

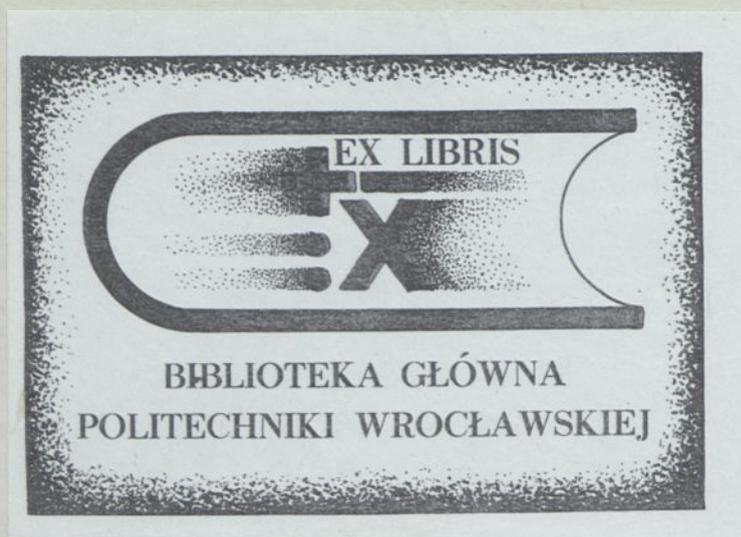
Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej



100100212747

P 80
gr

Archwum





Hel. u. impr. Meisenbach Riffarth & Co, München.

G. v. Feichenbach

DEUTSCHES MUSEUM
LEBENSBE
SCHREIBUNGEN
UND URKUNDEN

(I.)



GEORG VON
REICHENBACH

VON

WALTHER v. DYCK

1219. 1478.

MÜNCHEN 1912
SELBSTVERLAG DES DEUTSCHEN MUSEUMS

DEUTSCHES MUSEUM
LEBENSBEBOHRER
UND URKUNDE



349909L/1

Kupferdruck, Lichtdrucke, Zinkätzungen, Satz und Druck von der Firma
===== Meisenbach Riffarth & Co., München =====
Handgefchöpftes Büttenpapier von J. W. Zanders, Bergisch - Gladbach
Schrift „Unziale“ von Professor O. Hupp, München, aus der Schriftgießerei
===== von Gebrüder Klinglpor, Offenbach am Main =====

„Ganz allein durch Aufklärung der Vergangenheit läßt sich die Gegenwart begreifen.“

GOETHE, Tag- und Jahreshefte 1811.

AUF der Herbsttagung des Jahres 1910 haben Vorstand und Vorstandsrat des Deutschen Museums die Herausgabe einer Sammlung von Lebensbeschreibungen und Urkunden zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik in die Wege geleitet. Es geschah in der Absicht, den reichen Inhalt der Sammlungen und Archive des Museums, die als eine lebendige Geschichte menschlicher Arbeit mit ihrem Ringen und Durchdringen zu uns sprechen, in zusammenfassenden, auf historische Dokumente gestützten Darlegungen dem eingehenderen Studium noch weiter zu erschließen und, anknüpfend an die im Ehrensaal errichteten Denkmäler, in einzelnen Biographien das Lebenswerk der Männer feltzuhalten, die mit originaler Gestaltungskraft in den Entwicklungsgang der Technik eingegriffen, mit genialer Intuition den Gang der naturwissenschaftlichen Forschung bestimmt haben.

Hier ordnen sich die Geschehnisse um die einzelne Persönlichkeit, die zumal in Zeiten des Werdens und Neuschaffens entscheidend hervortritt, die aber auch im Rahmen der örtlichen und zeitlichen Verhältnisse, aus denen sie hervorgegangen und innerhalb deren sie gewirkt hat, verstanden werden muß.

Dort aber ergibt sich eine Anordnung nach der treibenden Kraft, die den einzelnen Problemen innewohnt, die im Wechsel der Zeiten und unter geänderten Voraussetzungen in immer neuen Formen sich auftun, die, immer aufs neue in Angriff genommen, immer neue und tauglichere Mittel zu ihrer Bewältigung fordern, immer neue, sei es geistige, sei es wirtschaftliche Werte schaffen.

IM Laufe der letzten Jahrzehnte ist, davon zeugt eine Reihe bedeutungsvoller Publikationen der jüngsten Zeit, der Sinn für historische Betrachtung auch auf naturwissenschaftlichem und technischem Gebiet erheblich gewachsen.

Es kommt der Wunsch zum Ausdruck, die Stellung von Naturwissenschaft und Technik innerhalb unserer gesamten kulturellen Entwicklung in ihrer Bedeutung für die Gegenwart gewertet und zumal die letzte Epoche in ihrem Fortschritt allseitig gewürdigt zu sehen, in deren Anfang die ersten Werke der modernen Technik mit den Anfätzen technisch-wissenschaftlicher Forschung zugleich geschaffen und in deren Laufe die großen, vereinigenden Gedanken gedacht worden sind, die unsere naturwissenschaftliche Erkenntnis auf neue Grundlagen gestellt haben.

IN solchem Sinne möge auch die vom Deutschen Museum beabsichtigte Herausgabe einer Sammlung von „Lebensbeschreibungen und Urkunden“ verstanden sein. Der erste Band der Sammlung, den wir hiermit den Freunden und Gönnern des Deutschen Museums überreichen, gibt die Darlegung der Lebensarbeit von GEORG VON REICHENBACH.

MIT weittragenden Ideen eilte er seiner Zeit voraus. Seine „Schöpfungen“ kennzeichnet die geniale Kraft der Erfindung ebenso wie die Meisterschaft der Ausführung. Die Meßkunst der Erde und des Himmels verdankt ihm bedeutsame Fortschritte, der deutsche Maschinenbau seine ersten ruhmreichen Erfolge.“

So lautet die Inschrift des vom Verein deutscher Maschinenbauanstalten gestifteten, von Professor Rudolph Wimmer ausgeführten Bildnisses von Reichenbach im Ehrensaal des Deutschen Museums, das der hier vorangestellte Kupferdruck wiedergibt.

DIE folgenden Blätter erweisen die Berechtigung dieser Inschrift. Dabei tritt die Bedeutung Reichenbach's, ganz abgesehen von seinen bekannten Schöpfungen auf dem Gebiete des Instrumentenbaues und der Wasserräulenmaschinen, besonders hervor in seinen bis zuletzt fortgesetzten, unvollendeten Arbeiten zum Bau der Dampfmaschine, für welche sich im Nachlasse ein interessantes Urkundenmaterial vorgefunden hat.

Gerade dieser Nachlaß an Briefen, Konzepten, kurzen Tagebüchern, Skizzen und Werkzeichnungen, der dem Deutschen Museum durch die Enkelin Reichenbach's, Frau

Regina von Mayerfels und ihre Tochter Ida, verheiratete von Miller, in hochherziger Weise überlassen worden ist, war es, welcher als ein unmittelbarer Zeuge aus jenen Frühlingstagen der Technik zuerst zur Herausgabe einer größeren Biographie Georg von Reichenbach's Anregung und Ermutigung bot.

Die Darlegungen im zehnten Abschnitt, Arbeiten über die Dampfmaschine, sowie im ersten Abschnitt die Tagebuchmitteilungen über den Aufenthalt in England, bei Boulton und Watt in Soho, sind wesentlich diesen hinterlassenen Papieren, und zwar soweit möglich unverändert, auch mit Beibehaltung der Schreibweise entnommen.

Für den Bau der geodätischen und astronomischen Instrumente, mit dem Reichenbach seine Laufbahn eröffnet hat, konnte an die wertvolle historische Sammlung angeknüpft werden, welche die K. Bayerische Akademie der Wissenschaften dem Deutschen Museum übergeben hat. Mit ihren Ergänzungen aus den Sammlungen des K. Katasterbureau und des topographischen Bureau des Generalstabs ist sie besonders lehrreich für die Entwicklung der einzelnen Typen jener Instrumente.

Über die dritte, bekannteste Schöpfung Reichenbach's, die Berchtesgaden-Rosenheimer Solenleitung und ihre Wasserfäulenmaschinen ist in Lehrbüchern und Biographien oftmals berichtet. Gleichwohl bot die Planammlung und das Archiv der Generaldirektion der Berg- Hütten- und Salzwerke noch mannigfache Aufschlüsse zur Vorgeschichte der Saline, Originalpläne zu den Maschinen und in einer Sammlung von Briefen Reichenbach's eine lebendige Schilderung des Baues der Leitung.

NACH den genannten drei Hauptrichtungen ordnet sich die Lebensarbeit Reichenbach's an. Für ihre Darstellung ist mir, außer von den eben bezeichneten Quellen, wie im Besonderen vom Deutschen Museum, noch weiter ein reiches urkundliches Material zugeflossen: Aus dem von Reichenbach geführten Briefwechsel mit Gelehrten und Technikern, aus den Akten und Instrumentarien der Sternwarten zu Heidelberg, Göttingen, Kiel, Kopenhagen und München, aus den Akten des K. Bayerischen Kultusministeriums, aus dem K. Bayerischen Kriegsarchiv, aus weiteren Archiven des Staates und der Stadt, vom Stadt- und vom Hof-Bauamt München, wie von privater Seite.

An geeigneter Stelle des Textes wie weiterhin in den Zusätzen und literarischen Notizen ist hierüber des näheren berichtet.

HIER aber möchte ich, ohne einzelne Namen zu nennen, aufrichtigen Dank aussprechen für die wertvolle Unterstützung, die mir von allen diesen Seiten zuteil geworden ist. Ebenso möchte ich danken dem Schöpfer des Museums, der in großzügiger Weise die Ausgestaltung der Schrift ermöglicht hat, danken allen Freunden und Kollegen, die mir mit ihrem Rat zur Seite gestanden sind. Das lebendige, der Arbeit zugewendete Interesse ist mir Ansporn und Aufmunterung für die Durchführung gewesen.

Dem Texte konnte eine Anzahl von Originalskizzen Reichenbach's in getreuer Nachbildung unmittelbar eingefügt werden. Für weitere Pläne und Entwürfe waren Kopien herzustellen, sonstige erläuternde Figuren aufzunehmen, die sich in der Ausführung in etwas dem Charakter jener Originalzeichnungen, in ihrer schlichten klaren Ausdrucksweise anschließen sollten. Hier hat vor allem das Zeichenbureau des Deutschen Museums meine Wünsche in dankenswertester Weise unterstützt.

Die künstlerische Ausgestaltung des Werkes, dem die Kunstanstalt von Meissenbach Riffarth und Co. alle Sorgfalt gewidmet hat, verdanken wir dem bewährten Berater des Deutschen Museums in allen ähnlichen Fragen, Herrn Professor Otto Hupp.

SO möge das Buch hinausgehen, den Ruhm eines werkfrohen Mannes zu künden, der an der Schwelle des vergangenen Jahrhunderts ein Vorkämpfer technischer Arbeit gewesen ist, es möge ein Vorläufer sein für größere, umfassendere Forschungen zur Geschichte der Naturwissenschaft und der Technik, es möge dem Deutschen Museum aus dessen Schaffenskreis es entstanden, zu Wirken und Wollen, zu Schauen und Schaffen neue Freunde und Mitarbeiter gewinnen.

MÜNCHEN, im März 1912.

Walther von Dyck.

1. JUGENDJAHRE. ERSTE MECHANISCHE VERSUCHE. AUFENTHALT IN ENGLAND.

GEORG FRIEDRICH REICHENBACH ist geboren am 24. August des Jahres 1771 zu Durlach in Baden als der Sohn des Bürgers und Schlossermeisters allda, JOHANN CHRISTOPH REICHENBACH und dessen Ehefrau HELENE ELISABETH, einer geborenen PFETSCH. Der Vater kam 1772 als Stuckbohrmeister der kurpfälzischen Stuckbohrerei zunächst nach Heidelberg, bald darauf nach Mannheim. Dort, in der aufblühenden Residenz des prachtliebenden, auf Förderung der Wissenschaft, Pflege der Literatur und Kunst, Belebung von Handel und Industrie eifrig bedachten KURFÜRSTEN CARL THEODOR VON DER PFALZ erhielt der junge Reichenbach die erste Erziehung. Mit aufgewecktem Sinn, aber mit nur mäßigem Erfolg, wo es auswendigzulernen galt, besuchte er die Bürgerschule. Mit viel größerem Eifer und Interesse ist er bei den Bohrmaschinen des Vaters zu finden und erfährt hier schon früh die Anleitung zu praktischer Hantierung. Man erzählt - von allen großen Technikern gibt es solche Erzählungen - er habe als elfjähriger Knabe eines Tages an der Bohrmaschine seinen Vater mit den Worten empfangen, die Kanone sei schon gebohrt - es waren aber erst einige Stunden seit Beginn der Arbeit verstrichen, die sonst nahezu einen Tag erforderte. Da stellte sich denn heraus, daß der Knabe an dem Bohrer ein Häkchen angebracht hatte, welches die Bohrspäne gleich mit dem Bohrer zurücknahm, während man sie bis dahin immer besonders herausziehen mußte.

Auch später noch, als der 15jährige Jüngling in die neugegründete kurfürstliche Militärakademie in Mannheim eingetreten, dauerte der sorgfältige technische Unterricht des Vaters in der Werkstatt fort. So erwuchs für Reichenbach der Vorzug, neben theoretischer Ausbildung eine seltene Fertigkeit zu praktischer Betätigung sich zu erwerben. Diese glückliche Verbindung ist seiner Lebensarbeit zugute gekommen und hat ihn befähigt, bei klarem Erfassen der gestellten Probleme stets auch ihre praktische Durchführbarkeit mit in die Berechnung zu ziehen und der schließlichen Lösung die größte technische Vollendung zu geben.

Weitere Anregung zu mechanischen Arbeiten erhält Reichenbach auf der für die damalige Zeit hervorragend eingerichteten Sternwarte des Kurfürsten. ABBÉ BARRY, der Hofastronom und der ebenfalls an der Sternwarte tätige Ingenieurgeograph HENRY erwecken sein Interesse für Astronomie und astronomische Instrumente und schon damals finden wir ihn mit der Anfertigung genauer Meßinstrumente beschäftigt.

SCHON in meiner Jugend" - schreibt er in einem Aufsatz über die Erfindung seiner „Kreisteilungsmethode, erschienen 1821 in Gilbert's Annalen der Physik, den wir auch in der Folge heranzuziehen haben - „als ich auf der Kriegsschule zu Manheim die theoretische Bildung erhielt und von meinem Vater in den Nebenstunden zur praktischen Arbeit beständig angehalten wurde, fühlte ich eine große Neigung zur Astronomie; vorzüglich aber interessierten mich die astronomischen Instrumente. Ich hatte schon eine dunkle Ahnung, daß sie mancher Verbesserung fähig wären; besonders schienen mir die damals gebräuchlichen Instrumente viel zu groß zu sein und ich glaubte, gestützt auf meine damals mikroskopischen Augen, daß, wenn man die Instrumente verschärft, sie sich bei gleicher oder selbst erhöhter Wirkung viel kleiner müßten machen lassen, indem dann besonders ihre Veränderung durch die Flexibilität und Dilatation sehr bedeutend vermindert werden würde. Doch dieses waren nur unzusammenhängende Ideen, welche der Gedanke, daß der große RAMSDEN, wenn solches anginge, es gewiß schon würde ausgeführt haben, immer wieder verwischte. In den Jahren 1789 und 90 verfertigte ich in meinen Nebenstunden, nach einem englischen Mufter, einen Spiegelsextanten von 9 Zoll Halbmesser, zu dessen Vollendung ich mir selbst eine Theilmachine

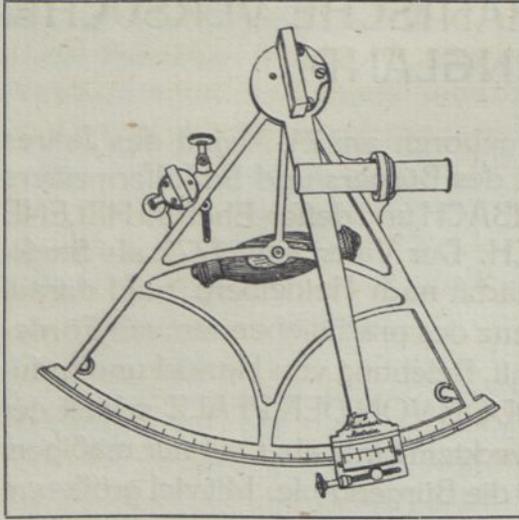


Fig. 1: Das erste von Reichenbach in Mannheim verfertigte Instrument.

machen mußte. Hierbei erst lernte ich die großen Schwierigkeiten in Verfertigung astronomischer Instrumente recht kennen, hatte aber dennoch die große Freude, daß die Beobachtungen mit meinem vollendeten Sextanten mit denen des englischen gut zusammenstimmten; niemals war die Abweichung über eine Minute groß."

Dieses erste von Reichenbach angefertigte Instrument - es trägt die Inschrift: „GEORG REICHENBACH MANHEIM“ - befindet sich, aus den Sammlungen der k. bayer. Akademie der Wissenschaften überlassen, im Deutschen Museum.

SIR BENJAMIN THOMPSON, der nachmalige GRAF RUMFORD, der vertraute Berater des Kurfürsten bei seinen sozialen, wirtschaftlichen und militärischen Reformen wird gleichfalls auf

die technischen Arbeiten des Zöglings seiner Militärakademie aufmerksam. Auf seine und Barrys Empfehlungen hin wird Reichenbach vom Kurfürsten zu zweijährigem Aufenthalt nach England zum Studium des dortigen Maschinenwesens geschickt:

„Da Seine Churfürstliche Durchlaucht“ - heißt es in dem an den churfürstlichen Hofkriegsrat ergangenen Schreiben vom 30. May 1791 - „dem Johann Georg Reichenbach, Sohn des Artillerielieutenants und Stuckbohrmeisters die gnädigste Erlaubniß ertheilt, auf einige Zeit nacher Engelland reisen zu dürfen, um sich alldort in der Mechanic zu perfectioniren, auch demselben zu diesem Behufe, in mildester Rücksicht, daß er unter der Aufsicht und Unterricht seines Vaters bey Montirung und vollkommener Herstellung der neu gegossenen Kanonen mit gutem Erfolge schon wirklich gebraucht werden konnte, einen überhauptigen Beytrag von fünfhundert Gulden, aus der Mannheimer Kriegskassa andurch gnädigst verwilliget haben, so wird diese höchste Entschliesung dem Churfürstlichen Hof-Kriegs-Rat zu weiters nötigen Anweisung hiemit gnädigst bedeutet.“

AM 16. Juni 1791 tritt Reichenbach die Reise nach England an, dort eingeführt durch den bayerischen Maschineninspektor JOSEPH VON BAADER, seinen späteren eiferfüchtigen Widersacher, der sich schon seit 1787 in England aufhielt und dort dem Studium des Maschinenbaues und der Industrie gewidmet hatte. Der erste Aufenthalt Reichenbachs in England erstreckt sich bis zum Januar 1792, dann folgt ein zweiter von Ende Februar 1792 bis Ende Mai 1793.

Von diesen Reisen und einzelnen in England gemachten Studien und Beobachtungen handeln zwei, durch die Unmittelbarkeit der Aufzeichnungen interessante Tagebücher Reichenbachs, in denen gelegentliche, vom Augenblick eingegebene Notizen eingetragen sind. Sie fanden sich unter den schon eingangs erwähnten, von Frau Regina von Meyerfels, der Enkelin Reichenbachs, dem Deutschen Museum übergebenen Papieren.

Die ersten Monate, bis Mitte September 1792 weilt Reichenbach in Soho, in der Fabrik von BOULTON & WATT und hat hier, trotz des großen Mißtrauens, das man ihm als Fremden entgegenbringt, Gelegenheit, vollen Einblick in die Details des Dampfmaschinenbaues sich zu verschaffen. Wir geben beiliegend den Facsimiledruck zweier Seiten des Tagebuches, die von der Ankunft in Soho handeln und eine Skizze der Wattschen doppelwirkenden Dampfmaschine für rotierende Bewegung enthalten und fügen den anschließenden Text des Tagebuches an, der als eine der ersten Aufzeichnungen über diesen Haupttypus der Wattschen Maschinen nicht ohne Interesse ist. Bei aller Flüchtigkeit, welche die Umstände ihres Entstehens mit sich brachten, gibt die Skizze doch in trefflicher Charakteristik jene Maschine wieder. Sie entspricht

genau, auch in den Maßverhältnissen, der Figur in FAREY's für die Geschichte des Dampfmaschinenbaues so wichtigem „Treatise on the steam engine“ (London 1827), die auch MATSCHOSS in seiner „Entwicklung der Dampfmaschine“ (Berlin 1908) reproduziert hat. Wir stellen diese Farey'sche Abbildung (Seite 4) des unmittelbaren Vergleiches wegen der Reichenbach'schen Skizze gegenüber.

„DIESEN Tag nach Tisch um 5 Uhr reisten wir mit dem Postwagen von London nach Birmingham ab und kamen den 10. Juli 1791 am 12 Uhr alhir an; nun fahrten wir selbigen Tag noch auf Soho zu Herrn Boulton, da erklärte Herr Baader dem Herrn B., aus weßen Ursache ich gekommen währe, nemlich um den Mechanismus der Watt'schen Feuermaschine zu studieren; allein er zeigte keine große Freude darieber, denn sein Charakter ist sehr geheim. Wir supirten bey ihm und fuhren selbigen Abend am 10 Uhr in Birmingham. Den andern Morgen, fahrten wir wieder zu Boulton und da bekam ich auch den Herrn WATT zu sehen. Diesen ganzen Tag hielten wir uns hir auf und ich bekam auch gleich einige Feuermaschinen zu sehen. Abends darauf, an 12 Uhr reiste Herr von Baader von Birmingham ab nach Wigan auf die dortige Eisenhütte.“

„Ich gieng den andern Tag von meinem Wirthshaus fort (den 12ten Juni), um nach Soho zu gehen, aber unglücklicher Weise konte ich 4 Stunden lang den Weg nicht finden, aus Ursache, weil ich keinen Menschen fragen konte; als ich es endlich fand, und nach meinem bestimten Quadir ging, so wahr ich sehr betrübt über meine ungeschickliche Lage, etwas zu lernen, und von allen Freunden abgefondert zu seyn, - doch suchte ich mich baldmöglichst mit dieser unangenehmen Lage auszuföhnen und betrachtete sie bald auf einer vortheilhaften Seite, weil ich hir, oneracht des Geheimen von Herrn Watt und Boulton, durch einige kleine Trinkgelder, mir eine vortheilhafte Gelegenheit verschafte, den Mechanismus der Watt'schen Feuer- oder Dampfmaschine vollkommen zu studieren. Ich arbeitete nun 6 Wochen an meinen Zeichnungen, denn ich mußte nicht nur allein vor Boulton geheim seyn, sondern auch vor allen dahir befindlichen Arbeitern; aus der Ursache kostete mich diese Arbeit unbeschreibliche Müh, weil ich nicht nur keinen Menschen um etwas fragen konte, sondern auch nicht durfte, um keinen Verdacht zu erregen, sondern es war mir nur erlaubt, zu Zeiten sie zu sehen. Die vollkommene Einrichtung davon folgt.“

„Dies ist die Einrichtung der Watt'schen Maschine. Nun finden noch einige notwendige Verhältnisse stadt, welche ich mit vieler Mühe erlangte ohne beobachtet zu werden, nemlich: Der Dampfköbel A muß sich zum Inhalt des Zillinders B verhalten wie 170035:11793 oder kürzer 14,418:1 oder noch kürzer beynah $14\frac{1}{2}:1$. Es ist äußerst nöthig, dem körperlichen Inhalt des Dampfköbels zu dem des Zillinders ein bestimmtes Verhältnis zu geben, damit der Zusatz des Dampfs dem Abgang immer gleich und weder zu viel noch wenig ist, dieses Verhältnis bestimt sich am besten durch die Erfahrung, wovon Herr Watt am meisten besitzt. Die Dimmensionen vom Köbel seyn folgende:

ED = 41" = BC

GH = 72" = AB = IE

EB = 42" = CD = AF

Ohne den Raum, welchen der Kolben einnimt, verhält sich der Dampfkessel zum Cylinder wie 16:1.

Auch ist bey H oder irgend an dem oberen Theil, ein Röhrgen angebracht, in welchem Queksilber enthalten ist, gleich einem Barometer, daß von innen der Dampf auf das Queksilbersäulgen drücken kann, und von außen ist in das Röhrgen ein kleines Stäbgen auf das Queksilber gestellt, damit der Mann, welcher die Maschine in Gang erhält, sogleich, durch das in die Höhe steigen oder hinunterlinken dieses Stäbgen, sehen kan, ob der Dampf zu stark oder zu schwach ist und dann diesem, durch Eröffnung eines an dem Dampfköbel oben angebrachten Fendils oder Verstärkerung des Feuers und des Zugs, allobald abhelfen kann, damit es immer gleichförmig erhalten wird.“

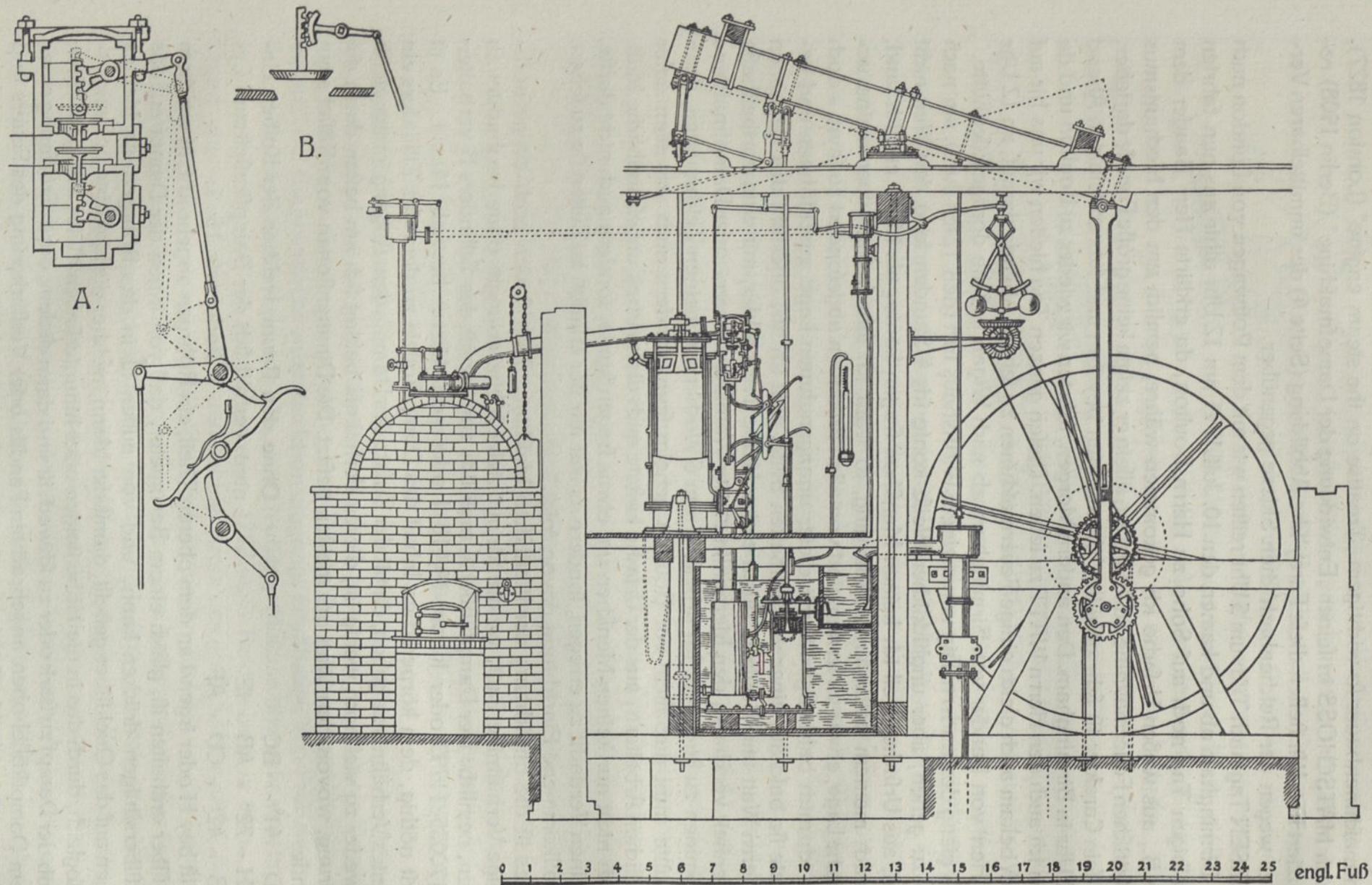


Fig. 2: WATT's patentierte Dampfmaschine für Rotationsbewegung (10 PS). Nach der in Soho in den Jahren 1787 bis 1800 ausgeführten Konstruktion.
 (Farey, Treatise on the steam-engine, Seite 444 u. ff., sowie Tafel XI-XIII.)

„Nun ist auch ganz begreiflich, daß durch die Abrauchung sehr viel Wasser aus'm Dampfköbel verlohren geht und daß das Wasser immer eine gewisse Höhe halten muß; folglich muß ein Mittel seyn, um dieses abrauchende Wasser zu ersetzen; weil es nun gefährlich ist, daß man durch Eröffnung eines Kranes mit der Hand das Wasser in dem Köbel regulieren muß, aus Ursache weil man nicht versichert ist, ob der Zulauf der Abnahme gleich ist, und am Ende der Köbel entweder ganz voll, oder ganz leer würde, wie es an denen alten Feuermaschinen öfters geschieht, so dachte Herr Watt darauf, das Wasser im Dampfköbel zu regulieren, ohne eine menschliche Hand daran zu bringen, welches das sicherste ist; die Einrichtung davon ist folgende: es schwimmen auf der Oberfläche des im Dampfköbel stehenden Wassers zwey wasserhaltende kupferne Kugeln, welche durch eine kleine Stange mit einander verbunden seyn, an welcher wieder ein kleines Stängelgen oben durch den Dampfköbel luftdicht geht; wenn nun das Wasser im Dampfköbel steigt, so werden die zwey Kugeln auch steigen, mit letzt benanntem Stängelgen, welches oben an einem sehr kleinen Hebelgen befestigt ist, an dessen entgegengesetzter Seite ein kleines über einem Rohr gehendes Fendil geschlossen würd, und den Eingang des Wassers verhindert, bey entgegengesetzter Richtung, würd es sich juft umgekert verhalten, folglich behalt das Wasser immer eine Höhe.“

„Die Einrichtung des Rostes ist folgende:

„Er liegt unter einem schiefen Winkel, von bey nahe 35° (über dieses nahm Herr Watt ein Padent, weil es so sehr vortheilhaft in Anfahung der Feuerung ist); weiter geht der Kamin vermöge einem eisernen Rohr durch den Dampfköbel und nach einem ganzen Umlauf um den Köbel, erst zu einem sehr hohen Kamin hinaus, damit alle erzeugte Hitze dem Wasser mitgetheilt würd und die Hitze allen entstehenden Dampf der Steinkohlen verzehrt, so daß man nichts von letzterem sieht.“

„Nun seyn auch, sowohl auf den Alten, als auch Wattischen Dampfköbeln zwey Kranen, welche an den einen Enden, mit langen Röhren versehen, wovon eins länger als das andere ist; diese zwey Kranen stecken mit endes beschriebenen Röhren, in dem Köbel, so daß die mittlere Höhe des Wassers juft in die Mitte des Unterschiedes der beiden Röhrenlänge zu stehen komt, folglich würd das Ende des längern im Wasser und das des kürzern im Dampf stehn; weil nun der Dampf stärker als die Atmo. ist, so würd nach Eröffnung des längeren Wasser, und des kürzern Dampf kommen. Komt nun das Wasser im Dampfköbel zu hoch, so daß das kürzere Rohr auch darin steht, so würd nach Eröffnung dieses, auch Wasser kommen, und im Gegentheil, wenn das Wasser zu nieder komt, so würd aus keinem Wasser sondern aus allen beiden Dampf springen, also kann mann vermög dieser zwey Kranen die mittlere Wasserhöhe regulieren, oder vielmehr, diese Kranen seyn der Maßstab der Wasserhöhe im Köbel.“

„Die Fendillen der Feuermaschinen haben folgende Einrichtung: es seyn runde Scheiben, welche auf ihrer Hochkant schräg abgedreht seyn, damit nach schließung derselben, daß Loch vollkommen genau geschlossen würd; diese Fendillen werden bey Eröffnung senkrecht über ihre Öffnung aufgezo gen, und geben dem Dampf völligen Durchgang so bald sie den vierten Theil des Diam. aufgehoben werden, denn alsdann ist der Eingang des Dampfs die Oberfläche eines Zillinders, und diese ist der Grundfläche vollkommen gleich, sobald sie ein Vierthel derselben hoch ist; die gestalt davon ist folgende [Vergl. Fig. B auf Seite 4, welcher die Darstellung A aus dem Farey'schen Werk gegenübergestellt ist]. Das Verhältnis der Diameter der Fendillen, zu denen der Zillinder, ist wie 17 : 3, doch komt es darauf nicht so genau an und besonders bey kleinen Maschinen, ich werde die Öffnungen der Fendillen lieber etwas größer machen, und sie nicht so hoch aufheben, so bekomt der Eingang wieder sein Verhältnis zu der weite des Zillinders.“

„Bemerkung: Die Maschine machte 24 Hübe in der Minute. Reine Dampfconsumtion in der Secunde ohne Verlust 5,04 Cub. Fuß. - Fläche der Ventille 7 Quadratzoll. -

Geschwindigkeit des einströmenden Dampfes durch die Vent. in der Sec. 104 Fuß. - Vom Feuer und dessen Circulation am Köbel berührte Fläche 80 Quadratfuß. - Diefemnach geben 16 Quadratfuß Berührung des Feuers und seiner Circulation einen Cubicfuß Dampf in der Secunde."

„Es ist aus Erfahrung bekant, daß der Stärke des eingeschlossenen Dampfes, kein Gefäß zu widerstehn im Stande ist; folglich könnte man, noch ohne Zersprengung der Gefäße, mit geringer Mühe dem Dampf die Stärke zweier Admos. geben. - Doch ist dieses nicht rathsam. Herr Watt brachte es auf den äußersten Grad der Dauer, und Vortheil der Maschine, und gibt seinem Dampf die Stärke, die Admos. und noch eine Wasserläule von 8 Schuh in Gleichgewicht zu erhalten, das ist, der Druck dieses Dampfes, gegen ein vollkommenes Facuum würde gleich seyn der Last einer Wasserläule von 41 Schuh, Englisches Maß." -

REICHENBACH's Aufenthalt in Soho währte nur acht Wochen. Schon in dieser Ausdehnung war er nur ermöglicht worden dadurch, daß Reichenbach bei dem Bau einer Dampfmaschine mit tätig sein konnte, die Graf Rumford auf Anregung des Salinenrates Klais für den Salinenbetrieb in Reichenhall bestellt hatte. Ein Modell der Maschine scheint zustande gekommen zu sein. Als dann aber infolge der bedrohlichen Kriegslage in der Pfalz die Bestellung rückgängig gemacht wurde, war für Reichenbach ein längeres Verweilen in Soho nicht mehr möglich. Er trat, durch Baader's Beziehungen empfohlen, auf den großen Eisenhütten des LORD BALCARES in Haigh bei Wigan als Ingenieur ein und war dort längere Zeit in leitender Stellung tätig; auch mit dem Bau einer Gebläsemaschine betraut worden, wie ein Zeugnis des Besitzers besagt:

„I certify that Mr. Reichenbach has erected for me all the machinery of a blast engine for the purpose of smelting iron-stone - That his abilities seem deserving of protection - and that his moderate and good conduct ensure safety to any person who may employ him as an Engineer."

„As I had the honour in the year 1769 to be personally known to his Serene Highness the Elector Palatine from whom I received every civility - I feel myself well warranted to recommend Mr. Reichenbach to the Elector of Bavaria."

„Haigh near Wigan. Nov. 13th 1792."

BALCARES.

Leider fehlen weitere Nachrichten über Reichenbachs Aufenthalt in England. Wir wissen nur, daß er neben dem Maschinenbau und der Eisenindustrie ganz besonders sich dem Studium des englischen Instrumentenbaues gewidmet hat, damals, durch Ramsden, Troughton, Cary, den jüngeren Dollond u. a. vertreten, des ersten der Welt.

DIE Rückreise nach Deutschland erfolgte am 26. Mai 1793 von Edinburgh aus über Rotterdam, wo er am 1. Juni eintraf. Der Weg nach Mannheim führt Reichenbach nach Düsseldorf, der kurpfälzischen Festung, wo ihn besonders die Gemäldesammlung in Entzücken versetzt, die von Kurfürst Johann Wilhelm von Pfalz-Neuburg angelegte berühmte Rubenssammlung, heute der Glanzpunkt der Münchner Pinakothek. Der Armierung der Festung, „welche sich einem starken Angriff füglich entgegenstellen könnte, wenn es nicht an Geschütz und Munition und allem was zur Verteidigung nötig ist, fehlte“, widmet er im Tagebuch besondere Aufzeichnungen; auch Remscheid, mit den übrigens recht primitiven Schmiedewerkstätten für den Kriegsbedarf, wird besucht.

Zunächst scheint Reichenbach nach seiner Ankunft in Mannheim eine Tätigkeit im Maschinenbau zu erwachen, denn er erhält den Auftrag zum Bau einer mit Torf zu heizenden Watt'schen Maschine für eine Mühlenanlage in Kefferthal bei Mannheim. Auch hatte Rumford Anfang 1793 für die Garnison Mannheim „eine Wasserpumpmaschine, welche im Falle der Not auch zum Getreidemahlen gebraucht werden kann“, in Soho bestellen lassen, deren Aufstellung Reichenbach leiten sollte. Doch wird die Vollendung aller dieser Aufträge durch die Kriegereignisse verhindert.

2. MILITÄRISCHE TÄTIGKEIT.

DIE nächsten Jahre bringen Reichenbach vielmehr mannigfaltige Aufgaben auf militärischem Gebiet, im Zusammenhang einerseits mit den Heeresreformen, welche Graf Rumford durch seine im Februar 1788 dem Kurfürsten vorgelegte Denkschrift eingeleitet hatte, anderseits infolge der Kriegsläufe des ersten Koalitionskrieges. Zunächst reorganisiert Rumford die militärischen Werkstätten in Mannheim und in München. Der Vater Reichenbach's wird 1789 nach Hannover beordert zusammen mit dem Geschützgießer Speck, „um die dort nach englischem Fuße eingerichteten Bohrmaschinen zu besichtigen und alsdann nach München zu reisen, um ein vollständiges Modell zu einer Stuckbohrmaschine zu entwerfen, welches er alles mit größtem Eifer verrichtet, wodurch das gute der englischen und das gute der Mannheimer Maschine (der ersten, gleichfalls vom älteren Reichenbach konstruierten Maschine mit horizontaler Drehbank) miteinander verbunden würde.“

Es folgten die Jahre, in welchen beschleunigt die Kriegsrüstungen betrieben wurden. Rumford's pro memoria vom März 1792 forderte außergewöhnliche Mittel zur Vorbereitung für den unausbleiblichen großen Krieg, das gesamte Kriegsmaterial war zu erneuern, vor allem Mannheim in Verteidigungszustand zu setzen. Nachdem der Reichskrieg im November 1792 beschlossen worden, ging man an die Bildung des Kontingentes der pfälzischen und kurbayrischen Truppen, dann an die Rüstung.

NACHDEM zur Herstellung eines gut brauchbaren Militaire,“ besagt ein Dekret des Kurfürsten vom Februar 1793, „es unumgänglich notwendig seyn will, das mechanische, respektive alles, was die Werkzeuge des Krieges betrifft, gut herzustellen und beständig zu unterhalten: so haben seine Churfürstliche Durchlaucht gnädigt zu befehlen geruhet, daß zur Ober=Aufsicht bey allen militairischen Werkstätten, Gewehr=fabriken, und sonstigen Arbeiten in sämtlichen Höchstdero Landen und Erbstaaten ein OBER=MECHANICUS in der Person des durch seine besondere Kenntnisse in der Mechanik, sowohl theoretisch als auch hauptsächlich praktisch, bisher ausgezeichneten Unterlieutenants und Stuckbohrers Reichenbach angestellet werden solle.“

„Auch haben Höchst dieselben dem obgedachten Ober=Mechanicus Titl. Reichenbach den Rang als Ober=Lieutenant bey der Armée nebst der Gage eines wirkl. Capitains, und Compagnie=Inhabers, welche er hiefüro statt denen für einen Stuckbohrer ausgeworfenen monat^len 50 fl zu beziehen hat, mildest zu erteilen und ihm als Mechanicus zugleich zu mehrerer Auszeichnung eine besondere Uniforme zu verleihen geruhet . . .“

„Weiters haben Seine Churfürstliche Durchlaucht den Sohn dieses Ober=Mechanicus Titl. Reichenbach, Johann Georg, als UNTER=MECHANICUS gnädigt anzustellen, und demselben den Rang eines Unterlieutenants mit Unterlieutenants=Gage und der Erlaubniß obbeschriebene Uniforme nach seinem Character tragen zu dürfen gnädigt zu verleihen geruhet.“

„Dieser Ober= und Unter=Mechanicus haben überall, wo sie sich befinden, nebst der Oberaufsicht in denen Churfürstlichen Militaire=Werkstätten, auch Sitz und Stimme bei den Zeug=Aemtern.“

„Seine Churfürstliche Durchlaucht erwarten, daß sowohl der Ober= als auch der Unter=Mechanicus sich alle erdenkliche Mühe geben werden, das Höchste Interesse bey allen Gelegenheiten zu befördern, ihre gutachtliche Meinung über alle vorgeschlagene mechanische Verbesserungen pflichtmäßig, und ohne alle Partheylichkeit abzugeben, alle ihre erworbene Kenntnisse zu gebrauchen, und alle ihre eigene Erfindungen zum besten des Dienstes, und zu diesem Behufe allein anzuwenden, sämtlichen Arbeitern in den Churfürst^len Militaire=Werkstätten den nöthigen Unterricht zu geben, und selbe zu all' möglichem Fleiß anzuhalten.“ . . .

DAS ZEUGHAUS UND DIE NEUE STUCKBOHREREI IN MÜNCHEN sahen damals eine umfangreiche, bedeutungsvolle Tätigkeit. Schon 1792 begannen die Versuche Rumfords „über die absolute Kraftäußerung des expansiblen Pulvergases“, Fortsetzungen seiner in Amerika begonnenen Arbeiten, zu deren Ausführung der Vater Reichenbach mit herangezogen wurde. Die Resultate dieser Versuche boten die Grundlage für die Ermittlung der besten Geschützausmaße und für den Entwurf zur Schaffung eines neuen Artilleriematerials. Die Bohrarbeiten an den Rohren, die 1794 begannen, führten dann Rumford weiterhin, in den Jahren 1797 und 98, zu seinen denkwürdigen „UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN QUELL DER DURCH REIBUNG ERZEUGTEN WÄRME“, welche den Ausgangspunkt für die Auffassung der Wärme als einer Molekularbewegung bilden und die Aufstellung des Satzes vom mechanischen Äquivalent der Wärme angebahnt haben. Später, unter dem Nachfolger Rumfords, dem Generalleutnant VON MANSON, handelte es sich vor allem um Erneuerung und Instandsetzung des Feldartilleriematerials an Kanonen und Haubitzen. Der Vater Reichenbach, inzwischen mit der Führung der Ouvrierskompagnie betraut, hatte sämtliche Bohrarbeiten hiezu in eigener Regie zu leiten und förderte diese Arbeit so, daß bis zum Ausbruch des Krieges gegen Österreich (1805) dreißig neu gegossene Feldrohre hergestellt waren.

DER ALTE CHRISTOPH REICHENBACH bewährte sich in allen diesen Aufträgen als ein tüchtiger, in seinem Fache überaus erfahrener Praktiker, der sich aber, ein auch für den Sohn charakteristischer Zug, wenig in den Gang seiner Arbeiten von nichtfachmännischer Seite wollte einreden lassen. So setzte er gleich zu Anfang bei der Einrichtung der Bohrmaschine in München seine eigenen Pläne durch; er erfand dabei neben der Hauptmaschine noch eine besondere Drehbank zum Abdrehen der Schildzapfen (deren Modell sich heute im Münchner Armeemuseum befindet). Dadurch zog sich der Abschluß dieser Arbeiten, noch unterbrochen durch die Rumford'schen Versuche, mehr und mehr in die Länge. General von Hohenhausen, der im Auftrag des Oberkriegsrates auf die endliche Fertigstellung zu drängen hatte, berichtet, wie alles fast vollendet sei und nur ein einziges Scheibchen an der Nebenmaschine noch fehle, „aber auch wenn noch hundert Stück übrig wären, so wollte er selbe lieber selbst machen, als mit diesem sonst guten Künstler mehr etwas zu thun haben“. Gleichwohl aber läßt er ihm Gerechtigkeit widerfahren und beantragt und erhält für Reichenbach eine goldene Medaille als Anerkennung „für die sehr viele Mühe, Fleiß und Kunst bei der ordentlich berühmt schönen und in Europa einzig dergestalt gut eingerichteten Bohrmaschine.“ Auch um die Organisation der Amberger Gewehrfabrik und die Ausstattung des 1806 in Augsburg errichteten Gieß- und Bohrhauses hat sich der Vater Reichenbachs wohl verdient gemacht. Er ist im Jahre 1820 als Obristlieutenant der Artillerie gestorben, ein allgemein geschätzter und geachteter Mann.

DER JUNGE UNTERMECHANIKUS Georg Reichenbach war in Mannheim verblieben und dort in den Jahren 1793 bis 95 im Gieß- und Bohr-Haus tätig, wo selbst auch sein älterer Bruder Karl als Nachfolger des Vaters Anstellung gefunden hatte. Man war dort, als sich der Krieg von der Pfalz her immer bedrohlicher näherte, mit der Vervollständigung der Armierung der Festung vollauf beschäftigt. Mitte des Jahres 1794 begann der Kampf um Mannheim, zunächst um die Befestigungen auf dem linken Rheinufer, der im Dezember mit der Übergabe der Rheinschanze an die Franzosen endigte. Dann ruhten in der ersten Hälfte des Jahres 1795 die Waffen am Rhein bis nach erneutem Vorstoß der Franzosen am Unterrhein, bei welchem Düsseldorf fiel, jene unglückliche Kapitulation vom 20. September Mannheim in die Hände des Feindes lieferte. Von dem österreichischen Kontingent der Reichsarmee unter Wurmser in den Oktober- und Novembertagen von Osten her belagert, wurde Mannheim nach vernichtendem Bombardement auf die Stadt am 21. November wieder zurückerobert.

Zwei Nachrichten aus jener unglücklichen Zeit sind uns erhalten über die Brüder Reichenbach, die mit einem Reste der kurpfälzischen Artillerie in der vom Feind besetzten Stadt interniert waren: Ein kurzer Bericht über den durch das Bombardement der Österreicher herbeigeführten Brand des Gießhauses, der auch die Habe des älteren Reichenbach zerstörte. Der Vater Reichenbach schildert bei diesem Anlaß in einem beweglichen Schreiben aus München an den Oberkriegsrat die schlimme Lage seiner in Mannheim zurückgebliebenen Familie; wie ihm der Unterhalt derselben erschwert sei und nur möglich würde dadurch, „daß ihm sein Sohn Georg alle Monate seine ganze Gage nach München schicke, vor die eigene Lebensucht, damit er die Monats-Gage von 57 fl. der Familie ganz lassen könne.“

Eine zweite Nachricht handelt von zwei weittreibenden Bomben-Mörfern, die Georg Reichenbach im Jahre 1794 für die österreichische Armee zu konstruieren hatte. Sie zeichneten sich durch besonders starke, für den weiten Wurf berechnete Lafettierung aus und erforderten die Herstellung besonderer Bohrwerkzeuge. „Das zweckmäßige“, sagt jener Bericht, „dieser 30 Pfünder Bombenmörser ist notorisch bekannt und sind noch zum Beweise die Merkmalen in Mannheim davon zu sehen, dann es sollen dem gewissen Vernehmen nach allein aus diesen zwei neu in Mannheim verfertigt wordenen weit treibenden Mörser 1800 Stück Bomben von dem Galgenbuckel bey der Belagerung in Mannheim geworffen worden sein, weilen mit keinem andern Mörser dahin gereicht werden konnte.“ Tatsächlich hat die Stellung der Österreicher am Galgenberg die Rückeroberung Mannheims entschieden, freilich um den Preis eines verheerenden Bombardements, zu dem in der tragischen Verwirrung jener Tage auch diese, wenige Monate vorher in den eigenen Mauern hergestellten Geschütze beigetragen haben.

Im Jahre 1796 kam Reichenbach mit dem Reste der kurbayerischen Truppen nach München. Die Kriegslage hatte sich mit Jourdan's Niederlage bei Amberg und Würzburg geändert. Moreau, bis München vorgedrungen, sah sich zum Rückzug über den Rhein - es ist der berühmte Rückmarsch durch das Höllenthal bei Freiburg - gezwungen. Kurze Friedensstage folgten. Neben der Beschäftigung im Zeughaus und in der Bohrwerkstatt, in welcher damals gerade die obenerwähnten Rumford'schen Versuche im Gange waren, erblühte jetzt für Reichenbach die Tätigkeit, die vor allem seinen Ruhm begründen sollte, die Beschäftigung mit den Problemen der Instrumentenkunde.

Zunächst freilich unterbrochen noch mannigfache militärische Obliegenheiten die Friedensarbeit. Zu Anfang Mai des Jahres 1800 brach (zweiter Koalitionskrieg) Moreau von neuem in Schwaben und Bayern ein. Nach den Gefechten bei Stockach und Möskirch, denen der Rückzug der Österreicher nach Ulm folgte, wurde das bayerische Subsidienkorps der Reichsarmee durch die Mobilisierung auch der Reserven der kurbayerischen Truppen verstärkt. Unter diesen befand sich auch die neuerrichtete Ouvrierskompagnie, bei welcher die beiden Reichenbach standen. Nach dem Vordringen der Franzosen bis München rückte jenes Kontingent in die Oberpfalz ab, wohin auch, nach Amberg, das Hoflager des Kurfürsten Maximilian Joseph verlegt worden war. Zu aktivem Eingreifen kam es für diese Truppe nicht mehr. Die Schlacht von Hohenlinden am 3. Dezember entschied das Schicksal des Krieges.

