes des hinzugesügten längern Drahtes würde eben hierdurch die Stromkraft wieder stark geschwächt werden, wenn der Widerstand in den frühern Theilen des Drahtes gering wäre. Da aber bei Telegraphen dieser Leitungs-Widerstand schon sehr bedeutend ist, so beträgt der durch den zugesügten Windungsdraht entstandene Widerstand nur ein sehr kleines vom Gesamtwiderstande und schwächt also die Wirkung des Stromes nur unbedeutend. Dagegen kann man aus diesem Drahte viele Windungen um den Magneten legen, mit deren Anzahl die magnetische Wirkung proportional wächst. Aus denselben Gründen, wie bei den Multiplikatoren, muß man auch hier die Electromagnete mit einem langen, aber dünnen Drahte umwinden, weil die Feinheit des Drahtes bei der Größe des Gesamtwiderstandes nicht viel zur Schwächung des Stromes beitragen kann, dagegen die Windungen dem Eisenkern nahe zu liegen kommen und so stärker auf ihn wirken. Wheatstone hat, dem entsprechend, bei seinem neuen Telegraphen (S. 15) ganz kleine (2 — 3 Zoll lange) Hufeisen mit sehr langem und sehr feinem, sorgfältig umsponnenem Drahte umwickelt, wobei eine kleine Batterie hinreicht, um alle erforderlichen Wirkungen auf mehrere Meilen Entfernung hervorzubringen. Die Batterie, die derselbe anwendet, besteht aus 6 kleinen Elementen, von denen jedes aus einem kleinen Porzellan-Gefäß, 2" im Quadrat und 1 1/2" hoch besteht, in dessen Mitte sich ein poröser Thoncylinder befindet von 1" Durchmesser. Der Raum zwischen dem Cylinder und dem Gefäß ist mit Kupfervitriollösung, der Cylinder selbst aber, um welchen ein dünnes Kupferblech gelegt ist, das mit seinem übergebogenen Rande in das nächstfolgende Element taucht, ist mit einem flüssigen Zinkamalgam angefüllt. Bei größern

Entfernungen der Stationen ist eine größere Anzahl solcher Elemente erforderlich, die aber aus den angeführten Gründen nie größer zu sein brauchen.

Schließlich wollen wir noch mit wenigen Worten in die Frage eingehen, welche Art von electricischen Strömen bei der Telegraphie den Vorzug verdient? Da die electromotorische Kraft, welche die thermo-electrischen Ströme bedingt, ohne Vergleich schwächer ist, als die der hydroelectricischen, so daß diese Schwäche den Vortheil, den sie wegen des geringen Widerstandes in der ganz metallischen Kette vor den hydroelectricischen voraus haben, ganz aufhebt; da ferner lange Schließungsdrähte den thermo-electrischen Strom ganz ungemein schwächen: so bleibt die letztere Art von Strömen bei der Anwendung der Electricität auf die Telegraphie ganz ausgeschlossen. Man hat also die Wahl zwischen den hydroelectricischen und inducirten Strömen. Die Letztern haben unstreitig vor der erstern schon dadurch einen Vorzug, daß man dieselben zu jeder Zeit auf der Stelle durch bloßes Umlegen des Inductors einer magneto-electrischen Maschine erzeugen kann, während mit der Zurichtung der Volta'schen Batterien Zeit verloren geht und man außerdem die Mühe hat, dieselben nach jedem Gebrauche zu reinigen und in Ordnung zu halten.