Aber den Aufenthalt in der Oberpfalz hatte General Manson benützt, die Errichtung einer Gewehrfabrik in Amberg in die Wege zu leiten. Mit ihrer Organisation - für eine Lieferung von jährlich viertausend Gewehren - wurde Reichenbach beauftragt. Im Feldlager zu Cham entstanden die Entwürfe für die notwendigen Arbeitsmaschinen, so für die Drehbänke, die Reichenbach mit besonderer Vorrichtung zum Drehen von Schrauben verfab; das Deutsche Museum bewahrt diese Skizzen wie auch eine Originaldrehbank. An der nach dem Frieden von Lüneville im Zusammenhang mit den Heeresreformen durchgeführten Erneuerung des Artilleriematerials nahm

Reichenbach als Konstrukteur ebenso lebhaften Anteil - von ihm stammt eine Neukonstruktion der Lafetten - wie an den Fragen der Reorganisation der Ouvrierskompagnie. Dann folgte 1806, unter Mitwirkung des Vaters und Bruders, die Errichtung des militärischen Gieß- und Bohrhauses in Augsburg, eine Aufgabe, die sich für Reichenbach fünfzehn Jahre später noch einmal in großem Maßstab wiederholte, als er 1821

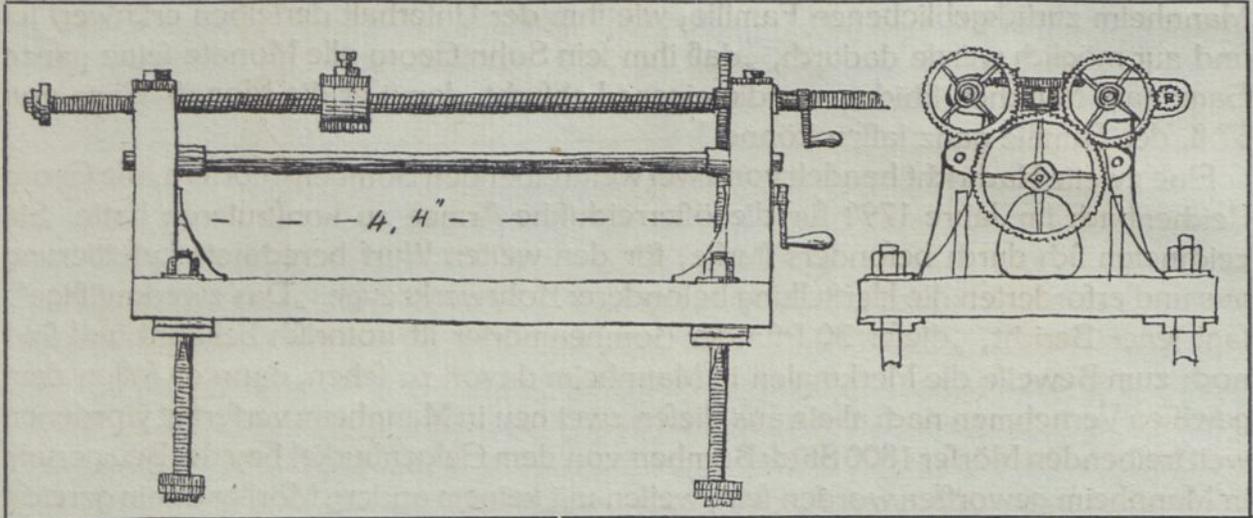


Fig. 3: Skizze der Bohrmaschine für das Wiener Bohrhaus.

den Auftrag erhielt, in Wien ein Kanonenbohrhaus zu bauen. Hier konnte er alle die Erfahrungen zusammenfassen und verwerten, die ihm seine artilleristische wie seine spätere technische Laufbahn in so reichem Maße gewährt hatte. Wir fügen, um den Umfang der Anlage zu kennzeichnen, zwei Handzeichnungen Reichenbach's, Grund- und Aufriß des Wiener Bohrhauses und eine Skizze der Bohrmaschine, hier ein.

SCHON in den ersten Jahren der Münchner Tätigkeit hatte sich Reichenbach mit der KONSTRUKTION EINES GEZOGENEN VORDERLADER-GESCHÜTZES beschäftigt. Gezogene Kanonen, und zwar sowohl Vorder- als Hinter-Lader, waren schon zu Ende des 17. und Beginn des 18. Jahrhunderts im Spanischen Erbfolgekrieg verwendet worden, Langgeschosse schon früher, im Dreißigjährigen Kriege aufgetaucht, ohne daß es indessen bei den Neuorganisationen des Heerwesens im 18. Jahrhundert irgendwo zu einer Einführung dieser Erfindungen gekommen wäre. Reichenbach trat mit seiner durchaus originellen Konstruktion im Jahre 1809 hervor, als der Krieg in Tirol die Einführung eines leichten und leichtbeweglichen Geschützes von größerer Tragweite und Sicherheit wünschenswert erscheinen ließ. Doch ruhte die Durchführung bis zum Jahre 1816, wo die ersten Schießversuche stattfanden. Der Kavallerie-General Graf zu Pappenheim schreibt darüber in seinen „Militärischen Phantasien“ (aus dem Jahre 1831): „Hat man gezogene Büchsen, warum sollte man nicht Aehnliches bei Kanonen anbringen können? Die Ausführung erscheint uns gar nicht unmöglich. Wir haben Versuche mit solchen Geschützen gesehen, die einem glücklichen Resultate sehr nahe waren, die nur noch einiger Proben und kleinerer Verbesserungen bedurften. Der frühe Tod des genialen Erfinders - wir nennen diesen Mann, es war Reichenbach - dieser Mann hatte Autorität genug, uns in Schutz zu nehmen, wenn man uns leerer Projectenmacherei beschuldigen wollte - und die geringe Unterstützung, die dieser Gegenstand damals fand, weil man sich schwer vom Alten trennt, dann weil auch die Versuche etwas kostbar waren, auch der Erfinder von anderen Gegenständen sehr in Anspruch genommen wurde, dies machte die Sache damals fallen.“

Erst Jahrzehnte später, in den vierziger Jahren und vorzüglich, nachdem die gezogenen Vorderladerkanonen der Franzosen sich im italienischen Feldzug von 1859

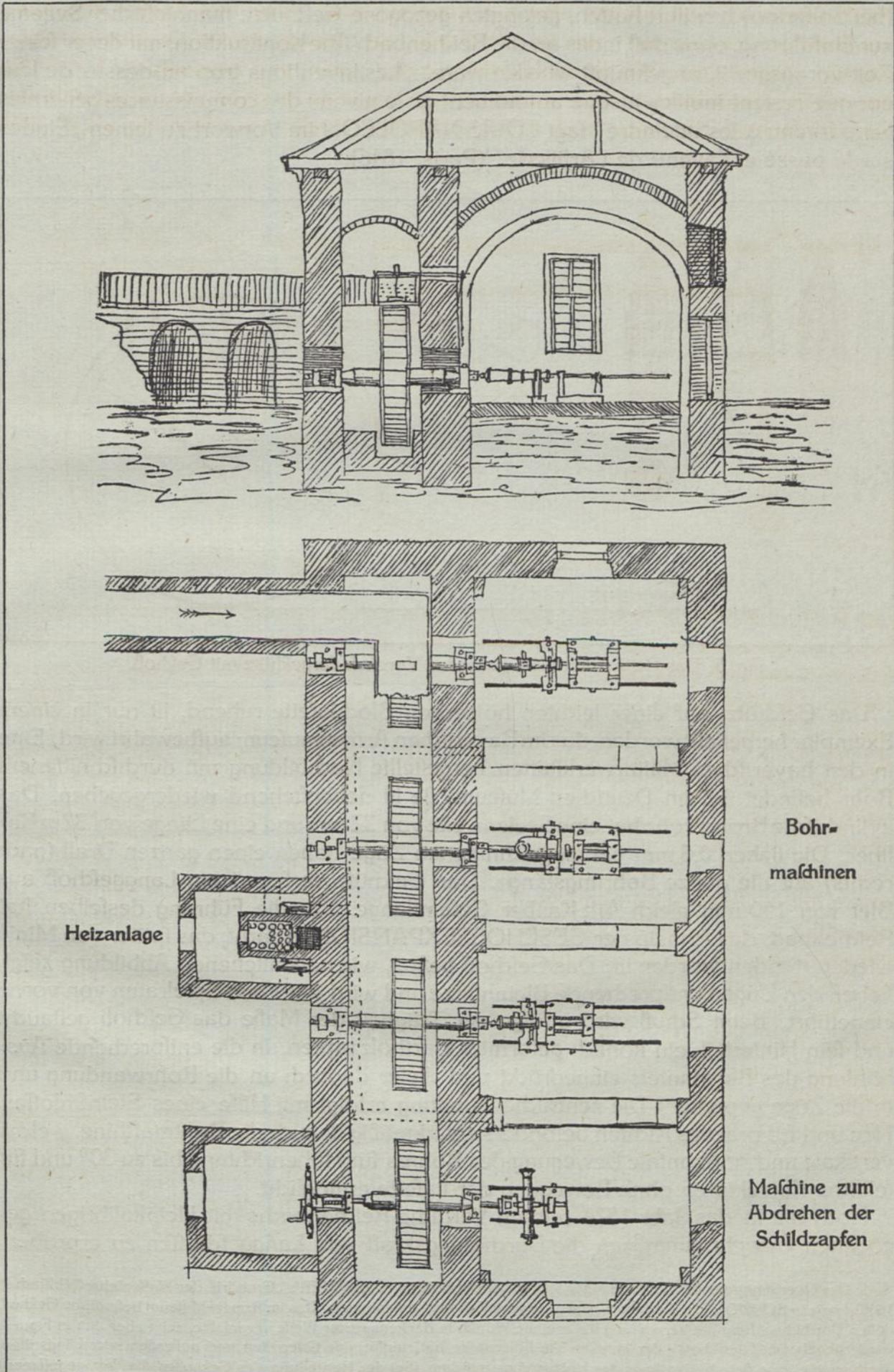


Fig. 4: Skizze des Kanonenbohrhauses in Wien, 1821.

(bei Solferino) bewährt hatten, gelangten gezogene Geschütze mannigfacher Systeme zur Einführung, ohne daß indes an die Reichenbach'sche Konstruktion, mit der er seiner Zeit vorausgeeilt, angeknüpft worden wäre. „Les inventions trop au-dessus de leur époque restent inutiles jusque au moment où le niveau des connaissances générales est parvenu à les atteindre“ sagt LOUIS NAPOLEON im Vorwort zu seinen „Études sur le passé et l'avenir de l'Artillerie“ (Paris, 1846).

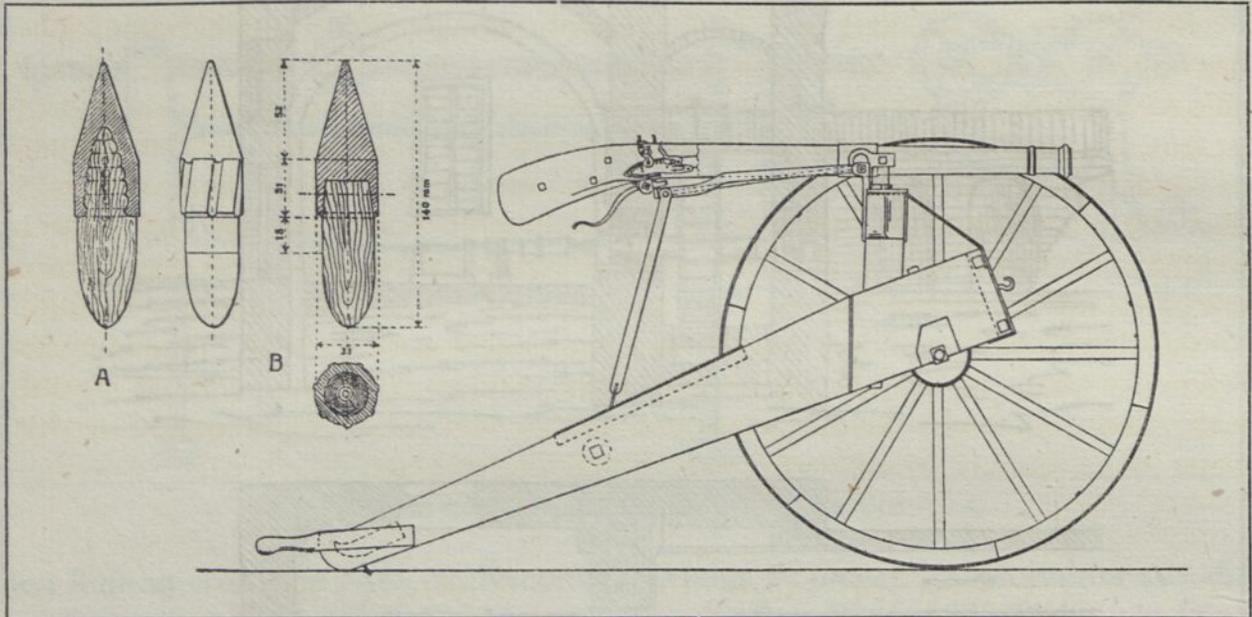


Fig. 5: Das Reichenbach'sche gezogene Vorderladergeschütz mit Geschöß.

Das Geschütz, auf einer leichten hölzernen Blocklafette ruhend, ist nur in einem Exemplar hergestellt worden, das im Bayerischen Armeemuseum aufbewahrt wird. Eine in den bayerischen Militärwerkstätten hergestellte Nachbildung mit durchschnittenem Rohr befindet sich im Deutschen Museum; sie ist nebenstehend wiedergegeben. Das zylindrische Bronzerohr hat eine Seelenweite von 32 mm und eine Länge von $32\frac{1}{2}$ Kaliber. Die sieben 0,6 mm tief eingeschnittenen Züge haben einen ganzen Drall (nach rechts) auf die ganze Bohrungslänge. Das Geschütz verfeuert ein Langgeschöß aus Blei von 140 mm gleich $4\frac{1}{2}$ Kaliber Gesamtlänge. Für die Führung desselben hat Reichenbach das Prinzip der GESCHOSSEXPAUSION erdacht, das später von Minié wiedererfunden worden ist: Das Geschöß besitzt, wie nebenstehende Abbildung zeigt, sieben den Zügen entsprechende Bleianlässe und wird mit 1 mm Spielraum von vorne eingeführt. Beim Schuß wird infolge der Trägheit der Masse das Geschöß gestaut und sein Hinterteil, ein konisch geformter Hartholzapfen, in die entsprechende Aussparung des Bleimantels eingedrückt und dieser dadurch an die Rohrwandung und in die Züge gepreßt.*) Die zentrische Zündung erfolgt mit Hilfe eines Steinschlusses. Neu und für präzises Richten besonders zweckmäßig ist auch die Richtmaschine, welche vertikale und horizontale Bewegung des Rohres für Höhenrichtung bis zu 30° und für seitliche Korrekturen ohne Bewegung der Lafette ermöglicht.

Noch bis in das Jahr 1824 reichen Versuche Reichenbachs mit kleinkalibrigen gezogenen Gewehrläufen, um die Durchschlagskraft von Langgeschossen zu erproben.

*) Der Querschnitt des Geschößes in Figur 5, B ist der Darstellung in v. SAUER's „Grundriß der Waffenlehre“ (München 1866) sowie in SCHMOLZL's Werkchen „Die gezogene Kanone“ entnommen. Das im Armeemuseum befindliche Geschöß, dessen Durchschneidung die Verwaltung auf meinen Wunsch in dankenswerter Weise veranlaßte, zeigt aber den in Figur A wiedergegebenen Querschnitt; der konische Hartholzapfen hat ringförmige Querrillen und außerdem vier Längsrillen, durch welche eine feste Verbindung des Holzzapfens mit dem (bei der Herstellung des Geschößes darüber gegossenen) Bleimantel vermittelt wird. Die Anordnung bezweckt offenbar auch die Verlegung des Schwerpunktes gegen die Spitze des Langgeschößes.

Eine im Nachlaß Reichenbachs vorgefundene Skizze zeigt eine auf einer Lafette montierte Kugelbüchse, die wohl zu solchen Versuchen bestimmt war.

SEIT dem Jahre 1807 war Reichenbach mehr und mehr von seinen militärischen Interessen abgelenkt worden durch die großen wissenschaftlichen und technischen Aufgaben, die ihm seit seiner Ankunft in München erwachsen waren. Als er deshalb im Jahre 1811 sein Entlassungsgesuch aus dem Militärverband an den König richtete, konnte er mit berechtigtem Stolze sagen:

„Als Offizier der Artillerie und der Ouvriers-Kompagnie gab ich mir immer Mühe, das bayerische Geschütz durch mein Studium, durch meinen Eifer, durch meine Kenntnisse zu verbessern und in diesem Zweige des Dienstes, soviel immer an mir lag, nützlich zu sein. Zu gleicher Zeit habe ich in der Mechanik und in der Instrumental-Astronomie es wirklich soweit gebracht, daß ich diese Bahn nicht mehr verlassen kann, ohne mich über die unzweckmäßige Anwendung meiner inneren Kräfte bei der Welt verantwortlich zu machen; der gute Ruf, den meine Arbeiten nun beinahe durch ganz Europa erworben haben, erlaubt mir auch zu glauben, daß ich dadurch dem Dienste Eurer Königlichen Majestät und dem Vaterlande keine Unehre gemacht habe. Um nun meine Kräfte der Mechanik und der Wissenschaft mehr widmen zu können und um niemals mehr durch das unvermeidliche Detail des Militärdienstes davon abgezogen zu werden, wage ich es, Eure K. Majestät um meine Entlassung zu bitten.“

3. ERFINDUNG DER TEILMASCHINE.

REICHENBACH schildert den wichtigen Schritt, welcher ihn zu seinen Erfolgen auf dem Gebiete der Instrumentenkunde führte, die Erfindung der Teilmaschine, in dem schon eingangs erwähnten Schriftchen aus dem Jahre 1821, welches er als Entgegnung auf die Prioritätsansprüche seines ehemaligen Mitarbeiters LIEBHERR verfaßt hat. Die Methoden, welche seine Vorgänger, so vor allem RAMSDEN, zur Kreisteilung angewandt hatten, beruhen auf durchaus anderen Prinzipien. Der von Reichenbach zugrunde gelegte Gedanke war indessen schon vorher von DE CHAULNES ausgesprochen worden in der 1768 veröffentlichten Schrift „Nouvelle méthode pour diviser les instruments de mathématiques et d'astronomie“; Reichenbach hat ihn aber ohne Zweifel ganz unabhängig davon gefunden und, was hier das wesentlichste ist, wirklich und zwar mit größtem Erfolge durchgeführt.

Wir geben Reichenbach's Darlegung im Auszuge wieder, weil sie für seine konsequente, auf das praktisch erreichbare Ziel gerichtete Denkweise ganz besonders charakteristisch ist und zugleich die Genauigkeitsgrenze seiner technischen Ausführung bezeichnet. Dabei muß man freilich berücksichtigen, daß die Schrift nahezu zwanzig Jahre nach der Konstruktion der Teilmaschine verfaßt ist und somit naturgemäß in den Bemerkungen manche erst später gewonnene Anschauungen mit eingeflochten sind.

Reichenbach hatte beabsichtigt, ein Werk über Instrumental-Astronomie herauszugeben und in demselben seine reichen Erfahrungen niederzulegen. Es haben sich im Nachlaß kleinere Bruchstücke zu diesem Werke, datiert vom Jahre 1816, vorgefunden, deren wesentlichen Inhalt Reichenbach in eben diesem Schriftchen aufgenommen hat.

BEI meinen Reisen in England“, schreibt Reichenbach, „in den Jahren 1791, 92 und 93“ beschäftigte ich mich bloß mit dem großen Maschinenwesen; Hrn. RAMSDEN sah ich nur zweimal in seinem Laden, seine Werkstätte sah ich nie. Die Sternwarten besuchte ich sämtlich und machte im Vorbeigehen meine Bemerkungen in Beziehung auf ihre Einrichtung. Als ich im Jahre 1796 nach München kam, fand ich dort keine einzige Anstalt zur Verfertigung mathematischer, viel weniger astronomischer Instrumente; alles in

diesem Betreffe wurde aus England, geringere Gegenstände aus der Werkstätte des Hrn. BRANDER von Hrn. HOSCHEL ZU AUGSBURG bezogen. Sogar zur Reparatur mußten selbst kleine mathematische Instrumente nach Augsburg geschickt werden. Der geringe Bedarf einer einzigen Stadt und das so nahe gelegene Etablissement des damals berühmten Hrn. Brander, dem Hr. Höfchel folgte, war wol allein Urfach, daß München sich damals von Künstlern für mathematische Instrumente so gänzlich entblößt fand; denn an Industrie, Kenntnissen und Geschicklichkeit hätte es wol hier nicht gefehlt."

„Die Werkstätte des Hrn. Höfchel zu Augsburg war zu jener Zeit sehr im Abnehmen und Hr. VON BEIGEL (damals churfürstlich sächsischer Legationsrath am Münchener Hofe und jetzt königl. Bibliothekar in Dresden), munterte mich auf, meine früher erworbenen Kenntnisse und Erfahrungen in der Verfertigung mathematischer Instrumente hier in Anwendung zu bringen, welches auch, soweit es meine Kräfte und die mir vom Militärdienst übrige Zeit erlaubten, geschah. Ich verschaffte mir die nöthigen Werkzeuge und verfertigte eigenhändig eine kleine Theilmachine, womit ich in der Folge für die hiesige Forstkammer mehrere Winkelinstrumente ausführte, welche zur Zufriedenheit ausfielen und den vorgeschriebenen Zweck vollkommen erfüllten. Späterhin verfertigte ich auch mit demselben Apparate mehrere kleine Spiegel-Sextanten u. d. m."*)

„So brauchbar auch alle diese von mir mit eigener Hand verfertigten Instrumente waren und so zufrieden sich auch die Inhaber derselben mit ihnen bezeugten, so genügten sie doch mir selbst bei weitem noch nicht, denn sowol im Bau, als in der Ausführung ließen sie immer noch vieles zu wünschen übrig, vorzüglich bei der Eintheilung, welche nur auf ganze Minuten zuverlässig war. Doch die Bahn für die Verfertigung brauchbarer mathematischer Instrumente in München war dadurch gebrochen und bei der damals gänzlich mangelnden Gelegenheit von Anwendungen der Mechanik für das große Maschinenwesen, dem ich mich in England gewidmet hatte, faßte ich den festen Voratz, jenen Zweig der ausübenden Mechanik (die Vervollkommnung mathematischer Instrumente) eifrig zu verfolgen, wozu ich jede von meinen Berufsgeschäften übrige Stunde verwendete."

„Alles beruhte nun auf Anordnung und Ausführung einer vollkommenen Kreis-Eintheilung und dazu geeigneter Drehwerke, um den Mittelpunkten und den Limbis der Instrumente die möglichste und mit den Eintheilungen übereinstimmende Vollkommenheit zu verschaffen. Allen damals bekannten Kreis-Eintheilungsmethoden konnte ich aus guten Gründen kein Vertrauen schenken, und mußte also hierzu eine eigene Bahn eröffnen und verfolgen. Und dazu gaben mir meine bisher gemachten Erfahrungen hinlänglichen Stoff des Nachdenkens, ohne daß ich ferner mittelmäßige Instrumente zu machen brauchte, um dadurch vielleicht a posteriori auf Verbesserungen zu kommen. Es war allerdings eine sehr gewagte Anmaßung von einem jungen Offizier, den großen RAMSDEN, dessen Teil-Methode ich aus der Beschreibung kannte, in dieser Kunst übertreffen zu wollen. Viele hundert Entwürfe, Ideen**) und Versuche, um die Kreis-Eintheilungs-Methode zu verbessern, starben gleich wieder nach ihrer Geburt."

„Als ich im Jahre 1800 mit der K. Baierschen Armee ausmarschierte, benutzte ich in den Quartieren jede freie Stunde, um meine Studien über eine verbesserte Theilmethode fortzusetzen, ohne mich durch die vielen vorhergegangenen fruchtlosen Ideen abschrecken zu lassen. Endlich, es war am 10. Juli 1800, wo wir in Cham in Quartier lagen) gelang es mir, das so äußerst einfache Haupt-Prinzip meiner Theilmachine zu erfinden."

*) Man vergleiche hiezu eine Notiz von BEIGEL im 9. Bande von ZACH'S Monatlicher Korrespondenz (v. J. 1804) über eine Reihe von Vermessungen, die Beigel zur Festlegung eines Planes von München mit einem Reichenbach'schen Sextanten ausgeführt hat.

**) Dazu gehörte, wie Reichenbach in seinen Notizen zur Instrumentalastronomie bemerkt, die Benutzung einer großen Eisfläche im Winter, die Verwendung entfernt gelegener Orte mit Multiplikation des hiedurch gegebenen Winkels (der von Chaulnes ausgesprochene Gedanke) zur Bestimmung der Haupteinteilung.

München d. 5^{ten} gbr 1801.

I

THEILSCHEI SCHEIBE

Fig 1.

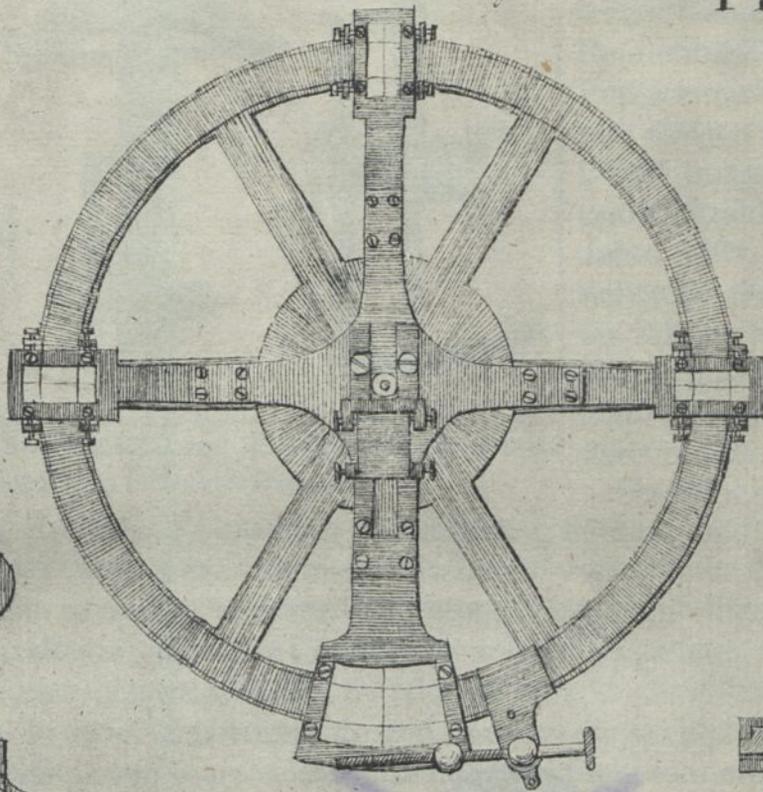


FIG. 6.

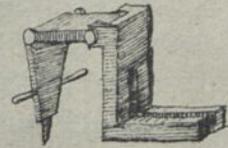


FIG. 4.

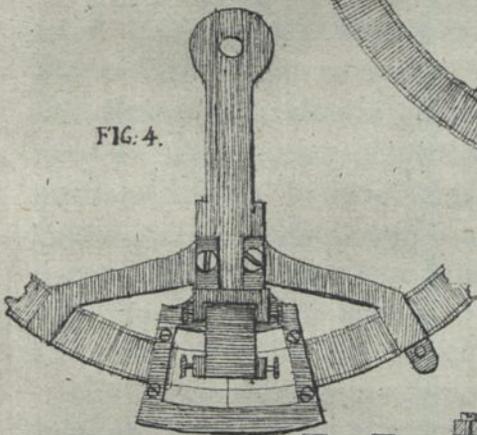


FIG. 2.

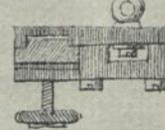


FIG. 2.

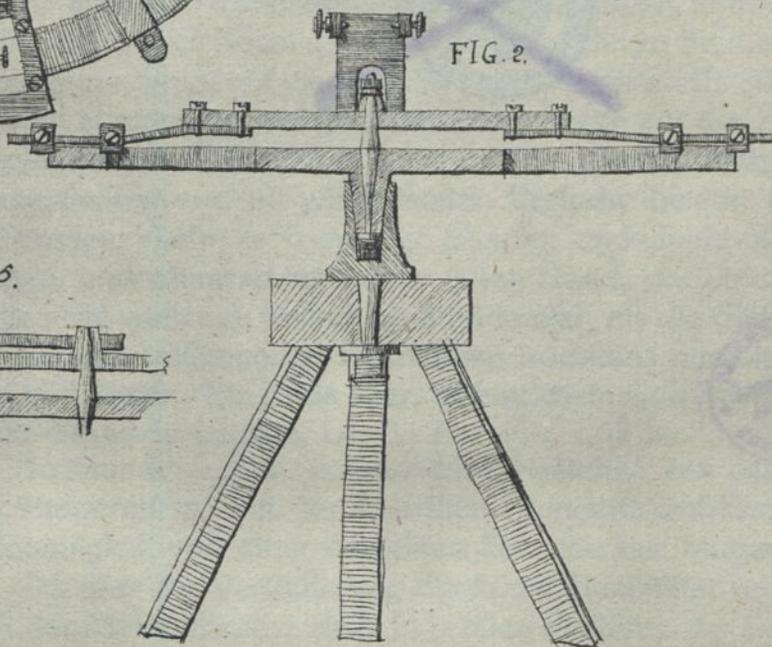


Fig 8.



FIG. 5.

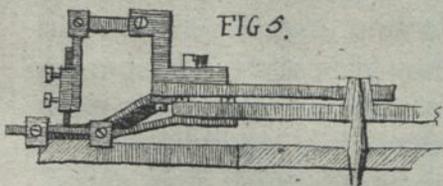


Fig 7.

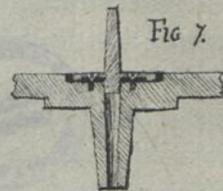


Fig 9.

Fig 10.

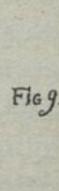


Fig 1 Theilscheibe im Geviert 4" Diameter

2. Theilscheibe im Ringförmigen auf einem Gestell

3. Befestigungs-Teil des Micrometer Visoriums auf der Theilscheibe.

4. Kugel mit dem beiden Enden des Visoriums, worauf die Linien des Visoriums aufgetragen sind, um den Winkel auf dem Visorium ab zu messen. Wenn die nötigen Linien gezogen zu werden, diese Kugel, also auf der Visoriums Befestigung zu setzen, dann ganz genau ablesen, worauf die Linien sind. Wenn man sich bedient, nicht die ablesung zu machen.

5. ist die Art, den die Visorium zu setzen

6. Linien des Visoriums im Ringförmigen

7. Ein Befestigungs-Teil, den Mittelstück in der Theilscheibe zu setzen, worauf man zu ablesung kann. Damit es vollkommen vertical auf der Theilscheibe steht.

8. Zugschraube mit einem Vertical Visorium und Befestigungs-Dispositiv.

9. Kugel mit dem beiden Enden des Visoriums, worauf die Linien des Visoriums aufgetragen sind.

10. ist ein mit demselben Kugel gefülltes Gefäß, um die Zugschraube davon zu justieren zu können, wenn das Les in der Theilscheibe selbst zu arbeiten.

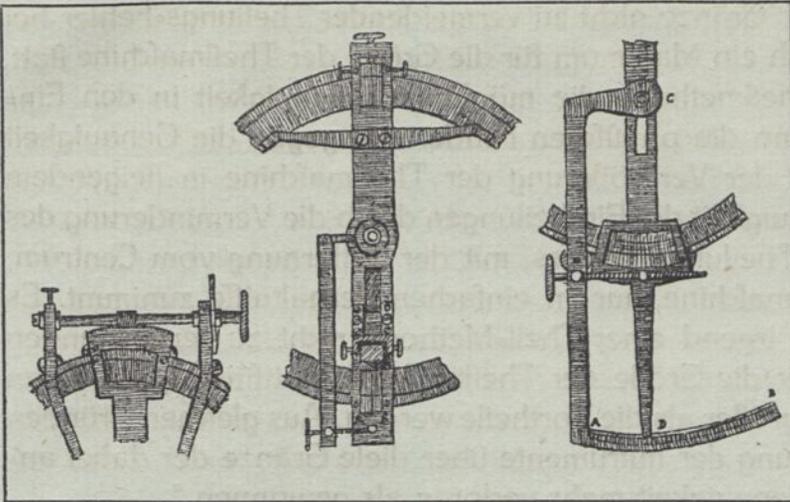


Fig. 6: Skizzen vom 10. Juli 1800 zum „Einteilungszirkel“ und zur „Regel zum Instrumententeilen“.

Die in Cham entworfenen Zeichnungen haben sich, mit jenem Datum versehen, unter Reichenbach's nachgelassenen Papierengefunden, zusammen mit einigen etwas mehr ins Detail ausgeführten Blättern und Maßzeichnungen aus dem Jahre 1801. Wir geben auf nebenstehender Tafel eine dieser Skizzen Reichenbach's, sowie in Fig. 6 Detailzeichnungen zum „Einteilungszirkel“ (datiert vom 10. Juli 1800) wieder.

Reichenbach fährt fort:

„DIE Aufgabe der Kreis-Eintheilung nach Graden, Minuten und Sekunden besteht darin, einen Kreis in die entsprechende Anzahl vollkommen gleicher Theile, als Mutter-Eintheilung zu theilen, und eine Vorrichtung dabei anzubringen, mittelst welcher sich diese ein für allemal gemachte Eintheilung auf die zu verfertigenden Instrumente eben so vollkommen übertragen lasse. So leicht es auch ist, diese Aufgabe der Theorie nach aufzulösen, so viele Schwierigkeiten sind doch bei der wirklichen Ausführung der Sache zu bekämpfen, weil man es hier nicht mit gedachten, sondern mit wirklich sichtbaren Kreisen, Linien und Punkten, die alle eine Breite haben, mit Metallen, die nicht durchaus homogen sind, mit schneidenden und zeichnenden Instrumenten, mit der Dilatation und Flexibilität der Körper, und anderem mehr zu thun hat.“

„Es ist hier vor allem nöthig, auf meine früher gemachten Erfahrungen, und auf die Schlüsse aufmerksam zu machen, welche ich aus ihnen noch vor der Erfindung meiner Theilmethode gezogen habe. Ich bin nämlich durch die allerschärfsten, mit jeder denkbaren Voricht angestellten und oft wiederholten Versuche belehrt worden, daß ich mit den besten Stangenzirkeln, trotz meiner scharfen und dabei mit guten Loupen bewaffneten Augen, und ohnerachtet meiner steten Hand, die Zirkel-Eintheilung im gelungensten Falle nicht weiter zu treiben im Stande war, als die Gleichheit der Theile einer auf Metall wirklich vollzogenen Eintheilung höchstens nur bis auf $\frac{1}{3000}$ eines Zolles verbürgen zu können. Ein Kreis aber, auf welchem eine Sehne von $\frac{1}{3000}$ eines Zolles eine Raum-Secunde beträgt, hat 11 Fuß $5\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser; so groß müßte also eine Theilmachine seyn, auf der sich (abgesehen von allen übrigen dabei vorkommenden Hindernissen) mit der schärfsten Stangenzirkel-Eintheilung in allen Punkten eine Genauigkeit von einer einzelnen Secunde der Mutter-Eintheilung soll erreichen lassen. Da aber die Veränderung durch die Flexibilität und Dilatation und überhaupt durch das Materielle, bei einer so großen Maschine der Genauigkeit in der Ausführung sowol bei der Bearbeitung im Allgemeinen als bei der Auftragung der Mutter-Eintheilung, und noch mehr bei der Uebertragung derselben auf die zu fertigenden Instrumente, in einem größeren Maaße entgegenwirkt, als man sich, durch die Entfernung vom Mittelpunkte und der dadurch bewirkten Verkleinerung des nicht zu vermeidenden Theilungs-Fehlers, derselben nähern kann, so würde (auch wenn man sich, was wohl niemand thun wird, entschließen wollte, eine so große, kostbare und für den Gebrauch unbequeme Maschine auszuführen) doch nur eine Zirkel-Eintheilung erhalten werden, welche wohl zufällig in einigen, aber nicht in allen Punkten bis auf die einzelne Secunde zuverlässig wäre.“*)

*) Die Verwendung sehr genau geschnittener Schrauben, deren Umdrehungen den Maßstab für die Theilung bilden.

„Es findet für jede Größe der Gränze nicht zu vermeidender Theilungs-Fehler bei irgend einer Theilmethode, auch ein Maximum für die Größe der Theilmaschine statt, durch welche mit derselben Theilmethode die möglichste Genauigkeit in den Eintheilungen zu erreichen ist. Denn die physischen Hindernisse gegen die Genauigkeit der Eintheilungen wachsen mit der Vergrößerung der Theilmaschine in steigendem Verhältnisse, während die Genauigkeit der Eintheilungen durch die Verminderung des Einflusses eines und deselben Theilungs-Fehlers, mit der Entfernung vom Centrum, das ist mit der Größe der Theilmaschine, nur im einfachen Verhältnisse zunimmt. Es muß demnach bei jedem, nach irgend einer Theil-Methode nicht zu vermeidenden Theilungsfehler eine Grenze für die Größe der Theilmaschine stattfinden, bei deren Ueberschreitung die Nachteile größer als die Vortheile werden. Aus gleichen Gründen wird auch, durch die Vergrößerung der Instrumente über diese Gränze der dabei angewandten Theilmethode an Genauigkeit mehr verloren als gewonnen.“

„Wo aber in jedem speziellen Falle diese Gränze liege, solches hängt vorzüglich ab von der Bauart der Theilmaschine oder der Instrumente, kann also nicht allgemein bestimmt werden, und muß dem Augenmaasse des Künstlers überlassen bleiben.“

„Durch solche von Jugend auf von mir angestellte und nach und nach berichtigte Betrachtungen, wurde es mir endlich klar, daß weder der menschliche Fleiß, noch die Vergrößerung der Werkzeuge, sondern nur eine verschärfte Theil-Methode, verbunden mit einer zweckmäßigen Bauart der Instrumente, die Instrumental-Astronomie ihrer Vollkommenheit näher zu bringen vermögen. Man denke sich zwei Kreise*) von vollkommen ähnlicher Bauart, den einen von 10, den andern von 2 Fuß Durchmesser; der zweifüßige sey nach einer 5mal schärferen Theil-Methode als der zehnfüßige eingeteilt, habe 5mal feinere Linien, sey in allen Theilen, welche auf die Genauigkeit Bezug haben, 5mal feiner gearbeitet, und über dem mit 5mal schärferen Ablese-Mikroskopen versehen. Der Vorzug eines solchen zweifüßigen gegen den zehnfüßigen Kreis unter Voraussetzung gleich vergrößernder Fernrohre, stellte sich mir immer lebhaft dar, so oft ich diese Ueberlegung anstellte; denn es ist jener kleinere Kreis, erstens den Veränderungen durch die Dilatation und Flexibilität ungleich weniger als der große unterworfen, und zweitens ist er nicht so kostspielig, und eben deswegen zu einem ausgebreiteteren Gebrauche für die Beförderung der Wissenschaft mehr geeignet. Allein so etwas ausgeführt zu sehen, war damals nur Wunsch, welcher mich indeß zum Nachdenken über eine vollkommene Theilmethode und über verbesserte Bauarten der Theilmaschine und der Instrumente anfeuerte.“

„Nach langem Nachdenken (denn bei dergleichen Gegenständen pflegt uns das einfachste gewöhnlich am spätesten einzufallen) abstrahierte ich endlich den Grundsatz, daß eine vollkommene Einteilung nur dann erreicht werden könne, wenn man sie ohne alle vorgängige den Theilstrichen zwischen den gegebenen Gränzen aufzeichnete, sichtbare Marke vollführe, sie also gleichsam in der Luft mache, ehe die

wie sie besonders Ramsden bei seinen Kreis- und Längenteilmaschinen zu hoher Vollkommenheit gebracht hatte, verwirft Reichenbach. „Man könnte“, schreibt er in seinen Notizen zur Instrumental-Astronomie, „daran denken, sich hier, wie Herr Ramsden anstatt des Zirkels der Schraube ohne Ende zu bedienen. Allein wir wissen ja, daß Ramsden die wichtigsten, nämlich die Haupt-Eintheilungen auch mit dem Zirkel zu machen gezwungen war, wobei die Schraube an jedem solchen Theilungspunkt frisch eingelegt wurde und nur die Fehler der unteren Abtheilungen zu beseitigen hatte. Ueberhaupt aber muß ich bekennen, daß ich der Schraube ohne End zum Theilungsgeschäft nie geneigt sein konnte, weil ich mich bey so exakten Dingen nie dem blinden Zufall überlassen wollte; die unvermeidliche Ungleichartigkeit des Metalls und der Ausdehnung, welche bey dem Einschneiden der Gewinde notwendig Irregularität hervorrufen muß; die nicht denkbare vollkommen gleichförmige Abnutzung der Gewinde bei starkem Gebrauche, wenn auch das Einschneiden durch seltenen Zufall vollkommen gelungen wäre, und der sich in die Gewinde legende, unmöglich immer gleichheitlich vertheilte Staub konnten mir kein großes Zutrauen in die Schraube ohne Ende einflößen. Die Eintheilung, die sie liefert, ist zwar schön, aber sie wird die schärfste Prüfung doch nie aushalten.“

*) Den Quadranten war Reichenbach, wie er gelegentlich schreibt, „entgegen der Meinung seiner früheren Lehrer und sehr achtungswerter Männer abhold wegen ihrer irregulären Form, der unsicheren Bestimmung des fatalen Colimationsfehlers und der Excentricität, weil keine gegenüberstehenden Ablefungen dabei anzubringen sind“.

Theilungslinien gezogen werden: Und in der Aufstellung dieses Grundsatzes liegt eigentlich schon das Hauptprinzip meiner neuen Theilmethode."

FÜR die Durchführung dieses Prinzips bringt Reichenbach (vergleiche nebenstehende seiner Abhandlung entnommene Figur) über dem zu teilenden Limbus A B C genau zentrisch zwei Alhidaden I (a b c d) und II (e f g h) an, welche unabhängig voneinander drehbar sind und je einzeln auf dem Limbus festgestellt und mittels Mikrometerschraubeneingestellt werden können. Der Bogen c d der Alhidade I trägt zwei durch Mikrometerschrauben verstellbare Schieber mit feinen Marken q, r, welche eine Bogenlänge ungefähr von der beabsichtigten Teilungsgröße begrenzen. Auf dem zu teilenden Limbus und korrespondierend damit auf der Alhidade II wird eine Ausgangslinie für die Teilung mit Hilfe des Linienreißers i k l fein eingeritzt; mit dieser Marke korrespondiert die Marke n auf der mit Alhidade II verbundenen Zunge m n. Von n aus wird nun bei festgestellter Alhidade II durch Drehung der Alhidade I der Bogen q r, dessen Länge zunächst näherungsweise der gewünschten Teilung entspricht, abgetragen. Dann Alhidade I festgestellt und mit der Mikrometerschraube die genaue Einstellung der Marken r und n vollzogen. Sodann wird die Hemmung der Alhidade II gelöst, ihre Marke n genau auf q eingestellt und so wechselweise fortgefahren. Nach m-maliger Verschiebung des Bogens q r auf dem Kreise A B C wird dann der Endpunkt ungefähr mit der Ausgangsmarke des Limbus korrespondieren. Dann wird durch Verstellung der Marken q r die Bogenlänge korrigiert und das ganze Verfahren wiederholt, so lange, bis schließlich Anfangs- und Endpunkt der Teilung genau koinzidieren. Dann erst wird mit dem Linienreißer die Teilung auf dem Limbus A B C wirklich vollzogen. Die Hauptteilung des Kreises vollzog Reichenbach in 20 Teile, also von 18 zu 18 Grad und von hier aus die Unterteilungen durch ein analoges Verfahren. Über die erreichte Genauigkeit sagt Reichenbach:

MIT einem dreißigmal vergrößernden guten Mikroskope können zwei äußerst zarte, auf Silber gezogene und eingeschwärzte Linien, (die eine auf dem Limbus, die andere an der Alhidade) mit gesundem Auge und bei der erforderlichen Aufmerksamkeit immer so scharf aufeinander gestellt werden, daß der Fehler nie über 0,00004 eines Zolles beträgt; eine Größe, welche auf einem Kreise von 49 Zoll Durchmesser ungefähr eine Drittel Secunde ausmacht, und daher eine über 8mal größere Schärfe als die gibt, bis zu welcher eine Stangenzirkel-Eintheilung mit dem größten Fleiße und allen dazu erforderlichen Hilfsmitteln auf ihm gebracht werden kann."

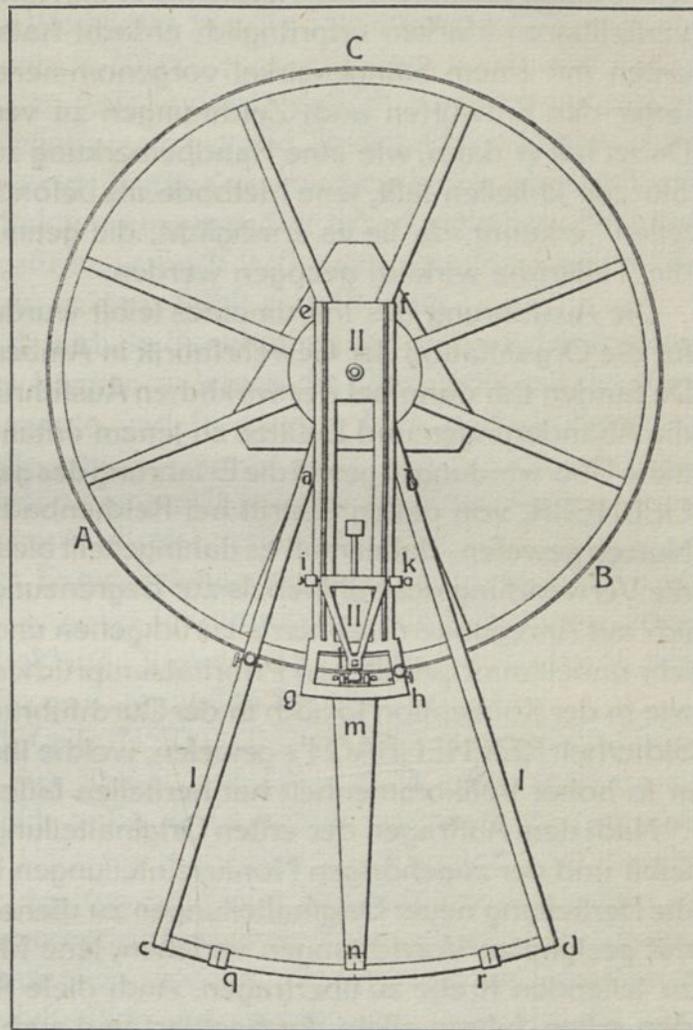


Fig. 7: Schematische Darstellung der Kreiseinteilungsmaschine.

Die Konstruktionsentwürfe für die Teilmaschine wurden in ihren wesentlichen Teilen im Lager zu Cham vollendet. Die aus jener Zeit stammenden Zeichnungen und Entwürfe lassen vermuten, daß Reichenbach die Konstruktion jenes „Einteilungszirkels“ mit verstellbaren Marken ursprünglich erdacht hatte zur Prüfung und Berichtigung einer ersten mit einem Stangen-zirkel vorgenommenen Teilung - wenigstens befinden sich unter den Entwürfen auch Zeichnungen zu verschiedenen Zirkeln gewöhnlicher Art. Dabei hat er dann, wie eine Randbemerkung zu den oben in Fig. 6 wiedergegebenen Skizzen schließen läßt, jene Methode als besonders geeignet „auch zum Instrumententeilen“ erkannt, da sie es ermöglicht, die genauen Teilintervalle festzulegen, ehe die die Teilstriche wirklich gezogen werden.

Die Ausführung des Instrumentes selbst wurde durch die schon erwähnten Arbeiten für die Organisation der Gewehrfabrik in Amberg noch bis zum Jahre 1802 verzögert. Da fanden sich dann bei der wirklichen Ausführung noch mannigfache Schwierigkeiten, die Abänderungen und Zusätze zu jenem ersten Entwurf erforderten. Für deren praktische Überwindung ist gewiß die Erfahrung des geschickten, als Uhrmacher ausgebildeten LIEBHERR, von dessen Eintritt bei Reichenbach sogleich zu sprechen ist, von großem Nutzen gewesen; dabei muß es dahingestellt bleiben, inwieweit einzelne Details - etwa die Verwendung des Fühlhebels zur Begrenzung der Schritte der Alhidade - ursprünglich auf Anregungen Liebherr's zurückgehen und späterhin zu dessen übrigens sachlich sehr unbestimmt gehaltenen Prioritätsansprüchen geführt haben. Jedenfalls ist es aber, wie in der Konzeption so auch in der Durchführung, die klare Einsicht und die technische Sicherheit REICHENBACH's gewesen, welche ihn die Teilmaschinen hat entwerfen und in so hoher Vollkommenheit hat herstellen lassen.

Nach dem Auftragen der ersten Originalteilung auf dem Hauptkreis der Teilmaschine selbst und der zugehörigen Noniuseinteilungen hatte die Teilmaschine nicht sowohl für die Herstellung neuer Originalteilungen zu dienen, sondern war vielmehr bestimmt und mit geeigneten Vorrichtungen versehen, jene Mutterteilungen auf's genaueste auf die zu teilenden Kreise zu übertragen. Auch diese Arbeiten hat Reichenbach jedenfalls in den ersten Jahren allein durchgeführt und auch später bei den bedeutenderen, insbesondere den astronomischen Instrumenten selbst vorgenommen.

4. GRÜNDUNG UND ENTWICKLUNG DES MECHANISCHEN INSTITUTS.

MIT der Ausführung der Teilmaschine geht Reichenbach zugleich an die Verwirklichung seines Planes der Gründung einer Werkstätte für mathematische Instrumente: „Im Spätjahr 1801 kam ich nach München zurück, welchen Augenblick ich kaum erwarten konnte, um meine früheren Ideen über die Kreis-Eintheilungen ins Werk zu setzen. Meine Dienstesgeschäfte im Zeughause nahmen mich damals sehr in Anspruch, weshalb mir in jener Zeit wenig Muße hierzu übrig blieb. Da ich aber die Realisirung meiner Idee über die Kreis-Eintheilung nicht länger verschieben wollte, so sah ich mich nach einem Gehülfen um, welcher beständig in der Werkstätte bleiben und die Vorarbeiten nach meiner Angabe besorgen könne. Hier wurde mir Herr JOS. LIEBHERR genannt, welcher als Uhrmacher-Gefelle in München arbeitete, und eben beschäftigt war, in seinen Nebenstunden einen kleinen Spiegel-Sextanten zu verfertigen, um durch dieses Probestück die Erlaubniß zu erhalten, sich als Instrumentenmacher in München anfällig zu machen“

„Im Jahre 1802, nachdem ich schon alle ausführlichen Plane zu einer großen und vollkommenen Theilmaschine nach meinem neuen Prinzip vollendet und alle Anstalten zu deren Ausführung getroffen, beschloß ich, von allen Seiten dazu aufgemuntert (vor-

zöglich auch von dem damals hier anwesenden französischen Ingenieur géographe, Hrn. Henry, vormaligen Astronomen in Manheim, der mir in meiner Jugend manchen lehrreichen Unterricht gegeben hatte) und in der völligen Überzeugung, daß meine Theilmaschine gelingen werde, - eine Werkstätte für die Verfertigung aller mathematischen und astronomischen Instrumente in München zu gründen, nahm Hrn. Liebherr mit in die Gesellschaft und machte den Anfang damit, daß ich, nachdem mir meine Dienstgeschäfte jetzt mehr Zeit übrig ließen, meine große Theilmaschine (einige Vorarbeiten, welche Hr. Liebherr nach meiner Angabe zu machen hatte, abgerechnet) selbst, eigenhändig, verfertigte. Nach Bekämpfung mancher Schwierigkeiten, die trotz des guten Haupt-Prinzips, bei der Ausführung noch vorkamen, brachte ich sie vollständig zu Stande und früher, als ich es anfangs selbst gehofft hatte."

„In den Nebenstunden beschäftigte ich mich, in Benehmung mit dem verdienstvollen sel. Prof. SCHIEGG, den ich kurz zuvor kennen zu lernen die Ehre hatte, mit der Verbesserung der Construction der Instrumente und so wurden bald nach Vollendung meiner großen Theilmaschine, ebenfalls von mir eigenhändig, die beiden ersten Instrumente, (nämlich ein achtzehn-zölliger astronomischer Multiplikations-Kreis und ein sechzehn-zölliger multiplizierender Azimutal-Kreis) verfertigt."

Schiegg's besonderer Anteil an der Entwicklung des Unternehmens wird noch weiterhin bei Besprechung der eben genannten Instrumente ersichtlich werden. „Mein Vergnügen“, schreibt er in seiner bescheidenen Weise, „bei der ganzen Sache ist, daß ich ein solches Etablissement veranlaßte und den ersten Impuls dazu gab."

DAS MATHEMATISCH-MECHANISCHE INSTITUT VON REICHENBACH, UTZSCHNEIDER UND LIEBHERR. Der Beifall, den schon diese ersten Instrumente fanden, legten Reichenbach den Wunsch nahe, seine Anstalt zu erweitern, „um den daraus entspringenden Nutzen für die Wissenschaft schneller zu verbreiten.“ So wandte er sich an Joseph UTZSCHNEIDER, der um politischer Verdächtigungen willen im Jahre 1801 seiner Stellung als Hofkammerrat und geheimer Referendär in Landschafts-sachen vom Kurfürsten Max Joseph enthoben worden war und nun als Privatmann sich arbeitsfreudig und energisch in industriellen Unternehmungen betätigte, die „den Wolfstand aller, nicht den Reichtum einzelner“ fördern sollten.

DIE Herren Reichenbach und Liebherr" - so schreibt Utzschneider in jenem Nekrolog vom Jahre 1826, mit dem er dem Wirken FRAUNHOFERS ein so würdiges Denkmal gesetzt - „äußerten mir den Wunsch: ich solle mich entschließen, ihrer kleinen Werkstätte eine größere Ausdehnung zu geben, und ein ordentliches Institut zur Verfertigung allerlei großer und kleiner Instrumente und Maschinen, so, wie sie in England hervorgebracht werden, mit ihnen zu gründen. Ich weigerte mich nicht, mit ihnen für diesen Zweck in eine Verbindung um so mehr zu treten, als aus einem solchen Institut seiner Zeit junge, tüchtige Mechaniker hervorgehen könnten, woran Bayern großen Mangel hatte."

Der Gesellschaftsvertrag kam am 20. August 1804 zustande. Es heißt in demselben: „REICHENBACH dirigiert das Technische und sorgt für den wissenschaftlichen Theil des Instituts im ausgebreitetsten Sinne; er verfertigt die Constructionen der Instrumente und legt hauptsächlich da eigene Hand an deren Ausführung, wo es um die größte Vollkommenheit zu thun ist; er wird demnach die Centrierungen, Theilungen, Zapfen und Bewegungen alle eigenhändig verfertigen."

„LIEBHERR ist erster Meister im Institute, arbeitet dem Hauptmann Reichenbach an die Hand, und führt, unter Leitung desselben, die Gefellen zur zweckmäßigen, erforderlichen Arbeit an."

„UTZSCHNEIDER sorgt für die nötigen Fonds und leitet den commerziellen Theil des Instituts."

Über die ersten Arbeiten des jungen Instituts, vor allem über die Notwendigkeit seiner Erweiterung durch eine OPTISCHE ANSTALT - um so dringlicher, weil die 1806 von Napoleon über die britischen Inseln verhängte Kontinentalsperre den Bezug der Gläser aus England verhinderte - schreibt Utzschneider weiter:

„DAS mathematisch-mechanische Institut Reichenbach, Utzschneider und Liebherr begann seine Geschäfte mit großer Thätigkeit - mehrere große Meßinstrumente wurden bestellt, auf der Reichenbach-Liebherr'schen neuerfundenen Theilmaschine getheilt und bis auf die Gläser vollendet, so daß ein großer Vorrath von fertigen Instrumenten sich sammelte, welche aber nicht verkäuflich waren, weil sie ohne Gläser nicht gebraucht werden konnten; es fehlte an brauchbarem Flint- und Crownglase und über dieses noch an einem fähigen Optiker.“

„Das ganze neu errichtete mathematisch-mechanische Institut hätte unterliegen müssen, wenn diesem Mangel nicht ohne Zeitverlust abgeholfen worden wäre. Ich säumte nicht, eine Reise zu unternehmen, um nicht allein die wirklich arbeitenden Optiker auf allen Plätzen, sondern auch die Crown- und Flintglasgattungen kennen zu lernen, deren sie sich bei Verfertigung ihrer optischen Werkzeuge bedienen. Aus den während dieser Reise gesammelten Erfahrungen ging hervor, daß unser neu errichtetes Institut in Bezug auf die Optik keinen anderen Ausweg habe, als das Crown- und Flintglas sich selbst zu erzeugen, und den Optiker sich selbst zu bilden.“

Utzschneider gewinnt nun zunächst in P. L. GUINAND aus Neuchâtel, einen Optiker, welcher sich schon früher mit der Erzeugung von Flintglas beschäftigt hatte und beginnt auf seinem Gute in Benediktbeuern mit dem Baue eines Schmelzofens für Flintglas, „um alsdann mit Hrn. Guinand die Versuche zur Flint- und Crown-glas-Erzeugung nach einem zweckmäßigen Plane zu beginnen. In den Jahren 1806 und 1807 war der Flintglas-Schmelzofen immer in Thätigkeit, und ich unternahm auch, einen eigenen Ofen für die Erzeugung des Crownglases zu bauen. So kostbar diese Unternehmung in der ersten Anlage und in den vielen Versuchen war, so erhielten wir zur Ausrüstung unserer bereits getheilten aber blinden Meßinstrumente in München manches brauchbare Stück Flint- und Crownglas.“ Nach Schiegg's Zeugnis fielen schon die ersten Versuche so befriedigend aus, daß sie dem englischen Glase nicht nachstanden.

Gleich bei Gründung des mathematisch-mechanischen Instituts war Joseph Niggel als Optiker in die Werkstätte aufgenommen worden, der sich indes bald selbständig in München anfällig machte. Da erinnerte sich Utzschneider an JOSEPH FRAUNHOFER, den Glaserlehrling, den er - nach jener wunderbaren Rettung bei dem Einsturz des Hauses seines Lehrherren - mannigfach unterstützt, dann aber in den Nöten der Kriegszeit aus den Augen verloren hatte und der damals kümmerlich als Spiegelmacher und Glaschleifer seinen Unterhalt erwarb. „Ich erfuchte“, schreibt Utzschneider, „meinen Freund Hrn. Professor Ulrich Schiegg, mit Fraunhofer sich bekannt zu machen und ihn zu prüfen. Der edle Schiegg entsprach meinem Wunsche und gab sich mehrere Tage mit Fraunhofer ab, um ihn genau kennen zu lernen; er fand ihn in einer dürftigen Lage, und munterte ihn auf, mich zu besuchen; Fraunhofer kam mit einiger Schüchternheit zu mir, weil er glaubte, ich wäre mit ihm unzufrieden, indem ich ihn so lange Zeit nicht mehr sah. Indessen wurde Fraunhofer und ich, nach einer kurzen Unterredung mit einander über unsere Verhältnisse ganz einig; Fraunhofer trat als Optiker neben Hr. Niggel in das mathematisch-mechanische Institut Reichenbach, Utzschneider und Liebherr, wo ich ihn der Oberaufsicht des Herrn Professor Schiegg übergab, welcher das Institut zur selbigen Zeit beinahe täglich besuchte.“

Auch der feurige Reichenbach freute sich des Eintritts von Fraunhofer, dessen Bedeutung sein scharfer Blick sofort erkannte. „Das ist der Mann, den wir suchen; der wird leisten, was uns noch fehlt“, sind seine Begrüßungsworte.

DIE OPTISCHE ANSTALT VON UTZSCHNEIDER, REICHENBACH UND FRAUNHOFER. „Herr Fraunhofer“ - so berichtet Utzschneider weiter - „berechnete und schliff die aus dem neuerbauten Glasofen zu Benediktbeuern hervorgegangenen Gläser zu den ersten größeren, für die Sternwarte in Ofen bestimmten Instrumenten. Von nun an sollten nicht bloß die Gläser für die Winkel-Instrumente, sondern auch alle andere optischen Instrumente erzeugt werden.“

„Dieses bewog mich, den optischen Theil des Institutes Reichenbach, Utzschneider und Liebherr nach Benediktbeuern zu verlegen, und Herrn Fraunhofer, nach dem freiwilligen Austritte des Herrn Niggel, als Optiker dort zu verwenden, in der Absicht, durch ihn dort mehrere Arbeiter unterrichten und von dort aus die Gläser für das Institut Reichenbach, Utzschneider und Liebherr in München bearbeiten zu lassen.“

„Um der optischen Anstalt in Benediktbeuern mehr Festigkeit zu geben, und Hr. Fraunhofer eine sichere Existenz zu verschaffen, schlug ich vor, ein eigenes Institut für die Optik allda zu errichten. Der Gesellschaftsvertrag kam auch am 7. Februar 1809 zwischen mir, REICHENBACH und FRAUNHOFER zu Stande. Herr Mechanikus Sigismund BLOCHMANN*) wurde aus dem mathematisch-mechanischen Institute gleichfalls dahin versetzt, um den mechanischen Theil der optischen Anstalt allda zu leiten. Herrn Fraunhofer's Bestimmung war, den optischen Theil in seiner ganzen Ausdehnung unter seine Aufsicht zu nehmen. Früher hatte er sich in seinen theoretischen Arbeiten auch mit der Katoptrik beschäftigt, und im Jahre 1807 über die Abweichung außer der Axe bei Teleskopspiegeln eine noch nicht gedruckte Abhandlung geschrieben; er zeigt darin, daß die hyperbolischen Spiegel den parabolischen vorzuziehen seyen, und theilt auch die Erfindung einer Maschine mit, durch welche die Flächen hyperbolischer Segmente, so wie auch andere geschliffen werden können. Bei dem großen Bedürfnisse von Gläsern, welche das mathematisch-mechanische Institut in München bei ihren vielen Instrumenten hatte, wurde in dem Geschäftsvertrage ausdrücklich festgesetzt, daß von dem neugegründeten optischen Institute die Katoptrik vor der Hand ausgeschlossen werden müsse, um Herrn Fraunhofer in seinen optischen Arbeiten für das mathematisch-mechanische Institut in München nicht zu zerstreuen.“

„Bis zum Jahre 1814 war Herr Georg v. Reichenbach Associé dieses optischen Institutes; nachdem aber derselbe das Verlangen geäußert hat: das mathematisch-mechanische Institut in München allein zu besitzen, um seinen und seiner Familie Privat-Vortheil und Nutzen mehr zu begründen, so wurde der Gesellschaftsvertrag am 7. Febr. 1814 zwischen demselben, Hr. Fraunhofer und mir aufgelöst. Nach dieser Trennung habe ich für gut gefunden, das optische Institut mit Hr. Fraunhofer allein fortzusetzen.“

DIESER Trennung war das Ausscheiden Reichenbachs aus dem mechanischen Institut vorangegangen. Es darf nicht verschwiegen werden, daß diese Trennung der Institute eine Folge von Dissidien war, begründet in dem Gegensatz der Naturen des stürmischen, nach unabhängiger Stellung ringenden, durch seine großen Erfolge verwöhnten REICHENBACH und des geschäftsgewandten, ganz besonders auf den pekuniären Ertrag seiner Unternehmungen bedachten UTZSCHNEIDER. Auch LIEBHERR, dem bei der vielseitigen Inanspruchnahme Reichenbachs wohl ein Hauptanteil an der technischen Ausführung der Instrumente zufiel und der darin das Beste leistete, mochte die Bedeutung seines Meisters als des genialen Konstrukteurs unterschätzen, wie dies sein (schon erwähnter) Anspruch auf die Erfindung der Teilmaschine zeigt. So kam es zum Bruche. Die feinfühlig gelehrtenatur FRAUNHOFERS hat wohl am schwersten unter diesen Verhältnissen, die sich in seine ruhige, fernab von materiellen Interessen liegende Forscherarbeit immer wieder störend eindrängten, gelitten.

*) Blochmann blieb bis 1818 als Techniker für die Leitung des mechanischen Theiles im optischen Institut in Benediktbeuern. Dann übernahm er eine Stelle als k. Inspektor des (noch heute bestehenden) „mathematischen Salon“ in Dresden.

WEITERE ENTWICKELUNG DER INSTITUTE. Reichenbach begründete mit dem schon länger im Münchner Institute als Oberwerkmeister tätigen Mechaniker TRAU-GOTT ERTEL eine neue Anstalt, das Mathematisch-mechanische Institut von REICHENBACH UND ERTEL, welches 1820 in den alleinigen Besitz von Ertel überging. Das optische Institut in Benediktbeuern blieb mit dieser neuen Anstalt insofern verbunden, als es, wie bisher, die Gläser zu Reichenbach's Instrumenten lieferte.

Utzschneider führte das alte mathematisch-mechanische Institut mit Liebherr fort und vereinigte es 1819 mit dem wieder nach München verlegten optischen Institut, wo es unter dem Namen Utzschneider's und Fraunhofer's bis zu des letzteren Tode (1826) fortgeführt wurde. Der Optiker Guinand war schon 1814 ausgeschieden, später Joseph MAHLER als Mechanikus an die Stelle Liebherr's getreten. Nach Fraunhofer's Tod übernahm Georg MERZ die Leitung des optischen Teiles des Instituts. Wiederum nach Utzschneider's Tode im Jahre 1840 ging das optische Institut zunächst in den gemeinsamen Besitz von MERZ und MAHLER und 1845 in den alleinigen von GEORG MERZ über.

Noch haben wir einer rasch emporblühenden Zweig-Anstalt Erwähnung zu tun: Im Jahre 1818 errichtete auf Antrag seines Gründers PRECHTL das 1815 geschaffene K.K. POLYTECHNISCHE INSTITUT IN WIEN eine mathematische Werkstätte. Mit ihrer Einrichtung wurde Reichenbach betraut, „um allda alle mathematischen und astronomischen Instrumente verfertigen zu können und hiermit auch alle seine Geheimnisse, Erfahrungen und Manipulationen der Eintheilungen und aller übrigen Gegenstände nach Wien zu verpflanzen, endlich auch ein hierzu geeignetes Subjekt zur Fortsetzung dieses neuen Instituts in Wien abzurichten.“ Reichenbach blieb einige Monate zur vollen Organisation der Anstalt in Wien und stattete unter Ertels Mitwirkung dieselbe mit seinen exakten Drehbänken und vor allem mit zwei Teilmaschinen, deren Prinzip Reichenbach noch immer geheim gehalten hatte, aus.

SO WEIT die äußeren Daten der Entwicklung der beiden Anstalten, der mechanischen und der optischen. Die mannigfachen Reibungen, welche in jenen vergangenen Tagen ihre Konkurrenz veranlaßt hat, mögen hier übergangen sein. Über ihnen als einer zeitlichen Erscheinung steht das bleibende Verdienst:

Wie die Gründung der beiden Schwesterinstitute ganz wesentlich dem Weitblick und der Initiative UTZSCHNEIDERS zu verdanken ist, so ist ihr inneres Leben, ihre tiefgreifende Bedeutung für die physikalische Forschung, für die Fortschritte der Geodäsie und Astronomie der Genialität REICHENBACHS und FRAUNHOFERS entsprungen. Hier hat sich an einem glänzenden Beispiel das Zusammenwirken praktischer Begabung und wissenschaftlichen Sinnes fruchtbringend erwiesen für die Konzeption und Gestaltung großer technischer Aufgaben; in ihrer Durchführung selbst haben Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit den alten Ruhm Deutscher Arbeit auf's neue bewährt und Deutschland die Vorherrschaft auf dem Gebiet der Feinmechanik und Optik gebracht. Auch eine Pflanzschule junger Techniker sind, wie Utzschneider es sich gedacht, die beiden Institute geworden und noch jetzt zeugen die unmittelbar und mittelbar aus jenen Werkstätten hervorgegangenen physikalisch-technischen Anstalten von der mächtigen Anregung, die sie dort empfangen.

Gleichzeitig mit den beiden Münchner Instituten hat in Deutschland vor allem REPSOLD in Hamburg den Bau geodätischer und astronomischer Instrumente mit größtem Erfolge aufgenommen. Wenn heute neben diesen altbewährten neue, ausgezeichnete Institute von weittragender Bedeutung - wie vor allem das vom Geiste ABBÉ's beseelte, großzügig organisierte Institut in Jena - erstanden sind, die mit neuen Gedanken neue Erfolge erringen, so verdanken auch sie jener Vereinigung von Wissenschaft und Technik, in einzelnen genialen Persönlichkeiten verkörpert, ihre vornehmste Entwicklung.

5. REICHENBACH'S GEODÄTISCHE UND TRANSPORTABLE ASTRONOMISCHE INSTRUMENTE.

ZWEI Momente sind es, welche um die Wende des vorigen Jahrhunderts der Instrumental-Mechanik Anregung und Ansporn zu ihren glänzenden Leistungen gegeben haben: Die allseitige Inangriffnahme der großen Probleme der Geodäsie, welche, ausgehend von Frankreich, die Gradmessungen und weiterhin die topographischen Landesaufnahmen darboten; andererseits die gewaltige Entwicklung der astronomischen Forschung und Beobachtung, die, nach der klassischen Periode in Frankreich (LAPLACE) durch die Arbeiten von GAUSS und BESSEL bezeichnet ist.

DIE TOPOGRAPHISCHE LANDESAUFNAHME VON SÜD-BAYERN. Den Stab der Napoleonischen Armee begleiteten die Ingenieurgeographen, den Zug des Heeres auf Grund des vorhandenen Kartenmaterials vorzubereiten (Commission des routes), das okkupierte Land topographisch festzulegen, auf seine wirtschaftliche Ausnutzbarkeit zu prüfen, Maßnahmen für ein Schutzverhältnis zu treffen. Auch hier war Alexander der Große auf seinem Eroberungszug durch Persien und Indien das Vorbild des ersten Konsuls. „Alexandre“ - so heißt es in dem großen Generalstabswerk über die Napoleonischen Feldzüge in Deutschland - „dans la guerre contre les Perses, ne se livra pas uniquement à des opérations militaires; il établit un corps d'ingénieurs qui, sous la direction de Béton et de Diogénètes, suivaient l'armée et ses détachements: ils mesuraient les distances, indiquaient les routes, reconnaissaient le pays et le décrivaient; ils établissaient ensuite des itinéraires et des cartes qui faisaient connaître la situation, les ressources, et le moyen d'alléger les charges de la guerre en les distribuant également. En même temps Aristote dressait la topographie de cent quatre-vingt villes de la Barbarie“

Schon im Jahre 1762 war in Bayern zum Zwecke der Landesaufnahme eine Basis vom nördlichen Frauenturm nach dem Kirchturm von Dachau festgelegt worden durch den auf Antrag der Akademie der Wissenschaften dazu berufenen CASSINI DE THURY, doch kam die Weiterführung des Unternehmens nicht zustande. Als dann zu Anfang des Jahres 1801 nach dem Frieden von Lüneville Kurfürst Maximilian Joseph unter dem Zwang der Lage Anschluß an Frankreich gesucht und gefunden hatte, wurde durch General MOREAU ein Stab französischer Ingenieuroffiziere unter BONNE abgeordnet, um zusammen mit dem neuerrichteten bayerischen topographischen Bureau unter Oberst RIEDL die topographische Landesaufnahme durchzuführen. Das erste war die Festlegung einer neuen 21,7 Kilometer langen Grundlinie im Norden von München, zwischen Oberföhrung und Aufkirchen und die Bestimmung eines Hauptdreiecksnetzes für Südbayern. 24 bayerische Ingenieure und 8 französische, darunter der schon genannte Astronom HENRY, beteiligten sich an der im Herbst 1801 durchgeführten Basismessung, mit deren Kontrolle unter anderen Akademikern auch Legationsrat BEIGEL betraut wurde. Für die Winkelmessungen kamen zunächst BORDA'sche Kreise, von LENOIR in Paris gefertigt, zur Anwendung. Auch die Bestimmung der geographischen Breite von München wurde in den Jahren 1801 und 02 von Henry mit einem 16-zölligen Bordakreis von Lenoir ausgeführt. Die Beziehungen Reichenbach's zu Henry und Beigel hatten schon in diesen Jahren mannigfache Anregung geboten. Als dann nach Henry's Weggang SCHIEGG zum kurfürstlichen topographischen Bureau als Astronom beigezogen wurde, betraute er mit der Anfertigung der für die Vermessungen in Bayern notwendigen geodätischen und astronomischen Instrumente die eben errichtete Werkstätte Reichenbach's. So kamen unter gegenseitiger Aussprache über die Konstruktionsprinzipien zwei Instrumente zustande, deren schon oben in dem Reichenbach'schen Berichte Erwähnung getan ist. Sie sind in Zach's Monatlicher Corre-

spendenz (Bd. 9, 1804, S. 377) unter den „Nachrichten von den Fortschritten der mathematischen Werkstatt in München“ von Reichenbach ausführlich beschrieben worden, zusammen mit einem dritten, ebenfalls für die Landesvermessung konstruierten kleinen transportablen Passageninstrument.

DIE ERSTEN TERRESTRISCHEN (HORIZONTAL-) UND ASTRONOMISCHEN (VERTIKAL-) KREISE REICHENBACH'S. Schon in diesen ersten Instrumenten zeigte sich Reichenbach's Überlegenheit gegenüber den bisherigen englischen, französischen und deutschen Arbeiten, sowohl in der Einfachheit der Anordnung und Konstruktion, wie in ihrer Festigkeit, der Sicherung der Achsenlagerung und ganz besonders in der vortrefflichen, exakten und feinen Teilung ihrer Kreise, die auf Silber, statt, wie bisher, auf Messing ausgeführt war, „weil Messing keine so feine Theilung verträgt, auch Messing und Silber beynahe gleiche Veränderung bey Wärme und Kälte haben“.

DER FÜR SCHIEGG GEBAUTE TERRESTRISCHE KREIS mißt 16 Pariser Zoll im Durchmesser bis an die Punkte, wo die Teilung abgelesen wird. Die Konstruktionsprinzipien des Instrumentes kennzeichnet Reichenbach folgendermaßen:

„Der Kreis wird von einem starken Dreyfuß getragen, auf dem er durch acht Schrauben so befestigt ist, daß er sich auf keine Weise ohne denselben drehen kann. Der Limbus dieses Kreises ist über die obere Fläche seiner acht Speichen $1\frac{1}{2}$ Zoll erhaben*), und in diesem Zwischenraum bewegt sich eine mit mehreren Radien verstärkte ganze Scheibe auf einem kegelförmigen stählernen Zapfen dergestalt frey, daß sie weder die obere Seite der Speichen, noch den innern Rand des Kreises berührt. Letzterer Zwischenraum ist aber so gering, daß ohne Loupe nicht einmahl eine Linie bemerkt werden kann. Diese Scheibe oder Alhidaden-Platte trägt vier Nonius, deren Fläche mit der Fläche des Limbus in einer Ebene liegen, um die Theilung ohne Parallaxe ablesen zu können.“

„Das Fernrohr dieses Kreises liegt wie ein Passagen-Instrument mit seinen cylindrischen Zapfen in den gabelförmigen Pfannen zweyer, auf die Alhidade geschraubten Stützen, und kann bis zu einem Winkel von ohngefähr 45 Grad erhöht werden. Es ist an der Seite des Oculars ein wenig überschwer, und wird blos durch eine seidene Schnur im Verticalbogen bewegt, damit kein Zwang nach der Seite möglich sey.“

„Vorausgesetzt, daß die Zapfen des Fernrohrs vollkommen cylindrisch und von gleichem Durchmesser sind, so kann durch bloßes Umschlagen und Verschieben des Fadenkreuzes, bis es einen und denselben Gegenstand schneidet, die optische Axe des Fernrohrs sehr bald mit seiner Drehungsaxe in einen rechten Winkel gebracht werden. Durch Anhängung einer Wasserwage, deren Empfindlichkeit von einer, höchstens von anderthalb Secunden ist**), und welche an die überragenden Enden der cylindrischen Zapfen der Axe angehängt wird, kann bey wechselseitigem Umschlagen und Umwenden der Alhidade die Drehungsaxe des Fernrohrs sowohl als die Fläche des Kreises sehr bald in eine horizontale Lage gebracht werden, zu welchem Ende überall, wo es nöthig ist, Korrektionschrauben angebracht sind.“

„Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von zwey Zoll Öffnung und 18 Zoll Focallänge.“

„Die Eintheilung des Limbus ist zu 360 Grad, jeder Grad ist in 12 Theile getheilt, also von 5 zu 5 Minuten; und 74 solcher Theile sind auf dem Nonius in 75 getheilt, mithin sprechen die Nonius von 4 zu 4 Sekunden direkt an. Mit einer Loupe von einem Zoll

*) Die Reichenbach'schen Kreise waren wie die englischen aus Messing oder Rotguß hergestellt, aber samt den Speichen aus einem Stück massiv gegossen, während die englischen Kreise in der Regel zusammengesetzt und mit hohlen, konisch geformten Speichen versehen waren.

**) Durch Reichenbach erhielten die Libellen eine solche Genauigkeit und Empfindlichkeit, daß sie das bis dahin vorzugsweise verwendete Bleilot fast vollständig verdrängten. Er gab mit Hilfe besonderer Schleifvorrichtungen der inneren Rohrwand der Libelle in der Längsrichtung eine genau kreisförmige Krümmung und verfuhr sie mit exakten Justiervorrichtungen (Möglichkeit horizontaler und vertikaler Verschiebung).

Brennweite und guter Beleuchtung, welche mittelst weißen Papiers bewerkstelligt wird, lassen sich zwey Sekunden ohne besondere Anstrengung gar füglich schätzen, nöthigenfalls, und durch viele Übung auch eine Sekunde. Die Theilungstriche sind so fein, daß solche ohne Loupe nur mit einiger Anstrengung gesehen werden können; und dennoch ist kein unedler Strich auf dem ganzen Kreise zu finden."

Später wurden die Theodolite zum Repetieren (s. Seite 29) eingerichtet und ein „Versicherungsfernrohr“ angebracht, welches aber bald als entbehrlich wieder fortgelassen wurde. In weiterer Ausbildung des Instrumentes wurde dann auf der Drehachse des Fernrohrs ein Halbkreis, später ein Vollkreis zum Ablefen der Höhenwinkel zugefügt. Die Klemmungen erfolgten ursprünglich für alle Kreise an der Peripherie, dann für den Höhenkreis mittels eines Ringes und Druckschraube an der Achse. An später von Ertel gebauten Instrumenten, so an einem nach Zeichnung von Schumacher für Bessel gefertigten Theodoliten, wurden beide Kreise an der Achse geklemmt. Wir kommen auf diese Einrichtung bei Besprechung der Meridiankreise noch zurück.

Mit seinem Theodoliten, in verschiedenen Größen, 16-, 12- und 8-zöllig (nach Pariser Maß) ausgeführt, hat Reichenbach einen TYPUS DES THEODOLITEN geschaffen, der sich bei den trigonometrischen Landesaufnahmen, die in den nächsten vierzig Jahren in Deutschland durchgeführt wurden, glänzend bewährt hat und dessen wesentliche Anordnung auch heute den modernen Instrumenten zugrunde liegt. Nebenstehende Fig. 8 stellt eine der ersten Formen des 12-zölligen Theodoliten (ohne Vertikalkreis) nach dem im Deutschen Museum befindlichen Original dar.

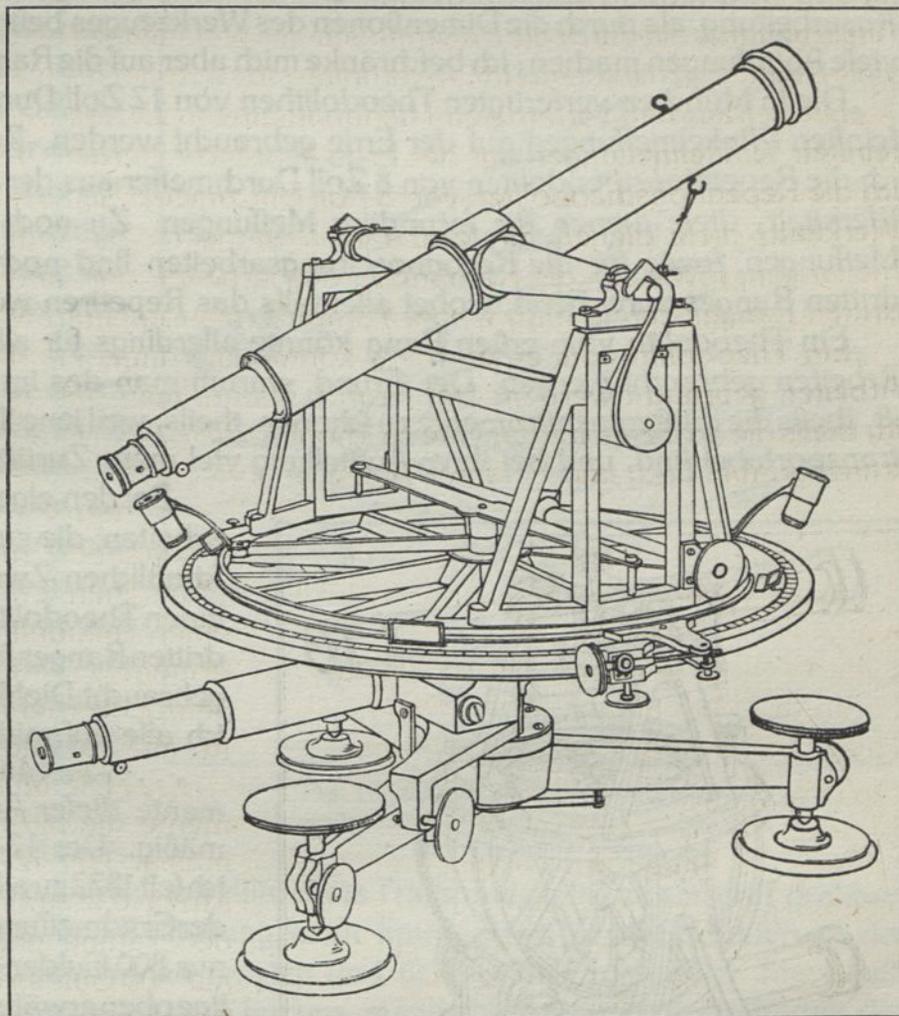


Fig. 8: Reichenbach's Theodolit. Horizontal-Kreis: 12 Par. Poll. M. = 1:4.
Original im Deutschen Museum.

ZACH faßt in seiner Monatlichen Correspondenz (Bd. 25, 1812) seine vergleichenden Messungen an englischen und deutschen Instrumenten zu folgendem Urtheil über Reichenbach's Theodolite zusammen:

„Die Repetitionstheodoliten von 8 Zoll sind für die allergenauften geodätischen Vermessungen hinlänglich und schon deswegen dazu zu empfehlen, weil sie wegen ihres sehr geringen Gewichtes so transportabel sind und so wenig Raum einnehmen, daß man sie leicht auf alle Berge, auf alle Thürme bringen und in allen Schallöchern, Mauer-

scharten und Dachfenstern aufstellen kann. Die Repetition ist die einfache, man erhält das 1, 2, 3 . . . n-fache des Winkels. Ungeachtet dieser langsamen Vervielfältigung gelangt man bei dem Reichenbach'schen Theodoliten schon nach der 10. Wiederholung (öfter früher) auf die stehende Sekunde, wie alle diejenigen erfahren werden, die das Glück und den Vortheil haben, mit dergleichen Theodoliten zu operieren. Was diesen Werkzeugen diese große Vollkommenheit gibt, ist außer ihrer feinen mechanischen Ausführung, ihre äußerst wohl ausgedachte Bauart, das obere Fernrohr ist nicht nur allein ein Kipprohr, sondern es ist ein förmliches Passageninstrument."

NOCH fügen wir an, was GAUSS (Werke, Bd. 9, S. 487) anlässlich der Hannover'schen Gradmessung (1821-1848) über die bei Landestriangulierungen erforderlichen Instrumente bemerkt:

„Bei einer ausgedehnten trigonometrischen Vermessung sind Winkelmeßwerkzeuge von verschiedenem Range zu den einzelnen Arbeiten anzuwenden. Der Rang bestimmt sich nach der größeren oder geringeren Schärfe, die mit jedem Instrument zu erreichen ist, und wird nicht sowohl durch eine größere oder geringere Vollkommenheit in der Ausarbeitung, als durch die Dimensionen des Werkzeuges bestimmt. Es ließen sich darin viele Abstufungen machen; ich beschränke mich aber auf die Rangierung in drei Klassen."

„Die in München gefertigten Theodolithen von 12 Zoll Durchmesser können zu den feinsten Winkelmessungen auf der Erde gebraucht werden. Zum zweiten Rang zähle ich die Repetitionstheodoliten von 8 Zoll Durchmesser aus der Reichenbach-Ertel'schen Werkstatt; diese dienen für secundäre Messungen. Zu noch mehr untergeordneten Messungen, sowie für die Recognoscirungsarbeiten sind noch kleinere Theodolithen dritten Ranges zureichend, wobei allenfalls das Repetiren wegfallen kann."

„Ein Theodolith vom ersten Rang könnte allerdings für alle, auch untergeordnete Arbeiten gebraucht werden. Der Grund, warum man das im Allgemeinen nicht thut, ist, theils die größeren Instrumente zu schonen, theils, weil jene ihrer Natur nach schwerer transportabel sind, und bei ihrer Aufstellung viel mehr Zurüstung erfordern."

„Bei den eigentlichen Gradmessungsarbeiten, die zunächst nur einen wissenschaftlichen Zweck hatten, habe ich nur einen Theodolithen ersten und ein paar dritten Ranges für die Recognoscirungen gebraucht. Die Messungen mit jenem habe ich alle auf mich allein genommen."

„ . . . Die Münchner Preise für Instrumente dieser Art sind übrigens äußerst mäßig. Der 12-zöllige Theodolith, den ich seit 1822 zu allen Winkelmessungen bei der Gradmessung gebraucht habe, kostete nur 800 Gulden (leicht Gold); der 8-zöllige oben erwähnte (freilich in den 16 Jahren etwas abgenutzte, aber noch immer sehr brauchbare) damals 400 Gulden."

VERGLEICHE MIT FRÜHEREN KONSTRUKTIONEN. Wir stellen, um den Fortschritt in der Bauart zu kennzeichnen, in nebenstehenden Abbildungen dem REICHENBACH'SCHEN THEODOLITEN eine Anzahl älterer Instrumente gegenüber.

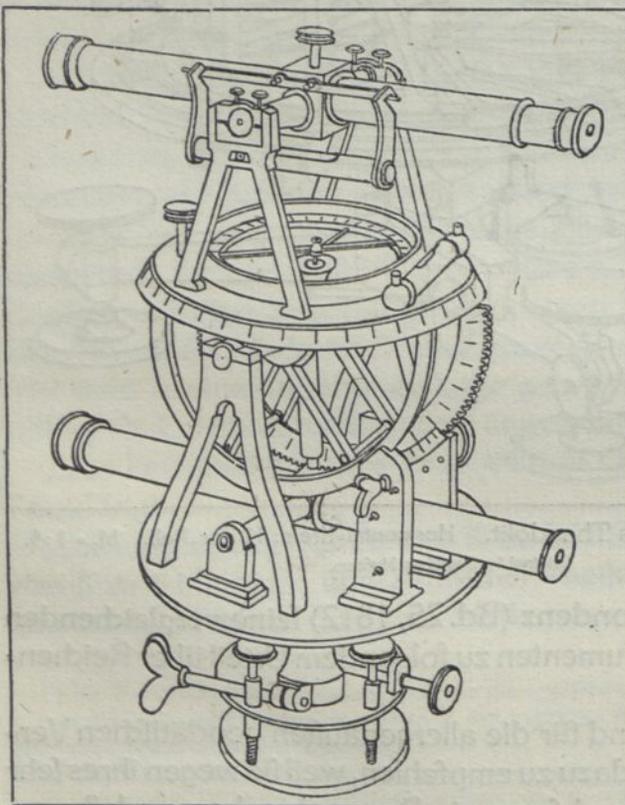


Fig. 9. Ramsden's Theodolet.

RAMSDEN's THEODOLET (Fig. 9), aus Adams „Geometrical and graphical Essays“ in REPSOLD's Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge*) (Fig. 134) reproduziert, trägt in seinem hohen und darum unsicheren Bau den Typus der älteren englischen „Aequatoreale“, wie sie zu astronomischen Beobachtungen etwa von der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts an von SHORT, NAIRNE, RAMSDEN u. a. gebaut worden sind. Er war zu möglichst vielseitiger, auch terrestrischer Verwendung bestimmt und gestattete die Winkelmessung von einer beliebig einzustellenden Ebene aus vorzunehmen. Wird wie in der Abbildung der die Buffole tragende Kreis horizontal gestellt, so können von hier aus direkt Azimute und Höhen gemessen werden; dagegen vertritt das Instrument ein Äquatoreal, wenn dieser Kreis in den Äquator eingestellt wird.

Der wichtigste Schritt, der von hier zu der Vervollkommnung der Instrumente geführt hat, war ihre Vereinfachung durch TRENNUNG IHRER FUNKTIONEN: Horizontal- und Vertikalkreise zur Bestimmung von Azimut und Höhe, Bordakreise zur Winkelbestimmung in beliebiger Ebene, parallaktisch aufgestellte Instrumente im besonderen für astronomische Messungen.

DAS BRANDER'sche „SCHEIBEN-INSTRUMENT“ oder „OBSERVATORIUM PORTATILE“ (Fig. 10), wie es Brander wohl auch bezeichnet - aus der an Brander'schen Instrumenten sehr reichhaltigen Sammlung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und jetzt im Deutschen Museum -, dient der ersten Aufgabe. Der Horizontalkreis ist zum Repetieren eingerichtet. In der Richtung der Nulllinie der Teilung ist das Verankerungsfernrohr befestigt. Der Kreis ist in ganze Grade geteilt und gestattet mit Hilfe des Nonius die direkte Ablesung von drei zu drei Minuten. Der als breites Lineal ausgebildete Nonius trägt den nach Art einer Kippregel gestalteten Aufsatz mit dem vertikalen Halbkreis

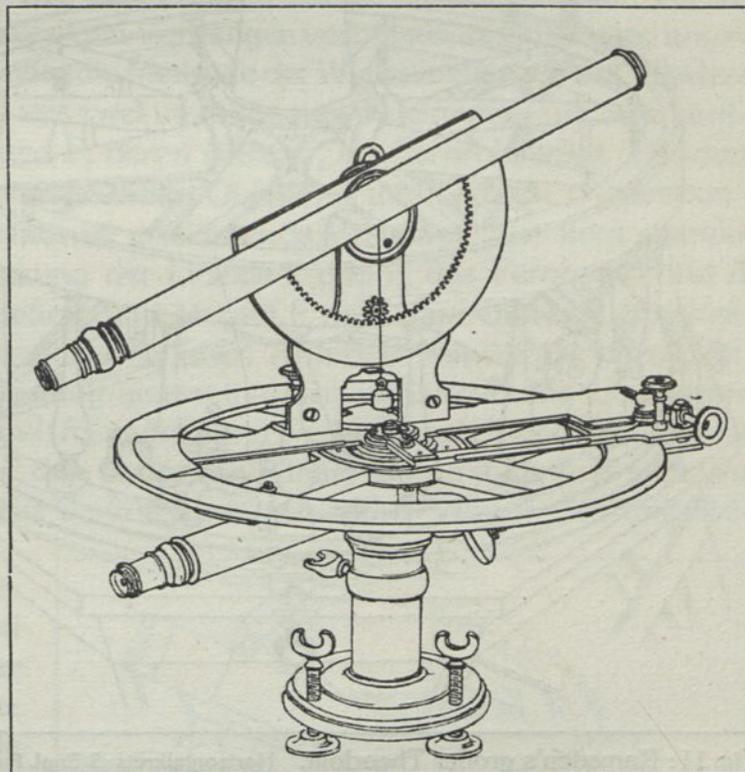


Fig. 10: Brander's Scheibeninstrument.
Horizontalkreis: 10 Par. Zoll. M = 1 : 4.
Original im Deutschen Museum.

und dem Fernrohr. Der Halbkreis, mit Hilfe eines Triebrades mit Zahneingriff drehbar, ist in halbe Grade geteilt. Die Einstellung kann kaum ohne starke Erschütterung des ganzen Instrumentes vorgenommen werden und ist überdies infolge der schwachen Konstruktion des Aufsatzes und der zu kurzen, mangelhaft gelagerten Drehachse des Vertikalkreises sehr unsicher.

DER THEODOLIT VON RAMSDEN, dessen Abbildung (Fig. 11) der Beschreibung in den Philosophical Transactions of the Royal Society of London (Bd. 80, 1790) entnommen ist, wurde für General ROY und speziell für die Bestimmung der Längendifferenz zwischen Greenwich und Paris gebaut. Der Form nach steht Ramsden's Instrument der einfachen Anordnung des Reichenbach'schen Theodoliten schon erheblich

*) Der ausführliche Titel lautet: JOH. A. REPSOLD „Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge von Purbach bis Reichenbach, 1450 bis 1830“. Leipzig. W. Engelmann. 1908. Wir werden auf dieses verdientvolle Werk noch mannigfach zurückgreifen.

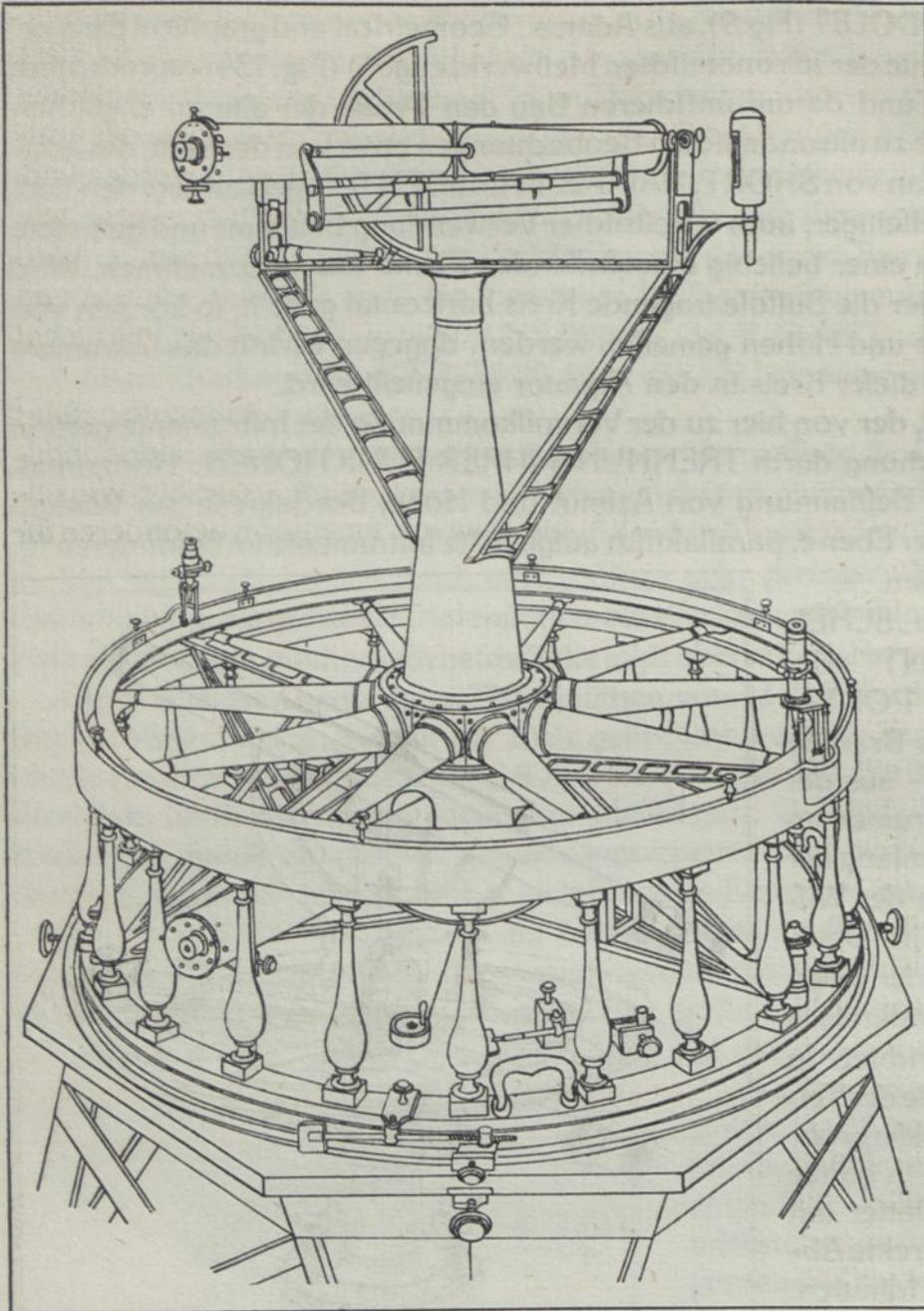


Fig. 11: Ramsden's großer Theodolit. Horizontalkreis: 3 Engl. Fuß. M = 1 : 10.

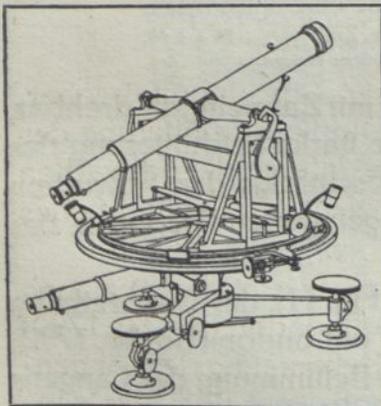


Fig. 12: Reichenbach's zwölfzölliger Theodolit. M = 1 : 10.

näher. Die Dimensionen des Instrumentes sind aber viel größer als die später von Reichenbach eingeführten; darunter leidet die Transportfähigkeit und leichte Aufstellungsmöglichkeit. Der Horizontalkreis mißt drei (engl.) Fuß im Durchmesser. Er ist von 15 zu 15 Minuten geteilt und wird mit 2 Mikroskopen abgelesen; der volle Schraubengang der Mikrometerschrauben entspricht der Drehung des Teilkreises um eine Minute, so daß durch die Unterteilung des Schraubenkopfes die Möglichkeit der Ableseung bis zu einer halben Sekunde erzielt werden kann. Der vertikale Halbkreis ist in halbe Grade geteilt und wird gleichfalls mit dem Mikroskop abgelesen. Die Mikrometerschraube ermöglicht hier die Bestimmung des Höhenwinkels bis zu einer Sekunde.

Es ist anzunehmen, daß Reichenbach dieses Ramsden'sche Instrument in England gesehen hat; vielleicht hat er gerade hieran die Notwendigkeit, die Dimensionen zu reduzieren, abgeleitet. Um den Fortschritt in dieser Richtung zu veranschaulichen, ist der nebenstehenden Abbildung des Ramsden'schen Theodoliten der 12-zöllige Theodolit Reichenbach's - dessen Genauigkeit nicht geringer ist - in richtigem Größenverhältnis an die Seite gestellt (Fig. 11 und 12).

Für die Sicherheit der Ableseung beider Instrumente kommt noch der Unterschied von Mikroskop (Ramsden) und Lupe (Reichenbach) in Frage. Zur Anwendung der Mikroskope konnte sich Reichenbach aber nie, auch bei den großen astronomischen Instrumenten nicht, entschließen;

er zog die Sicherheit und Übung seines Auges für die Nonienablefung mit der Lupe stets der Unsicherheit vor, die ihm das Bild der Teilung im Mikroskop wie eine mögliche Ungleichförmigkeit der Mikrometerschrauben darzubieten schien. So schreibt er gelegentlich des Baues des für Königsberg bestimmten Meridiankreises an BESSEL (1816), wer nicht eine vollkommen genaue Teilung machen könne, müsse wohl zu Mikrometer-Mikroskopen seine Zuflucht nehmen, weil der Nonius der Verräther aller Teilungsfehler sei; bei den Mikroskopen lese man nicht die Teilung, sondern deren Bild ab und dabei könnten allerlei Fehler vor sich gehen u. s. w. Und so erhalten weder Bessel noch auch Gauß für ihre Meridiankreise Mikroskopablefung. Resigniert schreibt Bessel an Gauß (Juni 1818) „daß auch Sie die mikroskopischen Ablefungen lieb gewinnen (Bemerkung von Gauß bei Beschreibung eines Repsold'schen Kreises), freut mich ungemein; desto mehr aber bedaure ich es, daß Reichenbach nicht von den Nonien abläßt und auch mein Instrument damit verzieht“ - und Gauß an Bessel „Schmerz=lich empfinde ich den großen Unterschied des Ablefens der Verniers und der Mikroskope“.