Bei den Telegraphen mit Magnetenadeln (Steinheil, Cooke) verdienen die Inductionsströme noch aus andern Gründen den Vorzug vor den hydroelectricischen, theils weil der Leitungswiderstand der Drähte bei den letztern, auch bei starken Batterien, immer noch sehr groß ist im Verhältnisse zu dem Widerstand in der Batterie selbst, anderntheils weil die Inductionsströme nur eine sehr kurze Dauer haben, daher auch fast momentane Ablenkungen der Magnetenadeln bewirken, wodurch es dann möglich ist, dieselben rasch hintereinander zu wiederholen. Uebrigens entspricht der vielplattigen galvanischen Säule der sogenannte Intensitätsinductor bei den magneto-electrischen Maschinen; und damit der Strom keine bedeutende Schwächung erleide, muß der Widerstand im Schließungsdraht möglichst gering im Verhältniß zum Gesamtwiderstande sein, der Inductor selbst also aus sehr vielen Windungen eines dünnen Kupferdrahtes bestehen ¹⁾. Ob aber diese Inductionsströme bei ihrer momentanen Dauer noch in bedeutenden Entfernungen Kraft genug äußern werden, um weiches Eisen zu magnetisiren, läßt sich wenigstens so lange bezweifeln, bis Versuche, die sich auf lange Strecken beziehen, nähern Aufschluß hierüber ertheilt haben werden; wenigstens gibt bei den magneto-electrischen Maschinen nur der Quantitätsinductor merkliche magnetische Effecte und es ist nicht entschieden, ob er unter ähnlichen Umständen von dem Intensitätsinductor vertreten werden kann, wie dieses mit

1) Die Inductorrollen des von Steinheil angewandten Clarke'schen Apparates hatten zusammen 15000 Umwindungen.

einer großplattigen Kette und einer vielplattigen Säule der Fall ist. Uebrigens hat die Anwendung der Inductionsströme immer den Nachtheil, daß der eingeführte Magnetismus sogleich das Eisen wieder verläßt und also keine andauernden Anziehungen des Ankers oder Hebels Statt finden können, wie dieses z. B. bei den Morse'schen Telegraphen erforderlich und bei dem S. 21 vorgeschlagenen wenigstens wünschenswerth ist. — Bei dem letztern, magnetischen Principe mögten also die hydroelectrischen Ströme einer nach den Umständen mehr oder weniger starken Batterie den Inductionsströmen vorzuziehen sein. — Wir müssen noch hinzufügen, daß man vor einigen Jahren die Beobachtung gemacht hat, daß durch Verbindung verschiedener metallischer Adern ein bemerkbarer Grad von Electricität entwickelt werden kann. Dieses veranlaßte Bain ¹⁾ zu Versuchen, um ohne irgend eine Batterie, bloß aus der Feuchtigkeit der Erde galvanische Ströme zu erregen. Die Möglichkeit des Gelingens war zu vermuthen, da man ja allgemein die Erde als ein großes Reservoir der natürlichen Electricität anzusehen pflegt. In der That fand Bain, daß, wenn man an zwei verschiedenen Orten Zink- und Kupferplatten einander gegenüber in die Erde setzt und dieselben durch einen isolirten Draht verbindet, ein andauernder constanter galvanischer Strom entsteht, der hinreichende Kraft besitzt, um seinen Telegraphen in Wirksamkeit zu setzen.

Die Untersuchungen und Entdeckungen im Gebiete der electricischen Telegraphie, der bereits auf dem jetzigen Standpunkte ihrer Ausbildung der Vorzug vor jeder andern telegraphischen Methode gebührt, sind noch nicht abgeschlossen; dieselbe hat das erste Stadium ihrer Entwicklung durchlaufen und schreitet nun rasch ihrer Vollen- dung entgegen. Wir haben daher alle Ursache, zu glauben, die Zeit werde nicht mehr fern sein, wo in ähnlicher Weise, wie zwischen den einzelnen Provinzen eines Staates und zwischen ihrem Centralpunkte für den persönlichen Verkehr eine rasche Communication allenthalben hergestellt wird, wie ferner eine momentane Telegraphie zwischen dem Centralpunkte des Organismus und seinen einzelnen Theilen durch den, wahrscheinlich ebenfalls electricischen, Nervenapparat Statt findet: daß in ähnlicher Weise, sagen wir, durch ein electricisches Telegraphen-System eine, Zeit und Raum vernichtende, Communication der Gedanken zwischen den entferntesten Gegenden wird hergestellt werden. —

1) Polyt. Instit. October 1841. — Dingler's Jour. XC. S. 106.