BORDA-KREISE. Als Vorläufer des Bordakreises kann das „Recipiangel“ (1752) von TOBIAS MAYER, dem würdigen Vorgänger von Gauß in Göttingen, angesehen werden, der an diesem Instrument die Methode der Winkelmessung durch Wiederholung ausgebildet hat. Es besteht aus zwei unabhängig von einander um eine vertikale Achse drehbaren Linealen L und F, deren eines, F, ein Fernrohr trägt. Um den Winkelabstand zweier im Horizont befindlicher Objekte A und B durch „Repetition“ zu messen - es sei das noch mehrfach zu erwähnende Verfahren hier kurz charakterisiert - wird zunächst, unter Deckung der Lineale L und F, das Fernrohr F auf A gerichtet; L in dieser Richtung festgestellt und hierauf F nach dem Objekt B gerichtet. Statt den jetzt erhaltenen Gesichtswinkel zwischen A und B unmittelbar abzulesen, werden beide Lineale, in fester Stellung gegeneinander, zurückgedreht, bis wieder Fernrohr F nach A gerichtet ist; dann L festgestellt und F erneut nach B gerichtet; womit dann der Winkel zwischen L und F den doppelten Winkel der Objekte A, B mißt. So gelangt man durch Wiederholung des Verfahrens zum n-fachen Winkel, der schließlich abgelesen wird.*)

Hatte das Verfahren bei T. Mayer zunächst den Zweck, kleine Winkel auf ein größeres und damit genauer abzulesendes Maß zu bringen (Mayer bestimmte den Winkel durch die Sehne), so gewährte es bei Benützung geteilter Kreise die Möglichkeit, Teilungsfehler und mangelhafte Zentrierung unschädlich zu machen. So hat es BORDA, Ende des 18. Jahrhunderts, benützt an seinem mit zwei Fernrohren versehenen Kreis, dessen Ebene in beliebiger Lage einzustellen ist. Die Abbildung (Fig. 13) zeigt einen im Deutschen Museum aufbewahrten kleineren Bordakreis, von LENOIR in Paris, den um die technische Verbesserung des Instrumentes besonders verdienten Mechaniker.

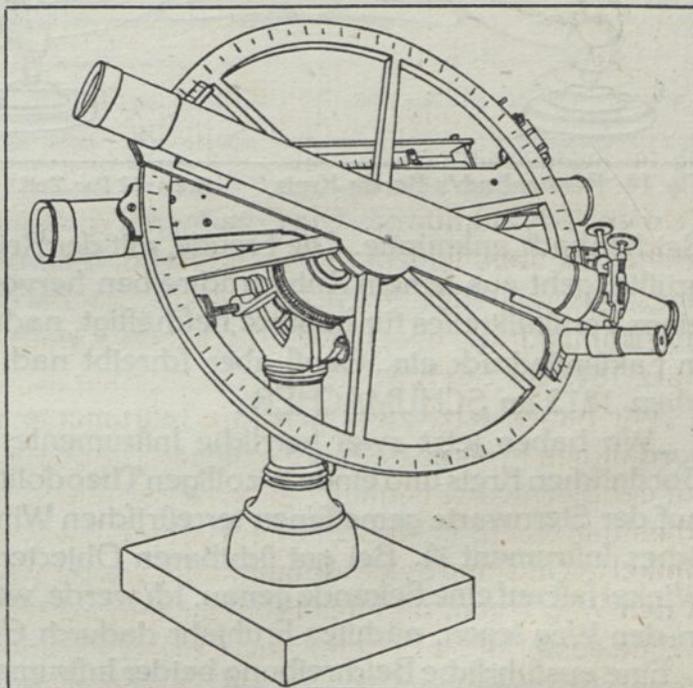


Fig. 13: Bordakreis von Lenoir. Kreis: 10 Par. Zoll. M = 1:4.
Original im Deutschen Museum.

*) Man sieht, das oben (Seite 17) beschriebene Kreiseinteilungsverfahren Reichenbachs ist schließlich ebenfalls auf das T. Mayer'sche Wiederholungsverfahren gegründet.

Bordakreise waren lange Zeit auf dem Kontinent für geodätische und astronomische Messungen, im besonderen für Polhöheb Bestimmungen vorzugsweise angewendet, bei der französischen Landesvermessung in Bayern ausschließlich im Gebrauch; dann wurden sie für Vermessungszwecke durch Reichenbach's Theodolite vollständig verdrängt.

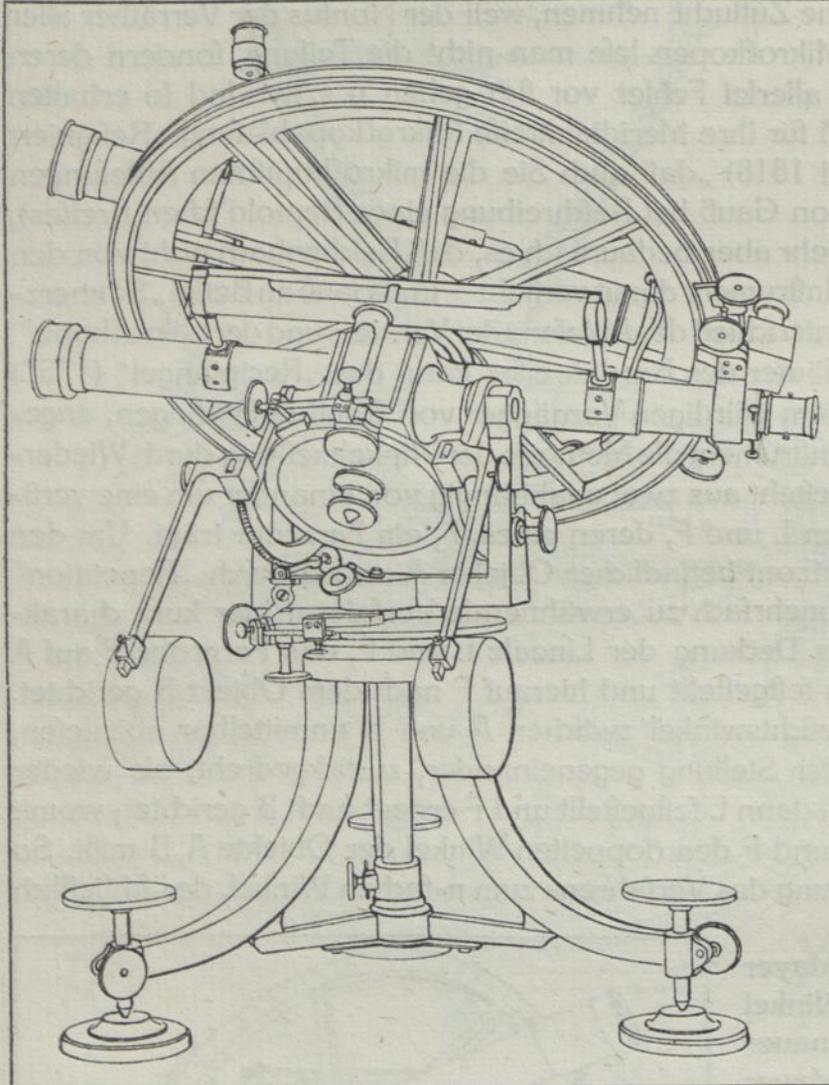


Fig. 14: Reichenbach's Borda-Kreis. Kreis: 12 Par. Zoll. M = 1:4.

Reichenbach hat sich aber gleichwohl mit der Konstruktion von Bordakreisen befaßt und hier außer auf die Teilung und Repetition seine Sorgfalt auf die schwierige Ausbalanzierung gerichtet. Indes vermochte doch der Vorteil, Winkel in beliebigen Ebenen messen zu können, die Einfachheit der Messung der nur für Horizontal- und Vertikalwinkelbestimmung eingerichteten Theodolite nicht aufzuwiegen. Figur 14 (Repsold's Fig. 141 a und b) stellt den 1818 für Schumacher nach Altona gelieferten 12-zölligen Reichenbach'schen Bordakreis, jetzt auf der Kieler Sternwarte befindlich, dar.

Es war die Bestellung eines Borda-Kreises und eines kleinen Theodoliten, womit GAUSS im Jahre 1811 seine Beziehung zu

Reichenbach anknüpfte. Die Freude, mit der Reichenbach gerade diese Bestellung begrüßte, geht aus seinem Antwortschreiben hervor, das er, in Paris mit der Aufstellung eines Vertikalkreises für Laplace beschäftigt, nach Göttingen richtete. Wir fügen es hier in Faksimiledruck ein. Gauß aber schreibt nach Empfang der beiden Instrumente im März 1813 an SCHUMACHER:

„Wir haben jetzt zwei herrliche Instrumente von Reichenbach, einen 12-zölligen Borda'schen Kreis und einen 8-zölligen Theodolithen. Die bisher mit dem Theodolithen auf der Sternwarte gemessenen terrestrischen Winkel beweisen, daß es ein unübertreffliches Instrument ist. Bei gut sichtbaren Objecten gibt eine 10-malige Repetition den Winkel fast auf eine Sekunde genau. Ich werde, wenn nicht die Zeitumstände Hindernisse in den Weg legen, nächstes Frühjahr dadurch Göttingen mit Gotha verbinden.“

Eine ausführliche Beschreibung beider Instrumente hat Gauß in den Göttingischen gelehrten Anzeigen vom 10. Mai 1813 niedergelegt. Es heißt darin bezüglich des Borda-Kreises: „Man bewundert an diesem Kunstwerke eben so sehr die Feinheit und Genauigkeit der Theilung, die fast unglaubliche Empfindlichkeit der Libellen, die Vollkommenheit der Fernröhre, als die Accurateffe und Schönheit der Ausarbeitung aller einzelnen

Paris d^{en} 8^{ten} October 1811.

Hochwohlgeborner Herr Professor!

Ihre geehrtes Schreiben vom 1^{ten} September habe ich erst vor einigen Tagen hier erhalten, wo ich Ihnen im Begriff bin einen dreißigfüßigen astronomischen multiplications Kreis von mir, auf der Kaiserlichen Sternwarte aufzustellen.

Es freut mich ungemein ein Instrument aus unserer Werkstätte in Ihre Hände zu bringen, weil ich überzeugt bin, daß Sie gewiß den rechten Gebrauch davon machen werden.

Es sind sechs solcher Kreise wie Sie einen verlangen beinahe fertig, und vier andere im Arbeit, zwar sind alle bestellt, weil aber die Verfertigung eines ganz neuen, Ihre äusserst interessanten Beobachtungen die Sie damit machen werden, zu lange aufhalten würde, so werde ich es nach meines Zurückkunft in München, was ohngefähr in 5. längstens 7. Wochen geschieht, möglich machen, Ihnen einen der bereits fertigen zuzubringen, denn ich denke es, ohne mich weder an Credit noch an der Wissenschaft zu versündigen, sorglich geschlehen zu lassen, wenn ein anderer, für die Wissenschaft weniger wichtige Mann, vielleicht gar Dilettant, unserem berühmten und thätigen Gauß zurückbleiben muß — ja es ist beschlossen und Sie dürfen darauf rechnen, einen 12. fößigen multiplications Kreis wie Sie ihn wünschen bald nach meines Zurückkunft zu erhalten.

Ich habe die Ehre mit unbegrenzter Hochachtung zu seyn

Ihr Hochwohlgeborner

ergebenster Diener
G. Reichenbach König
Bair. Salmen-Kath

Theile des Instruments, die Leichtigkeit aller der vielfältigen Bewegungen und die mancherlei sinnreich angeordneten Vorrichtungen, wodurch der geniale Künstler für die Bequemlichkeit des Beobachters geforgt hat."

DER ERSTE FÜR SCHIEGG GEBAUTE VERTIKALKREIS - 18-zöllig in Pariser Maß, zum Repetieren und Wenden eingerichtet - war vorzugsweise für astronomische Beobachtungen bestimmt und sollte die Stelle eines „Zenithsektors“ vertreten. Fig. 15 zeigt das jetzt im Bayerischen Katasterbureau aufgestellte Instrument. Die den Kreis und das Fernrohr tragende vertikale metallene Säule ist zwischen zwei festen stählernen Lagern drehbar. Ein kleinerer horizontaler Kreis mit Nonienablefungen dient zur Einstellung des Azimuts. „Wenn der Limbus gegen Westen gekehrt ist, so kann er in zwei Zeitsecunden gegen Osten, und wieder genau in den Meridian gestellt werden (welches auch für jeden anderen Vertikalkreis gilt). Man kann daher in einer und derselben Culmination zwey Zenith-Distanzen desselben Sterns mit gewandtem Limbus des Kreises beobachten. Auch kann man damit, wie mit einem Bordaischen Kreise, die Zenith-Distanzen multipliciren. Wenn bey diesem Kreise aus den Angaben der vier Nonien das Mittel genommen wird, so glaube ich bey dem einfachen Abstände vom Zenith jedesmahl für eine Raumsecunde einstehn zu können."

Bezüglich der Sorgfalt, die Reichenbach auf die Zentrierung, die Achsenlagerung und das Ausbalancieren verwandte, schreibt er: „Die Centra können nur durch besondere Vortheile und Geduld zu der erreichten Vollkommenheit gebracht werden. So arbeitete ich z. B.

14 Tage lang an dem Centrum zum astronomischen Kreis. Die Zapfen sind alle so lang wie thunlich, kegelförmig gestaltet, vom feinsten Gußstahl, und laufen in ihrer ganzen Länge mit der allergenauesten Berührung in glockenmetallenen Büchsen. Endlich muß ich noch erinnern, daß alle sich bewegenden und auf die Centra Bezug habenden Theile durch Gegengewichte oder Federn balancirt sind, damit die Centra keinen schiefen Druck von Seiten der Masse erleiden."

Um die Beobachtungen in der Nähe des Zeniths zu erleichtern, ist das Ocular des Fernrohrs gebrochen, weil, wie Reichenbach (1812) an Gauß schreibt, „durch diese Bequemlichkeit mehr gewonnen wird als an Licht wegen Durchgang durch das Kry stall-Prisma verloren geht. Ramsden hat auch schon, so viel ich mich noch erinnere, Kry stall-Prismen anstatt Spiegel genommen".

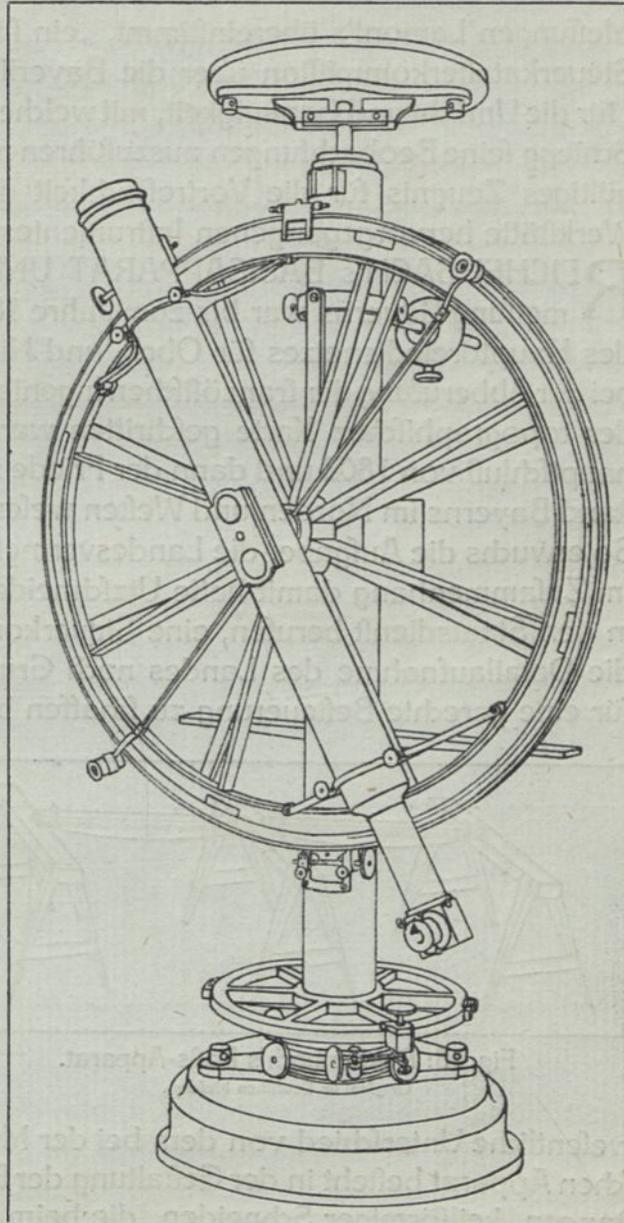


Fig. 15: Reichenbach's Vertikalkreis mit fester Säule.
Kreis: 18 Par. Zoll. M = 1:6.

Das 1804 vollendete Instrument diente zunächst zur Bestimmung der Polhöhe von München, die von Schiegg auf dem heute noch stehenden nordwestlichen Eckturm des ehemaligen Jesuitenkollegiums, damals als Observatorium des kurfürstlichen topographischen Bureau's eingerichtet, ausgeführt wurde. Die Messung ergab für die Polhöhe des nördlichen Frauenturms $40^{\circ} 8' 20'',57$, was bis auf $0'',04$ mit den späteren Messungen Lamont's übereinstimmt, „ein schönes Zeugnis“ - schließt der Bericht der Steuerkatasterkommission über die Bayerische Landesvermessung vom Jahre 1873 - „für die Umsicht und Genauigkeit, mit welcher der ebenso verdienstvolle als bescheidene Schiegg seine Beobachtungen auszuführen pflegte“ und, fügen wir hinzu, auch ein vollgültiges Zeugnis für die Vortrefflichkeit dieses zweiten aus der Reichenbach'schen Werkstätte hervorgegangenen Instrumentes.

REICHENBACH'S BASISAPPARAT UND MESSKEIL. Die trigonometrische Vermessung Bayerns war bis zum Jahre 1804 im wesentlichen durch die Bestimmung des Hauptdreiecksnetzes für Ober- und Niederbayern und die Oberpfalz vollendet; bei der Abberufung der französischen Ingenieure im Jahre 1807 konnte zur Ausarbeitung der topographischen Karte geschritten werden. Indes hatte der Reichsdeputationshauptschluß von 1803 und dann der Friede zu Preßburg im Dezember 1805 den Besitzstand Bayerns im Norden und Westen wesentlich auf seine heutigen Grenzen gebracht. So erwuchs die Aufgabe, die Landesvermessung auch auf diese Gebiete auszudehnen. Im Zusammenhang damit hatte Utzschneider, 1807 von König Max Joseph aufs neue in den Staatsdienst berufen, eine Steuerkommission ins Leben gerufen, welche durch die Detailaufnahme des Landes nach Grundbesitz und Bodenwert die Grundlagen für eine gerechte Besteuerung zu schaffen bestimmt war.

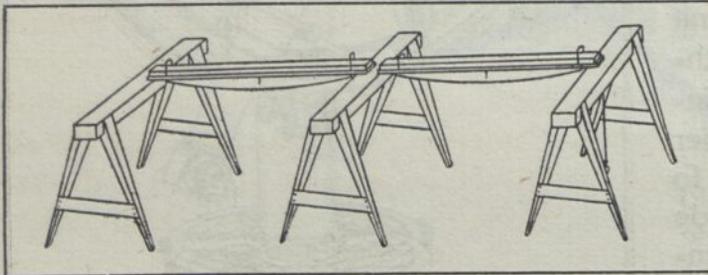


Fig. 16: Reichenbach's Basis-Apparat.
Original im Deutschen Museum.

wesentliche Unterschied von dem bei der Münchner Vermessung verwendeten Bonne'schen Apparat besteht in der Gestaltung der Enden der vier Meter langen eisernen Meßtangen, keilförmiger Schneiden, die beim Aneinanderlegen der Stangen im rechten Winkel gegeneinander gerichtet sind. Ein jedesmal zwischen den Meßtangen belassener kleiner Zwischenraum wird durch einen graduierten Keil, den Reichenbach'schen Meßkeil (Fig. 17), mit großer Genauigkeit bestimmt. Thermometer für die Längenkorrektion, Libellen zum Ablefen geringer Neigungen vervollständigen den Apparat. Für die Sorg-

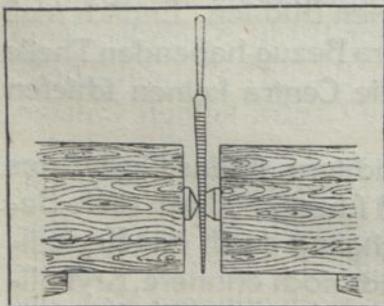


Fig. 17: Reichenbach's Meßkeil.

Der erste Schritt galt der Festlegung einer neuen Basis im nördlichen Bayern, auf einer von Nürnberg nordwärts gerichteten 13,8 Kilometer langen Linie. Die Messung wurde von Schiegg im Herbst 1807 durchgeführt. Der hierzu verwendete Basisapparat (Fig. 16) wurde im mathematisch-mechanischen Institut von Reichenbach verfertigt. Der falt der früheren Bonne'schen Basismessung bei München und der neuen Schiegg'schen Messung der Nürnberger Basis, wie für die Präzision der Apparate (sprechen später ange stellte vergleichende Berechnungen, die für einzelne Dreiecksseiten des Hauptnetzes unter Zugrundelegung je der beiden direkt gemessenen Grundlinien ausgeführt wurden.

Mit dem Reichenbach'schen Apparat wurde später, im Herbst 1819, auch die Basis für Rheinbayern, eine 19,8 Kilometer lange Linie zwischen Speyer und Oggersheim, gemessen. Ihre Genauigkeit konnte ebenfalls an der Messung

einer zweiten Grundlinie, der sogenannten kleinen, 860 Meter langen Speyrer Basis kontrolliert werden, die von SCHWERD im Jahre 1820 gelegt worden ist. Er hat sein Verfahren beschrieben in der Abhandlung „Die kleine Speyerer Basis oder Beweis, daß man mit einem geringen Aufwand an Zeit, Mühe und Kosten durch eine kleine genau gemessene Linie die Grundlage einer großen Triangulation bestimmen kann“.

REICHENBACH'S ENTFERNUNGSMESSER. Für die Durchführung der an die Basismessungen in Altbayern und Franken anzuschließenden trigonometrischen Vermessung hatte Utzschneider gleichfalls den bewährten Schiegg bestimmt. Nach dessen 1810 erfolgtem Tode wurde die Aufgabe dem verdientvollen Steuerrat SOLDNER übertragen, der ursprünglich im Dienste Friedrich Wilhelm's III. von Preußen mit der Triangulation der Markgrafschaft Ansbach beauftragt worden war, sie aber mit der Besetzung des Landes durch die Franzosen (Vormarsch Bernadottes gegen die Donau, September 1805) abbrechen mußte. Zugleich sollte die Detailaufnahme der Katasterpläne erfolgen, die nicht mit dem Theodoliten, sondern um des rascheren Fortschreitens der Arbeit willen mit dem Meßtisch durchzuführen war. Für diese Aufgabe hat Reichenbach dem MESSTISCH eine für genaue Aufstellung überaus zweckmäßige Form gegeben und vor allem einen DISTANZMESSER erdacht, dessen unmittelbare Verbindung mit dem Meßtischlineal zugleich Richtung und Entfernung festzulegen gestattet.

Der Grundgedanke, daß der Gesichtswinkel, unter welchem eine gegebene Länge erscheint, um so kleiner ist, je weiter diese Strecke vom Beobachtungsort entfernt ist, hat schon lange vorher zur Konstruktion von Distanzmessern geführt. So wird bei den von BRANDER, auf Vorschlag LAMBERT's ausgeführten Distanzmessern, deren sich zwei im Deutschen Museum befinden, der Gesichtswinkel für eine solche Strecke mit Hilfe einer im Fernrohr angebrachten Mikrometerkala bestimmt und daraus die Entfernung gerechnet. Reichenbach bringt umgekehrt eine feste Entfernung im Fernrohr mit einer Skala auf der entfernten Latte in Beziehung. Wir folgen in der Beschreibung seinen Worten, die er der Sendung eines Instrumentes nach Petersburg zugefügt hat:

„Der Distanzmesser, welcher bey der hiesigen Steuerkataster-Commission zur Detailvermessung schon mehrere Jahre mit großem Vortheil angewandt wird, ist nach dem Princip aus einem Standpunkt die Details jeder Fläche aufzunehmen, deren größte Entfernung von diesem angenommenen Punkt nicht über 1000 Fuß beträgt, weil jede Distanz-Meßerey auf größere Entfernungen unverläßig wird, und deswegen mehrere Standpunkte vorzuziehen sind.“

„Das Objectiv dieses Distanzmeßers muß von vorzüglicher Güthe seyn, so daß man Linien von 1“ Breite und Zahlen von 2“ Höhe auf eine Entfernung von 1000 Fuß, bey sonst reiner Luft, deutlich sehen und lesen kann. Sein Micrometer besteht nur aus zwey Kreuze von den feinsten Spinn-Fäden, wovon jedes Kreuz, zur Vermeidung der Parallaxe, sein eigenes Ocular hat, und das eine davon nach Bedürfniß corrigirt werden kann. [Die späteren Instrumente haben nur ein Ocular.] Die Durchschnitts-Punkte beider Micrometer-Kreuze halten also im Perspektiv einen constanten Winkel, durch welchen auf irgend einer in der Entfernung senkrecht gestellten Meßlatte um so mehr abgeschnitten wird, je größer die Entfernung ist. Die Eintheilung der Meßlatte wird auf einer ausgesteckten Linie mit dem Instrument selbst von 100 zu 100 Fuß ganz praktisch vorgenommen und die Unterabtheilung von 5 zu 5 Fuß geschieht bloß mit dem Cirkel.“

Das Instrument wurde später von LIEBHERR in einer großen Zahl von Exemplaren hergestellt, nachdem auf Antrag von Utzschneider eine Verordnung der Katasterkommission vom Jahre 1814 verfügt hatte, „daß in Zukunft kein Geodät [diese hatten die Vermessungen auf eigene Rechnung auszuführen] mehr zugelassen werden solle, der nicht mit einem Distanzmesser versehen ist“. Der Preis des Instrumentes mit Meßlatte und Meßtisch betrug 146 Gulden.

DIE WEITERENTWICKELUNG DER TRANSPORTABLEN GEODÄTISCHEN UND ASTRONOMISCHEN INSTRUMENTE DURCH REICHENBACH. Der Fortgang der Landesvermessung machte es wünschenswert, neben den Horizontalwinkeln auch Höhenwinkel, vor allem Polhöhen an den Dreieckspunkten des Netzes mit einem einfacher aufstellbaren Instrumente, als es die Vertikalkreise mit fester Säule waren, genau messen zu können. Dies führte Reichenbach zunächst dazu, den Theodoliten

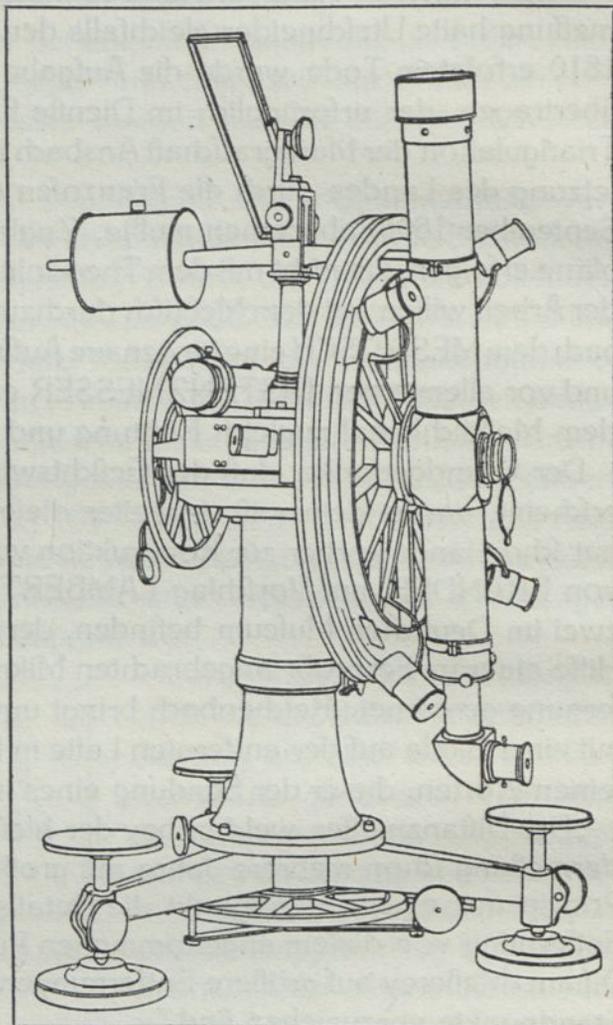
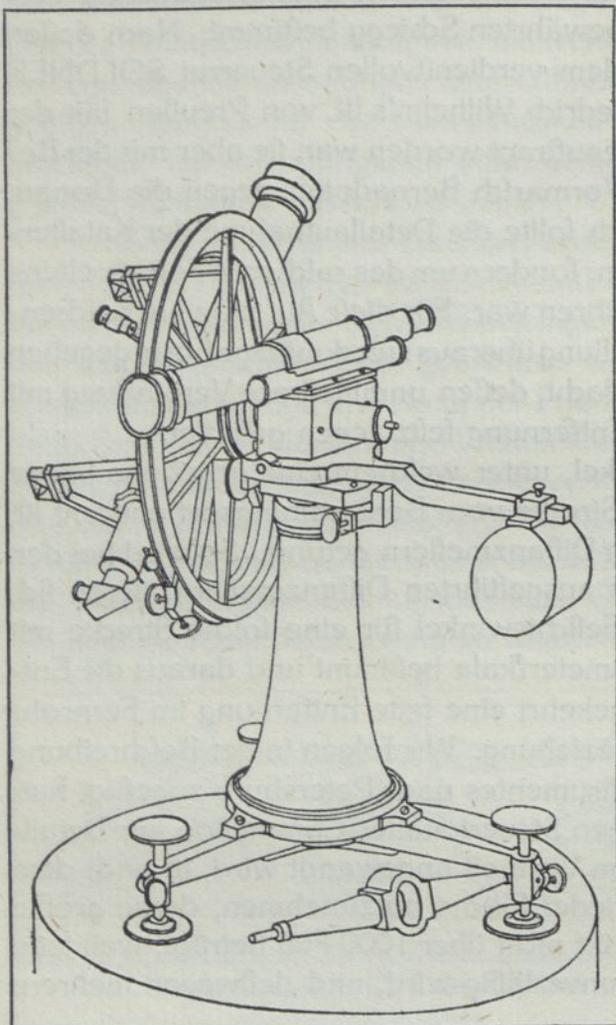


Fig. 18: Reichenbach's astronomischer Theodolit. Fig. 20: Reichenbach's astronomischer Kreis auf Stativ.
Kreis: 8 Par. Zoll. $M = 1:4$. Originale im Deutschen Museum. Kreis: 9 Par. Zoll. $M = 1:4$.

so auszubilden, daß dessen Horizontalkreis, an einem würfelförmigen Gußstück befestigt, um 90° gedreht auf das etwas höher gebaute Stativ aufgesetzt werden kann und dann als repetierender Vertikalkreis dient. Dabei muß das Fernrohr (mit gebrochenem Okular versehen) von seinem Lager abgenommen und nach Abschrauben der Kippachse in einem neuen Lager mit dem Kreis fest verbunden werden. Mit dieser in Fig. 18 nach einer Darstellung von Liebherr*) wiedergegebenen Konstruktion, die von Reichenbach als ASTRONOMISCHER THEODOLIT bezeichnet wird, war indes eine befriedigende Lösung der Doppelaufgabe, welche diese Instrumente erfüllen sollten, noch nicht gegeben.

DAS UNIVERSALINSTRUMENT. Reichenbach suchte daher das Problem auf einem anderen Wege durchzuführen. In einem Briefe vom 18. Mai 1812 schreibt er an GAUSS: „Ich denke gegenwärtig einem Instrumente nach, welches das Resultat aller

*) Liebherr hat nach der Trennung des Reichenbach'schen Instituts zur Illustration eines in LINDENAU's Zeitschrift für Astronomie, Bd. 2, 1816 erschienenen Preisverzeichnisses der Instrumente der mechanischen Werkstätte von Utzschneider, Liebherr und Werner eine Serie von Steindrucktafeln herausgegeben, welche die wesentlichsten, von Reichenbach herführenden Instrumente enthält. Reichenbach beklagt sich über die eigenmächtige Herausgabe dieser Blätter in der mehrfach erwähnten Abhandlung über die Kreiseinteilungsmaschine (Gilbert's Annalen, Bd. 68, S. 48).

meiner bis jetzt gemachten Erfahrungen seyn wird, und das für alle astronomische und terrestrische Beobachtungen gleich geschickt seyn soll. Das Instrument wird transportabel, nicht sehr groß und nicht sehr theuer, man kann es an jedem Ort aufstellen und jede Gattung von Beobachtung damit machen; ich hoffe damit der Astronomie einen großen Dienst zu leisten, und werde Ihnen zu seiner Zeit Nachrichten darüber geben."

Repfold charakterisiert das Instrument, dem Reichenbach in seiner drastischen Ausdrucksweise den Namen „Stutzschwanz“ gab, wie folgt:

„Die Haupteigenthümlichkeit des Universalinstruments ist das sogenannte gebrochene Fernrohr, also die Verlegung des sonst schon oft kurz vor oder hinter dem Ocular angewandten Spiegels in die Mitte der Brennweite und Benutzung einer Hälfte der zwischen den Lagern symmetrisch geformten horizontalen Achse als Theil des Fernrohrs, so daß das Ocular in horizontaler Lage aus dem Zapfen-Lager hervortritt.“

„Es war das ein sehr glücklicher Gedanke, denn nicht allein ist dadurch eine für alle Fernrohrlagen gleiche und sehr bequeme Ocularstellung erreicht, son-

dern auch die Möglichkeit zu einem der Hauptsache nach symmetrischen Aufbau des ganzen Instruments gegeben, die bis dahin bei Höhenkreisen fehlte.“

Die ersten Instrumente dieser Art hat Reichenbach für die Sternwarte auf dem Seeberg bei Gotha (v. Zach) und für Mailand (Oriani) gebaut. Die nebenstehende Abbildung, Fig. 19, stellt das jetzt auf der Kieler Sternwarte befindliche Instrument mit 12-zölligem Horizontal- und 10-zölligem Vertikalkreis dar, welches Reichenbach 1819 für SCHUMACHER nach Altona geliefert hat. (Fig. 142 bei Repfold.)

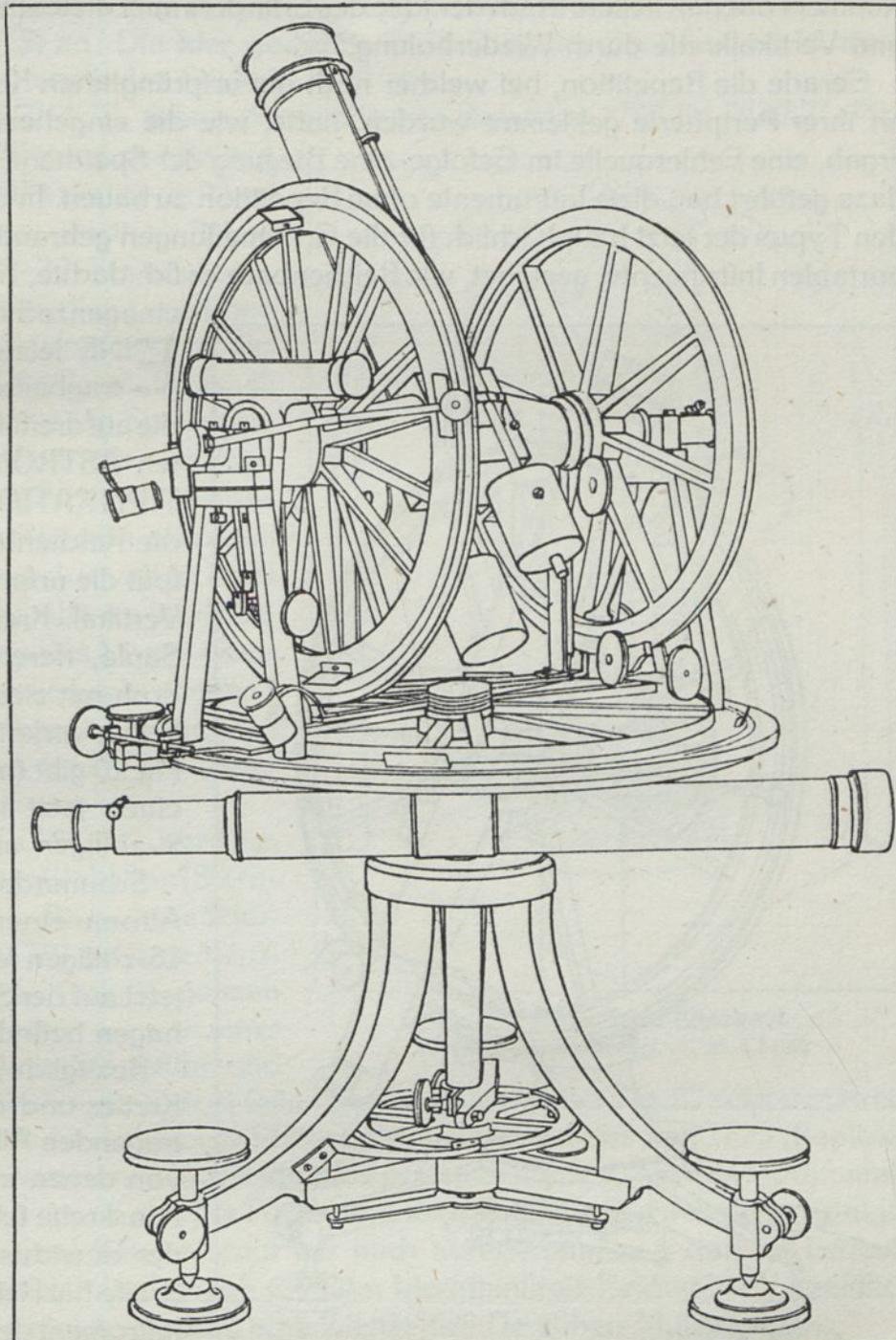


Fig. 19: Reichenbach's Universalinstrument. Horizontalkreis: 12 Par. Zoll. M = 1:4.

STRUVE's Beschreibung des Universalinstruments in den Astronomischen Nachrichten von 1824 beginnt mit den Worten: „Sowie ohne Zweifel der Meridiankreis Reichenbach's der Idee und der Ausführung nach das vollkommenste Meridianinstrument ist, welches die Geschichte der Astronomie aufzuweisen hat, so möchte ich unter den tragbaren Winkelmessern in beiden Rücksichten das Universalinstrument desselben großen Künstlers obenan stellen. Nach der Idee des Erfinders mißt dieses Instrument Horizontal- und Vertikalkreise durch Wiederholung.“

Gerade die Repetition, bei welcher nach der ursprünglichen Konstruktion die Kreise an ihrer Peripherie geklemmt wurden, hatte, wie die eingehende Prüfung Struve's ergab, eine Fehlerquelle im Gefolge, eine Biegung der Speichen (siehe auch S. 48), die dazu geführt hat, diese Instrumente ohne Repetition zu bauen. In dieser Form bilden sie den Typus der jetzt hauptsächlich für die Gradmessungen gebrauchten größeren transportablen Instrumente, geeignet, wie Reichenbach es sich dachte, „nebst einer guten Uhr eine ganze Sternwarte zu ersetzen.“

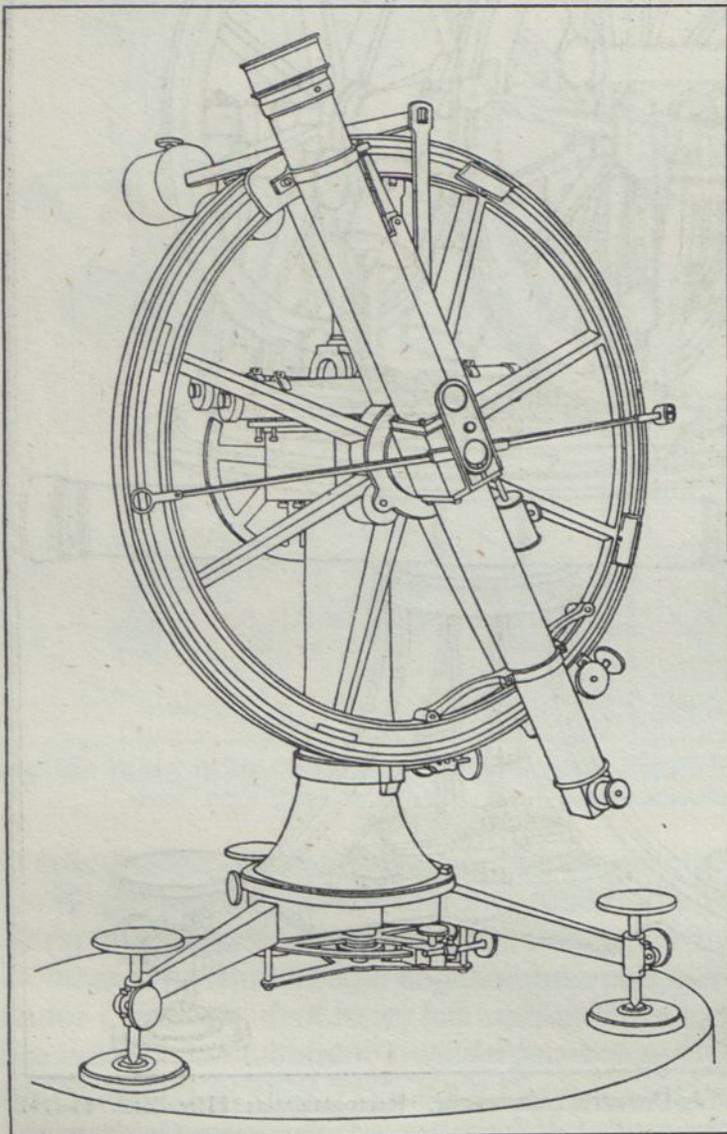


Fig. 21: Reichenbach's großer astronomischer Kreis auf Stativ.
Kreis: 18 Par. Zoll. M = 1:6.

EINE letzte Entwicklungsstufe tragbarer Instrumente bilden die auf dreifüßigem Stativ montierten ASTRONOMISCHEN MULTIPLIKATIONS-KREISE, durch die Reichenbach verhältnismäßig spät die ursprüngliche Form seiner Vertikal-Kreise mit feststehender Säule, deren Aufstellung jeweils doch mit ziemlichen Umständlichkeiten verknüpft war, ersetzt hat. Fig. 20 gibt (nach Repsold Fig. 139) einen jetzt in Kiel befindlichen 9-zölligen astronomischen Kreis.

Schumacher erhielt 1819 für Altona einen ähnlich gebauten 18-zölligen Vertikalkreis, der sich jetzt auf der Sternwarte in Kopenhagen befindet (Fig. 21).

Bezüglich der Anordnung des Kreises und der die vier Nonien tragenden Alhidade, der Libellen, von denen eine mit dem Repetitions-kreise fest verbunden ist, und der Gewichtsausgleichung beider Kreise hat Reichenbach bei diesem Instrument den Grundsätzen Rechnung getragen, welche er um eben diese Zeit bei seinen Meridiankreisen durchführte und auf die wir Seite 45 noch zu sprechen kommen.

Reichenbach schreibt über dieses Instrument am 17. Juli 1819 an Gauß: „An Schumacher schicke ich diese Woche noch drei Instrumente ab, ein sogenanntes Universal-Instrument, einen Azimutalkreis und einen 18-zölligen astronomischen Multiplications-Kreis. Letzterer ist nach meinen Einsichten das wichtigste Instrument für Gradmessungen. Er ist nach einer ganz neuen Construction.“

6. REICHENBACH'S GROSSE ASTRONOMISCHE INSTRUMENTE.

DIE REPETITIONSKREISE MIT FESTER SÄULE. Die ersten größeren astronomischen Instrumente, welche Reichenbach gebaut hat, schließen sich der Form nach an jenen ersten, für Schiegg konstruierten 18-zölligen Vertikalkreis (Fig. 15) an. Die hier gewählte Aufstellung an einer starken, in zwei Endlagern drehbaren, vertikalen Säule ist nicht neu.

RAMSDEN'S ALTAZIMUT. Schon das große von Ramsden 1793 für PIAZZI (Parma) gebaute „Altitude and Azimut Circular Instrument“ (Altazimut) - in Pearson's „Introduction to practical Astronomy“ (London, 1824-29) beschrieben - zeigt die vertikale Aufstellung zwischen zwei festen Lagern. Die Konstruktion des Instrumentes, mit fünffüßigem Kreis, ist durch das Prinzip der vollen Symmetrie für die Lagerung des Fernrohrs bedingt. Das Instrument ist insofern von besonderer Bedeutung, weil es zum erstenmal für große Dimensionen den vollen Kreis zur Anwendung bringt, also die bis dahin allein gebrauchte Form des Mauer-Quadranten verläßt. Wir geben nebenstehend in Fig. 22 eine schematische Darstellung des Instrumentes, aus Pearsons Werk (Repfold, Fig. 128) entnommen.

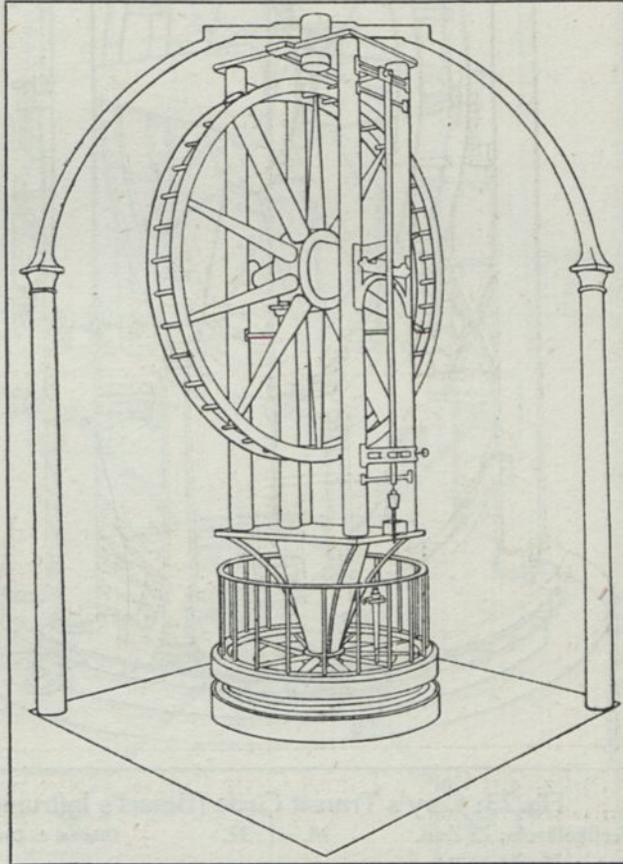


Fig. 22: Ramsden's Altazimut.
Vertikalkreis: 5 Fuß engl. M. = 1:32.

CARY'S „TRANSIT CIRCLE“. Der nach den Vorschlägen von Wollaston (Sternwarte in Chiselhorst) von Ramsden's Schüler CARY in London 1791 gebaute Vertikalkreis („Transit Circle“) zeigt im ganzen ähnlichen Aufbau, ist aber nur von einer kurzen unteren Vertikalachse geführt und es erfolgt die Azimutdrehung auf einer festen horizontalen Platte. Fig. 23 zeigt den Kreis nach der Darstellung in den Londoner Philosophical Transactions von 1793 (Repfold, Fig. 131). Die Dimensionen des Vertikalkreises betragen 25 Zoll, die des Horizontalkreises 21 Zoll. Er ist in ganz gleicher Form auch für BESSEL'S Sternwarte in Königsberg gebaut worden und hat - worauf wir noch zurückkommen - dort zu bedeutenden vergleichenden Untersuchungen mit dem Meridiankreis Reichenbach's geführt. Das Bessel'sche Instrument bildet jetzt eine Zierde des Deutschen Museums.

BOHNNENBERGER'S REPETITIONSKREIS“. Der erste, der von dem Prinzip voller „Symmetrie“ abwich und durch eine starke, ungebrochene, zwischen zwei Lagern aufgestellte Säule dem Instrument eine größere Standfestigkeit sicherte, als sie insbesondere das für seine Dimensionen zu schwach konstruierte Altazimut Ramsden's besaß, war der Tübinger Astronom BOHNENBERGER. Wie Zach in einem Aufsatz „Ueber Repetitionskreise mit feststehender Säule und einem Fernrohr“ (Monatliche Korrespondenz, Bd. 25, 1812) berichtet, hat Bohnenberger, nachdem er zuerst (1792) einen hölzernen Quadranten auf diese Art aufgestellt hatte, sich (Monatliche Correspondenz, Bd. 6, 1802) „einen astronomischen Repetitionskreis von dem geschickten Mechanicus

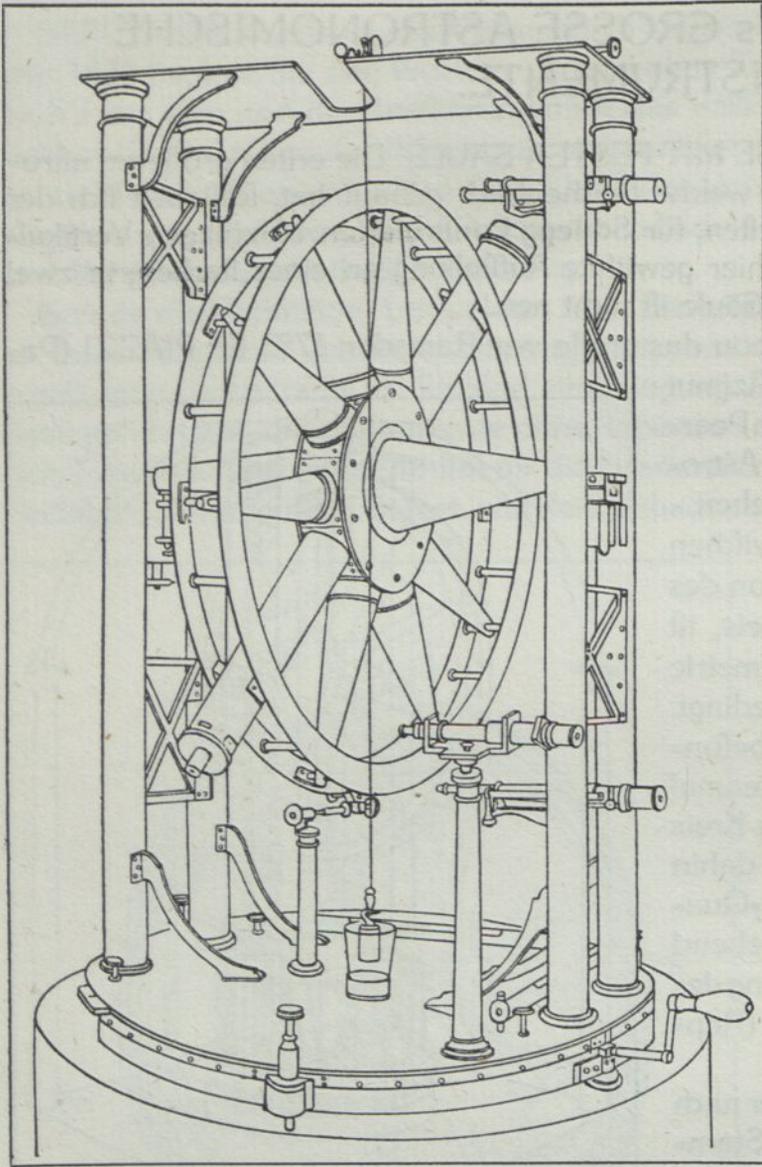


Fig. 23: Cary's Transit Circle (Bessel's Instrument).
Vertikalkreis: 25 Zoll. M. = 1:32. Original im Deutschen Museum.

Baumann in Stuttgart verfertigen lassen, welcher auf ähnliche Art, wie sein Quadrant aufgestellt ist, nur ist alles da von Metall, was dort von Holz ist. Die Vertikalsäule ist eine starke messingene Röhre, welche sich in stählernen konischen Spitzen endigt, um welche das ganze Instrument eine sehr sanfte und sichere Bewegung im Azimuth hat. In dieser drei Fuß langen Röhre hängt das Senkbley. An dieser Säule ist der Kreis so angebracht, daß er sich in einer Vertical-Ebene drehen, und mit einer Micrometer-Schraubefein stellen läßt. Ueberdies ist auch noch eine Libelle an der hinteren Alhidade angebracht. Diese Alhidade ist an der verticalen Säule befestigt und hat nur eine Berichtigungsschraube für das Niveau. Bey dieser Einrichtung kann ein Beobachter so geschwind operiren, als bey der Borda'schen zwey."

DANN folgt, im Typus dem Bohnenberger'schen nachgebildet, Reichenbach's 18-zölliger Vertikalkreis (Fig. 15), der in gleichen Dimensionen mehr-

fach, so für die Vermessungen in Ungarn für Pasquich (in Ofen) reproduziert wurde. Von ihm aus ging Reichenbach zu größeren Dimensionen über und fertigte zunächst für die Sternwarten in Ofen und Riga GROSSE ASTRONOMISCHE KREISE MIT FESTSTEHENDER SÄULE von drei Pariser Fuß Durchmesser. Ihnen folgten in den Jahren 1809 bis 1814 die für Mailand, Paris, Neapel und Mannheim gelieferten Kreise.

Dieser Fortschritt gelang nicht allein durch die gesteigerte Erfahrung in konstruktiver Beziehung, sondern war ganz wesentlich durch die Erfolge der Arbeiten FRAUNHOFER's auf optischem Gebiete mit bedingt. War das optische Institut in Benediktbeuern, dessen Leitung Fraunhofer 1809 übernommen hatte, doch schon 1812 imstande, an den Bau eines großen Refraktors von 9 Fuß Brennweite und $7\frac{1}{4}$ Zoll Öffnung für die Sternwarte in Neapel zu gehen! Fig. 24 zeigt in Grund- und Aufsicht nach einer Handzeichnung Reichenbach's (aus den jetzt in Heidelberg aufbewahrten Akten der Mannheimer Sternwarte) das 1811 gebaute Mannheimer Instrument in seiner 1819 erfolgten definitiven Aufstellung. Der dreifüßige Kreis ist, gegenüber dem 18-zölligen (Fig. 15), durch Querbalken versteift. Der Horizontalkreis mißt 27 Zoll im Durchmesser.

DIE obengenannte Periode von 1809 bis etwa 1814 bezeichnet den Höhepunkt des produktiven Schaffens von Reichenbach im Gebiet des Instrumentenbaues. In ihr hat er auch das Passageninstrument, den Meridiankreis und das Aequatorial neu

gestaltet. Allenthalben mehrten sich, durch den Ruhm der ersten Instrumente hervorgerufen, die Bestellungen an das mechanische Institut. Die Sternwarten in Ofen (Pasquich) und Neapel (Zuccari, dann von 1812 an Piazzini) waren neu, zum Teil nach Reichenbach's Plänen erbaut worden und wurden jetzt fast ganz mit Reichenbach'schen Instrumenten ausgestattet. Den von Laplace für das kaiserliche Observatorium in Paris bestellten Kreis überbringt Reichenbach im Oktober 1811 persönlich; an diese Reise schließt sich in treuer Anhänglichkeit an die Heimat der Besuch Mannheims und des alten Lehrers Barry zur Aufstellung des dort hin gefertigten Kreises. Zu Anfang des Jahres 1815 endlich leitet Reichenbach die Aufstellung der Instrumente in Neapel, wohin er nach mehrwöchentlicher stürmischer Seefahrt, von Genua aus nach Corsika, dann nach Elba und Livorno verschlagen, gelangt war.*)

Erfolg und Anerkennung, die Reichenbach auf allen Seiten fand, können nicht besser bezeichnet werden als dadurch, daß wir einige Urteile aus jener Zeit hier einschalten, so vor allem - in Faksimiledruck auf Tafel IV - einen Brief, den Laplace nach der ersten Prüfung seines neuen Vertikalkreises an Reichenbach gerichtet hat:

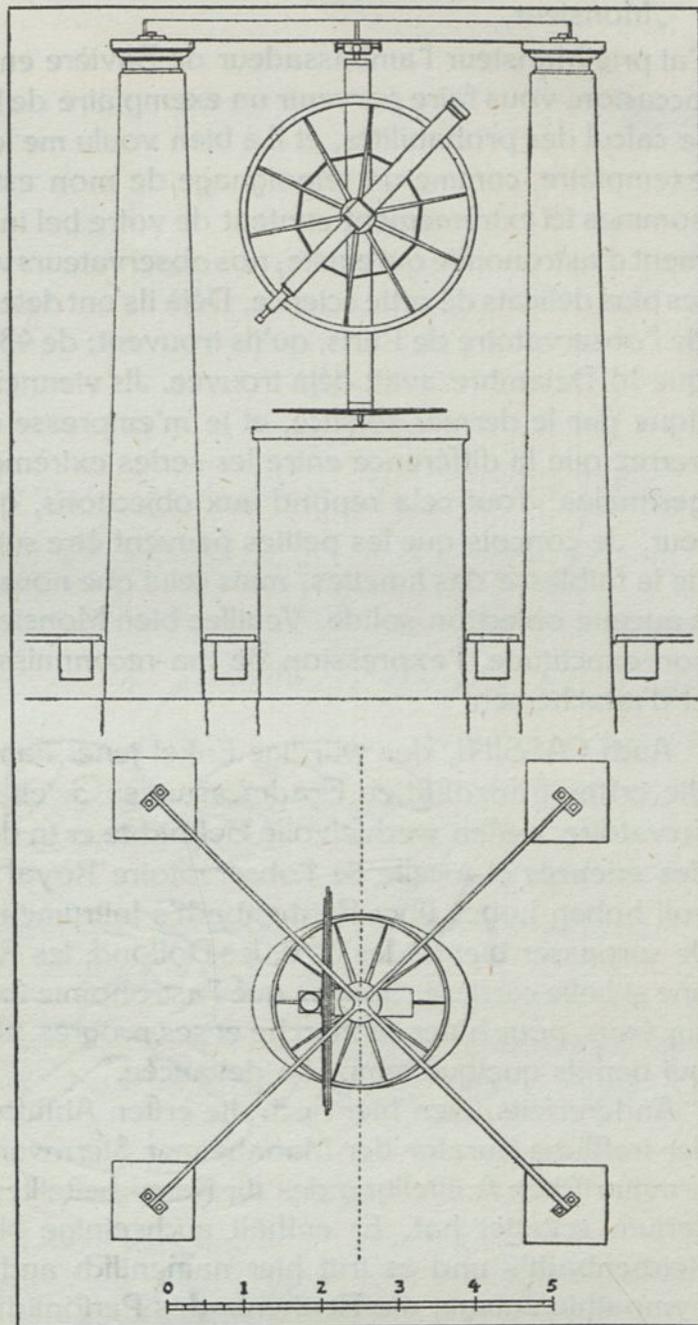


Fig. 24: Reichenbach's Mannheimer Kreis.
Vertikalkreis: 3 Par. Fuß. M. = 1:32.

*) „Wir sind zwar,“ schreibt Reichenbach am 19. Januar von Livorno aus, „vor der Hand gerettet, ob es aber auch meine Habschaften sind? Das ist eine andere Frage. Ich hoffe jedoch, solange nicht bestimmte Nachricht vom Gegentheil einläuft, das beste, denn der Patron, welcher das Schiff, das unsere Habschaften an Bord hatte, kommandiert, ist ein alter erfahrener Seemann, und hat sich vielleicht auf anderem Wege in dem großen Sturm gerettet.“

Es ist nicht uninteressant, hier das „Verzeichnis der bereits eingepackten und zu spedirenden astronomischen Instrumenten“ einzuschalten, die Reichenbach für diese Reise im September 1814 zur Spedition übergeben hat:

„Ein großer astronomischer Kreis	Herrn Bohnenberger in Tübingen	3000 fl.
Ein Bordaischer Kreis	Herrn Santini in Padua	900 fl.
Ein neues Universalinstrument	Herrn Oriani in Mayland	1200 fl.
Eine Kreislibelle	Herrn Oriani in Mayland	100 fl.
Ein Bordaischer Kreis	Herrn Zuccari in Neapel	830 fl.
Ein astronomischer Theodolit	„ „ „ „	500 fl.
Ein Aequatorial-Instrument	„ „ „ „	3000 fl.
Ein großer astronomischer Kreis	„ „ „ „	3000 fl.
Ein Meridian-Kreis	„ „ „ „	3000 fl.
Ein Azimuthal-Kreis	„ „ „ „	700 fl.
Ein 6füßiges Passagen-Instrument	„ „ „ „	2100 fl.
Eine Sekunden-Uhr	„ „ „ „	450 fl.
Ein Bordaischer Kreis	Herrn Sprony in Pifa	900 fl.
Ein 6füßiges Passagen-Instrument	„ „ „ „	2100 fl.

„Monsieur,

Paris, le 10 juillet 1812.

j'ai prié Monsieur l'ambassadeur de Bavière en France de vouloir bien à la première occasion, vous faire parvenir un exemplaire de l'ouvrage que je viens de publier sur le calcul des probabilités, et il a bien voulu me le promettre. Je vous prie d'agréer cet exemplaire, comme un témoignage de mon estime et de ma reconnaissance; nous sommes ici extrêmement content de votre bel instrument. C'est le plus parfait instrument d'astronomie qui existe; nos observateurs vont l'employer à déterminer les points les plus délicats de cette science. Déjà ils ont déterminé la latitude de la face méridionale de l'observatoire de Paris, qu'ils trouvent: de $48^{\circ} 50' 13''$, 7. C'est à peu près la même que M. Delambre avait déjà trouvée. Ils viennent de déterminer l'obliquité de l'écliptique par le dernier solstice, et je m'empresse de vous envoyer leur résultat; vous verrez que la différence entre les séries extrêmes ne va pas à deux secondes sexagesimales. Tout cela répond aux objections, que l'on a fait contre le cercle répétiteur. Je conçois que les petites peuvent être sujet à des incertitudes à raison surtout de la faiblesse des lunettes; mais celui que nous gardons de vous ne me paraît sujet à aucune objection solide. Veuillez bien Monsieur recevoir avec mes félicitations sur son exactitude, l'expression de ma reconnaissance et de mes sentiments d'estime et d'attachement

Votre LAPLACE."

Auch CASSINI, der würdige Enkel jener Familie von Astronomen, deren ältester die ersten französischen Gradmessungen geleitet, damals Direktor des Pariser Observatoire, dessen wechselvolle Geschichte er in den „Mémoires pour servir à l'histoire des sciences et à celle de l'observatoire Royal de Paris (1810)“ beschrieben hat, ist voll hohen Lobes über Reichenbach's Instrument: „Continuez, Monsieur, d'égaliser et de surpasser bientôt les Bird, les Dollond, les Ramsden. Ne vous arrêtez pas dans une si belle carrière. Songez que l'astronomie fixe aujourd'hui ses regards, et compte sur vous, pour hâter sa marche et ses progrès, pour l'aider enfin à atteindre la théorie qui depuis quelque temps l'a devancée.“

Andererseits seien hier noch die ersten Absätze des Berichtes wiedergegeben, den der treffliche Kurator der Mannheimer Sternwarte, Staatsrat von KLÜBER, nach der provisorischen Aufstellung des für Barry bestellten Vertikalkreises (1812) an sein Ministerium erstattet hat. Er enthält auch einige Notizen über den Pariser Aufenthalt Reichenbach's und es tritt hier namentlich auch das begeisterte Interesse und die Sympathie zutage, die Reichenbach's Persönlichkeit zu wecken verstand.

WOMIT könnte,“ schreibt Klüber, „mein dießmaliger Jahresbericht über die Mannheimer Sternwarte würdiger beginnen, als mit der Nachricht von der Erwerbung und Aufstellung des großen REICHENBACHISCHEN MERIDIAN-KREISES? dieses ersten und vollkommensten aller astronomischen Werkzeuge, welche je von Menschenhänden erbaut wurden. Dieses noch seltene Instrument - in Teutschland ist in solcher Größe (3 Fuß im Durchmesser) der Mannheimer Kreis bis jetzt noch der einzige - vereinigt in sich allein, und zwar in noch nie übertroffener Vollkommenheit (außer der Pendel-Uhr) alle nothwendigen Instrumente einer Sternwarte, den Mauer-Quadranten, das Transit- oder Passagen-Instrument, das Aequatorial und den Zenith-Sector.“

Ein Aequatorial-Instrument	Herrn Sprony in Pisa	3000 fl.
Ein multiplizierender Theodolit	„ „ „ „	450 fl.
Ein kleines Passagen-Instrument	Herrn Baron von Zach, Genua	770 fl.
Ein neues Universal-Instrument	„ „ „ „ „	1200 fl.
Eine Kreis-Libelle	„ „ „ „ „	100 fl.
Ein Kreis-Centrum	„ „ „ „ „	200 fl.
Ein Riesen-Refractor von 9 Pariser Fuß Länge und 7 1/4 bayr. Zoll Oeffnung	Herrn Zuccari in Neapel	4500 fl.

München, den 26. Sept. 1814.

G. Reichenbach."

Paris ce 10. Juin 1812

Monsieur

J'ai prie Monsieur l'ambassadeur de Baviere en France, de
vouloir bien a la premiere occasion, vous faire parvenir un exemplaire
de l'ouvrage que je viens de publier sur le calcul des probabilités, &
il a bien voulu me le promettre. je vous prie d'agrecer cet exemplaire,
comme un témoignage de mon estime & de ma reconnaissance. non
seulement ici extrêmement content de votre bel instrument. c'est le
plus parfait instrument d'astronomie, qui existe. nos observations ont
l'employer a déterminer les points les plus délicats de cette science. déjà
il, ont déterminés la latitude de Paris la face meridionale de l'observatoire
de Paris, qu'ils trouvaient de $48^{\circ} 50' 13,7$ après avoir la mesure que
M. de Lambro avait déjà trouvée. ils viennent de déterminer l'obliquité
de l'écliptique par la dernière solstice, & je m'empresse de vous enver-
ter les résultats. sans craindre que la différence entre les points extrêmes, ne
soit pas a deux secondes fractionnelles. tout cela répond aux objections, que
l'on a faites contre les cercles répétitifs. je conviens que les points peuvent
être sujets a des incertitudes, & raison surtout de la possibilité des lunettes;
mais la ~~certitude~~ que nous prendons de vous, ne me présente point a aucune
objection solide. veuillez bien, Monsieur, recevoir avec mes félicitations
sur son exactitude, l'expression de ma reconnaissance & de mon
estime & d'affection

De Laplace

„Der bloße Anblick des reichenbachischen Kreises setzt den Kenner in Erstaunen. Abgesehen sogar von dem hohen Nutzen, den er gewährt, ist er ein Kunstwerk, welches Ehrfurcht gebietet. Darum konnte mich das Geständnis des Hof-Astronomen Barry nicht befremden, daß er, als er solchen nach der Aufstellung zum erstenmal einsam betrachtet habe, unwillkürlich vor ihm auf die Kniee gesunken sey. Ist es doch, als ob der Himmel selbst ihn den Sternkundigen zum Geschenk gemacht habe.“

„In derselben Vollkommenheit ist das daran befindliche achromatische Fernrohr, das beste, welches die Sternwarte besitzt, gearbeitet, mit einem $3\frac{1}{2}$ zölligen Flintglas, mit 160-maliger Vergrößerung. Mit demselben erkennt man von der Sternwarte aus in Oggersheim die Fliege auf einer gelben, von der Sonne beleuchteten Wand.“

„Der achtfüßige Mauer-Quadrant unserer Sternwarte, von Bird in London, ist einer der berühmtesten in der Welt, und wird von keinem andern an Größe und Genauigkeit übertroffen. Dennoch erscheint er wie Schlosser-Arbeit, wenn man ihn mit dem reichenbachischen Kreise vergleicht.“

„In Paris, wohin er soeben einen ähnlichen Kreis dem Sénateur, Grafen Laplace überbracht hatte, der dem kaiserlichen Observatorium ein Geschenk damit machte, hat Herr Reichenbach während seines fast dreimonatlichen Aufenthaltes eine Art von Triumph über alle englische, französische und andere Künstler seiner Art davongetragen, und selbst bei mehreren der ersten Geometer und Astronomen Neid erregt. Nicht nur zeigte und demonstirte er dem Bureau des longitudes, dessen Sitzungen er fast drei Monate lang fortwährend beiwohnen mußte, seinen Meridiankreis, sondern auch ein von ihm in gleicher Vollkommenheit gefertigtes Aequatorial, und ein sechszölliges astronomisches Objectiv von Flintglas, dessen Existenz in solcher Größe und Vollkommenheit die Mitglieder des Bureau, Laplace, Lagrange, Delambre, Biot, Arago u. a. vorher, ehe er solches aus München erhalten hatte, bezweifelt hatten“

„Ganz besonders muß man der Mannheimer Sternwarte Glück wünschen, daß sie so schnell zu dem reichenbachischen Kreise gelangte. Im April 1811 bestellte ich ihn, und am 2. September ward er in München schon eingepackt, zur Absendung nach Mannheim. Ramsden in London, nach Reichenbach der größte und geniereichste Künstler in seiner Art, ließ, selbst nach Vorauszahlung, fünf bis zehn Jahre auf ähnliche Werkzeuge warten, und als er starb (5. Mai 1800), waren mehr große astronomische Werkzeuge bei ihm bestellt, als er je hatte fertigen können.“

„Auch ist der Preis von 3000 fl., für den reichenbachischen Kreis, in Betracht seiner Vollkommenheit und in Vergleichung mit dem Preise englischer Instrumente, sehr mäßig. Sisson in London forderte 1781 für einen Mauer-Quadranten von 8 Fuß Radius, nach Mannheim, 400 Guineen, obgleich dabei weit weniger Arbeit ist, als bei einem reichenbachischen Kreis. Auch Bird in London erhielt für den mannheimer großen Mauer-Quadranten 400 Guineen (mit dem Transport ungefähr 5000 fl.), und als Geschenk von dem Kurfürsten Karl Theodor eine große goldene Medaille mit des Kurfürsten Bildniß. Das mannheimer Mittagsfernrohr von Ramsden kostete 145 $\frac{1}{2}$ Guineen und 105 fl. 15 kr. für den Transport und doch ist das bei dem reichenbachischen Kreise befindliche Fernrohr noch vollkommener. Bei Troughton in London ward 1803 für die kaiserliche Sternwarte zu St. Petersburg ein weit minder vollkommener, dreifüßiger Vollkreis für 400 Guineen bestellt.“

„Zu den Klagen der ersten mechanischen Künstler in Paris, die es nicht verschmerzen können, daß auch nicht ein bedeutendes astronomisches Werkzeug von einem französischen Künstler auf dem kaiserlichen Observatorium zu Paris sich befindet, und daß, nachdem nun die englischen Künstler in Frankreich außer Credit gekommen sind, jetzt ein teutscher ihnen den Rang so siegreich abgelaufen hat, gehört auch die Mäßigkeit des Preises der reichenbachischen Meridiankreise, für welche, nach ihrer Meinung,

20.000 Franken gefordert werden sollten. Bei den ungeheuren Kosten, welche besonders die Versuche zu Erfindung des Flintglases verursachten, den bedeutenden Kosten zu Einrichtung der Werkstätte und der darin arbeitenden Maschinen, besonders der von Reichenbach erfundenen höchst wichtigen Theilungs-Maschine, bei dem beträchtlichen Lohn der Arbeiter (jeder der ersten Klasse erhält 1000 fl. Jahresgehalt), und bei der so hohen Vollkommenheit der reichenbachischen Werkzeuge, muß man in der That den Preis derselben billig finden.“

„Ueberhaupt liegt dem Ritter von Reichenbach das Interesse der Wissenschaften, die er durch seine Instrumente befördern will, ungleich mehr am Herzen als sein Geldvorteil: „Wenn dieser einen Kreis von mir haben will, dem mache ich einen umsonst“, sagte er zu mir, als von einem der größten jetzt lebenden Astronomen, einem Teutschen, die Rede war. Als sein größtes Anliegen bei dem mannheimer Kreis äußerte er mir öfters die Sorge, daß auch ein tüchtiger Astronom solchen in Gebrauch erhalte, und damit alles leiste, wozu er fähig ist. Seine letzten Worte, die er mir hier, bei der Abfahrt nach München, aus dem Wagen noch zurief, waren: „meinen Sohn zu Mannheim (den Kreis), gebe ich Ihnen, als Ihren Adoptiv-Sohn, auf das Gewissen.“

„Diesem reinen Interesse für die Wissenschaften verdankt Herr Reichenbach seinen weit verbreiteten Ruhm nicht minder als seinem glücklichen Erfindungsgeist und der hohen Vollkommenheit seiner mechanischen und gelehrten Arbeiten. Mit Enthusiasmus hat ihn und seinen Meridiankreis ein italienischer Dichter besungen (Monatl. Correspondenz, Bd. 21, S. 198), achtungsvoll wird Teutschland von den ersten Geometern, Astronomen und Mechanikern Frankreichs seinetwegen beneidet, haben die Akademien der Wissenschaften zu München und Padua ihn zu ihrem Mitglied erwählt und Se. Majestät der König von Baiern hat ihm Ehre, Auszeichnung und einen wichtigen Wirkungskreis verliehen.“

Reichenbach's Sorge um seinen Mannheimer Kreis erwies sich als nicht unbegründet. Das zunehmende Alter und die Gebrechlichkeit Barry's ließen es zunächst nicht zum richtigen Gebrauch des Instrumentes kommen. Während der Kriegswirren des Jahres 1813 war er in eine Kiste verpackt; so fand ihn Schumacher, als Barry's Nachfolger von Kopenhagen berufen, in ganz verwaarlostem Zustande. Erst Nicolai, der den bald nach Dänemark zurückgegangenen Schumacher ersetzte, konnte ihn, von Reichenbach wiederhergestellt, 1819 nach dessen Angaben - vergleiche Reichenbach's Skizze Fig. 24 - neu aufstellen. „Ich würde“, schließt Nikolai einen begeisterten Bericht ans Ministerium nach Karlsruhe, „über die Aufstellung des herrlichen Instruments mit vielem Vergnügen eine öffentliche Nachricht in die Karlsruher Zeitung geben, wenn ich nicht befürchtete, alsdann zu sehr von neugierigen Anschauern, die mich so schon genug in meinen Arbeiten stören, überlaufen zu werden.“

REICHENBACH'S PASSAGEN-INSTRUMENTE UND MERIDIAN-KREISE. OLAF RÖMÉR hat in der 1689 in seinem Hause zu Kopenhagen aufgestellten „MACHINA DOMESTICA“ - beschrieben in Horrebow's „Basis astronomiae“, Havniae 1735 - die Grundform des heutigen Passageninstrumentes geschaffen und ebenso in der 1704 auf seinem Landsitz errichteten „ROTA MERIDIANA“ den Typus eines Meridiankreises. Das Fernrohr der machina domestica (Fig. 25) hatte 5 Fuß Brennweite und war an einer auf zwei festen Lagern ruhenden, mit Hilfe eines Hebels drehbaren, horizontalen, 5 Fuß langen Achse befestigt. Ein Teilungsbogen, von 10 zu 10 Minuten geteilt, diente zur Einstellung des Höhenwinkels. Der Kreis der rota meridiana (Fig. 26) maß 5 Fuß 8 Zoll im Durchmesser und trug eine Teilung von 10 zu 10 Minuten, die durch zwei diametral am Pfeiler aufgestellte Mikroskope (mit 11 Fäden) abgelesen wurde. Das Fadenkreuz des 5 Fuß langen Fernrohrs hatte 3 wagrechte und 7 senkrechte Fäden in je 24 Zeitekunden Abstand.

Für die weitere Entwicklung des Passageninstruments wird die 1676 errichtete Sternwarte in Greenwich von Bedeutung durch Halley's (1722) und Graham's Durchgangsinstrumente, denen ein nach Vorschlägen Bradley's 1750 von Bird gebautes, von Dollond mit Fernrohr versehenes Passageninstrument folgte. Bird wandte dabei zuerst Gegengewichte zur Aufhebung des Druckes der horizontalen Achse auf die Lager an. Gegen Ende des Jahrhunderts gingen dann von Ramsden, Cary und anderen weitere Verbesserungen am Passageninstrument aus, so eine verbesserte Lotaufhängung zu exakter Einstellung im Horizont, und die Feldbeleuchtung von der durchbohrten Achse aus, welche Reichenbach die Idee zum Universalinstrument gegeben haben mag.

Die Größe der Fernrohre, bis zu 12, ja 24 Fuß, verhinderte dagegen zunächst die Ausgestaltung der Römer'schen Idee, den Vollkreis mit dem Passageninstrument zu verbinden, mußte vielmehr für die Zwecke der Höhenbestimmungen zur weiteren Durchbildung des Mauerquadranten und des Zenithsektors führen.

RAMSDEN wagte dann auf Grund der von ihm verbesserten Teilmethoden die Herstellung großer Vollkreise bis zu 5 Fuß Durchmesser, die er bei seinem Altazimut (Fig. 22) und bei einem ähnlich gebauten Äquatoreal anwandte. Die feste Aufstellung solcher Kreise im Meridian war aber damals noch nicht gebräuchlich, wie denn auch Reichenbach zunächst seine repetierenden, um eine feste Säule drehbaren Vertikalkreise (Fig. 15 u. 24) ausgebildet hat.

DER erste, der auf Römers Aufstellung zurückkam - ob unabhängig davon, läßt sich nicht feststellen - war REPSOLD mit einem 1802 für sein kleines Observatorium auf dem Hamburger Wall konstruierten Passageninstrument mit $3\frac{1}{2}$ füßigem Kreis. Die Ablefung erfolgte hier mit Hilfe eines am Zapfenlager befestigten Mikrometer-Mikroskops. Schumacher hat das Instrument regelmäßig benützt und ausführlich darüber an Gauß (Briefwechsel aus den Jahren 1809 bis 12) berichtet. Der Kreis wurde, als die Sternwarte auf dem Wall bei der Okkupation durch die Franzosen hatte abgebrochen werden müssen, von Gauß für die Göttinger Sternwarte erworben.

VON 1812 ab hat sich dann auch REICHENBACH, zunächst auf Grund der Bestellungen für die Sternwarte in Neapel, dann für Ofen, Turin, Warschau und München mit dem Bau von Passageninstrumenten und von Meridiankreisen beschäftigt.

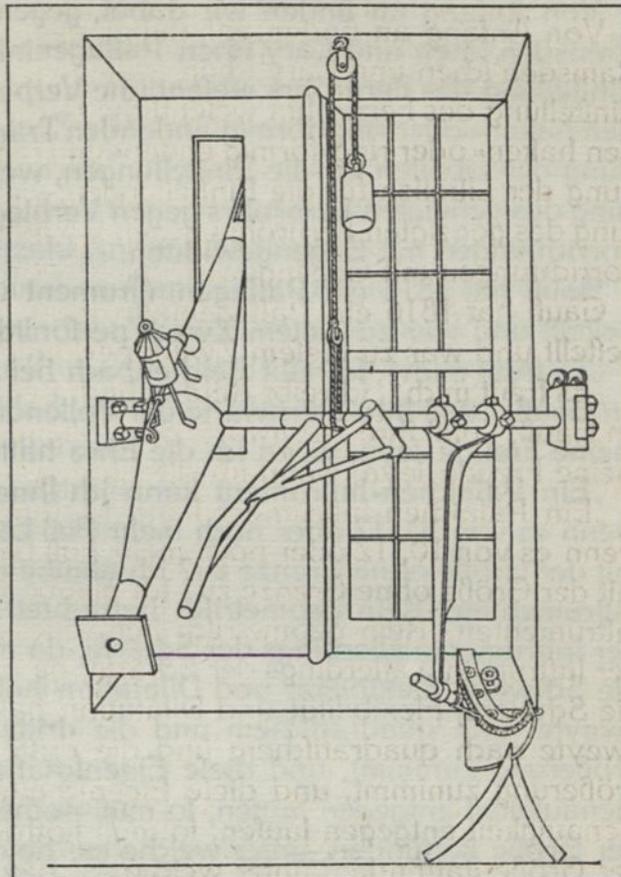


Fig. 25: O. Römers „Machina domestica“ 1689.

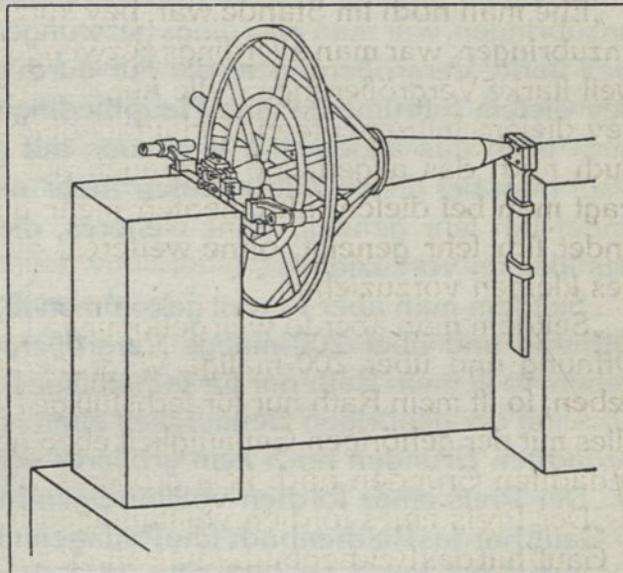


Fig. 26: O. Römers „Rota meridiana“ 1704.

Von Anfang an finden wir dabei, gegenüber dem im ganzen ähnlichen Bau der Ramsden'schen und Cary'schen Passageninstrumente bezüglich der Aufhängung und Einstellung des Fernrohrs wesentliche Verbesserungen: Die Anbringung von Rollen an den haken- oder ringförmig endenden Trägern der Achse; die ausschließliche Verwendung der Libellen für die Einstellungen, welche das Lot völlig verdrängte; die Sicherung des geneigten Fernrohrs gegen Verbiegung in der vertikalen Ebene durch Hebelvorrichtungen mit Gegengewichten.

Gauß hat 1816 ein Passageninstrument und einen Meridiankreis bei Reichenbach bestellt und war zu diesem Zweck persönlich in München*).

„Es freut mich“, schreibt Reichenbach bei Ankündigung dieses Besuches, März 1816, an Gauß, „daß Ihre Sternwarte der Vollendung nahe ist, aber noch weit größer würde meine Freude seyn, wenn ich die Ehre hätte, solche mit Instrumenten zu versehen!“

„Ein Passagen-Instrument kann ich Ihnen liefern so groß Sie es verlangen, und wenn es von 10, 12 oder noch mehr Fuß Länge wäre, allein, nimmt wohl die Schärfe mit der Größe ohne Grenze zu? ich glaube nicht, und eben so wenig wie bey Winkel-Instrumenten. Rein geometrisch betrachtet nähert man sich durch die Vergrößerung der Instrumente allerdings der Schärfe, da man es aber hier mit Körpern zu thun hat, die Schwere, Flexibilität und Dilatation haben, wobey die erste nach kubischem, die zweyte nach quadratischem und die dritte nach einfachem Verhältniß mit der Vergrößerung zunimmt, und diese Eigenschaften in zusammengesetztem Verhältniß der Genauigkeit entgegen laufen, so muß nothwendig für jedes Instrument ein Maximum der Größe stattfinden, unter welche es, bey übrigens gleich vorfichtiger Bearbeitung auch das Maximum der Schärfe liefert.“

„Ehe man noch im Stande war, bey kurzen Brennweiten große Objectiv-Öffnungen anzubringen, war man allerdings gezwungen, lange Passagen-Instrumente zu machen, weil starke Vergrößerungen, die nur durch große Objectiv-Öffnungen erreichbar sind, bey diesem Instrumente eine Hauptbedingung ist, und daher glaube ich, schreibt sich auch noch das allgemeine Vertrauen auf große Passagen-Instrumente. Gewöhnlich fragt man bei diesen Instrumenten mehr nach deren Länge als nach der Güthe und findet sich sehr geneigt, ohne weiteres, die Beobachtungen mit den größeren jenen des kleinen vorzuziehen.“

„Seitdem man aber so weit gekommen ist, Objectiven von 6 Fuß Brennweite 4,5 Zoll Öffnung und über 200-malige Vergrößerung, ohne Verletzung der Deutlichkeit zu geben, so ist mein Rath nur für sechsfüßige Passageninstrumente, weil bey dieser Größe alles mit der gehörigen Genauigkeit eben noch bearbeitet werden kann. Ich habe aus gedachten Gründen noch kein größeres verfertigen lassen.“

„Der Preis eines solchen vollständigen Instrumentes ist 2100 fl.“

Gauß hat das Reichenbach'sche Passageninstrument, das er 1819 erhielt, in den Göttinger gelehrten Anzeigen vom 18. Okt. 1819 (Werke, Bd. VI, S. 422) wie folgt beschrieben:

„Das Fernrohr hat sechs Pariser Fuß Brennweite und 52 Linien Oeffnung und wird also in letzterer Rücksicht nur von dem neuen Mittagsfernrohr der Greenwicher Sternwarte übertroffen, welches bei 10 Fuß Brennweite eine Oeffnung von 5 Engl. Zollen hat. Die Axe hält 37 Zoll, die Zapfen ruhen in Pfannen von Glockenmetall. Oculare sind 4, welche nach einer vorläufigen Bestimmung 80, 110, 150 und 210 mal vergrößern.“

*) Über diesen Besuch in München schreibt Gauß an Bessel: „Meine Reise nach München hat mir, wie Sie leicht denken können, vielfachen Genuß gemacht. Reichenbach ist ein genialer Mensch, bei dem die Astronomen nur bedauern müssen, daß die astronomischen Instrumente nicht sein Hauptgeschäft ausmachen. Dies sind vielmehr die hydraulischen Maschinen im großen, wovon ich in und bei Reichenbach manches Bewunderungswürdige gesehen habe. Bald hoffe ich von unserer Regierung zur Bestellung einiger Instrumente für die neue Sternwarte autorisiert zu werden. Freilich muß man, wegen des eben erwähnten Umstandes, sich gefaßt machen, etwas zu warten. Bei seiner Theilungsmethode, mit der er mich - obwohl unter der ausdrücklichen Bedingung, niemand etwas davon zu communiciren - bekannt gemacht hat, liegt eine sehr schöne, geniale Idee zum Grunde, die aber freilich in den Händen eines andern auch nur Skander Beghs Säbel sein würde.“

Auch die stärkste Vergrößerung gibt vollkommen scharfe Bilder. Hr. Hofr. Gauß bedient sich derselben gewöhnlich, obwohl sie, da das Gesichtsfeld dabei nur 9 Minuten im Durchmesser hält, eine etwas sorgfältigere Stellung der Höhe erfordert. Das Netz besteht aus Spinnfäden; der verticalen sind sieben, deren Zwischenräume von Sternen im Aequator in 10 Sekunden durchlaufen werden. Hat man die Fertigkeit, welche das Beobachten bei diesen kleinen Intervallen erfordert, einmal erworben, so findet man es überaus angenehm, in so kurzer Zeit eine so große Anzahl Antritte beobachten zu können"

„Das Stellen des Fernrohrs für jede vorgeschriebene Declination geschieht vermittelst eines kleinen am Fernrohr selbst nahe beim Ocularende befestigten, unmittelbar in Viertelsgrade und durch den Vernier in Minuten getheilten Kreises, auf dem sich eine Alhidade mit einer kleinen Libelle dreht; der Index an der Alhidade gibt sofort die Declination an. Diese Einrichtung gewährt den großen Vortheil, auch bei umgekehrter Lage des Instruments mit gleicher Leichtigkeit auf jede Höhe richten zu können; durch einen zweiten ähnlichen auf der andern Seite anzubringen den Kreis, welchen der Künstler noch nachliefern wird, wird noch der neue Vortheil erreicht werden, zwei schnell nach einander durch die Mittagsfläche gehende Sterne ohne Zeitverlust beobachten zu können.“

Nebenstehende Fig. 27 stellt diese Einrichtung dar, die Reichenbach mit dem sonderbaren Namen „Haarbeutel“ in seinen Briefen an Gauß bezeichnet. Sie war kurz vorher (1816) auch schon von Troughton an seinem für Greenwich gebauten großen Durchgangsinstrument angewendet worden.

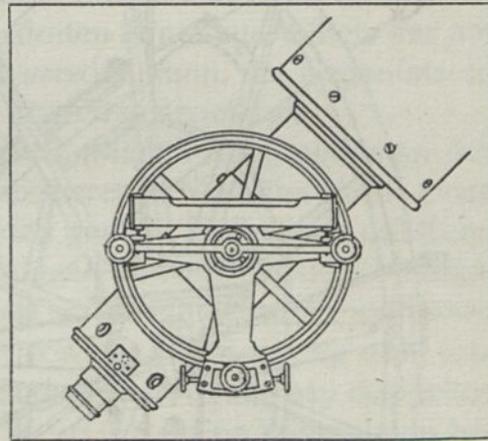


Fig. 27: Einstell-Kreis zum Passagen-Instrument.

ÜBER den Grundgedanken, der Reichenbach bei der Konstruktion seiner MERIDIAN-KREISE leitete, hat er sich in einem kleinen, im Nachlaß vorgefundenen Schriftstück, datiert vom 17. Juni 1819, ausgesprochen, das, wie es scheint, als eine Anweisung für die Aufstellung seiner für Göttingen und Königsberg bestimmten Kreise geschrieben ist. Reichenbach sagt in dieser Anleitung:

„Mein Meridiankreis ist ein in allen Theilen vollständiges Mittagsfernrohr, welches an der einen Seite seiner Achse einen Vollkreis trägt.“

„Mit einem solcher Gestalt zusammengesetzten Instrumente wäre man daher im Stande, die geraden Aufsteigungen und die Declinationen von einem am Himmel angenommenen fixen Punkte (z. B. dem Polarstern etc.), das ist mit einem Worte die Differentialdeclination der Gestirne zu bestimmen. Der getheilte Kreis sey in solchem Falle entweder an der Achse des Mittagsfernrohrs fest und mit dem Perspectiv beweglich, wo hingegen seine Nonier vom steinernen Pfeiler getragen werden, oder umgekehrt, so müßte man doch einen vollkommen unverrückten Stand des steinernen Pfeilers und hiemit der Nonier, oder im umgekehrten Falle, des Kreises, wenigstens durch 24 Stunden, voraussetzen, um solchen Declinations-Beobachtungen Vertrauen beyzulegen zu können. Da aber eine solche vollkommene Unverrücktheit der steinernen Pfeiler oder auch Mauern sich noch nirgends bewährt hat, so ist die Einrichtung eines jeden Meridiankreises, wobey die Nonier, Micrometer-Microskope, oder der Kreis, an einem Pfeiler absolut fest gedacht werden müssen, nicht nur allein für die Verlässlichkeit der Beobachtungen gefährlich, sondern auch unvollständig; gefährlich wegen der ständigen Beweglichkeit steinerner Mauern und Pfeiler, und unvollständig, weil dabey keine Breiten- und daraus folgernde vielseitige andere Bestimmungen, ohne die Voraussetzung eines zweyten Instrumentes (eines Zenith-Sectors u. d. g., wodurch der Colimations-Fehler am Kreise bestimmt werden muß) möglich sind.“

„Von jeher schon habe ich in der Instrumental-Astronomie durchaus den Grundsatz gehegt und befolgt, daß jedes Instrument alle Correctionen und Rectificationen in sich selbst besitzen muß, und keine derselben (am allerwenigsten aber die Bestimmung des Colimations-Fehlers) von einem andern entlehnen darf, weil außer dessen die Beobachtungen eines Instrumentes absolut als keine Original-Beobachtungen, sondern eigentlich nur als Differential-Beobachtungen eines andern, von welchem es seine Rectification entlehnt hat, zu betrachten sind.“

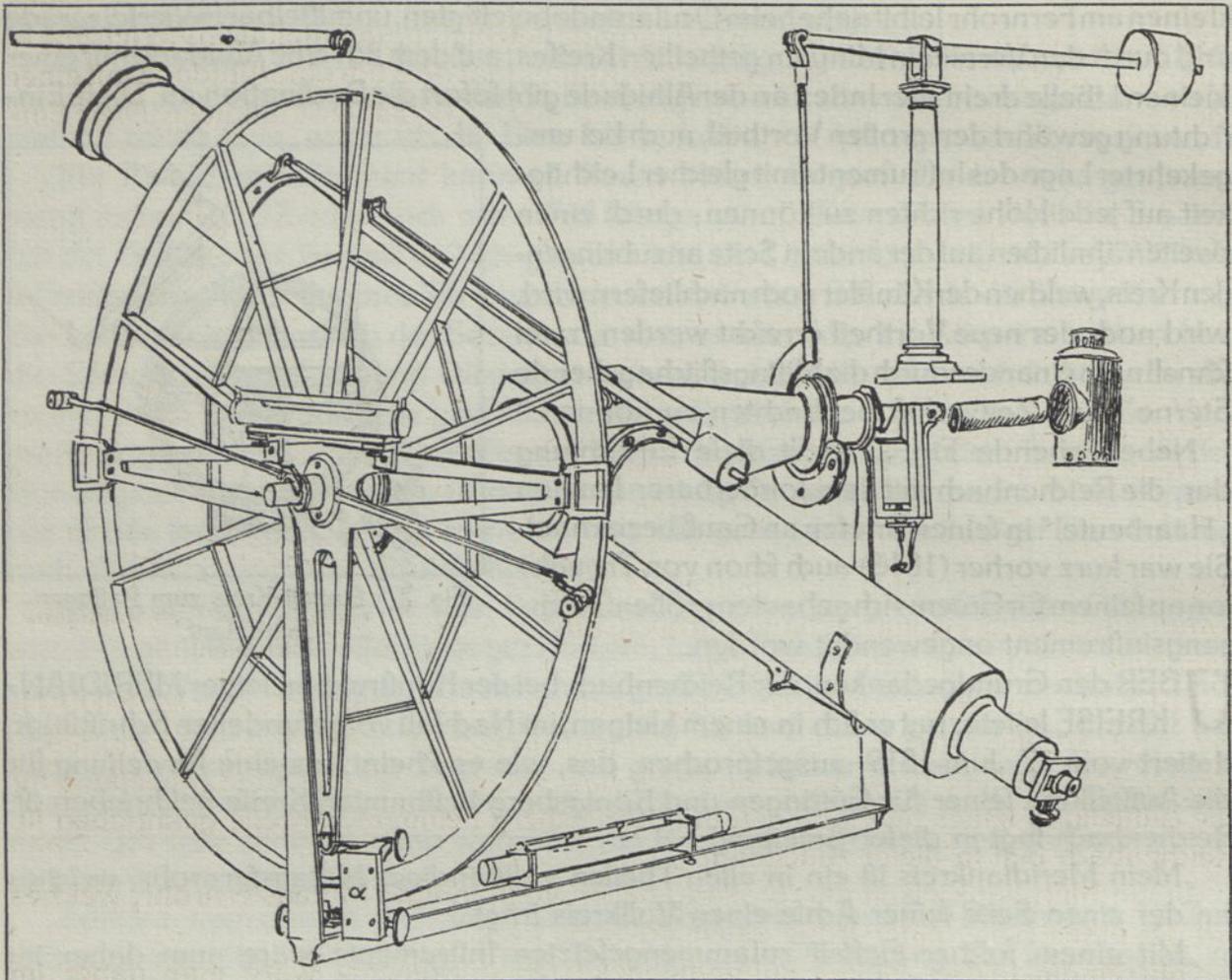


Fig. 28: Reichenbach's Meridiankreis für Neapel. (Handzeichnung von Reichenbach.)

Kreis: 3 Par. Fuß. M = 1 : 8.

„Solche Erfahrungen und Ansichten bewogen mich, meinem neuen Meridiankreise, der fest an einer Seite der Achse des Mittagsfernrohrs und damit im Meridian beweglich ist, auch eine um dieselbe Achse mit dem Kreise concentrisch sich drehende in Gestalt eines Vollkreises und 4 Nonier (welche von 2 zu 2 Secunden direct ansprechen) tragende Alhidade zu geben. Diese Alhidade trägt eine fest daran geschraubte sehr empfindliche Weingeistlibelle und kann an ihrem Umfange mittelst einer Micrometer-Schraube an der innern Seite des östlichen oder westlichen Pfeilers, je nachdem der Kreis gegen Ost oder West gekehrt ist, befestigt werden. Indem sich also der Kreis mit dem Perspektive im Meridian bewegt, steht die so befestigte Alhidade still und wird nach der auf ihr unverrückten Libelle durch die oben benannte Micrometerschraube jedesmal in ihre gehörige Lage gebracht, so oft sie durch Veränderung des sie festhaltenden Pfeilers oder wie immer verrückt wurde. Insoferne demnach bedeutende Temperatur-Veränderungen, wobey die Libelle selbst eine Veränderung erleiden könnte, ausgeschlossen werden, und solange die Libelle auf der Alhidade nicht verrückt

wird - ist also die Alhidade bei jeder Beobachtung als in vollkommener Ruhe zu betrachten und der gemessene Meridian=Bogen von einem angenommenen festen Punkte am Himmel oder auf der Eintheilung nach dem Grade der Genauigkeit des Instrumentes, der Beobachtung und des Ablefens, verläßig."

"Ich glaube mich nicht zu irren, wenn ich behaupte, daß auf keinem andern Wege ein vollkommener Meridiankreis, der zu allen Meridianbeobachtungen geschickt und verläßig ist, gedacht werden kann."

Die nebenstehende Skizze (Fig. 28) von Reichenbach's Hand entspricht ungefähr dem 1814 in Neapel aufgestellten dreifüßigen Meridiankreis, den BRIOSCHI in den *Commentari astronomici della specola di Napoli* (1824-26) beschreibt. Der Vollkreis mit den vier Nonien, wie ihn die Kreise von Göttingen und Königsberg aufweisen, fehlt hier noch. Seine Stelle vertritt ein dreiarmliges Gußstück, dessen zwei horizontale Arme die Nonien tragen, während die oben aufgesetzte Libelle vom dritten Arme aus mittels der am Pfeiler befestigten Mikrometerschraube (α) eingestellt werden kann. Im Gegensatz zu den Vertikalkreisen (Fig. 15 und 24) fehlt auch hier schon die Repetition.

"In neueren Zeiten", schreibt Reichenbach an Gauß (März 1816), "wo man sich wieder herabgelassen zu haben scheint, die nicht multiplicierende Meridian=Kreise eines Blickes zu würdigen, wozu meine auf halbe Sekunden genaue Eintheilung erst ihren eigentlichen Werth erhielt, habe ich gesucht das Mittags=Fernrohr mit dem Mittags=Kreise in einem einzigen Instrumente so vollkommen zu vereinigen, daß auch nicht der leiseste Wunsch mehr übrig ist . . . Ich kann mich von der Überzeugung nicht loswinden, daß bey beständiger Ablefung aller 4 Nonien dieses Instrument bey doppelten Zenithdistanzen keine halbe Secunde fehlen wird. Wenn sich meine Vermuthung bestätigen sollte, für was alsdann auf Sternwarten das eben so umständliche als langweilige und gefährliche multiplizieren? wo man sich mehr dem Zufall als seiner eigenen Ueberzeugung überlassen muß."*)

ZU Ende des Jahres 1819 waren die Meridiankreise in Göttingen und Königsberg aufgestellt worden und ein gleicher für SOLDNER, der inzwischen Direktor der Münchener Sternwarte geworden war, vollendet. Da zeigte sich, zuerst von Soldner, dann unabhängig davon von Bessel beobachtet, ein bedeutfamer Fehler: ein Federn der Speichen an der Alhidade wie auch am Meridiankreis selbst, wenn der Kreis nach Feststellung der Alhidade gedreht wurde.

"Es spuckt bey dem Meridiankreise", schreibt Reichenbach (im Oktober 1819) an Gauß. "Erschrecken Sie aber darum nicht mein verehrtester Freund! Denn Sie wissen, daß wenn man den Teufel kennt und den Ort weiß, wo er sich aufhält, so ist er auch bald gebannt und das ist der Fall mit dem Meridiankreise."

"Sie wissen, wie oft ich Ihnen schon von dem großen Einfluße der Flexibilität der Metalle bey den Instrumenten gesprochen und geschrieben habe, aber Sie wollten mir die Sache doch nie recht aufkommen lassen; ich wurde dadurch selbst veranlaßt meiner gar zu

*) Hiezu noch eine charakteristische Bemerkung bezüglich der NONIENABLESUNG, die Reichenbach in der genannten "Anleitung" bei Gelegenheit der Vorschriften über die zentrische Befestigung des Teilkreises macht:

"Bey der mittleren Angabe von vier Ablefungen der gegenüberstehenden Nonier hat die Excentricität einer vollkommen genauen Eintheilung wie die meinige ist, gar keinen Einfluß auf die Verläßigkeit der Beobachtung. Ich für meinen Theil würde fogar eine kleine Excentricität bey einer solchen Eintheilung vorziehen, weil dadurch der Beobachter gezwungen ist, jeden Nonius ohne Vorurtheil scharf zu lesen, als bey ganz concentrischer Eintheilung, wo man, nach der Ablefung des ersten Nonius bey den übrigen öfters gerne sieht, was wirklich nicht ist."

In ähnlichem Sinne schreibt BESSEL an Olbers nach Aufstellung seines Kreises (Brief vom 13. Januar 1820):

"Bei dem Gebrauch der Nonien ist eine Praeoccupation nicht gut zu vermeiden, wenn nicht eine merkliche Excentricität des Kreises vorhanden ist, sodaß jeder Nonius etwas anderes angibt. Bei dem Zusammensetzen des Instrumentes hoffte ich daher, daß eine solche Excentricität sich finden werde; wengleich ich das Anschrauben mit Vorsicht besorgte, und so, daß sie nicht sehr groß werden sollte. Nun ist aber diese Vorsicht weiter gegangen als ich wollte; der Kreis sitzt ohne Excentricität auf der Axe, und alle vier Nonien geben immer dieselbe Secunde! Wenn dieser Zufall mich auch zwingen wird, die Arbeit des Zusammensetzens nochmals zu wiederholen, so bin ich doch damit zufrieden, weil ich hier einen sehr augenscheinlichen Beweis der unbegreiflichen Schönheit der Theilung erhalten habe."

großen Aengstlichkeit hierüber in etwas nachzugeben, und nun haben wir die schwere Noth; die Alhidade am Meridiankreise ist vollkommen equilibriert und ihre Reibung am Centrum dergestalt unbedeutend, daß wenn dieselbe (selbst im unequilibrirten Zustande) in einen kleinen Schwung mit dem Finger gebracht wird, sie 2-3 mal von sich selbst umläuft. An dem Umfange hat sie völlig gar keinen Widerstand."

„Die Hauptlibelle auf der Alhidade ist geflüßentlich gegen der Mitte innerhalb der Querspeichen angebracht, um jeden Einfluß der Dilatation auf dieselbe so viel als möglich zu vermeiden. Man sollte also denken, daß wenn die so sanft bewegliche Alhidade an ihrem Umfange fest gehalten würde, daß ihr ganzer Körper mit der darauf befindlichen Libelle in vollkommener Ruhe bleiben müßte, wenn der Kreis um seine Axe und also um dieselbe gedreht wird, aber das ist keineswegs der Fall. Indem die Peripherie der Alhidade durch ihre Micrometer-Schraube wirklich festgehalten wird, dreht sich beym Drehen des Kreises (bloß durch die geringe Friction am Zapfen) das Centrum der Alhidade und hiermit die in dessen Nachbarschaft befestigte Libelle nach dieser oder jener Seite, je nachdem der Kreis vor- oder rückwärts gedreht und in dieser Spannung erhalten wird. Alle 10 Speichen der Alhidade federn daher durch diese wirklich unbedeutende Friction im Centrum, welche durch die Kraft eines Postzugs von 4 gesunden Maykäfern überwunden werden könnte; und diese Federung des Centrums, vielmehr derjenigen Entfernung von demselben, woran die Libelle befestigt ist, beträgt am hiesigen Kreis 6“."

Auf Grund einer Reihe eingehender Versuche, die Reichenbach zusammen mit Soldner vornimmt, ergibt sich die Notwendigkeit, die Feststellung der Alhidade nicht an der Peripherie, sondern von der Achse aus vorzunehmen. „Die Friction der Alhidade darf während der Bewegung des Kreises nicht an der Peripherie, sondern sie muß durch einen eigens am Centrum derselben befestigten Arm überwunden und damit die Alhidade ganz frei gemacht werden.“

„Aber werden Sie denken, warum hat der Himmelfacernent ein Instrument mit einem so wesentlichen Constructionsfehler, welcher erst nachher behoben werden muß, geschickt?“ Diesem Selbstvorwurf begegnet Reichenbach in seinem Brief an Gauß, indem er mit voller Offenheit darlegt, wie ihn zuerst Soldner auf Abweichungen in den Beobachtungen aufmerksam gemacht habe, die er nun, trotz seiner Überhäufung mit mannigfachen Geschäften gründlich untersuchen und abstellen wolle.

Gauß hatte inzwischen darauf hingewiesen, daß der Kreis selbst dieselben Erscheinungen des Federns der Speichen zeigen müsse. Diese letzteren unschädlich zu machen schlägt Reichenbach zunächst vor, die Einstellungen immer nur nach einer Richtung vorzunehmen, „die Geschicklichkeit des Beobachters muß die letzten Fehler des Kreises aufheben“. Aber dieser „Kunstgriff“ läßt ihm doch keine Ruhe: „Dem Menschen in der Noth,“ schreibt er 14 Tage später, „ist jede Hülfe willkommen, die er auf dem kürzesten Wege erreichen kann, und so ging es mir, als ich Ihnen zur Hebung der Flexibilität des Kreises den Vorschlag that, immer nach einerley Seite oder einerley Spannung des Kreises einzustellen; allein späterhin erwuchs ein nagender Wurm in mir, denn wer berechtigt mich zu behaupten, daß die Friction nach derselben Richtung immer constant ist? und wer kann einen andern zwingen, solches zu glauben? und in dem jetzigen Zustande der Astronomie will man ohnehin alles wissen und nichts glauben. Ich sah mich also bey der nächsten Muße genöthigt, meine Flexibilitätsversuche an dem hiesigen Meridiankreise, die ich mit der Alhidade früher schon durchgemacht hatte, nun auch mit dem Kreise und der großen Hauptachse gemeinschaftlich mit Herrn Soldner fortzusetzen.“

Als Resultat der Untersuchung, bei der Reichenbachs Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit ganz besonders hervortritt, ergibt sich: „Um den strengen Astronomen gänzlich zu

beruhigen, müssen die Umfänge des Kreifes und der Alhidade gänzlich frey gelassen und sowohl der Alhidade als der Hauptachse eigene Hemmungsarme gegeben werden. *)

EINER weiteren scharfen Kritik, aus der er glänzend hervorging, ward Reichenbach's für Königsberg gelieferter Kreis unterzogen, als Bessel Unstimmigkeiten bemerkte in den Polardistanzen, die auf Grund von Beobachtungen mit dem Göttinger und mit dem Königsberger Kreis sich ergaben.

„Es muß,“ schreibt Bessel (November 1820) an Olbers, „etwas im Instrument vorhanden sein, was zwischen dem Zenith und dem Pole entweder meine Distanzen zu groß, oder die Göttinger zu klein macht, und was nothwendig erklärt werden muß, wenn nicht auf allen Polar-Distanzen ein Zweifel bleiben soll. Es kann dies nichts anderes sein als Theilungsfehler; wenigstens glaube ich dies. Auf jeden Fall muß ich nun die Schwierigkeiten, welche aus der Construction des Instrumentes hervorgehen, überwinden und die Theilung untersuchen: denn hier muß entweder Sicherheit erlangt werden, oder das Beobachten ist unnütz. Wenn sie selbst gesehen hätten, welche prachtvolle Instrumente diese Kreise sind, so würden Sie mit mir die Überzeugung theilen, daß durch zweckmäßiges Verfahren auch das Zehnthel der Secunde nicht zweifelhaft bleiben darf: wenigstens nicht eher, als bis die Nothwendigkeit davon klar wird.“

Die Prüfung erfolgt mit Hilfe eines Apparates von vier Mikrometer-Mikroskopen, den Bessel bei Pistor in Berlin - Reichenbach hatte ihm keinen Prüfungsapparat fertigen wollen - bestellte, und erstreckt sich auf „die Bestimmung der regelmäßig fortschreitenden Fehler der Diameter und die Schätzung der zufälligen, von jedem Gesetze abweichenden Fehler der Striche.“ Aus der in einem Brief an Olbers vom 1. September 1821 ausführlich beschriebenen Untersuchung geht hervor, „daß die ersten Fehler, bei vier Ablefungen, sich größtentheils vernichten, und daß ein auf diese Weise erhaltener Winkel nie mehr als 0,5 Sekunden von der Wahrheit abirren kann.“ Für die zufälligen Fehler der einzelnen Striche ergeben sich bei 7200 Strichen $\pm 0,3251$ Sekunden als wahrscheinliche Abweichung.

„Diese Resultate,“ schreibt Bessel, „haben mich in Verwunderung gesetzt, indem eine so große Vollkommenheit wohl einzig in ihrer Art sein möchte; dennoch werden Viele, welche es für so leicht halten, eine Richtigkeit von 1“ zu erlangen, diese Fehler noch viel zu groß finden. Diese haben aber ebenso Unrecht wie Delambre, welcher einen Fehler von 3“ für unvermeidlich hielt. Die Wahrheit ist, daß man die Genauigkeit ohne Zweifel bis auf einen kleinen Bruch einer Secunde treiben kann; allein das geht nicht durch blosses Umdrehen des Kreifes. Bei allen Instrumenten muß man Prüfungen nach ihrer Vollendung vornehmen; dadurch gelangt man wirklich weiter, wo man es aber vernachlässigt, wird der Fehler erscheinen.“

*) Es sei hier noch auf zwei Briefe von BESSEL an OLBERS verwiesen, deren einer vom 23. Januar 1817 nach Bestellung, deren zweiter, vom 29. November 1819, nach Empfang des Meridiankreises geschrieben ist:

„Ich habe,“ heißt es im ersten, „nicht durchsetzen können, daß Reichenbach Microscope statt der Nonien nimmt; ebenso wenig habe ich Pendelfäden statt der Wasserwagen erlangen können. Ich weiß wol, daß ein denkender Künstler wie Reichenbach seinen eigenen Weg geht und deshalb auch nicht zu tadeln ist; daher habe ich auf meinen Einwürfen nicht so fest bestehen wollen, wie es nach meiner Ueberzeugung eigentlich hätte geschehen sollen; ich habe lieber Reichenbach's Ueberzeugung ein Gewicht über der meinigen eingeräumt und hoffe dabei nicht schlecht zu fahren.“

In dem zweiten Briefe, in welchem er über die oben dargelegten, durch die Flexion hervorgerufenen Fehlerquellen berichtet, gibt Bessel einer gewissen Enttäuschung Ausdruck, die er empfindet, „nicht über die Schönheit der Arbeit und Theilung, die Vollkommenheit der Gläser etc., sondern über die ganze Idee,“ welche jene Fehler zur Folge gehabt. Auch mangle die Symmetrie des Aufbaues, welche Bessel dann durch Einfügung eines zweiten ungetheilten Kreifes „allein um daran zu drehen,“ zu erreichen sucht. Bessel hatte bis dahin mit dem CARY'schen Kreise (vergl. Seite 37, 38) hauptsächlich gearbeitet und war mit dessen Eigenschaften aufs genaueste vertraut; er hatte (Brief an Gauß, vom 30. Dezember 1813) bei Gelegenheit der Prüfung dieses Kreifes die Methode aufgestellt, aus einer Anzahl in gleichmäßigen Abständen fortschreitender Beobachtungen die Korrekturen zu entwickeln. So trennt sich Bessel ungern vom Cary'schen Kreise: „Es ist mir klar geworden, daß, wenn Reichenbach auch in mancher Rücksicht weiter ging als seine Vorgänger, diese doch die vornehmen Blicke nicht verdienen, mit welchen manche Astronomen, die ihre Werke nicht gehörig kennen, auf sie herabsehen.“ (Vergl. hier die Bemerkung Klüber's, Seite 41). Um so höher ist die Anerkennung zu schätzen, die Bessel ausspricht, nachdem er aufs gewissenhafteste das neue Instrument geprüft und untersucht hat.

Als Antwort (14. Oktober 1821) auf Bessels Darlegung findet Olbers die schönen Worte: „Die fast unbegreifliche Genauigkeit der Theilung Ihres Kreises habe ich nicht mehr bewundert, als die ebenso erstaunliche Schärfe und höchst scharffinnige Art Ihrer Prüfung. Sie, lieber Bessel, und unser Gauß machen eine förmliche Revolution und eine Epoche in der beobachtenden Astronomie. Was läßt sich in Ihren Händen mit einem solchen, so geprüften Werkzeug ausrichten!“

REICHENBACH's ÄQUATOREALE. Pater GRIENBERGER, Mathematiker am Collegium Romanum hat um 1618 eine „MACHINA ÄQUATORIALIS“ konstruiert, die als die Grundform für die sogenannte „DEUTSCHE AUFSTELLUNG“ eines um die Polarachse drehbaren Instruments betrachtet werden kann. Sie ist durch CHRISTOPH SCHEINER berühmt geworden, der sie als „TELESCOPIUM HELIOTROPICUM“ zur Beobachtung der Sonnenflecken verwendete. Fig. 29 zeigt sie in dieser Anordnung nach den

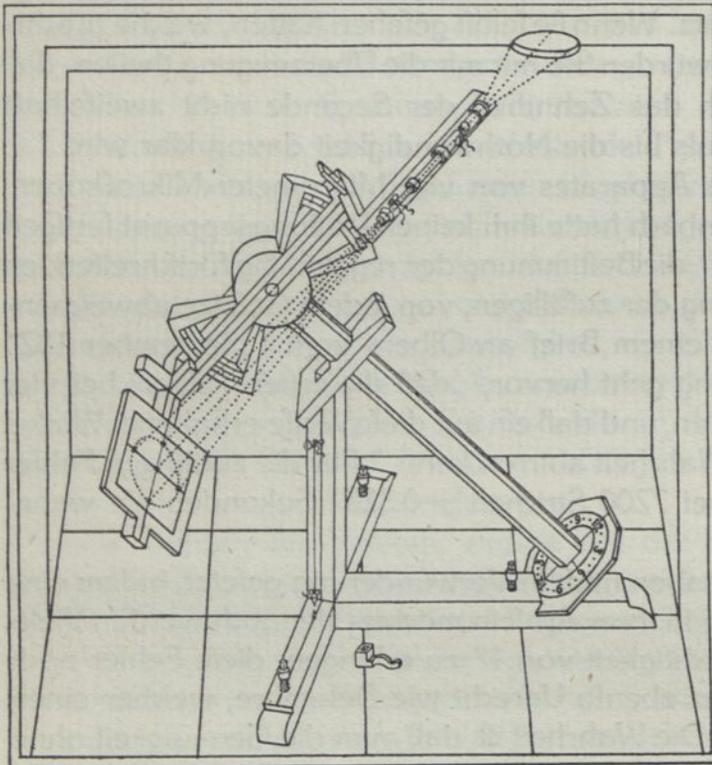


Fig. 29: Chr. Scheiner's „Telescopium heliotropicum“.
Typus der „deutschen Aufstellung“ eines Äquatorials.

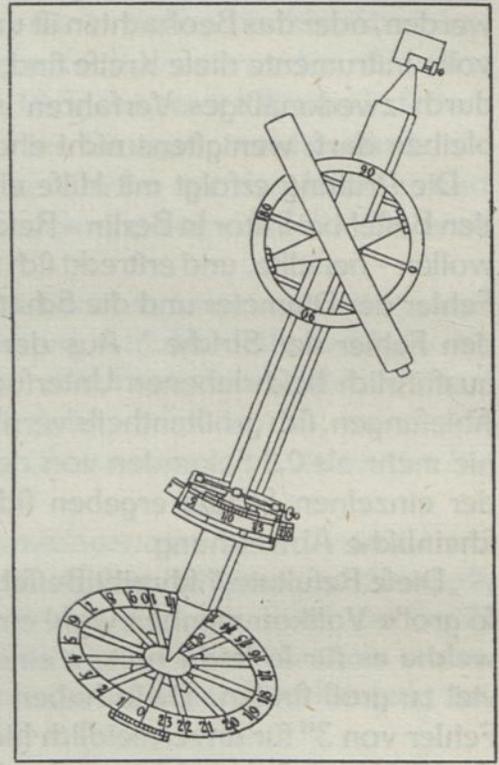


Fig. 30: Sisson's „Equatorial sector“.
Typus der „englischen Aufstellung“ eines Äquatorials.

Abbildungen in Scheiner's „ROSA URSINA“*): Eine lange Polarachse, die am unteren Ende den Stundenkreis trägt, ruht auf zwei Lagern. Der Deklinationskreis, hier in Gestalt zweier symmetrischer Kreisbögen, ist oberhalb des oberen Lagers an einem Kopfe angebracht, um welchen sich das auf langem Rahmen befestigte Fernrohr drehen läßt.

Dann hat OLAF RÖMER um 1690 mit ähnlicher Anordnung von Stundenkreis und Fernrohr eine „Machina äquatoria“ gebaut, die in Horrebow's Basis astronomiae beschrieben und abgebildet ist.

SISSON's um 1700 aufgestellter „Equatorial sector“, beschrieben in Vince's „Treatise on practical astronomy“ (vergl. die schematische Fig. 30, nach Repfold Fig. 94) ist dagegen wohl das erste größere Instrument mit „ENGLISCHER AUFSTELLUNG“. Hier ist Fernrohr und Deklinationskreis zwischen den beiden Lagern der Polarachse angebracht, das Fernrohr überdies seitlich in unsymmetrischer Anordnung.

Um 1791 hat dann RAMSDEN ein Äquatoriale für Shuckburgh vollendet (beschrieben in den Londoner Philosophical Transactions, 1793), ganz nach dem Vorbild

*) Vergl. A. v. Braunmühl's Abhandlung über Christoph Scheiner, Bamberg 1891.

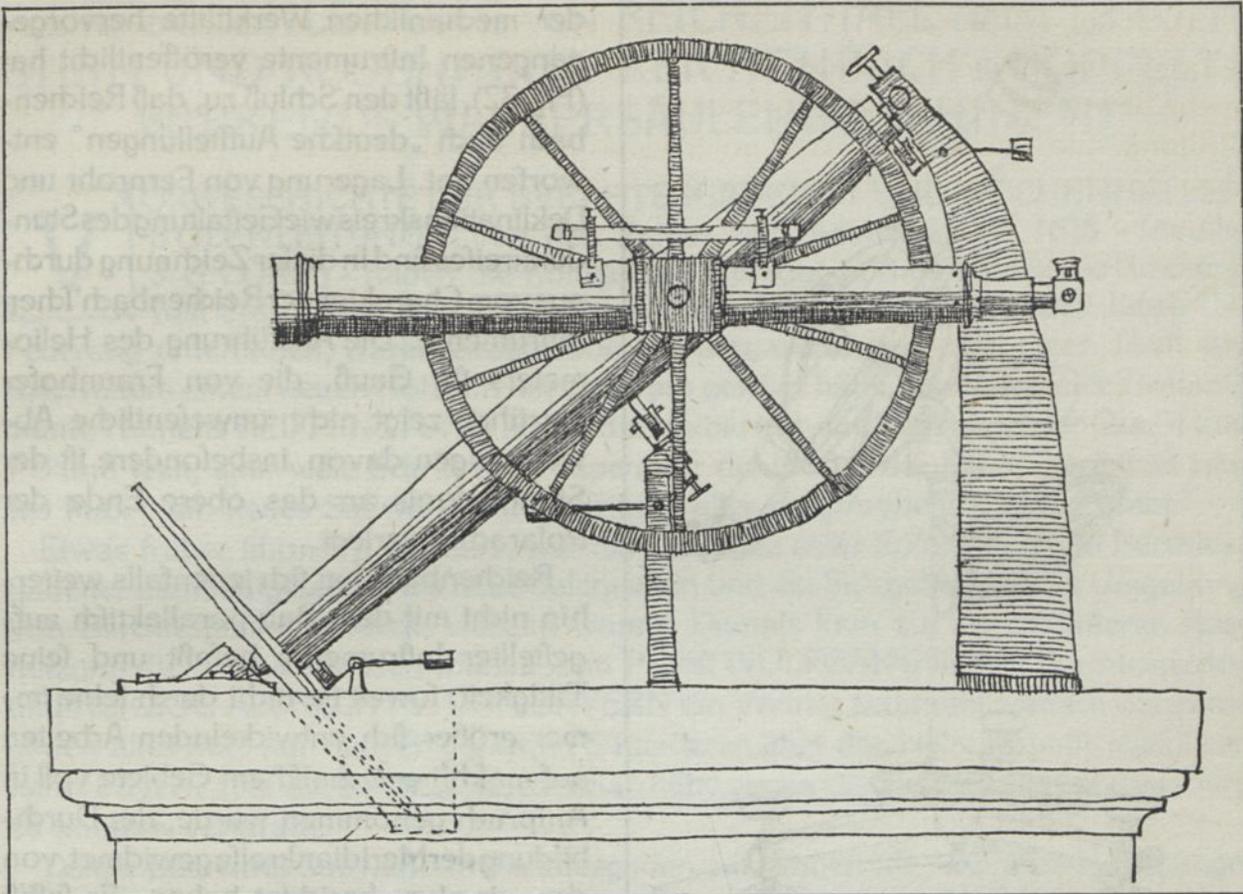


Fig. 31: Reichenbach's Äquatoreal für Neapel. (Handzeichnung von Reichenbach.)

Kreis: 2 Fuß. M = 1 : 10.

feines in Fig. 22 wiedergegebenen Altazimut, vor allem bezüglich der symmetrischen Anordnung von Deklinationkreis und Fernrohr zwischen der in sechs Säulen geteilten Polarachse, deren Konstruktion auch sonst mit dem an ihr befestigten Stundenkreis der vertikalen Achse des Altazimuts und ihrem Azimutalkreis entspricht.

DIESE „englische Aufstellung“ hat auch REICHENBACH dem Bau seiner für Ofen und Neapel ausgeführten großen Äquatoreale zu Grunde gelegt. Fig. 31 gibt, nach einer Skizze Reichenbach's, das für Neapel gelieferte Instrument wieder und zeigt schematisch die Ausbalancierung der Hauptachse. Der Deklinationkreis mißt 24 Par. Zoll im Durchmesser, der Stundenkreis 20 Zoll. Im übrigen hat Reichenbach auch hier die (unsymmetrische) Anordnung seines „Vertikalkreises“ (Fig. 24) beibehalten, nur die Repetition, wie bei den großen Meridiankreisen (Fig. 28), weggelassen.

DIE Lage des Fernrohrs zwischen den Enden der Polarachse beeinträchtigte hier, wie bei allen Instrumenten englischer Aufstellung, die Benützbarkeit, besonders in der Umgebung des Pols. Es traten daher bald darauf, zunächst an kleineren Instrumenten, am Heliometer, ausgebildet, die Instrumente mit deutscher Aufstellung in den Vordergrund. Der Typus des modernen, parallaktisch aufgestellten Instruments ist FRAUNHOFER'S GROSSER REFRAKTOR, für die Dorpater Sternwarte 1824 vollendet, geworden, den W. STRUVE ausführlich beschrieben hat. Vorstufen seiner Konstruktion lassen sich bis zum Jahre 1813 verfolgen, in welchem Gauß ein Heliometer bei Reichenbach bestellt. Die Vollendung dieses Heliometers erfolgte durch Fraunhofer im Jahre 1814, in der Zeit nach der Trennung Reichenbach's von Utzschneider und Fraunhofer. Es läßt sich nicht feststellen, welchen Anteil Reichenbach am Entwurf des mechanischen Teiles dieses Instrumentes genommen hat (der optische war hier jedenfalls, wie auch sonst, Sache Fraunhofers allein). Nur eine Zeichnung für ein KLEINERES ÄQUATOREAL auf tragbarem Stativ, welche Liebherr in jener schon erwähnten Sammlung der aus

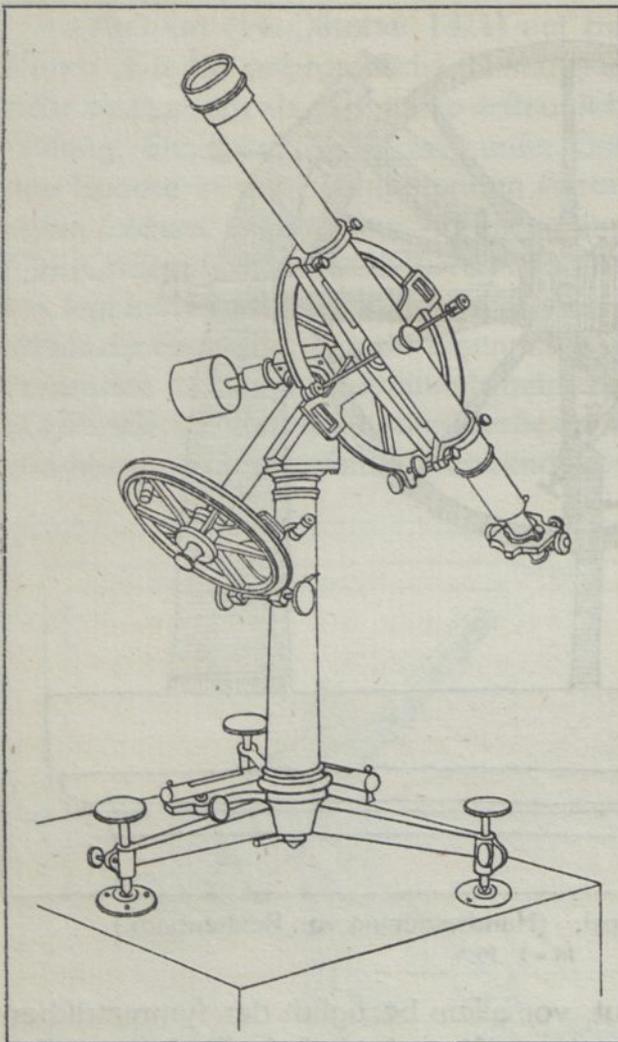


Fig. 32: Kleines Äquatorreal nach Liebherr.

der mechanischen Werkstätte hervorgegangenen Instrumente veröffentlicht hat (Fig. 32), läßt den Schluß zu, daß Reichenbach auch „deutsche Aufstellungen“ entworfen hat. Lagerung von Fernrohr und Deklinationskreis wie Gestaltung des Stundenkreises sind in dieser Zeichnung durchaus vom Charakter der Reichenbach'schen Instrumente. Die Ausführung des Heliometers für Gauß, die von Fraunhofer herrührt, zeigt nicht unwesentliche Abweichungen davon, insbesondere ist der Stundenkreis an das obere Ende der Polarachse verlegt.

Reichenbach hat sich jedenfalls weiterhin nicht mit dem Bau parallaktisch aufgestellter Instrumente befaßt und seine Tätigkeit, soweit sie nicht durch seine immer größer sich entwickelnden Arbeiten auf maschinentechnischem Gebiete voll in Anspruch genommen wurde, der Durchbildung der Meridiankreise gewidmet, von der wir oben berichtet haben. Er selbst charakterisiert den Abschluß seiner Lebensarbeit auf astronomischem Gebiet in einem Briefe an Bessel vom 14. Dezember 1820 (zuerst veröffentlicht in Repsold's Werk) mit den Worten:

„WOHL habe ich mich in der Hauptsache von den astronomischen Geschäften zurückgezogen, allein Sie wissen, der alte Fuhrmann läßt das klatschen nicht, und so werde ich für diese schöne Wissenschaft immer thätig bleiben. Wenn ich auch selbst keine Instrumente mehr mache (was ich im eigentlichen Sinne schon mehrere Jahre nicht mehr gethan habe, da ich nur deren Verfertigung leitete, die Constructionen dazu entwarf und nur da Hand anlegte, wo die anderen nicht mehr fortkommen konnten, weil ich es ihnen vorher entweder noch nicht recht gezeigt, oder noch nicht ganz eingeübt habe), so werde ich die Sache doch nie aus den Augen verlieren und den Instrumentenmachern jederzeit den geeigneten Impuls zu geben wissen.“

DIE große technische Aufgabe, mit der Reichenbach, zum ersten Male im Jahre 1807, betraut wurde und vor die er, mit noch höheren Anforderungen an Erfindungsgabe und Schaffenskraft, zehn Jahre später wiederholt gestellt wurde, die seine Arbeitsfreudigkeit und seinen Arbeitsmut mehr und mehr in Anspruch nahm, war der Bau der Solenleitung von Reichenhall nach Rosenheim und von Berchtesgaden nach Reichenhall und die Konstruktion der zur Überwindung der Höhen nötigen Fördermaschinen. Die für diesen Zweck erdachte Wasserfäulenmaschine hat vor anderem Reichenbach's Namen berühmt und allbekannt gemacht.

„Diese Unternehmung“, schreibt Reichenbach an Gauß wenige Tage nach der Vollendung seines Werkes am 31. Januar 1818, „ist zwar himmelweit von der Astronomie verschieden, aber es ist ja doch auch keine Schande, wenn wir dann und wann vom Himmel hinweg auf die gemeine Erde herunterschauen.“

7. DIE SOLENLEITUNG VON REICHENHALL NACH TRAUNSTEIN UND ROSENHEIM. REICHENBACH'S DOPPELTWIRKENDE WASSERSÄULENMASCHINEN.

VORGESCHICHTE DER BERCHTESGADENER UND REICHENHALLER SOLENLEITUNG. „Von den Zeiten der Theodonen bis 1618 - schreibt J. G. LORI*) - haben die Könige und Herzoge in Baiern allein zu Reichenhall Salz kochen lassen. Die Hochwälder, womit man über 1200 Jahre die Feuerung unterhalten, wären endlich öde worden, wenn man nicht einen Theil des Salzwassers einem neuen Holzvorrath entgegen geleitet hätte. Ein bairischer Zimmermann, Namens REIFFENSTUHL, führte die Halbscheid der Sohle von der Quelle aus 7 Stund weit, über viele Schritt hohe Alpen vor die Mauern der Stadt Traunstein hin, wo Max I. ein neues Sudwerk, mit Ertheilung aller Bergfreyheiten, aufgerichtet.“

Etwas früher schon**), um 1559, war der Gedanke einer Solenleitung im Berchtesgadener Land aufgetaucht, als neue Salzquellen und ein Salzgebirge in der Umgebung von Berchtesgaden entdeckt worden waren. Damals kam zur vorteilhafteren Ausnutzung dieser Salzvorräte zwischen dem Probst WOLFGANG II. von Berchtesgaden und HERZOG ALBRECHT V. VON BAYERN ein Vertrag zustande, wonach Berchtesgaden alles Salz nur nach Bayern (auf Saumtieren über den Hallturmpaß) ausführen sollte, Bayern aber die Berchtesgadener Salzflätte gegen den Fürstbischof von Salzburg zu schützen versprach.

Da der Bau eines Sudwerks in Berchtesgaden auf Hindernisse stieß, auch Holzmangel zu befürchten stand, machte der Probst in einem Schreiben an den Herzog den Vorschlag, das Salzwasser nach Reichenhall zu führen und dort zu kochen: „Wie ich denn vernimm“, daß diesen Bron durch künstliche Hebung und Wasserleiten gen Reichenhall zu bringen woll nützlich seyn sollte“. Der Herzog ging aber auf die Sache nicht ein, da einige nach Berchtesgaden abgefandte Räte ihre „unterschiedliche Bedenken hierbey zu erkennen gaben“.

IN einem bestimmten Projekt tritt dann dieser Vorschlag unter der Regierung von HERZOG MAXIMILIAN I., dem späteren Kurfürsten, im Jahre 1612 wieder auf. Zu den glücklichen Unternehmungen, mit denen dieser Fürst die finanzielle Lage seines Landes zu kräftigen bemüht war, gehört die Ausdehnung der Salzgewinnung zu Reichenhall und die Erweiterung der Salinenwerke. In Anlehnung an jenes frühere Projekt des Probstes von Berchtesgaden wollte man zunächst eine Solenleitung auf der alten Salzstraße über den Hallturmpaß nach Reichenhall legen.

TOBIAS VOLKHMER, aus Braunschweig, des Herzogs Mathematiker und Goldschmied, wurde mit den Vorarbeiten beauftragt und es ergab sich aus einer von ihm durchgeführten Vermessung, daß eine 75389 Fuß lange Leitung mit drei Solenhebe-
maschinen zu bauen war, wozu 5385 Teicheln von Tannenholz, je 14 Fuß lang, hätten verwendet werden sollen. Allein der Plan beruhte, weil ein anderer wichtigerer auftrat und zur Ausführung kam:

DIE SOLENLEITUNG VON REICHENHALL NACH TRAUNSTEIN. Auch in Reichenhall nämlich hatte man um 1613 neue Salzquellen entdeckt, die, ohne sich dem Holzmangel auszusetzen, dort nicht hätten verfotten werden können. Da schlug

*) J. G. LORI „Sammlung des bairischen Bergrechts“ München 1764: Einleitung in die bairische Bergrechtsgeschichte, § 52: Über den Ursprung des Salzsudwerks und des Bergrechts zu Traunstein.

**) Wir folgen hier einem Bericht des Generaladministrators von FLURL „Über die schon öfters vorgeschlagene und mit Ende December 1817 zu Stande gekommene merkwürdige Salzwasserleitung von Berchtesgaden nach Reichenhall“ (1818), sowie FLURL's Abhandlung über die „Ältere Geschichte der Saline Reichenhall“. Denkschriften der k. b. Akademie der Wissenschaften, Bd. 2, 1808/09. Eine Beschreibung der Salinen selbst enthält KARSTEN's „Metallurgische Reise durch einen Theil von Baiern und durch die süddeutschen Provinzen Oesterreichs“. Halle 1821.

der Hofkammerrat OSWALD SCHUSS vor, einen Teil der siedewürdigen Quellen in die INZELL und nach SIEGSDORF durch ein Wasserwerk zu führen und dort zu versieden, „weil im Landgericht Marquardstein und im Miesenbach überfländige Waldungen genug wären“.

HANS REIFFENSTUEL, des Herzogs Hofbaumeister, hatte schon unter Herzog Wilhelm V. den Wasser- und Brückenbau in Altbayern geleitet, unter anderem den Rechenbau an der Isar bei München (die sogenannten Harlachinger Ueberfälle) und den Holzgarten zum Einfangen des Triftholzes gebaut, später unter Maximilian I. zusammen mit Heinrich Schön und Peter Candid die „alte Residenz“ (die gegen die Residenzstraße zu liegenden Teile mit dem Grotten- und Kapellenhof) gebaut.

Er getraute sich, „das neue Salzflüßel von Reichenhall nach Traunstein hinauszuführen“; fügte jedoch bei „man möchte, weil ein solch Werk gar weit hineinzeigt und beforglichen unter 20000 fl nicht erhoben werden könnte, auch andere verständige Brunnenmeister, besonders jene von Braunau und Augsburg nach und nach beschreiben, und selbe um ihre Meinung hören.“ Herzog Maximilian erteilte im Jahre 1615 den Auftrag zur Prüfung des Vorschlags. „Die Unkosten“, sagt die herzogliche Weisung, „wären ja nicht zu achten, wenn's nur dadurch in Gang zu bringen und wenn selbe wegen der Unmöglichkeit nicht vergebens verwendet würden.“ Auch die Augsburger Brunnenmeister hielten die Durchführung für möglich, „wenn nur die zu den Druckwerken nöthigen Aufschlagswasser weder im Winter noch im Sommer sich verlieren.“ Darüber aber wurden die ältesten in der Gegend anäßigen Bauern vernommen und auf eine solche Art in jenem Jahr noch über alles Nöthige genaue Erkundigung eingeholt.

TOBIAS VOLKHMER wurde zur „Vermessung und Abwägung“ nach Reichenhall gefandt. Sein Vermessungsplan, von Reichenhall über den Jettenberg in die Inzell, den wir in Facimiledruck auf Tafel V wiedergeben, wird noch heute in der Plansammlung der Generaldirektion der Berg-, Hütten- und Salzwerke aufbewahrt. Auf seiner Grundlage stellen der Augsburger Brunnenmeister Heiß und Hofbaumeister Hans Reiffenstuel ihre Anträge. Als Reiffenstuel erklärt, „daß er Meister genug habe, die geschickt wären, den Bau zu führen, ohne daß es nöthig sei, hiezu fremde Leute (er meint die Augsburger) mit großen Unkosten zu verschreiben“, wird ihm vom Herzog am 3. Dezember 1616 die Ausführung des Unternehmens übertragen.

ZU Anfang des Jahres 1617 begann der Bau, in dessen Verlauf sich die Ausdehnung der Leitung bis Traunstein als zweckmäßig erwies, da dort beim Schlosse Anger, in der jetzigen sogenannten Au eine vortreffliche Gelegenheit zur Errichtung der Sudhäuser gegeben war. Dort wurden noch im Jahre 1618 zwei Sudhäuser fertiggestellt. Bezüglich ihrer Ausführung besagt ein vom Herzog an Reiffenstuel erlassener Befehl: „Er hätte sich nicht irren zu lassen, obschon werkmeisterischen Erachten gemäß das ein oder andere schöner, zierlicher und handfamer errichtet werden möchte, weil auf daselbe gar nicht zu achten, sondern nur dahin zu sehen, und zu trachten ist, wie ein und das andere zu stätten nützlichen Gebrauch gerichtet werde.“

Die Solenleitung war im Jahre 1619 so weit vollendet, daß noch im Sommer zu Traunstein auf drei Pfannen gelotten werden konnte.

„Nachdem nunmehr“ - beginnt der von einer Probefendung des Salzfuds begleitete Bericht Reiffenstuel's an den Herzog - „das zu Reichenhall vom Salz-Haupt-Brunnen herausgeleitete Wasser in die hiezu erbaute Wasserstuben hier eingerunnen, ist anheute, nach gehabten Gottesdienst mit Sieden (auf drei Pfannen) der Anfang gemacht, und die Sache also gefunden worden, daß es zeitlich gutes Salz gegeben, wie zu mehrer Verification Euer Durchlaucht hiemit ein Muster gnädigst empfangen; Also daß allerseits gute Hoffnung zu machen, es werde dieses Werk zu E. Durchl. gnädigsten Contento unfehlbar ausfallen, und der aufgewandte Unkosten wohl angelegt sein.“

Auf Tafel VI ist der gleichfalls in der Sammlung der Generaldirektion aufbewahrte Plan dieser über acht geometrische Stunden (31 Kilometer) langen Leitung wieder gegeben. Die Linie ist im wesentlichen die heutige, in der Karte Fig. 33 (S. 57) eingetragene. Auch die Brunnenhäuser mit den Hebemaschinen liegen heute noch an den damals ausgewählten Punkten. Es waren zu Anfang sechs, nämlich zu FAGER, am SEEBICHL, im UNTER- und OBERNÖSSLGRABEN, zu NAGLING und LETTENKLAUSE, zu denen, als bei Nagling, wegen des zu hohen Druckes viele Teicheln sprangen, noch das Brunnhaus bei WEISBACH trat. Diese sieben Brunnhäuser waren mit „Druckwerkern“ versehen, die durch große oberflächliche „Kunsträder“ betrieben wurden, für welche das Aufschlagswasser in langen Leitungen herbeigeführt werden mußte.

„Die Pumpentiefel zu diesen Werkern“, so berichtet Flurl, „verfertigte der Gießer Bartholomä Wenglein zu München. Der Zentner Metall hiezu kostete 45 fl, dazu wurden 87-88 Pfund Kupfer und 12-13 Pf. Zinn genommen. Der Zentner Kupfer kam damals 34 fl, der Zentner Zinn auf 38 fl zu stehen. Man brauchte zu dieser Soolenleitung über 9000 Teicheln, wovon jede 14' lang und 3 1/4" weit ausgebohrt war. Die Soole wurde durch die Werker in bleiernen Röhren in die Höhe gedrückt. Der Zentner Blei kostete 7 fl und ein Arbeiter bei der Soolenleitung hatte wegen der schweren Arbeit täglich 14 kr.“

Die Solenleitung war auf die Förderung von „6 Röhrl Soole in 24 Stunden“ veranschlagt - ein Maß, dessen Bezeichnung von der Methode herrührt, die Durchflußmenge in sogenannten „Kubicirkälten“ mit Abflußröhren von bestimmtem Querschnitt zu messen. Ein Röhrl entspricht dabei einem Quantum Sole oder Wasser von 660 Kubikfuß. Die Durchschnittsleistung der Leitung betrug indessen wegen der geringen Aufschlagswässer zum Betrieb der Räder nur fünf Röhrl.

DURCH mehr als zwei Jahrhunderte hindurch standen die Reiffenstuel'schen Kunstwerke, die für ihre Zeit von hoher technischer Vollendung gewesen sein müssen, von einzelnen Auswechslungen abgesehen, in ununterbrochenem Betrieb. Sie wurden erst ersetzt, als zu Anfang des 19. Jahrhunderts größere Forderungen an den Betrieb der Salinen herantraten. Leider sind uns außer einigen Pumpenteilen, die das Deutsche Museum aufbewahrt, keinerlei Reste jener Reiffenstuel'schen Konstruktionen, auch keinerlei Zeichnungen mehr davon erhalten.

GANZ ähnlich wie Herzog Maximilian zu Anfang des 17. Jahrhunderts für die Stärkung der finanziellen Lage seines Landes sein Augenmerk auf die Erweiterung des Salinenbetriebes in Reichenhall gerichtet hatte, leitete auch Kurfürst CARL THEODOR am Ende des 18. Jahrhunderts bei seinen wirtschaftlichen Organisationen eine Ausdehnung der Reichenhaller Salinen ein. Wie damals war es auch jetzt vor allem der Salzreichtum des Berchtesgadener Landes, den man auszunützen suchte. Diesmal gelang es dem Geschick UTZSCHNEIDER's, einen Vertrag mit dem fürstlichen Reichsstift Berchtesgaden herbeizuführen, auf Grund dessen die Nutznießung der zu Berchtesgaden gehörigen Salinen Frauenreuth und Schellenberg mit ihren Waldungen gegen eine jährliche Pachtsumme von 50000 fl an Bayern überging, dem dadurch der erweiterte Betrieb der Reichenhaller Saline durch Zufuhr des in Berchtesgaden gewonnenen Steinsalzes ermöglicht wurde.

Schon damals hatte Bergrat FLURL in Berichten über die bayerischen Gebirge und Bergwerke den Gedanken ausgesprochen, die Salzsole von Reichenhall nicht bloß nach Traunstein, sondern auch nach Rosenheim zu leiten und dort, wo größere Waldkomplexe und reiche, der Benutzung erschlossene Torflager zur Verfügung standen, zu versiedeln. Erhebungen über diese Pläne fanden auch nach Carl Theodors Tode unter Kurfürst MAXIMILIAN JOSEPH statt, obwohl jener Pachtvertrag, infolge von Einsprüchen und Beschwerden des Erzstiftes Salzburg schon 1804 wieder aufgehoben worden war. So brachte der damals zum Salinenrat ernannte Joseph von Baader

eine Ausdehnung der Solenleitung bis in die Gegend von Miesbach in Vorschlag und sind auch vorläufige Nivellements und Erhebungen über den Waldreichtum dieser Gegend bis zum Jahre 1805 ausgeführt worden.

Trotz der kriegerischen Wirren dieser Jahre - es fallen in das Jahr 1805 die Kämpfe der Bayern unter Wrede und Deroy auf der Seite Napoleons gegen die Österreicher und Russen, der Einmarsch in Tirol und die vorübergehende Besetzung von Salzburg - schritt man zur Durchführung der Pläne. Eine Verfügung des Königs Max Joseph an die Salinenadministration vom 8. August 1806 befagt hierüber:

DIE Vorschläge zur Erweiterung der Gradir-Anstalten, und zu einer neuen Soolenleitung in solchen Gegenden, wo noch Brennmaterial aufzufinden ist, sind schon vor einigen Jahren als die vorzüglichsten und einzigen Mittel zur Erhöhung der Salzerzeugung zur Sprache gekommen, und neuerlich hat der Direktor Flurl bey Gelegenheit seiner Revisions-Reise eine Soolenleitung nach Rosenheim in Antrag gebracht. Da die Ausführbarkeit dieses letztern Vorschlags um so mehr eine nähere Untersuchung verdient, als durch die Anlage einer Saline am Inn die bisherigen Transportkosten des Salzes sehr ansehnlich vermindert werden würden, so beauftragen Wir euch, dieselbe ohne Verzug in doppelter Hinsicht anstellen zu lassen, nämlich zuvörderst in Ansehung des in der dortigen Gegend mit Nachhalt zu erwartenden Brennmaterials, und Teufenholzes, und dann in Hinsicht des zu nivellirenden Terrains."

FÜR die erhöhte Ausnützung der Salzquellen sollte maßgebend sein, daß künftighin 180000 Zentner Salz in Traunstein, 300000 Zentner Salz in Rosenheim jährlich erzielt werden könnten. Danach waren neue Gradierhäuser und Sudanlagen zu errichten, die schon bestehende alte Solenleitung mit ihren Brunnhäusern zu erweitern und die neu herzustellende Linie Siegsdorf-Rosenheim zu bemessen.

Nach manchen Schwankungen in der Linie wurde unter wesentlicher Mitwirkung des Salinenrates Baader der Weg nach Rosenheim über Hammer, Siegsdorf, Bergen, Wildenwart, Ecking und Riedering festgelegt, auf welchem von Hammer aus, an fünf Stellen (man vergleiche die nebenstehende Karte) zu SIEGSDORF, KLAUSHAUSL, BERGHAM, MÜHLTHAL und ROSENHEIM, die Sole zu heben war.

Für die Neuanlage der Solenleitung von Reichenhall bis Traunstein wurden an den 6 Punkten, die schon bei der alten Reiffenstuel'schen Anlage mit Druckwerken versehen waren, Hebemascinen vorgelesen, nämlich in REICHENHALL selbst, dann in FAGER, SEEBICHL, NÖSSLGRABEN, WEISBACH und NAGLING.

Zunächst sollte die Leitung Reichenhall-Traunstein hergestellt werden. Dabei bestand anfangs die Absicht, den Bau der sämtlichen Hebemascinen dem Salinenrat Joseph Baader zu übertragen. Da sich derselbe aber in einem ziemlich hochfahrenden Schreiben an die Salinenadministration auf einen bestimmten Termin zur Fertigstellung nicht einlassen wollte und überdies die Vorlage der Pläne verzögerte, wurde das junge MECHANISCHE INSTITUT von Utzschneider, Reichenbach und Liebherr veranlaßt, auch seinerseits Pläne und Kostenvoranschläge vorzulegen. Wir setzen die umgehende Antwort Reichenbachs auf die Anfrage der Salinenadministration hier ein:

AUFGEFORDERT durch einen gnädigsten Befehl vom 30^{ten} May entschließt sich das „unterzeichnete Institut, die Salinen-Brunnhäuser zu Ober- und Unter-Nösslgraben, zu Weißbach und zu Nagling zum Behuf einer größeren Soole-Leitung von Reichenhall nach Traunstein dergestalt zu erweitern, daß 16 Röhrl Soole, so wie sie dermal auf 6 steht, immerfort fließen können. Das unterzeichnete mechanische Institut verspricht auch mit dieser Erweiterung obiger vier Brunnhäuser im Laufe des gegenwärtigen Jahres noch fertig zu werden. Die Königliche General-Administration der Salinen darf sicher darauf rechnen, daß diese vier Brunnhäuser mit größt-möglicher Solidität, Einfachheit und Wohlfeile werden bearbeitet werden. Das unterzeichnete Institut wird von diesem

Augenblicke an nicht fäumen, gleich Hand an's Werk zu legen und es hofft zu beweisen, daß es jeder Forderung in Hinsicht der Mechanik Genüge leisten könne." . . .

Daraufhin wurde durch königlichen Befehl vom 2. Juni 1807 der Bau der Maschine zur Hebung der Salzquellen aus dem Brunnen schacht zu Reichenhall, sowie die Druckwerke zu Fager und Seebichl dem Salinenrat von Baader übertragen, die Erweiterung der Salzbrunnenhäuser zu Ober- und Unternößlgraben, dann die zu Weisbach und Nagling aber dem mechanischen Institut. Beide Teile sollten noch im Laufe des Jahres ihre Arbeiten beenden. Bezüglich der Ausführung bemerkt die königliche Verfügung:

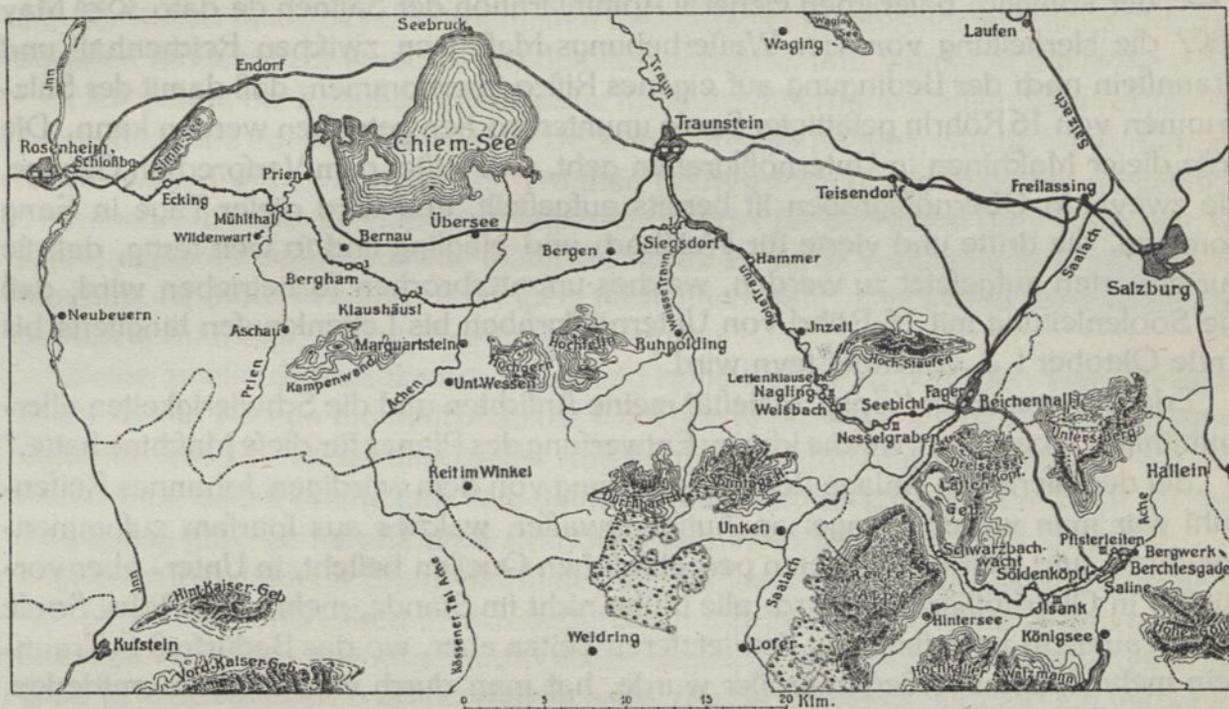


Fig. 33: Übersichtskarte der Solenleitung von Berchtesgaden bis Rosenheim. M. = 1 : 500 000.

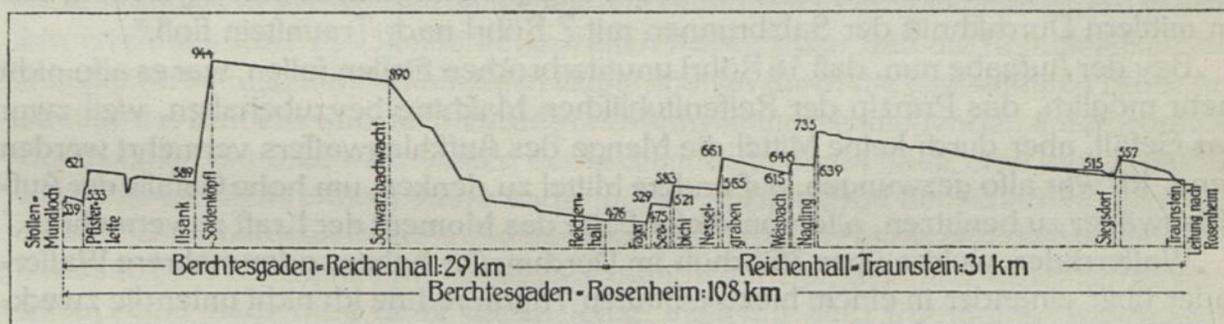


Fig. 34: Profil der Solenleitung von Berchtesgaden bis Traunstein. (Längen zu Höhen wie 1 : 20.)

„Wir nehmen mit Wohlgefallen wahr, daß das mechanische Institut eigene geschickte Arbeiter genug hat, um der Unfrigen bezahlten zu entbehren, indem es Unfern Grundfätzen ganz gemäß ist, solche Arbeiten in die Hände von Privatunternehmern zu geben.“

Mit der Bevorzugung des Reichenbach'schen Institutes, die sich bald durch den Erfolg rechtfertigte, war der Anlaß zu jener erbitterten Fehde gegeben, in welcher in der Folge Baader mit unverfönllichem Haß, mit Verleumdung und Verhöhnung alle Arbeiten und Leitungen Reichenbach's verfolgte; dieser aber, weit überlegen, mit sachlichen Argumenten, aber derb und unerbittlich die Fehler der Konstruktionen Baader's aufdeckte. Die Akten über den Bau der Solenleitung sind voll von beständigen offenen und versteckten Angriffen Baader's, auf das „mathematische Instrumentenmacher-Institut“ und seine „mathematischen Experimente und Probestückchen hydraulischer Kenntnisse“; die giftigen Pfeile prallen aber stets auf den Angreifer zurück.

REICHENBACH'S ERSTE WASSERSÄULEN-MASCHINE. DIE BAADER'SCHE THURM-MASCHINE. Wir sehen ab, näher auf die unerquicklichen Kämpfe einzugehen, es mag vielmehr genügen, den Bericht hier einzuschalten, mit welchem Reichenbach im August 1808 die Aufstellung der ersten seiner Maschinen in Unternösslgraben dem König anzeigt. Sie enthält eine ausführliche Darlegung des eigenen Ideenganges, der ihn zur Konstruktion seiner Wasserläulenmaschine geführt hat und zugleich eine treffende Kritik des von Baader in Reichenhall aufgestellten Hebewerkes.

DAS mechanische Institut Reichenbach, Utzschneider und Liebherr hat auf Ansuchen der königlich baierischen General Administration der Salinen de dato 30^{ten} May 1807 die Herstellung von vier Wasserhebungs-Maschinen zwischen Reichenhall und Traunstein nach der Bedingung auf eigenes Risiko übernommen, daß damit der Salzbrunnen von 16 Röhren gefättigter Soole ununterbrochen getrieben werden kann. Die erste dieser Maschinen in Unternösslgraben geht, und leistet dem Versprechen Genüge, die zweyte in Obernösslgraben ist bereits aufgestellt, und wird dieser Tage in Gang kommen, die dritte und vierte für Weißbach und Nagling sind so weit fertig, daß sie nur erwarten aufgesetzt zu werden, welches ununterbrochen so betrieben wird, daß die Soolenleitung mit 16 Röhren von Unternösslgraben bis Lettenklausen längstens bis Ende Oktober l. J. vollendet seyn wird."

„Erlauben nun Euer Königl. Majestät meine Ansichten und die Schwierigkeiten allernthänigst zu berühren, welche ich bey Entwerfung des Planes für diese Maschine hatte."

„Bei der allerersten Anlage der Soolenleitung von dem würdigen Johannes Reifentuhl war man wegen Mangel an Aufschlagwasser, welches aus sparsam zusammengeleschten, und weit hergeleiteten perpetuirlichen Quellen besteht, in Unter- aber vorzüglich in Obernösslgraben durch alle Mühe nicht im Stande, mehr als 5 Röhren Soole nach Traunstein zu treiben. Zu den letzteren Zeiten aber, wo das Bedürfnis in Traunstein mehr Salz zu versieden größer wurde, hat man durch eine mühsam entdeckte, und nach Obernösslgraben geleitete Hilfsquelle nach einigen Verbesserungen der Reifentuhllischen Maschine selbst (ohne jedoch das Prinzip zu ändern) es dahin gebracht, daß im mittlern Durchschnitt der Salzbrunnen mit 7 Röhren nach Traunstein floß."

„Bey der Aufgabe nun, daß 16 Röhren ununterbrochen fließen sollen, war es also nicht mehr möglich, das Prinzip der Reifentuhllischen Maschine bezubehalten, weil zwar das Gefälle, aber durch keine Mittel die Menge des Aufschlagwassers vermehrt werden kann. Ich war also gezwungen, auf andere Mittel zu denken, um hohe Gefälle der Aufschlagwässer zu benützen, also von dieser Seite das Moment der Kraft zu vermehren."

„Wasserräder, welche über 36 Schuh im Durchmesser haben, oder mehrere Wasserräder über einander in einem hiezu erbauten Thurm rechne ich nicht unter die zweckmäßigen Mittel, hohe Gefälle zu benützen, weil erstere, wenn sie auch ausführbar wären, zu viele Anlagskosten, Reparationen und Wart im Winter fordern, aber vorzüglich, weil sie weder im Unter- noch weniger im Obernösslgraben Raum zu ihrer Aufstellung fänden, indem die alte Soolenleitung durch die Aufstellung der Verstärkung nicht unterbrochen, also vor der Hand vom Alten nichts niedrigerissen werden darf."

„Wasserräder über einander aber, wo das Hinterwasser des obern Aufschlagwassers des untern wird, finden nur in Schächten statt, weil man nur da ihren Achsen die gehörige Festigkeit beybringen kann, welches in Thürmen nie dauerhaft, und für den soliden Mechaniker nie hinreichend beruhigend zu erreichen ist; auch würde hier das nicht zu vermeidende Herumspritzen des Wassers im Winter zu vieles Eis ansetzen, und eine solche Maschine nicht minder kostspielig, als vielen Reparationen unterworfen seyn."

„Ein gewisser Mechaniker Namens HELL in Ungarn hatte vor vielen Jahren schon dasselbe Bedürfnis gefühlt, die Kraft von hohen Gefällen mit wenig Aufschlagwasser benützen zu können. Um hiedurch die allzu hohen oder übereinandergesetzten Wasserräder

billig zu verdrängen, erfand er bald nach einander zweierley Methoden, wodurch auch die Prinzips solche zu erreichen, erschöpft wurden. Die erste seiner Erfindungen war: Er ließ das Aufschlagwasser in einem Kasten fallen, welcher am Endpunkt eines langen Hebels befestigt ist, an dem anderen weit kürzeren Arm deselben Hebels hängen die Pumpen, welche also durch das Gewicht des Wassers im Kasten gehoben wurden. Die hervorstehende Rinne des Aufschlagwassers sowohl als der Boden des Kastens waren mit Klappen versehen. Erstere wurden durch das gefließentlich angebrachte Übergewicht an Seite der Pumpen bey leeren Kasten durch den Kasten selbst aufgestoßen, wodurch sich der Kasten füllte, bey dem Niedergehen des Kastens und vollendeten Hub wurden die Klappen aufgestoßen, wodurch sich derselbe entleerte, und wieder in die Höhe ging."

„Hell bekam die Erlaubniß, eine solche Maschine zu erbauen, allein bey dem ersten Anlaßen schlug die sich beschleunigende Ueberschwere des Kastens, welche bei Anfang des Hubes wegen Ueberwindung der Trägheit nothwendig ist, die Maschine dergestalt in Trümmer, daß, wie die Geschichte sagt, der Erfinder für Schrecken drey Tage lang alle Erfindungskraft verlor; allein späterhin suchte er durch verschiedene Kunstgriffe die Maschine dennoch in Gang zu bringen, nach einem Jahr aber wurde selbe wieder abgetragen, man sagt, sie sey überflüssig geworden."

„Seine zweite darauffolgende Erfindung hohe Gefälle zu benützen war: Er ließ in geschlossenen Röhren die hydrostatische Kraft der Wasserfäule auf den Kolben in einem Cylinder wirken, welche also diesen Kolben mit der größtmöglichen Kraft auf oder niedertrieb, und solchergestalt den direkten Pumpen die erforderliche Kraft zu ihrer Bewegung gab. Er nannte diese Erfindung DIE WASSERSÄULENMASCHINE."

„Hell bekam auch die Erlaubniß, diese Maschine auszuführen, und es wurden von ihm der Sage nach 7 derselben in den ungarischen Bergwerken errichtet, auch in Sachsen hat man Gebrauch davon gemacht; allein obgleich diese zweite Erfindung die erstere ganz in Vergessenheit brachte, weil sie besser reußierte, und es übrigens ein seltner Fall ist, daß der Erfinder eines Prinzips auch zu gleicher Zeit der Erfinder der vollkommnen Ausführung ist, so verließ Hell diese Maschine doch noch so unvollkommen, (zu welchem sein erreichtes Alter das Meiste beygetragen haben mag) daß die Kostspieligkeit ihrer Anlage, verbunden mit den häufigen Reparationen durch die gewaltsamen Stöße, und Schläge des Kolbens und der Steuerung und dem hiedurch entstehenden unterbrochenen Gang bisher manchen Mechaniker, der Gelegenheit gehabt hätte, eine solche Maschine auszuführen, abschreckten, das so vortreffliche Prinzip davon dem scharfsinnigen Nachdenken einer besseren Ausführung zu würdigen. Man verschrie also die Wasserfäulenmaschine bloß um sich die Mühe des bey manchem Kopf, den man seiner Sprache und seiner Feder nach nicht dafür halten sollte, vielleicht auch fruchtlosen Nachdenkens, eine Verbesserung dieser so allgemein wichtigen, aber auch ebenso schwer vollkommen brauchbar herzustellenden Maschine zu finden, zu ersparen, und sich der Verlegenheit zu entziehen, auch mit dem besten Willen eine Maschine aufgestellt zu haben, welche am Ende wieder abgetragen werden muß."

„Sechs der hellischen Maschinen wurden abgetragen, und nur eine einzige ist meines Wissens noch im Gange. Unter solchen Umständen und so geringen Wahl war mir nun allerdings etwas schwer, einen Entschluß zu fassen, nach welchem Prinzip die Soolenhebungsmaschinen in Ober- und Unternößlgraben für den so starken Salzbrunnen erbaut werden sollten; allein die in die Augen fallenden Vorzüge des Prinzips der Wasserfäulenmaschinen gegen die Kastenmaschinen bewogen mich bald (in der Hoffnung, daß ich so glücklich sein werde, eine brauchbare Konstruktion derselben zu erfinden) meine Zuflucht zur Wasserfäulenmaschine zu nehmen."

„Unter- und Oberrößlgraben sowohl, als das Brunnhaus Nagling sind in dem Fall, wo sehr hohe Gefälle benützt werden müssen, und nur bey dem einzigen zwischen-

liegenden Brunnhaus Weißbach hätte ich wegen dem geringen Auffteigen des Salzbrunnens ein oberflächliches Wasserrad von 36 Schuh im Durchmesser anwenden können; allein so gewiß es für manchen Mechaniker angenehm seyn mag, den Reichtum seiner Ideen durch die Verschiedenheit seiner Maschinen, und unnöthige Vermehrung oder Veretzung der Kunsthebel und Kunstkreuze zu beweisen, so sollte doch dieses in keinem Fall auf Unkosten der guten Sache geschehen. Ich entschloß mich demnach um so mehr, auch das Brunnhaus Weißbach durch eine ähnliche Maschine zu betreiben, weil sie die wohlfeilste ist, und ich mit dem alten Reifenstuhl gleichen Grundsatz habe, daß wenn ein gewisser Zweck durch eine Reihe in einander wirkender Maschinen erreicht werden muß, vorzüglich dahin zu trachten ist, daß diese Maschinen so viel möglich gleichartig werden, und dieses deswegen:

1^{mo}: Weil sich die Maschinenwärter besser verstehen, und einander zu Hilfe eilen können, wenn einer etwas fehlt.

2^{do}: Weil eine gewisse Eitelkeit der Wärter darin liegt, dieselbe Maschine in bessern Stand als seine Nachbarn zu halten, also Konkurrenz in Behandlung der Maschinen (keine unbedeutende Sache) und

3^{to}: Weil bey gleichen Maschinen Reservemaschinentheile angeschafft werden können, welche auf alle Maschinen paßen, und im Fall der Noth augenblicklich ausgewechselt werden können."

NACH vollendeten Plan der nun so beschlossenen vier ganz gleichen Wasserfäulenmaschinen (welche der hellischen Maschine ganz und gar nicht mehr ähnlich sieht) ließ ich sogleich an die Ausführung schreiten; in der Zwischenzeit aber, wo diese Maschinen schon ziemlich weit vorangerückt waren, und bey etwas anderer Gemüthsstimmung überfiel mich eine gewisse Bangigkeit über das zu gewagte Zutrauen auf mich selbst, gleich vier solche Maschinen bloß nach der Berechnung und Zeichnung in Arbeit nehmen zu lassen, nach deren Prinzip noch keinem Mechaniker eine Maschine vollkommen gelungen ist."

„Ich ließ also zu meiner einseitigen Beruhigung sogleich ein Modell davon fertigen, von dessen guten und sanften Gang Euer K. Majestät sich selbst allergnädigst überzeugt haben;*) allein bey dem Anlaßen der ersten großen Maschine haben sich Untugenden gezeigt, welche den vorausberechneten Effect der Maschine zwar nicht störten, aber die Dauer derselben zweifelhaft gemacht haben würden, wenn ich nicht selbe glücklich und bald überwunden hätte. Das vorher in Gang gewesene Modell zeigte mir von diesen Untugenden nichts, weil wie gewöhnlich bey einem Modell jeder unbemerkbare kleine Dupfer im Großen schon in einen zerstörenden Stoß ausartet."

„Nachdem ich nun weiß, daß der Oberst-Berg- und Salinenrath Titl. Joseph Baader selbst durch allerunterthänigsten Bericht an Euer K. Majestät den glücklichen Erfolg meiner neu construirten Wasserfäulenmaschine auf alle nur mögliche Weise verdächtig zu machen suchte, und Euer K. Majestät vermög der Wichtigkeit der Sache selbst, und weil es nicht wohl denkbar ist, daß ein Mann gegen seine eigene Ueberzeugung und die Bestätigung von hundert Zeugen so eine Anklage ohne allen Grund officiell wagen würde, wirklich selbst einigermaßen darüber besorgt werden könnten, so erkläre ich hiemit allerunterthänigst, um solche allenfallsige Beforgungen gänzlich und auf einmal zu heben, daß unter nachstehenden Bedingnissen das mechanische Institut

1^{mo}: Freywillig 10 Jahre lang alles Brechen an diesen vier Maschinen (wobey das Ausnützen, und die Wiederherstellung der beweglichen Theile nicht begriffen ist) auf eigene Kosten selbst besorgen wird.

2^{do}: Steht das Institut gut dafür, daß im mittlern Durchschnitt 16 Röhrl Soole damit getrieben werden können.

*) Dieses Modell, später an die K. Polytechnische Sammlung in München verbracht, dann in die Sammlungen der K. Akademie der Wissenschaften aufgenommen, befindet sich in vollkommen betriebsfähigem Zustand jetzt im Deutschen Museum.

3^{to}: Bürgt das Institut dafür, daß die Soolenleitung von 16 Röhrn stark in so weit es diese vier Maschinen betrifft, nie länger als 36 Stunden an einem Stück und im Jahr nie öfter als 8mal unterbrochen werden darf. Sechsstündige Unterbrechung, in so ferne solche in einem Monat nicht öfter als 2mal kömmt, wird nicht gerechnet.

4^{to}: Uebernimmt das Institut auch die Reparation der ausgenützten Maschinentheile, und die Liederung, wenn ihm dafür für jede Maschine jährlich 150 fl. bewilligt werden.

5^{to}: Müßen am Ende der 10 Jahre alle vier Maschinen in vollkommen brauchbaren Stand wieder übergeben werden."

„Gegen obige Verbindlichkeiten verlangt das Institut allerunterthänigst

1^{mo}: Daß statt den verlangten 8300 fl. für jede Maschine 10.000 fl. allergnädigst bewilligt werden, die 6800 fl. Ueberschuß für die vier Maschinen aber sollen als Kautions für die Erfüllung der Verbindlichkeiten liegen bleiben, und erst nach Verlauf von zehn Jahren dem Institut ausbezahlt werden.

2^{do}: Da in jedem Fall solche Reservemaschinentheile angeschafft werden müßen, von welchen die erste Abnutzung zu vermuthen ist, und welche in obiger Summe nicht begriffen sind, so verlangt das Institut hiefür extra 1500 fl, übergiebt aber am Ende der zehn Jahre alle Reserve unentgeltlich."

EUER K. Majestät erlauben mir nun allergnädigst (nachdem ich die Soolenleitung, in so weit es unsere Maschine betrifft, sicher gestellt habe, und allen ferneren Zweifel durch selbstiges Uebernehmen aller Gefahren, was vielleicht wenige Mechaniker und am allerwenigsten in derlei Fällen thun würden) bey dieser Gelegenheit auch einige gegründete Bemerkungen über die große Thurmmaschine des Oberst-Berg- und Salinenrathes Jos. Baader nach wissenschaftlich und technischen Grundsätzen berühren zu dürfen."

„Das Grundprinzip, wonach die Baaderische Maschine gebaut ist, um hohe Gefälle benützen zu können, ist nicht, wie er behauptet, Original, sondern aus der ersten oben beschriebenen Hellischen Erfindung entlehnt, denn es sind, wo Hell nur einen Kasten hatte, hier 8 Kästen senkrecht über einander, wovon jede Hälfte d. i. jedes paar und jedes unpaar Kästen von oben herunter, oder von unten hinaufgezählt, durch Eisenstangen mit einander verbunden, an ihren eigenen einarmigen Kunsthebeln hängen, und letzere sind mit dem allerobersten doppelarmigten Hauptkunsthebel in gleichem Abstand vom Mittelpunkt durch starke Stelzen-Stangen so verbunden, daß alles im Gleichgewichte ist, sobald alle Kästen leer sind, so bald aber die paare oder unpaare Hälfte der Kästen mit Wasser gefüllt sind, so erhält die entsprechende Seite des Haupthebels das Uebergewicht, durch welches die Last der Pumpen mittelst fortlaufendem Gestäng gehoben wird." (Vergl. Fig. 35, die Kopie eines alten Planes der Maschine.)

„Sowohl die Aufschlagrinne als alle Kästen sind am Boden mit großen Ventilen versehen, welche am Ende der Hübe von den sich wechselweis nähernden Kästen aufgestoßen werden, so daß sich das Wasser bey einem Hub aus der Aufschlagrinne und allen paaren Kästen in alle unpaaren ergießt, und am Ende des darauffolgenden Hubs aus allen unpaaren Kästen in alle paaren, und der unterste in das Hinterwasser."

„Diese Maschine hat keine andere Steuerung als ein 90 Fuß über der Erdoberfläche im Thurm aufgehängtes oberflächliches Wasserrad von 15 Fuß im Durchmesser, welches mit dem an seiner Achse befestigten eisernen Trieb in ein großes eisernes Stirnrad eingreift. Letzteres hat an seiner Achse eine Kurbel, welche mittelst einer starken Stelzenstange das ganze obere Kunsthebel- und Kasten-system führt, jede Beschleunigung verhüten und der Maschine einen stetigen und sanften Gang beybringen soll."

„Der Oberst-Berg- und Salinenrath Jos. Baader hat es entweder nicht gewußt, daß der Erfinder selbst dieses Prinzip, hohe Gefälle zu benützen, längst vor der Erfindung der Wasserfäulenmaschine verlassen hat, oder er hat mit seiner gewöhnlichen Ueberredungskunst sich selbst sogar überredet, daß er durch die wirklich sonderbare und

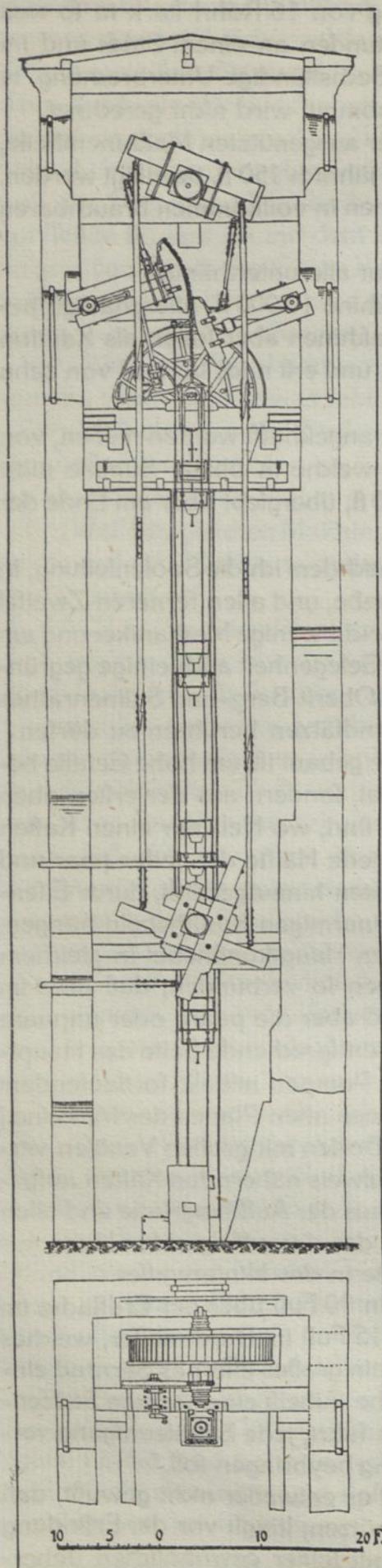


Fig. 35: J. v. Baader's Turmmachine.

originelle, aber in keinem Fall anzurathende Idee einer Steuerung allen Unfug der Maschine beyseitigt haben wird; indem er sicher darauf rechnete, das ganze gewöhnlich unsoftte Hubsystem der sanften Bewegung einer Kurbel untergeordnet zu haben, so daß die Ventile schön sanft geöffnet werden, und keine Beschleunigung des Kasten- und Hebelsystems am Ende der Hübe möglich ist. Allein der Oberst-Berg- und Salinenrath Jos. Baader hat vergessen zu bedenken und zu berechnen:

1^{mo}: Daß das Moment seiner Steuerung nur circa $\frac{1}{4}$ vom Moment der ganzen Maschine ist, jene $\frac{3}{4}$ wohl über das eine Viertel besonders in den horizontalen Lagen der Kurbel dominiren werden, also die Beschleunigung am Ende eines jeden Hubes durch die Steuerung zwar vermindert, aber nicht ganz beseitigt ist.

2^{do}: Daß eben durch diese Beschleunigung am Ende der Hübe die Ventile in den Kästen nicht sanft geöffnet, sondern mit zerstörenden Stößen um so heftiger aufgestoßen werden, indem ihre Eröffnung nicht in den höchsten und tiefsten Punkten der Kurbelbewegung, sondern beträchtlich früher also aus doppelter Ursache mit ziemlich großer Geschwindigkeit erfolgt.

3^{to}: Daß, da das Wasserrad und Kastenystem mittelst Zahn und Getrieb mit einander zusammenhängen, und ersteres das letztere führen soll, einmal der Trieb den Zahn, und ein andermal der Zahn den Trieb greift, hiedurch wegen dem unvermeidlichen Zwischenraum der Zähne und Triebe Stöße erfolgen müssen, welche theils für die Maschine und Räder selbst, aber vorzüglich deswegen so gefährlich sind, weil das Rad so hoch im Thurm hängt, wo jede unbedeutende Erschütterung, vielmehr also die immerwährenden Stöße dem Mauerwerk nach und nach schädlich werden müssen.

4^{to}: Daß durch die Beschleunigung der Maschine am Ende der Hübe die Kurbel zu schnell den höchsten und tiefsten Bogen durchläuft, wodurch die Ventile nicht lange genug offen erhalten werden, daß sich das Wasser von einem Kasten in den andern bey vollem Gang der Maschine ergießen könnte. Bey noch größeren Ventilen, mehr gefüllten Kästen, und schnellern Gang der Maschine vermehrt sich der Stoß auf die Ventile und Räder nach einem dreyfach multiplizirten Verhältniß dieser Faktoren. Wie bald würde sich also bey vollem Gang diese Maschine selbst aufreiben!!!

„Statt auf die vielen andern Fehler dieser Thurmmachine und auf die sonderbaren und originellen Wendungen, womit die Zulänglichkeit derselben bewiesen werden will, einzugehen“, schlägt Reichenbach vor, wieder zum alten „KETTENGESCHOPF“

zurückzukehren, das schon durch mehrere Jahrhunderte und schon vor Reiffenstuel's Anlagen die Hebung der Sole im Quellschacht zu Reichenhall besorgte und dieses derart zu verstärken, daß es auch über das augenblickliche Bedürfnis hinaus zureicht.

DIESES KETTENGESCHÖPF war ein einfaches, über eine Welle laufendes Paternosterwerk und wurde durch ein über Tag hängendes oberflächliches Wasserrad in Bewegung gesetzt. Nach abwärts bewegte sich die Paternosterkette frei, nach aufwärts in einer $3\frac{1}{2}$ zölligen Röhrenfahrt, durch welche die Quellsole bis auf den Turm des Brunnenhauses gehoben wurde. Zu dem Ende sind an den eisernen Gliedern der Kette in Abständen von je 15 Zoll metallene Scheiben angegossen, die mit geringem Spielraum in die Röhrenfahrt passen. Die Bewegung der Kette erfolgte mit einer Geschwindigkeit von drei Fuß in der Sekunde, so daß bei der Hebung nur wenig von der eingeschöpften Sole verloren ging.

Solche Kettengeschöpfe waren vier im Haupt-Brunnenschacht eingebaut, zwei für die direkt zum Versieden geeignete Edelfsole, zwei für die ärmere, zu den Gradierhäusern zu leitende. Sie verfielen, nachdem Baader's Turmmaschine schon bald hatte abgebrochen werden müssen, noch bis zum Jahre 1834 ihren Dienst. Damals zerstörte ein Brand das Hauptbrunnenhaus mit allen seinen Maschinen. Diese wurden durch die noch heute bestehende Pumpenanlage ersetzt, welche Reichenbach's Schüler und Mitarbeiter bei seinen Salinenbauten, der spätere Generaladministrator F. VON SCHENK entwarf und Reichenbach's Bruder Karl, als Kunstmeister der Saline, erbaute.

DIE vier zwischen Reichenhall und Traunstein aufgestellten Maschinen zeigen den ERSTENTYPUS DER REICHENBACH'SCHEN WASSERSÄULENMASCHINEN, wie er in Fig. 36 näher erläutert ist. Sie sind einer für den Betrieb von Pumpen bestimmten doppelwirkenden Dampfmaschine analog gebaut, nur erfolgt die Kraftübertragung auf das Pumpwerk direkt, ohne Balancier oder Zwischenhebel. Der Treibkolben K wird durch den Druck des bei E einströmenden Aufschlagwassers, welches abwechselnd ober- und unterhalb des Kolbens K in den Zylinder T geführt wird, in Bewegung gesetzt.

Der Zylinder T steht in der Mitte zwischen zwei symmetrisch angeordneten Pumpenzylindern P, P, deren Kolbenstangen direkt mit der Stange des Treibkolbens durch ein Querhaupt verbunden sind und sich gleichzeitig auf- und abbewegen.

Die Hauptsteuerung a, b, c ist als Kolbensteuerung ausgebildet: Die Kolben a und b sperren und öffnen den Eintritt des Aufschlagwassers in den Zylinder T ober- und unterhalb des Treibzylinders. Die auf den kleinen Kolben c wirkende Vorsteuerung H reguliert jeweils die Stellung der Kolben a und b. Diese Vorsteuerung ist bei den ersten Konstruktionen - wie auch bei dem schon erwähnten Modell im Deutschen Museum - eine Hahnsteuerung. Sie liegt bei der abgebildeten Maschine unten, wurde später nach oben verlegt (Fig. 37) und weiterhin gleichfalls in eine Kolbensteuerung verwandelt (Fig. 39).

Die Salzwasserpumpe ist nach dem von DE LA HIRE (1716) erfundenen Prinzip doppelwirkend konstruiert; beim Auf- wie beim Niedergang der beiden Pumpenkolben P, P saugt die Pumpe ein gewisses Quantum Sole von der Zuleitungsröhre S aus an und drückt ein gleiches Quantum in die Druckleitung D. Dabei fungieren von den vier Ventilen V_2, V_4 im Wechsel als Saugventile, V_1, V_3 als Steigventile.

IM Fortschritt des Baues waren weitere vier Maschinen auf der Linie SIEGSDORF-ROSENHEIM zu errichten, nämlich in SIEGSDORF, KLAUSHÄUSL, BERGHAM und MÜHLTHAL (vergl. die Karte Fig. 33, S. 57). Zudem erwies es sich als wünschenswert, die zwei Maschinen im Nößlgraben durch eine einzige zu ersetzen, welche eine Druckhöhe von rund 360 Fuß zu überwinden hatte. Diese wesentlich größere Leistung, welche für eine neue Maschine zu bewältigen war, sowie die an den vier aufgestellten Maschinen gewonnenen Erfahrungen veranlaßten Reichenbach zur Konstruktion eines neuen ZWEITEN TYPUS EINER DOPPELTWIRKENDEN WASSERSÄULEN-

MASCHINE, welche die nebenstehenden Risse (Fig. 37, S. 65), sowie die in Fig. 38, S. 67 nach Reichenbach's Handkizzen wiedergegebenen Detailzeichnungen der jetzt in Nößlgraben aufgestellten Maschine erläutern.

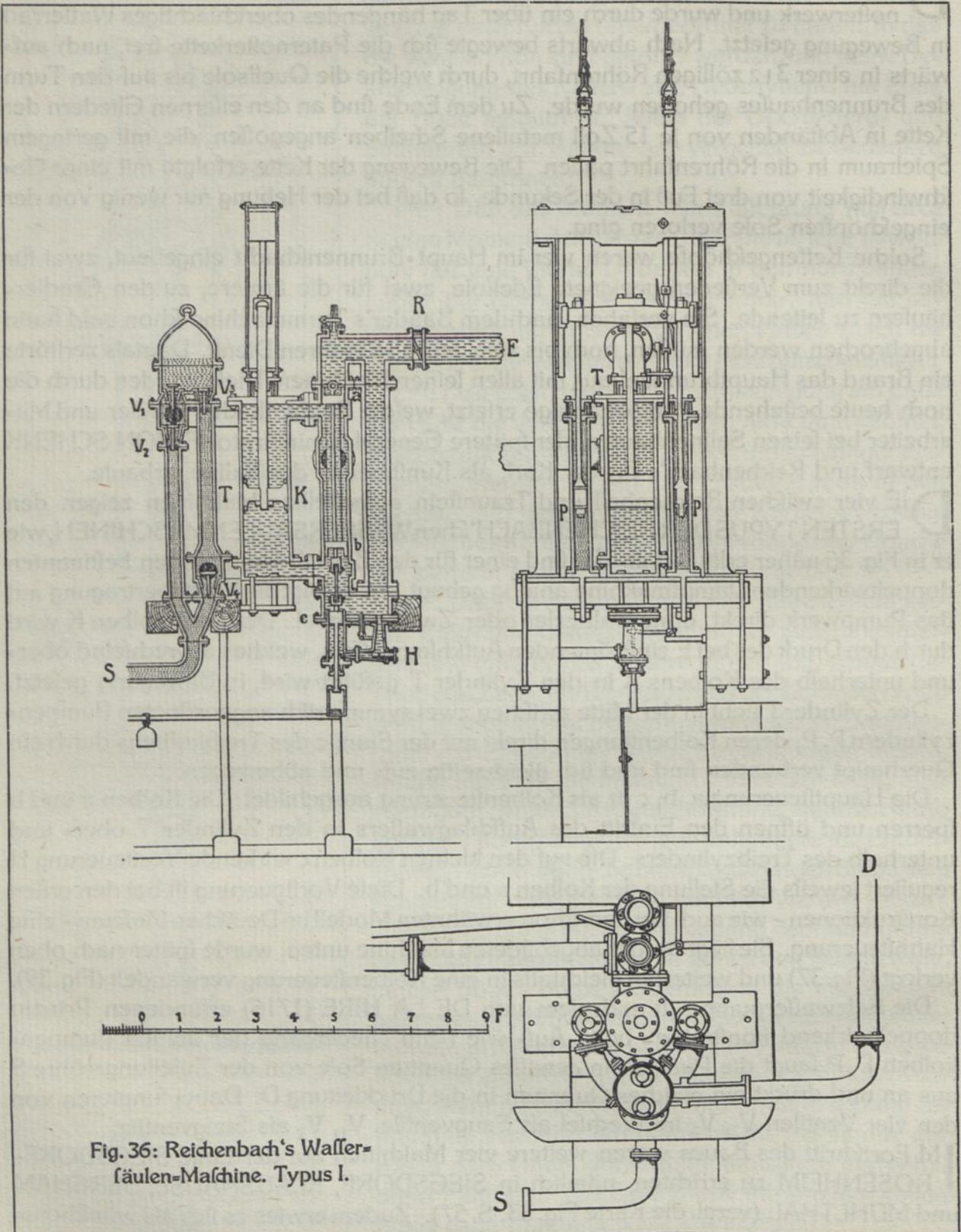
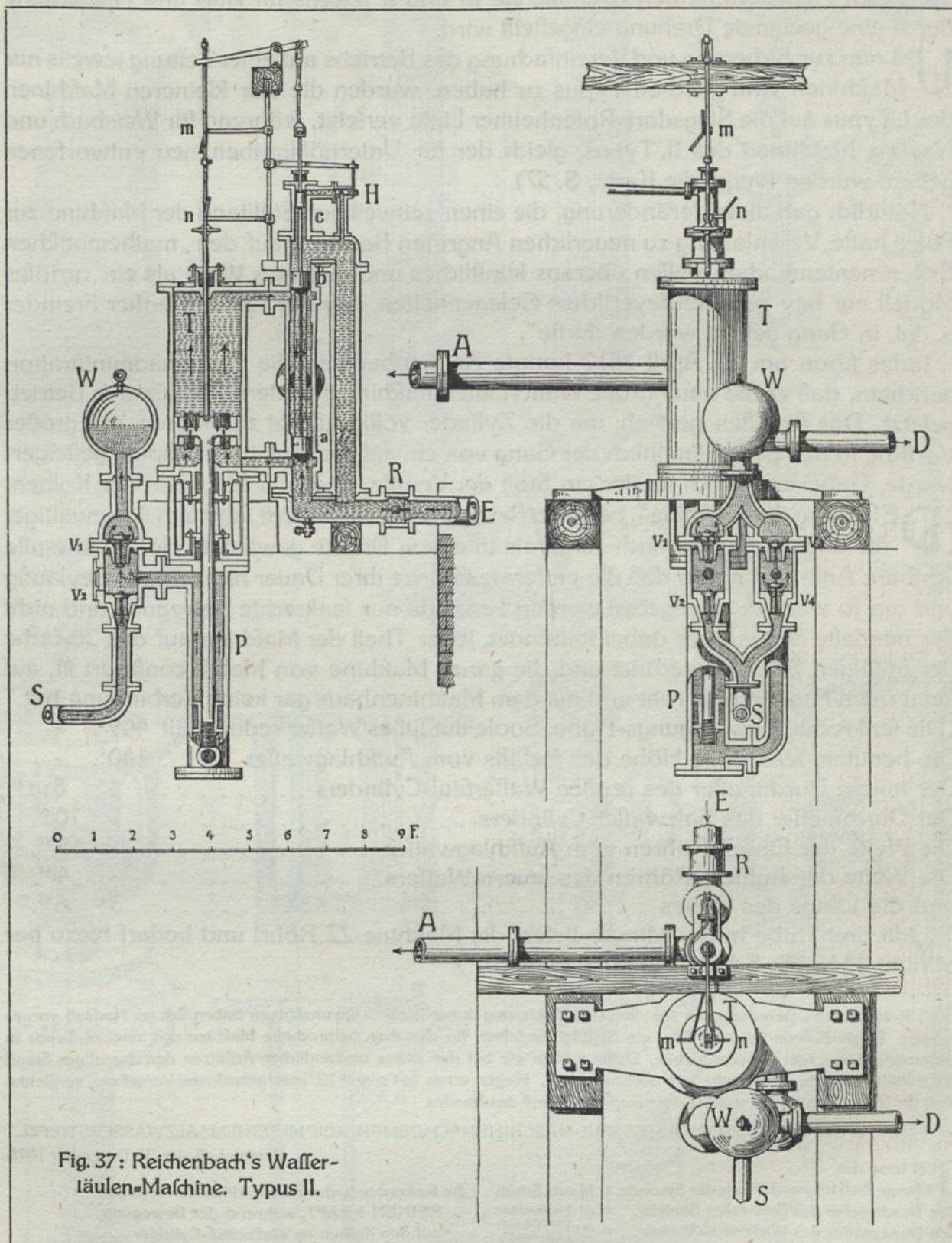


Fig. 36: Reichenbach's Wasserfäulen-Maschine. Typus I.

Dieser II. Typus besitzt nur einen Pumpenzylinder P, der zur Erhaltung der Symmetrie des ganzen Baues senkrecht unter dem Treibzylinder T angebracht ist und wobei Treib- und Pumpenkolben eine gemeinschaftliche Kolbenstange verbindet. Eine an dem Gang der bisherigen Maschinen beobachtete Unstetigkeit der Kolbenbewegung sowie ein

Schlagen der Ventile hatte Reichenbach in genauer Unterfuchung als Folge eingeschlofener, durch die Saugventile der Pumpe oder durch das Einfallrohr des Aufschlagwassers mitgeriffener Luft erkannt. Es ist deshalb an der wie bei Typus I doppeltwirkenden



Pumpe das Einzugsrohr der Sole verkürzt und ebenso der Raum zwischen den Saugventilen V_2, V_4 und den Steigventilen V_1, V_3 verkürzt und erweitert; der Windkessel W in der Aufsteigröhre blieb erhalten; in der Einfallröhre des Aufschlagwassers wurde der Einlaßregulator R tunlichst nahe an die Steuerung gelegt.

Die Hauptsteuerung a, b, c ist im übrigen ganz wie beim ersten Typus konstruiert. In der abgebildeten Maschine ist die Vorsteuerung noch eine Hahnsteuerung H, die, nach oben verlegt, von einer an der Kolbenstange befestigten Scheibe aus vermittels der auf einen Hebel wirkenden Krümmlinge m und n jeweils im Auf- und Niedergang durch eine geeignete Drehung eingestellt wird.

UM nun zur Sicherung und Vereinfachung des Betriebs auf einer Leitung jeweils nur Maschinen vom gleichen Typus zu haben, wurden die vier kleineren Maschinen des I. Typus auf die Siegsdorf-Rosenheimer Linie versetzt, während für Weisbach und Nagling Maschinen des II. Typus, gleich der für Unternösslgraben neu entworfenen gebaut wurden (vergl. die Karte, S. 57).

Natürlich gab diese Veränderung, die einen zeitweiligen Stillstand der Maschine zur Folge hatte, Veranlassung zu neuerlichen Angriffen Baader's auf den „mathematischen Experimentenmacher, dessen überaus künstliches und delicates Werk als ein curiöses Modell nur bey gewissen feyerlichen Gelegenheiten, bey der Ankunft hoher Fremder u. dgl. in Gang gesetzt werden dürfte“.

Indes schon am 15. April 1810 konnte Reichenbach an die Salinenadministration berichten, daß er die neue große Wasserfäulenmaschine in Unternösslgraben in Betrieb gesetzt. Das Anlassen geschah, um die Zylinder völlig luftfrei zu machen, mit großer Vorsicht, so daß ganz allmählich der Gang von ein auf drei Hub in der Minute gesteigert wurde. Dabei zeigte sich weder ein Stoß der Ventile, noch ein Stemmen der Kolben.

DER Gang der Maschine“, berichtet Reichenbach, „ist äußerst sanft und sie gewältigt die ungeheure und noch nirgends in einem Drucke gewältigte Höhe ohne alle sichtbare Anstrengung, so daß die entfernte Gränze ihrer Dauer nicht einmal beyläufig und um so weniger angegeben werden kann, da nur senkrechte Bewegung und nicht der mindeste Seitendruck dabei stattfindet, jeder Theil der Maschine auf das 30-fache der nöthigen Stärke berechnet und die ganze Maschine von Metall construirt ist, auf steinernem Fundamente ruht und mit dem Maschinenhaus gar keine Verbindung hat.“

„Die senkrechte Gewältigungs-Höhe, Soole auf süßes Wasser reducirt, ist	449'.	-
Die benützte senkrechte Höhe des Gefälls vom Aufschlagwasser	140'.	-
Der innere Durchmesser des großen Wasserfäul=Cylinders	1' 8 1/2“.	
Der Durchmesser des Salzwasser=Cylinders	- 10“.	
Die Weite der Einfall=Röhren vom Aufschlagwasser	- 7“.	
Die Weite der Aufsteig=Röhren des sauern Wassers	- 4“.	
und die Länge des Hubes	3' 6“.	“

„Mit drei Hube in der Minute liefert die Maschine 22 Röhr und bedarf hiezu per Minute 48 Kubik=Schuh Aufschlagwasser.“ *)

*) Reichenbach's Berechnungen für die Dimensionierung seiner Wasserfäulenmaschinen haben sich im Nachlaß vorgefunden. Es dürfte von Interesse sein, ein Beispiel derselben für die eben besprochene Maschine des zweiten Typus in Unternösslgraben, hier wiederzugeben. Dabei müssen wir bei den etwas umständlichen Anfätzen den damaligen Stand theoretisch=technischer Kenntnisse in Rücksicht ziehen. Wegen eines in Formel III untergelaufenen Versehens vergleiche man die „Zufätze und literarischen Notizen“ am Schluß des Bandes.

„BERECHNUNG DER GROSSEN WASSERSÄUL-MASCHINE NACH DEM PRINCIP MIT EINEM SALZWASSERSTIEFEL.“
Reichenhall, den 30. December 1808.

ICH setze die
 „Menge Aufschlagwasser in jeder Secunde = M cub. Schuh
 den Durchmesser des Salzwasser Stiefels . . = d' } o. Rückficht
 den Durchmesser des Wasserfäul=Stiefels . . = D' } auf die Kol-
 die senkrechte Gewältigungs-Höhe auf Süß-
 Wasser reducirt (nach dem Verhältniß 4:5) = h'
 die Menge der zu hebenden Soole in jeder
 Secunde = m cub.'
 die Hublänge der Stiefel = l'
 den Durchmesser der Aufschlag Röhre, wo-
 durch das Wasser in den Cylinder tritt,
 am engsten Ort = s'

die senkrechte hydrostatische Höhe der nöthigen
 REINEN KRAFT, während der Bewegung,
 auf den Kolben im Wasserfäul=Cylinder . . . = Y'
 die senkrechte Höhe des dazu nöthigen Ge-
 fälls = X'.
 Endlich den Durchmesser der gemeinschaftlichen
 Kolbenstange = S'
 das gesamtte Gewicht des Kolbens an derselben
 Stange = G Pfund.
 den wahren Durchmesser des Salzwasserstiefels = x'
 den wahren Durchmesser des Wasserfäulstiefels = y'.

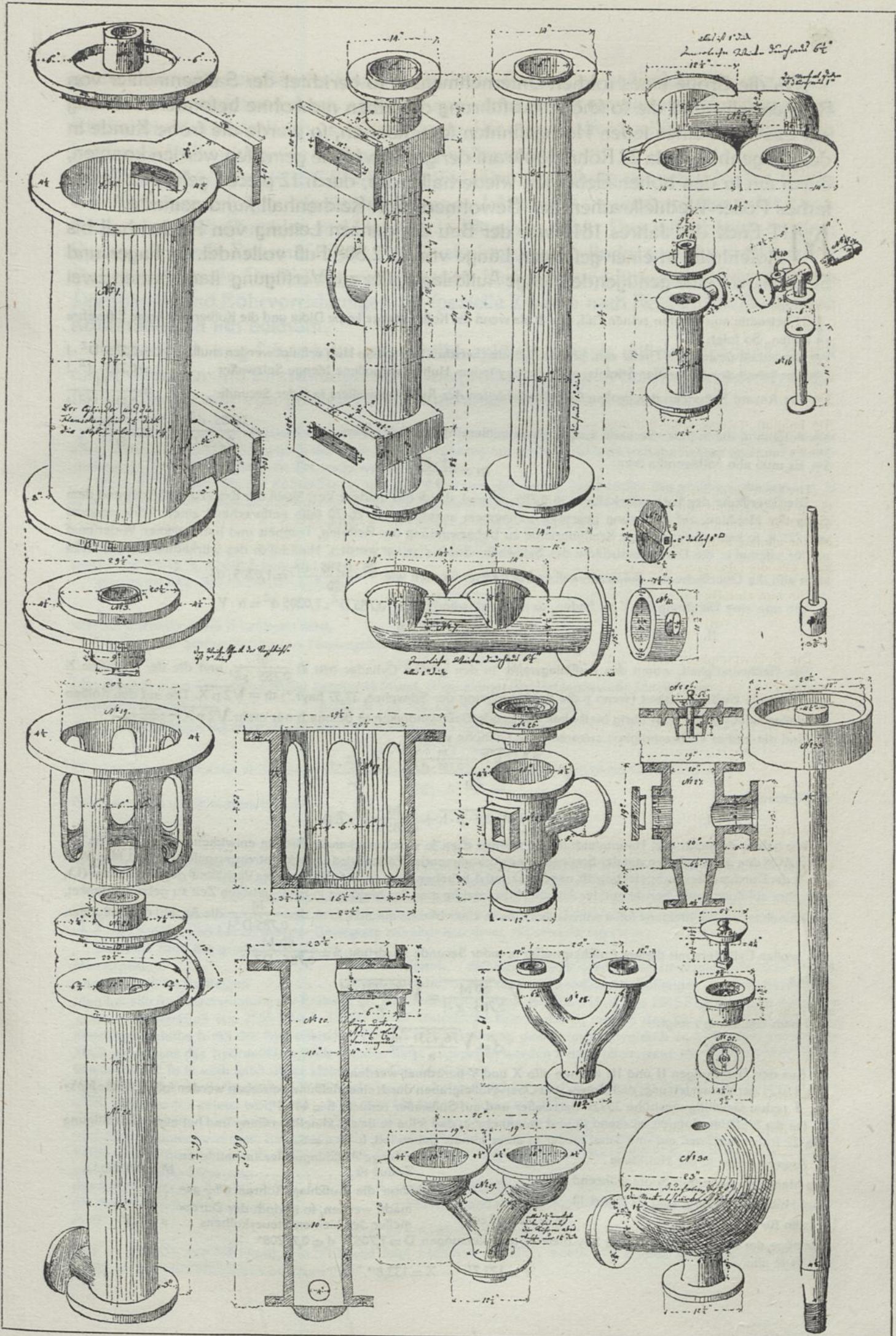


Fig. 38: Detailkizzen von Reichenbach zur Wasserfäulenmaschine, Typus II.

„Da die Größe eines solchen Unternehmens - so berichtet der Salinenmeister von Reichenhall - und die so schöne Ausführung desselben nicht ohne besondere Wirkung auf das Herz eines jeden Hochgesinnten seyn können, so wurde die frohe Kunde in dem Augenblicke, da 22 Röhrl Soole auf der größten Höhe gemessen werden konnten, durch ein in den hohen Gebürgen wiederhallendes, durch 12 piëcen geleitetes sechs-faches Pöller-Wechselkrachen den Bewohnern von Reichenhall kund gemacht.“

MIT Ende des Jahres 1810 war der Bau der ganzen Leitung von Reichenhall bis Rosenheim in einer gesamtten Länge von 272.808 Fuß vollendet. In Fager und Seebichl, wo eine genügende Menge Aufschlagwasser zur Verfügung stand, hatten zwei

ICH betrachte nun erst den reinen Fall, das ist als wenn die Kolbenfange keine Dicke und die Kolben gar keine Schwehre hätten. So folgt:

1^{te} Der Inhalt desjenigen Theils vom großen Cylinder, welcher bey jedem Hub erfüllt werden muß. . . . = $0,785 \cdot D^2 \cdot l$

2^{de} Der Inhalt des Salzwasser Stiefels, oder die bey jedem Hub ausgegoßene Menge Salzwasser = $0,785 \cdot d^2 \cdot l$

3^{te} Die Anzahl Füllungen des großen Cylinders abeiten des Aufschlagwassers in jeder Secunde = $\frac{M}{0,785 \cdot D^2 \cdot l}$

4^{te} Folglich ist die in jeder Secunde ausgestoßene mittlere Menge Salzwasser = $\frac{0,785 \cdot d^2 \cdot l \cdot M}{0,785 \cdot D^2 \cdot l} = \frac{d^2 \cdot M}{D^2}$

5^{te} Es muß also nothwendig seyn:

I.
$$m = \frac{d^2 \cdot M}{D^2}$$

Die Oberfläche des Salzwasserkolbens ist $0,785 \cdot d^2$ und, da ich das mittlere Verhältniß der Kraft zur Last während dem Gang der Maschine, auf Erfahrung gegründet, allgemein annehme wie 26:20 (also entsprechend einem Wirkungsgrad von 77%), so kann dieser nöthige Kraftüberschuß zu Ueberwindung der Reibung, Trägheit und hydraulischen Widerstand ein für allemal in die Durchschnittsfläche des Salzwasser-Stiefels gelegt werden. Hinsichtlich des wirklichen Widerstandes kann also die Oberfläche des Salzwasserkolbens betrachtet werden wie $\frac{26 \cdot 0,785 \cdot d^2}{20} = 1,0205 \cdot d^2$.

Um nun eine Gleichung für Y zu finden, so muß nothwendig sein: $0,785 D^2 : 1,0205 d^2 = h : Y$.

II.
$$Y = \frac{1,3 \cdot d^2 \cdot h}{D^2}$$

Die Geschwindigkeit, womit das Aufschlagwasser in den großen Cylinder tritt ist $\frac{M}{0,785 \cdot s^2}$, und die der Fallhöhe X zukommende Geschwindigkeit (wenn p die Beschleunigung der Schwehre, 33,57 bayr.‘) ist $= \sqrt{2 p X}$. Die auf den Kolben im Wasserfäul=Cylinder noch übrig bleibende wirkende Geschwindigkeit ist demnach nur mehr $\sqrt{2 p X} - \frac{M}{0,785 \cdot s^2}$.

Und die solcher Geschwindigkeit zukommende Fallhöhe wird

$$Y = \frac{\left(\sqrt{2 p X} - \frac{M}{0,785 \cdot s^2}\right)^2}{2 p} = \frac{1,3 \cdot d^2 \cdot h}{D^2}$$

und hieraus

III.
$$X = \left(\frac{d}{D} \sqrt{2,6 \cdot p \cdot h} + \frac{M}{0,785 s^2}\right)^2 : 2 p.$$

Wir haben demnach drei Hauptgleichungen, woraus eben so viele unbekannte Größen entwickelt werden können.“

NACH den gewöhnlichen auf der Soolenleitung vorkommenden Fällen wird als bekannt vorausgesetzt: m, h, l, M, s. Was die Durchmesser der Stiefel betrifft, nämlich D und d, so haben diese zwar ein bestimmtes Verhältniß gegen einander (I.), aber ihre absolute Größe beruht auf der Anzahl Hübe, welche man der Maschine in einer gewissen Zeit zu geben gedenket.

Ich nehme an, die Maschine soll a wirkende Hübe in einer Minute machen, so ist, da $\frac{M}{0,785 \cdot D^2 \cdot l}$ die Anzahl der Füllungen

des großen Cylinders mit diesem Aufschlagwasser in jeder Secunde ausdrückt, $a = \frac{60 M}{0,785 \cdot D^2 \cdot l}$

mithin

IV.
$$D = \sqrt{\frac{60 M}{0,785 \cdot a \cdot l}} = \sqrt{\frac{76,4331 \cdot M}{a \cdot l}}$$

und nach Gleichung I folgt:

V.
$$d = \sqrt{\frac{76,4331 \cdot m}{a \cdot l}}$$

Aus den Gleichungen II und III können also X und Y berechnet werden.“

NACH der Voraussetzung, daß Unter- und Ober=Nöselgraben durch eine Maschine betrieben werden sollen, ist die senkrechte Gewaltigungshöhe 359,6‘ Salzwasser und auf Süßwasser reducirt h = 449,5‘.

Da die Maschine doppelt wirkend ist und ich annehme, daß selbe in ihrem schnellsten Gang und bei einer Gewaltigung von 22 Röhrl nur 3mal auf und 3mal nieder in einer Minute gehen soll, so ist a = 6.

Angenommen ist die Hublänge. . . . l = 3,5‘

Die Menge Aufschlagwasser im mittleren Zufluß ist. M = 0,8 cub.‘

Die Menge zu hebender Soole während

Obchon die Aufschlag=Röhren $6 \frac{1}{2}$ gemacht werden, so ist doch der Durchmesser des kleinen Steuerkolbens . . s = 0,5‘

6 Hübe per Minute und 22 Röhrl ist

also für jede Secunde m = 0,16805 cub.‘

Vermöge der Formeln IV und V ist bey diesen Voraussetzungen D = 1,7063‘ d = 0,78208‘

Es ist also

$$Y = 122,7' ; X = 133,8''$$

große Radmaschinen Baader'scher Konstruktion Aufstellung gefunden, die aber schon in den dreißiger Jahren durch neuere Pumpwerke ersetzt werden mußten, deren Bau Reichenbach's Bruder Karl auszuführen hatte. Die alten Reiffenstuel'schen Werke wurden bald nach Vollendung der Gesamtleitung völlig entfernt.

REICHENBACH'S ARBEITSMASCHINEN. Die Herstellung der ersten hydraulischen Maschinen erfolgte ursprünglich bis zum Jahre 1809 im mechanischen Institut von Reichenbach, Utzschneider und Liebherr in München selbst. Das Institut hatte zu dem Ende zwei große Bohrmaschinen zum Ausbohren der Zylinder und der messingenen Rohrstücke, große Drehbänke mit genauen Einspannvorrichtungen, sowie kleinere Drehbänke und Bohrvorrichtungen für spezielle Zwecke nach Reichenbach's eigenen Konstruktionen sich beschafft.

Reichenbach trug sich, wie er gelegentlich mitteilt, damals mit dem Gedanken, mit diesen Anlagen und Einrichtungen den Bau großer Maschinen überhaupt, von hydraulischen sowohl wie von großen Dampfmaschinen für Bayern einzuleiten.

OBIGES sind die Dimensionen im Fall ich annehme, daß die Kolbenstange keine Dicke und die Kolben keine Schwehre haben. Die gleiche Vertheilung der Kraft und Last in Bezug auf die Kolbenstange und die Kolben im Hub herunter und hinauf, muß also auf folgende Art vorgenommen werden:

Wenn der Durchmesser der Kolbenstange, wie gesagt S ist und der wahre Durchmesser des großen Cylinders = y, so ist das aufgewandte Volumen Aufschlagwasser bei einem ganzen Hub, nämlich hinauf und herunter

$$2 \cdot 0,785 \cdot y^2 \cdot l - 0,785 \cdot S^2 \cdot l = 2 \cdot 0,785 \cdot D^2 \cdot l$$

also

$$y = \sqrt{D^2 + \frac{S^2}{2}} = A,$$

welches bestimmt ist, sobald S bestimmt wird.

Ebenso wird für den Salzwasser-Cylinder

$$x = \sqrt{d^2 + \frac{S^2}{2}} = B,$$

welches ebenfalls durch S bestimmt wird.

Die Kraft des großen Kolbens im Niedergehen ist:

$$0,785 \cdot A^2 \cdot Y \cdot 44 + G$$

(das Gewicht eines Cubicfußes Wasser beträgt 44 Pfund, G bezeichnet das Gesamtgewicht des Kolbens)

im Aufwärtsgehen: $0,785 \cdot A^2 \cdot Y \cdot 44 - 0,785 \cdot S^2 \cdot Y \cdot 44 - G$

Also der Unterschied der Kraft des Kolbens im Niedergehen und Aufsteigen:

$$0,785 \cdot S^2 \cdot Y \cdot 44 + 2 G.$$

Für den Salzwasserkolben ist der Unterschied, um was im Niedergehen mehr Last ist als im Aufsteigen

$$0,785 \cdot S^2 \cdot h \cdot 44.$$

Es fordert also das Gleichgewicht, daß

$$0,785 \cdot S^2 \cdot Y \cdot 44 + 2 G = 0,785 \cdot S^2 \cdot h \cdot 44$$

ist, woraus folgt:

$$G = 17,27 \cdot S^2 \cdot (h - Y).$$

In der großen Maschine von Unternöbelgraben wird angenommen $S = 0,375'$, also $G = 793,6$ Pfund.

Der wahre Durchmesser des großen Cylinders ist also $A = 1,726'$

Der wahre Durchmesser des Salzwasser Stiefels ist $B = 0,8258'$.

DIE Probe wegen dem Gleichgewicht zwischen Kraft und Last bey der Bewegung findet sich, indem man mit obigen data die Kräften und Lasten in jeder Bewegung wirklich berechnet. So erhaltet man hier:

Die reine Kraft des großen Kolbens im

Niedergehen = 13432 Pfund. die Last im Salzwasserkolben im Niedergehen = 10587 Pfund.

und die Kraft im Aufsteigen = 11352 Pfund. und die Last desselben im Aufsteigen . . . = 8414 Pfund.

Man hat also für Ueberwindung der Reibung etc. im Niedergehen einen Kraftüberschuß von 2845 Pfund, und im Aufgehen einen Kraftüberschuß von 2938 Pfund. Dieser kleine Unterschied kommt daher, weil in den letzten Formeln die reine Gewaltigungshöhe h mit der hydrostatischen Höhe Y in Vergleichung gesetzt wurde, wo doch zu h ebenfalls ein Ueberschuß wenigstens des hydraulischen Widerstandes hätte zugegeben werden sollen; allein wenn der Kolben um 46 Pfund schwerer wird, so ist auch selbst dieser kleine Unterschied beseitigt."

RECHNE ich die Steuerkraft zu 200 Pfund hinauf und ebensoviele herunter, so muß, wenn der Durchmesser des Steuerkolbens = z gesetzt wird $0,785 \cdot z^2 \cdot Y \cdot 44 = 400$ seyn, woraus $z = 0,307'$.

Bey der neuen Construction, wo der Steuerzylinder oben ist, muß das Gewicht aller 3 Steuerkolben seyne Bewegung von oben hinunter bewürken. Bey gleichem Durchmesser des obern und untern Kolbens muß also das Gewicht der 3 Steuerkolben der angenommenen Steuerkraft gleich seyn, oder was daran fehlt muß der obere Kolben größer als der untere gemacht werden. Setze man

das Gewicht des Steuerkolbens = g Pfund den Durchmesser des untern Steuerkolbens = r'

die angenommene Steuerkraft = q Pfund und den Durchmesser des obern = w',

so ist

$$(0,785 w^2 - 0,785 r^2) \cdot Y \cdot 44 = q - g$$

Aus $r = s = 0,5'$, $q = 200$ Pfund, $g = 171$ Pfund folgt endlich $w = 0,506'$, womit alle nöthige Dimensionen der großen Maschine in Unternöbelgraben bestimmt sind."

Nach der Herstellung des Modells und der vier ersten kleineren Wasserfäulen-Maschinen (vom Typus I) wurden (Anfang 1809) die sämtlichen Werkzeuge und Maschinen nach Reichenhall gebracht, wo man der ganzen Anlage die für die neuen großen Wasserfäulenmaschinen (vom Typus II) nötige größere Ausdehnung geben konnte.

SEHRLICH ist der Spottbaader's über den „mathematischen Instrumentenmacher“ der den Bau großer „praktischer“ Maschinen unternimmt. Denn gerade in dem Umstand, daß Reichenbach neben seinen Erfahrungen im „großen Maschinenbau“, welche er von England mitgebracht, neben der in seiner militärischen Tätigkeit erworbenen Technik des Metallbohrens, die ihm hier unmittelbar zustatten kam, bei der Konstruktion seiner Maschinen dank seiner im Bau astronomischer Instrumente geschulten Hilfskräfte eine bis dahin unbekannte Genauigkeit der Ausführung voraussetzen und einhalten konnte, gerade darin liegt der volle Erfolg seiner genial und kühn angelegten hydraulischen Maschinen und, was vielleicht noch mehr bedeutet, der ungeheure Fortschritt im Maschinenbau gegenüber allen vorausgehenden, auch den englischen Arbeiten.

MIT Vollendung der Solenleitung kam in den Betrieb der Saline, zumal unter Utzschneider's mannigfacher Anregung neues Leben. Auch Reichenbach, seit Beginn des Baues von seinen militärischen Obliegenheiten dispensiert und „zur Verwendung in Zivilmaschinenbaugeschäften abgeordnet“, widmete sich, nachdem er 1811 seinen Abschied genommen, ganz seiner neuen Tätigkeit als Salinenrat.

Aus jener Zeit stammen systematische Untersuchungen über die Verdampfung des Wassers aus Salzsole von verschiedenem Prozentgehalt, sowie Versuche, die Wärme des Abdampfes zum Vorwärmen der Sole auszunützen, bei welchen sich eine bedeutende Ersparung von Brennmaterial, freilich auch eine starke Abnutzung der Pfannenbleche durch die Salzdämpfe ergab.

Die laufenden Arbeiten an den Maschinen, sowie die Herstellung der Siedepfannen, die Reichenhall auch für die Salinen in Traunstein und Rosenheim übernahm, führten zu einer Erweiterung der Maschinenwerkstätte Reichenhall's und zur Errichtung einer Hammerhütte mit Rennschmiede, Hammerwerk, Walzwerk und einer besonderen Pfannenschmiede, deren Einrichtung Reichenbach sein besonderes Interesse zuwandte.

„So vollkommen ich“, berichtet Reichenbach nach Fertigstellung der Hammerhütte, „von dem glücklichen Erfolg meiner Vorschläge über die Erbauung der Hammerwerker und des Gebläses überzeugt war, so groß war meine Freude, alles so pünktlich und so vollständig nach den Vorausberechnungen eingetroffen zu finden.“

„Es ist für den Mechaniker immer ein unbeschreiblicher Genuß, seinen Fleiß und guten Willen auch durch einen guten Erfolg belohnt zu sehen und für die recht angewendete Theorie der Maschinenlehre ist der Triumph um so größer, je genauer die Wirklichkeit mit der Vorausberechnung übereinstimmt, vorzüglich bey so großen und wichtigen Anlagen.“

Auch der Arbeiter in der Rennschmiede, die um eine Lohnerhöhung gebeten hatten, „damit sie zu der vermehrten Kraftanstrengung auch eine bessere Nahrung genießen könnten“, gedenkt Reichenbach, der stets für seine Arbeiter mit dem Herzen eintrat, und befürwortet zu ihrem Wochenlohn von 24 fl. 30 kr. einen Gulden Zulage, „nachdem sich doch die gegenwärtige Blechproduction zur frühern verhält wie 1,5:1, also der Arbeitslohn gleicher Quantität noch immer wohlfeiler als ehemals kommen würde, und damit die Arbeiter eine Aufmunterung zur guten Fabrication und Unterhaltung der gehenden Werker erhielten: Aufsicht und Strenge kann niemals alles zwingen, der Arbeiter muß zuvor, nach Verhältniß seiner Anstrengung zufrieden gestellt seyn.“

Bei Besichtigung der Pfannenblechschmiede überzeugt sich Reichenbach, daß die gegenwärtige Manipulation dem starken Bedarf an Pfannenblechen in keiner Weise nachkommen kann und eine LOCH- UND SCHNEIDEMASCHINE für die rasche und solide Zurichtung unumgänglich nötig ist: In zwei Tagen ist der Entwurf für diese Maschine

mit allen nötigen Werkplänen vollendet und gelangt unmittelbar zur Ausführung. Es handelt sich um eine Blechscheere, „bei welcher zwei nebeneinander laufende, 6 Zoll große, gestählte Scheiben das Durchschneiden der $1\frac{1}{4}$ Zoll dicken Pfannenbleche besorgen,“ und um eine Lochmaschine, welche in diese Bleche die Nietlöcher mit Hebelkraft drückt. Leider ist diese Maschine ebenso wenig wie eine Anzahl anderer Arbeitsmaschinen, die Reichenbach entworfen, erhalten geblieben, auch haben sich keinerlei Zeichnungen derselben vorfinden lassen.*) In einer Beschreibung der Saline aus dem Jahre 1854 ist die Maschine noch erwähnt zusammen mit einer „KUPPOL- oder STOSS-MASCHINE,“ durch welche ebene Metallflächen unter vertikaler Bewegung des Meißels bearbeitet werden konnten und wobei das Werkstück jeweils nach Bedarf seitlich verschoben wurde.“ Auch von dieser Maschine, die wohl eine der ersten Typen einer Shaping-Maschine vertritt, gelang es mir nicht, genaueres in Erfahrung zu bringen.

8. DIE SOLENLEITUNG VON BERCHTESGADEN NACH REICHENHALL. REICHENBACH'S EINFACH-WIRKENDE WASSER-SÄULEN-MASCHINEN.

IN all den Jahren, als der Druck der napoleonischen Herrschaft über Europa lastete, als Bayern in die Kämpfe in Tirol verwickelt war, dann als es dem Eroberer nach Mähren, nach Rußland die Heeresfolge leisten mußte, war die Hebung und Erweiterung des Betriebs der bayerischen Salinen als eine der wichtigsten finanziellen Hilfsquellen des Landes mit zäher Energie verfolgt worden und hatte mit dem Neubau der Solenleitungen nach Traunstein und Rosenheim den schönsten Erfolg errungen. Jetzt, im Jahre 1814, als mit dem endlich errungenen Frieden neue Unternehmungslust erwachte, wurde auch der alte Plan, Berchtesgaden mit Reichenhall durch eine Solenleitung zu verbinden, wieder aufgenommen.

Im Wiener Kongreß, der dem Abschluß des Pariser Friedens folgte, wurden die territorialen Verhältnisse für unser Gebiet völlig neu gestaltet. Das ehemalige Erzbistum Salzburg, das mit Berchtesgaden im Frieden zu Schönbrunn (1810) an Bayern gefallen war, kam an Österreich (Staatsvertrag vom 14. April 1816). Dagegen verblieb die Probstei Berchtesgaden im bayerischen Besitz.

Die neue bayerisch-österreichische Grenze, die alte zwischen Salzburg und Berchtesgaden, überschritt damals die Salzstraße von Berchtesgaden über den Hallthurm nach Reichenhall mit einem bis zum Dreifesselberg (wo Bayern, Salzburg und Berchtesgaden zusammenstießen) hinaufreichenden Dreieck (vergl. die Karte S. 57). Wollte man also, den alten Vorschlägen des Probstes Wolfgang entsprechend (S. 53), den Zug der Salzstraße für die Solenleitung von Berchtesgaden nach Reichenhall wählen, so hatte man österreichisches Gebiet zu überschreiten.***) Das aber schien damals nach der politischen Lage durchaus untunlich. War doch schon der Besitz ausgedehnter Waldungen im Salzburgerischen, bei Lofer und Weidring, aus dem die Reichenhaller Saline von Alters her ihr Triftholz bezog, mit dem Uebergang Salzburgs an Österreich für Bayern strittig geworden, da Österreich die Wälder als Staatswaldungen beanspruchte.***)

*) Eine in der jetzigen Maschinenwerkstätte in Reichenhall aufgestellte Pfannenblechschneide- und Lochmaschine scheint, ebenso wie eine solche in Traunstein, noch nach einer ursprünglich Reichenbach'schen Konstruktion gebaut. Auch sind in den Betriebswerkstätten der Saline noch mehrere aus Reichenbach's Zeit stammende sogenannte Patronendrehbänke und einige Bohrmaschinen vorhanden.

**) Durch einen im Jahre 1852 zwischen Bayern und Oesterreich abgeschlossenen Staatsvertrag wurde die Grenze durch einen Gebietstausch so verlegt, daß dieses Dreieck an Bayern fiel, so daß gegenwärtig die genannte Straße über Hallthurm ganz auf bayerischem Gebiete liegt.

***) Die Besitzverhältnisse wurden 1829 durch Staatsvertrag zwischen Bayern und Oesterreich zu gunsten der alten bayerischen Rechte geregelt. Die Holztrift auf der Saalach nach Reichenhall besteht noch heute, wenn auch seit einigen Jahren der Betrieb der Saline nicht mehr mit Holzfeuerung erfolgt.

ES blieb also für eine Solenleitung nach Reichenhall nur der Weg die Aache hinauf und über die SCHWARZBACHWACHT, die Linie eines alten direkt ins Bayrische führenden Saumweges. Hier aber waren bedeutend größere Höhen zu überwinden.

Die Schwierigkeiten der Anlage legten die Frage nahe, ob es nicht besser wäre, statt die Gradierwässer schwächeren Gehaltes in Reichenhall mit der aus Berchtesgaden hergeleiteten Sole zu verstärken, jene einfach weglaufen zu lassen und den Fehlbetrag der Jahresproduktion durch eine erhöhte Salzgewinnung in Berchtesgaden selbst zu ersetzen. Dagegen aber nahm Reichenbach Stellung: „Man muß vor allen Dingen danach trachten, da wo es möglich und ohne Nachtheil tunlich ist, dasjenige, was uns die Natur ohne unser Zuthun darbietet, zu veredeln, ehe wir für denselben Zweck zu rauben anfangen; und überdies, mag der Salz-Reichthum in Berchtesgaden auch noch so groß sein, so ist er doch nicht unerschöpflich, zumal wenn er umso bedeutender und ununterbrochen in Anspruch genommen werden soll.“

SO kam es zum Bau der Solenleitung. Im Mai 1816 begannen die Vermessungen, bei denen auch die Linie über den Hallthurmpaß von Reichenbach recognosziert wurde.

„Gleich nach Ihrer Abreise, schreibt er in seiner frischen Weise an GAUSS, nach dessen Besuch in Reichenhall (S. 44), ging mein Kreuz und Elend an; denselben Tag machte ich Anstalten zu dem großen Nivellement, was den andern Tag schon begonnen wurde und, mit Unterbrechung von wenig Tagen zur Zusammenstellung der Messungen, sieben Wochen dauerte. Das war ein Bergsteigen, von früh 5 bis abends 8 Uhr brachte ich öfters die Steigeisen nicht von den Füßen, nicht selten mit Lebensgefahr mußte ich klettern und wenn meine Lunge nicht so fest wäre, so hätte mich gewiß die Arbeit zur Leiche gemacht; aber so kam ich, wenn es möglich wäre, gesünder zurück als ich abreiste.“

„Das Nivellement, die Auffuchung und Ausmessung der Aufschlagwässer zum Betrieb der Maschinen etc. woran ich 7 Wochen arbeitete, waren nur die Daten zu einem vollständigen Entwurf dieser riesenmäßigen Wasserleitung, welcher Entwurf mit Inbegriff der Erfindung und Zeichnung der dazu nöthigen Maschinen mich hier eben so lange und anhaltend in Anspruch nahm und so mußte ich zu einer Arbeit, die ich glaubte in 4 Wochen vollenden zu können, 14 Wochen verwenden. Allerdings gab mir dieses in meinen übrigen Geschäften [den astronomischen Arbeiten] einen bedeutenden Stoß, aber Sie wissen das Sprichwort: Herren Dienst geht vor Gottes Dienst.“

VON dem Fortgang der Arbeiten in ihren verschiedenen Stadien geben die Briefe ein lebendiges Bild, die Reichenbach in den Jahren 1816 und 1817 an den schon genannten Salineninspektor Schenk, seinen trefflichen Mitarbeiter, gerichtet hat und die wir in der Folge bei der Schilderung des Baues der Leitung vorzugsweise benützen.

„Die Konstruktion der Maschinen“, schreibt er am 2. Juli 1816 aus München, „und alle ihre Details, hat mir seit meinem Hiersein vieles Nachdenken verursacht, weil ich für so ungeheure Drucke von der älteren Wasserfäulen-Maschine eigentlich wenig Gebrauch machen konnte. Nun bin ich mit der eigentlichen Erfindung bis auf die kleinsten Details ganz fertig und erwarte für die schärfste Berechnung, nur noch die genauen Gefälle der Aufschlagwässer.“

ZUR Überwindung der Höhen waren zwei Wasserfäulenmaschinen vorgesehen: Die eine hatte von der PFISTERLEITE aus die Sole auf die Höhe des LOCKSTEIN mit 314 Fuß (90 m) zu befördern, die zweite bei der Mühle zu ILSANK die Höhe des 1218 Fuß (355 m) darüber liegenden SOLDENKOPFL's an den Hängen des Lattengebirges zu überwinden. Damit war eine weit größere Aufgabe gestellt, als sie die Leitung von Reichenhall nach Rosenheim, auf welcher die größte zu überwindende Höhe (Nößlgraben) 360 Fuß betrug, dargeboten hatte. Reichenbach bewältigte sie, um hier den Bau aller Teile tunlichst einfach gestalten zu können, durch einen DRITTEN TYPUS SEINER WASSERSÄULENMASCHINE, EINE EINFACH WIRKENDE MASCHINE.

SIE zeigt, die gewaltigste seiner Maschinen, zugleich die schönste Form und gibt, ähnlich unseren heutigen riesigen Kraftmaschinen, in ihrem gedrungenen knapp und fest gefügten Bau, der Wucht der in ihr waltenden ungeheuren Kräfte den würdigsten Ausdruck. Wir geben in Fig. 39 die Maschine zu Ilfank wieder. Auf ehernen Säulen ruht der in Messing gegossene, unten offene Kraftzylinder T, über ihm der kleinere zum Aufzug des Treibkolbens dienende Aufziehzylinder Z. In unmittelbarer Verbindung mit dem Treibkolben steht der Kolben des Pumpenzylinders P. Die Solenpumpe ist einfachwirkend. Tritt (in der in der Figur gezeichneten Stellung) das Aufschlags-

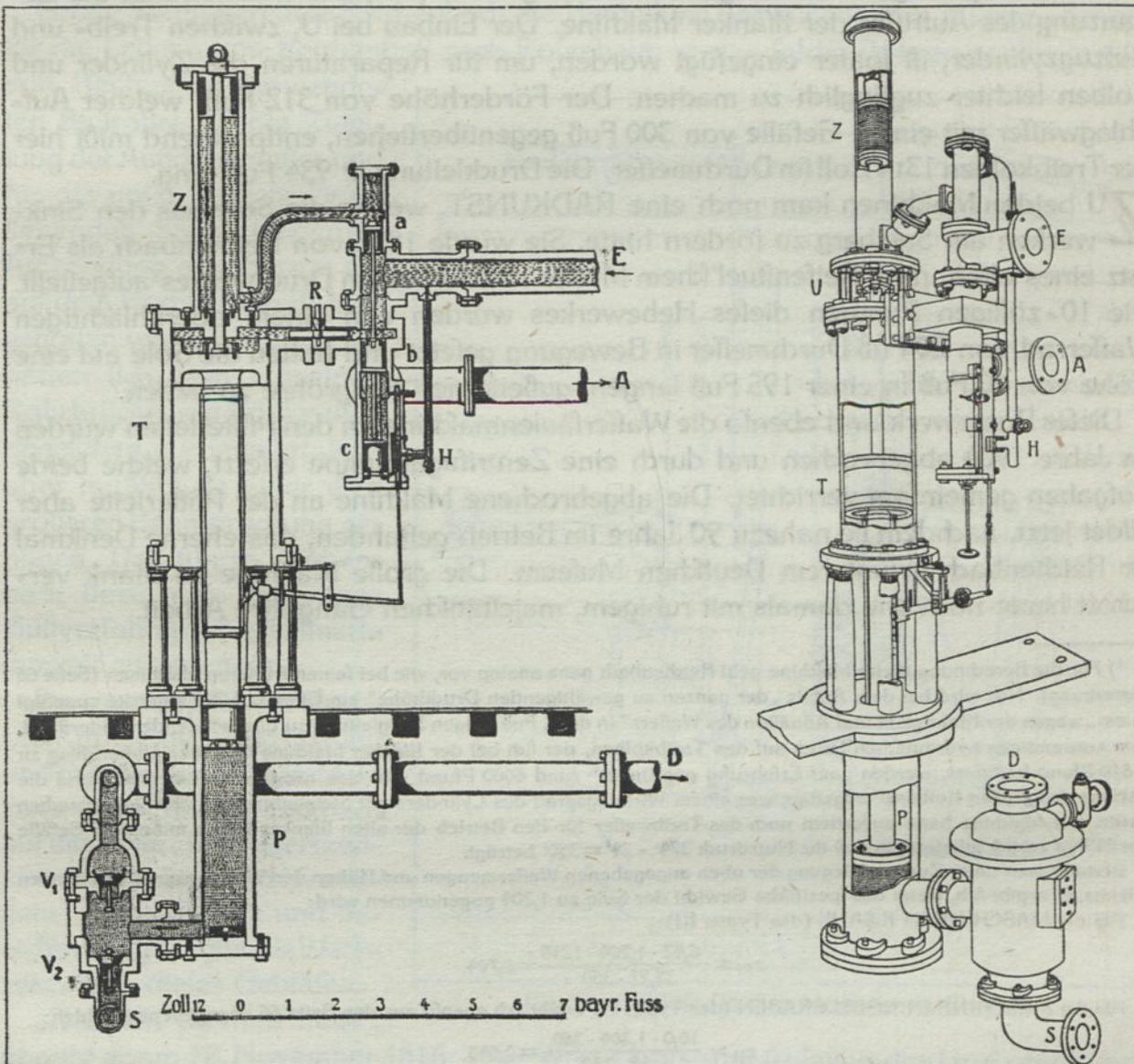


Fig. 39 u. 40: Reichenbach's Wasserfäulen-Maschine, Typus III.

Die große Maschine zu Ilfank. Gegenwärtig noch im Betrieb.

Maschine in der Pfisterleite. Original im Deutschen Museum

wasser von E aus über den Treibkolben nach T, so wird mit dem Niedergang des Kolbens die Sole in die Steigleitung D gedrückt. Zugleich entleert sich das im Aufziehzylinder Z befindliche Aufschlagwasser durch die gebogene Röhre in das Abflußrohr A. Nach der Umsteuerung tritt das Aufschlagwasser unter den Kolben des Aufziehzylinders und hat hier nur die Aufgabe die Kolben zu heben, wobei durch die Pumpe von S aus neue Sole angefaugt wird. Gleichzeitig entleert sich das über dem Treibkolben T stehende Aufschlagwasser nach A. Die Hauptsteuerung a, b, c, deren Spiel unmittelbar aus der Zeichnung erhellt, ist wie bei den früheren Maschinen als Kolbensteuerung ausgebildet und ebenso hier auch die Vorsteuerung H. Die Drosselklappe R ist zwischen Steuerung und Treibzylinder gelegt.

Für das Aufschlagwasser steht in ILSANK eine Höhe von 374 Fuß zur Verfügung und eine Wassermenge von 38,21 Kubikfuß pro Minute. Die Maschine sollte täglich 14 Röhrl gefüllte Sole (d. i. 6,42 Kubikfuß pro Minute) fördern. Das Aufschlagwasser wird in 6 Zoll weiten, eisernen Röhren zugeführt. Der Treibkolben mißt $25\frac{2}{3}$ Zoll Durchmesser, der Pumpenkolben $11\frac{1}{4}$ Zoll; die Druckröhren, welche die Sole in 3506 Fuß langer Leitung auf die Höhe von 1218 Fuß führen sind $4\frac{1}{2}$ Zoll weit. Die Länge des Kolbenhubes beträgt 3,79 Fuß, die Zahl der Kolbenspiele in der Minute 2,444.*)

Die Maschine in der PFISTERLEITE wurde zur Vereinfachung des Betriebes mit der Ilfanker gleichgebaut. Wir geben sie in Fig. 40 in perspektivischer Ansicht zur Ergänzung des Aufrisses der Ilfanker Maschine. Der Einbau bei U, zwischen Treib- und Aufzugzylinder, ist später eingefügt worden, um für Reparaturen die Zylinder und Kolben leichter zugänglich zu machen. Der Förderhöhe von 312 Fuß, welcher Aufschlagwasser mit einem Gefälle von 300 Fuß gegenüberstehen, entsprechend mißt hier der Treibkolben $13\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser. Die Druckleitung ist 934 Fuß lang.

ZU beiden Maschinen kam noch eine RADKUNST, welche die Sole aus den Sinkwerken am Salzberg zu fördern hatte. Sie wurde 1817 von Reichenbach als Ersatz eines alten, nach Reifenstuel'schem Muster 1642 erbauten Druckwerkes aufgestellt. Die 10-zölligen Pumpen dieses Hebewerkes wurden von einem oberflächigen Wasserrad von 20 Fuß Durchmesser in Bewegung gesetzt und hatten die Sole auf eine Höhe von 60 Fuß in einer 195 Fuß langen, gußeisernen Steigröhre zu heben.

Dieses Pumpwerk und ebenso die Wasserfäulenmaschine an den Pfisterleiten wurden im Jahre 1904 abgebrochen und durch eine Zentrifugalpumpe ersetzt, welche beide Aufgaben gemeinsam verrichtet. Die abgebrochene Maschine an der Pfisterleite aber bildet jetzt, nachdem sie nahezu 90 Jahre im Betrieb gestanden, das eiserne Denkmal für Reichenbach in unserem Deutschen Museum. Die große Maschine zu Ilfank verrichtet heute noch wie damals mit ruhigem, majestätischen Gang ihre Arbeit.

*) Für die Berechnung dieser Maschine geht Reichenbach ganz analog vor, wie bei seinen früheren Maschinen (Seite 66 Anmerkung). Nur wird bei dem Ansatz „der ganzen zu gewältigenden Druckhöhe“ ein Glied $L \cdot \frac{1}{200}$ explizite zugefügt als ein „wegen der Klebrigkeit und Adhäsion des Wassers“ in der L Fuß langen Steigleitung zu überwindender Widerstand. Dem notwendigen hydraulischen Druck auf den Treibkolben, der sich bei der Ilfanker Maschine im ersten Ueberschlag zu 46 860 Pfund bestimmt, werden „auf Erfahrung gegründet“ rund 6000 Pfund „für den nötigen Kraftüberschuß und die Reibung des großen Kolbens“ zugefügt, was einem Wirkungsgrad des Cylinders mit Steigleitung von 88,6% entsprechen würde. Die Maschine hatte außerdem noch das Treibwasser für den Betrieb der alten Ilfanker Mühle mit einem Gefälle von 24 Fuß zurückzuliefern, so daß ihr Nutzdruck $374' - 24' = 350'$ beträgt.

Rechnet man unter Zugrundelegung der oben angegebenen Wassermengen und Höhen den Wirkungsgrad des ganzen Systems, so ergibt sich, wenn das spezifische Gewicht der Sole zu 1,204 angenommen wird:

Für die MASCHINE IN ILSANK (des Typus III):

$$e_{III} = \frac{6,42 \cdot 1,204 \cdot 1218}{38,21 \cdot 350} = 0,704.$$

Für die MASCHINE IN NOSSLGRABEN (des Typus II) ergibt sich ebenso aus den Seite 66 angegebenen Zahlen:

$$e_{II} = \frac{10,0 \cdot 1,204 \cdot 360}{48 \cdot 140} = 0,645.$$

Für die MASCHINE IN SIEGSDORF (des Typus I) beruhen Reichenbach's Rechnungen auf einer Förderung von 5,5 Kubikfuß Sole in der Minute auf 144 Fuß Höhe unter Verbrauch von 30 Kubikfuß Aufschlagwasser mit 51,5 Fuß Gefällshöhe. Hier ist also:

$$e_I = \frac{5,5 \cdot 1,204 \cdot 144}{30 \cdot 51,5} = 0,617.$$

Die Resultate sind auf Grund der hier benützten Reichenbach'schen Zahlenangaben etwas größer als nach den von M. RÜHLMANN in seiner ALLGEMEINEN MASCHINENLEHRE (Band I, Abschnitt über Wasserkraftmaschinen) auf Grund seiner eigenen Notizen gemachten Annahmen.

Um zu einem ungefähren Ansatz für den Wirkungsgrad der Wasserfäulenmaschinen selbst zu gelangen, mag man nach J. WEISBACH's Vorgang (Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, II. Teil, wo sich eine ausführliche theoretische Studie über die Wasserfäulenmaschinen findet) den Arbeitsverlust der ganzen Maschine näherungsweise zur Hälfte der Wasserfäulenmaschine, zur Hälfte der Pumpe aufzählen. Man hat dann für den Wirkungsgrad e' der Wasserfäulenmaschine allein annähernd

$$e' = \frac{1}{2} (1 + e).$$

Unter dieser Annahme folgen für die drei Typen der Reichenbach'schen Maschine die Zahlen:

$$e_{III} = 0,852 \quad ; \quad e_{II} = 0,824 \quad ; \quad e_I = 0,808.$$

WIR kehren zum Bau der Leitung und der Maschinen zurück. Am 19. August 1816 schreibt Reichenbach an Schenk: „Nun bin ich auf das allerschärfste im reinen, denn wenn dreyfache Messungen so genau stimmen, so kann man ruhig seyn. Berechnungen, Pläne und Beschreibungen für alle Maschinen werden diese Woche noch in duplo vollendet seyn; das war keine kleine Arbeit - die Details einer so großen und wichtigen Sache sind oft schwieriger, als selbst der Entschluß; das war ein Wählen und Verwerfen, bis ich endlich das einfachste erzielt hatte. Sobald mein Vortrag vorüber und die Sache genehmigt ist, komme ich zu Ihnen und da wollen wir in die Hände spucken und das Werk mit aller Kraft ergreifen“ . . .

Große Sorge bereitete Reichenbach die Herstellung der gußeisernen Röhren. Schon für die Leitung von Reichenhall nach Rosenheim waren solche Röhren an Stelle der von Reiffenstuel verwendeten Bleirohre für die Zuleitung der Aufschlagwasser und für die unter starkem Druck stehenden Steigleitungen in Anwendung gekommen, die auf dem Hochofen in Bergen gegossen worden waren. Sie hatten sich, von einzelnen Rohrbrüchen am Nösslgraben abgesehen, gut bewährt. Jetzt aber mußten sie einer weit größeren Beanspruchung genügen. Das führte Reichenbach dazu, dem bisherigen Gußverfahren seine Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Da war zunächst der Hochofen in Bergen umzubauen und mit einem neuen Gebläse zu versehen, das Reichenbach auf der Reise „im Wagerl zwischen Siegsdorf und Traunstein“ sich ausdenkt und berechnet. Fig. 41 gibt die Werkzeichnung dieses Gebläses.

„Rechnen wir nun noch“, schreibt er am 12. November 1816, „vier Wochen bis zum Anlassen des Hochofens und der Herstellung der nöthigen Modelle und Formflaschen und 30 Wochen zur Erzeugung eiserner Röhren, so haben wir bis Mitte Julius künftiges Jahr all unsere Röhren; woraus die gegründete Hoffnung hervorgeht, daß die Soolenleitung übers Jahr vollendet seyn kann - Juheeee!!! Da wollen wir ein Fest vorm Loch, wo Salzwasser herausläuft, halten, so soll noch kein Fest vor keinem Loch gehalten worden seyn. All' unsere Weiber und Kinder müssen zugegen seyn; ich eröffne den Ball mit Ihrer Frau Gemahlin, Sie mit einer Lorbeerkrone auf'm Kopf tanzen mit meiner Frau unmittelbar nach; das dritte Paar ist Ihr August mit meiner Nani. Ohne weiße seidene Strümpfe wird niemand zugelassen - mit einem Worte, es muß ein Fest werden, wovon Juden und Christen, Heiden und Türken reden.“

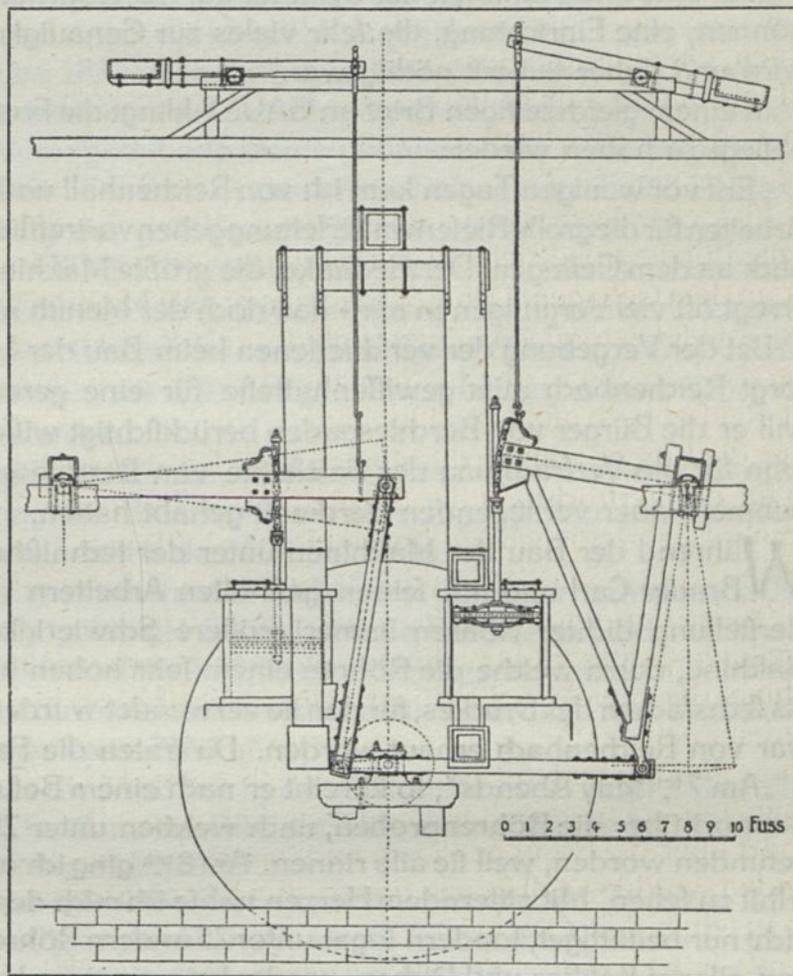


Fig. 41: Gebläse für den Hochofen in Bergen.

DANN folgen wir in den Briefen mit Spannung dem Fortschritt der Arbeiten: Am 10. Februar ist der große Treibzylinder für die Ilfanker Maschine gegossen:

„Als der sehr schön gegossene und wahrscheinlich eben so gute, große Cylinder in Reichenhall ankam, fand sich, daß das Gestell unserer Bohrmaschine viel zu schwach und auch etwas zu klein für diesen Koloß war; ich ließ daher aus den stärksten eichenen Balken auf der Stelle ein neues Gestell verfertigen, woran Tag und Nacht gearbeitet wurde. Die neue Steuerung ließ ich in natürlicher Größe von Holz als Modell verfertigen, damit ich vollständig verstanden wurde, und nicht gefehlt werden kann; auch die Säulen ließ ich von Holz machen und überschickte solche nebst mehrern andern Gußmodellen an Herrn Oberascher (den Metallgießer in Salzburg, der den Guß der Maschinenteile besorgte), endlich zeichnete ich eine Vorrichtung, womit die Säulen-Postamente und Flanschen der Cylinder auf der Bohrmaschine selbst abgedreht werden können, eine Einrichtung, die sehr vieles zur Genauigkeit dieser Maschinen beytragen wird und daher äußerst nöthig war.“

In einem gleichzeitigen Brief an GAUSS klingt die Freude, all' solche Schwierigkeiten besiegt zu haben wieder:

„Erst vor wenigen Tagen kam ich von Reichenhall und Berchtesgaden zurück; meine Arbeiten für die große Riesenwasserleitung gehen vortrefflich und ich zweifle keinen Augenblick an dem Gelingen. Der Gedanke, die größte Maschine in der Welt gebaut zu haben, erregt oft viel Vergnügen in mir - daß doch der Mensch nicht von Eitelkeit laßen kann!“

Bei der Vergebung der verschiedenen beim Bau der Leitung erwachsenden Arbeiten sorgt Reichenbach aufs gewissenhafteste für eine gerechte Verteilung. Insbesondere will er die Bürger von Berchtesgaden berücksichtigt wissen, die bisher durch den Fuhrlohn für die Verfrachtung der Salzsteine von Berchtesgaden nach Reichenhall guten, nunmehr aber verriegenden Verdienst gehabt hatten.

Während der Bau der Maschinen unter der technischen Leitung von Reichenbach's Bruder Carl und mit seinen geschulten Arbeitern rüftig fortschreitet, bereitet die Herstellung dichter Röhren immer größere Schwierigkeiten. Eine eigene Prüfungsmaschine, durch welche die Röhren einem sehr hohen hydraulischen Druck, dem dreibis sechsfachen des Druckes, für den sie verwendet wurden, ausgesetzt werden konnten, war von Reichenbach erbaut worden. Da traten die Fehler der Röhren klar zu Tag:

„Am 7^{ten} May Abends“, so schreibt er nach einem Besuch in Bergen, „bekam ich den Rapport über die Röhrenproben, nach welchen unter 25 Stücken kein einziges gutes befunden worden, weil sie alle rinnen. Am 8^{ten} ging ich nach Bergen, um das Spektakel selbst zu sehen. Mit zitterndem Herzen nahte ich mich dem Werk und fand den Rapport nicht nur bestätigt, sondern sogar unter 25 andern Röhren, die derzeit probirt wurden, von allerlei Kaliber und Dicken, wieder kein einziges brauchbares. Das war natürlich zum Schlag treffen, so ist an kein fertig werden zu denken, was hätte uns alle Anstrengung und theuere Winterarbeit genutzt? Über 1000 Zentner sind schon gegossen, worunter man kein einziges ganz brauchbares vielleicht findet, das ist erschrecklich . . .“

„Ich habe in meiner Gegenwart Röhren gießen laßen, um die Eigenschaft des Eisens in seinem Fluße kennen zu lernen, und glaube die Fehler in der Manipulation beim Guße, woher all dieses Unheil gekommen ist, entdeckt zu haben. Lange ließ man mich nicht zu Wort kommen, Sie kennen die Hüttenleute, bis ich endlich durch Bitten und Flehen, durch Sanftmuth und Zorn, durch Schweigen und Schreien das Feld erhielt und endlich zu meiner Predigt gelangte. Nun fing ich an, die Gründe zu erklären, warum bey dieser Manipulation kein Rohr gut werden kann, weil dabey der sich in Berührung mit der Luft bildende Schaum mit in den Guß gezogen wird, und weil sich durch den langsamen Guß selbst in der Form Schaum erzeugt. Das war der erste Theil, der andere Theil meiner Predigt war die Erklärung einer anderen Gußmanipulation, durch

welche kein Schaum in die Form kommen kann und nach welcher sich kein Schaum in der Form selbst bilden wird, doch muß die Erfahrung erst vollends darüber entscheiden. Je länger ich predigte desto weniger wurde ich unterbrochen, am Ende, stellen Sie sich meine Verwunderung und Freude vor! glaubte man mir sogar und es wurde beschlossen, die Sache zu probieren."

Die nach Reichenbach's Angaben gegossenen Röhren sind zwar wesentlich besser, aber der Fehler noch immer nicht völlig beseitigt. Da folgt ein neues Mittel der „Röhren=dichtmacherkunst“. In der Probemaschine wird eine etwas dicke Öhlfarbe von gesottem Leinöl und fein geriebenem gebranntem Kalk unter vollem Druck der Maschine eingepreßt. „Die dicke Öhlfarbe wird dadurch von innen nach außen, mittels des gewaltigen Druckes in jede Oeffnung gepreßt und verstopft dieselben auf ewige Zeiten."

Weiter wird zum Guß der Röhren auch der staatliche Hochofen in BODENWÖHR (in der Oberpfalz) herangezogen und damit die Möglichkeit gegeben, doch noch, wie vorgesehen, das ganze Werk im Jahre 1817 beendigen zu können. Das aber war dringend erwünscht, um die hohen Transportkosten der Überführung des Berchtesgadener Salzes nach Reichenhall zu Wagen baldmöglichst ersparen zu können - die rechtzeitige Vollendung der Leitung erparte tatsächlich dem Staate einen Betrag von 50000 Gulden.

Mit der endlichen Fertigstellung der gußeisernen Röhren, deren letzte Transporte von Bergen und Bodenwöhr im Oktober eintrafen, war auch das letzte Hindernis zur Vollendung der Solenleitung überwunden*). Die Verlegung der Druckrohrleitungen ging rasch von Statten; die anderen Röhrenfahrten in einer Gesamtlänge von 97300 Fuß, die Reservoirs und Brunnenhäuser, wie alle übrigen Bauarbeiten, waren schon im Laufe des Jahres fertiggestellt worden.

SO konnte am 16. Dezember 1817 Reichenbach an den General-Salinen-Administrator VON FLURL die Vollendung des Baues und die erste Inangsetzung der großen Maschine zu Ilfsank melden. Er tat es mit den schlichten Worten:

ICH beeile mich, die Anzeige zu machen, daß soeben um die Mitternachtsstunde die „große Maschine zu Ilfsank die gesättigte Salzsole in die Reserve auf dem Söldenköpfl lieferte. Der Gang der Maschine ist äußerst sanft und ruhig, und mit dem 160. Hub war, ohne Anstrengung und noch mit einem bedeutenden Übermaß von Kraft, die Soole auf dem vertikalen Punkte von 1218 Fuß“.

„Nachdem einige Tage früher die Maschine in der Pfisterleiten und noch früher die am Berge angelassen wurden, so ist meine Pflicht erfüllt, die mir gegebene Aufgabe gelöst und die ganze Soolenleitung vollendet.“

UND nun folgen frohe Tage der Jubelfeier über das in einem Zeitraum von 20 Monate vollendete Werk, glänzender noch als sie Reichenbach sich zu Beginn der Arbeit in jenem Brief an Schenk vorgestellt. Der König selbst begab sich am 20. Dezember nach Berchtesgaden und wohnte, umgeben von den Prinzen seines Hauses, von Ministern und Hofstaat, dem Anlassen der großen Maschine in Ilfsank bei:

*) Es ist vielleicht nicht uninteressant hier noch der Schwierigkeiten zu gedenken, welche die Verfrachtung der in Bodenwöhr gegossenen Röhren, es waren im ganzen 510 Stück im Gesamtgewicht von 1185 Zentner, bis Berchtesgaden zu jener Zeit bereitete. Da mußten Lieferungsverträge abgeschlossen werden für den Transport per Achse von Bodenwöhr nach Regensburg. Dort übernahm das k. Salzoberamt die Überführung auf den von Salztransporten leer zurückgehenden Salzschiffen bis Passau; vom k. Haupt-Salzpeditionsamt Sct. Nicola in Passau übernahm sie dann die Schiffergemeinde von Laufen als Salzschiffahrts-Unternehmerin auf dem Inn, bis Laufen, wo endlich für geeignete Fuhrleute zur Überführung bis Berchtesgaden Sorge zu tragen war. Für all' diese Transporte waren vorläufige Protokolle aufzunehmen, Berichte an die General-Administration der Salinen zu erstatten, Rückschreiben zu erlassen, Lieferungsverträge einzuleiten, zu genehmigen und auszufertigen; die Zahl von 18 zum Teil recht umfangreichen dienstlichen Schreiben in den Akten der Salinen-Administration gibt noch heute Kunde von all diesen Formalitäten.

Die Überführung der 1185 Zentner Röhren erfolgte bis Passau auf 5 Salzschiffen, dann bis Laufen auf 9 Schiffen, von da bis Berchtesgaden mit 38 Wagenfahrten, deren größte zu 6 Pferden mit einer Last von 64 Zentner. Die Gesamtkosten des Transportes betragen 2528 Gulden. Die Röhren selbst kamen in Bodenwöhr der Zentner zu 10 Gulden 50 Kreuzer, im ganzen also auf 13832 Gulden zu stehen.

„Der Donner des Geschützes und der Freudenruf der Zuschauer begleitete den Ausfluß des Wassers aus der letzten Steigröhre in das Reservoir auf dem Söldenköpfel.“
Zeitgenössische Dichter verherrlichten das Werk:

„Was Kurfürst Max der Erste, als
Er Reifentuhl befragt,
Acht Stunden Wegs bis an die Traun
Mit kühnem Geist gewagt,
Hat König Max der Erste nun
Durch Reichenbachs Genie
Zehn Meilen weit jenseits des Inns
Geführt mit Energie.

Und weil nicht mehr das reiche Hall
Genügt der Riefenkraft,
So ward aus Berchtesgadens Thal
Der Ueberfluß geschafft.
Der ungeheure Felsenrück
Ward aus dem Weg gesprengt
Und dienstbar selbst ein großes Stück
Zum Soolenhub bequem.“ . . .

Ein anderer sang nach bekannter Melodie und mit deutlicher Anspielung auf die Widerfacher des Baues:

„Heut staunt der Kenner Geist
Geübter Kenner Geist
Den Meister an.
Von Reichenbach bezwang
Was nirgends noch gelang
Der Soole stolzen Gang
Auf Felsenspitz! -

Heil diesem edlen Mann,
Der stracks gen Himmel an
Befehle giebt!
Des Druckwerks Riefen-Kraft
Durchgreift - wo Äol schafft
Mit Luft und Wind - und rafft
Die Soole hin!

Ja schäumend springt sie vor
Und trotzt - der Zweifler Chor
Auf Söldens Höh'n.
Der Hydra feurig Blut
Entkräftet ohne Glut -
Kaum noch zum Fafeln gut
Des Neides Wort.“

Den Herrn General-Salinen-Administrator von Flurl ergriff - wie das aufgenommene Protokoll befragt - sichtbare Rührung, als er zwei Tage später den Einlauf der Sole in Reichenhall feierlich konstatierte.

„Unverkennbare Spuren der Wonne bey der vollen Ueberzeugung des ächten Gehaltes der Berchtesgadener Soole äußerten sich an seinen Mienen; und selbst im Auge mehrerer Zuschauer glänzte die Perle der Freudenthräne. Die über dem Soolenkasten angebrachte einfache Aufschrift: EINLAUF DER SOOLE VON BERCHTESGADEN bezeichnete die Wichtigkeit und Würde des Gegenstandes.“

Und diese empfinden wir auch heute noch beim Anblick des kraftvollen Werkes, nachdem längst Jubel und Elegie jener Tage verklungen ist.

WIR schließen den Bericht über die Ehrungen, welche die Mitwelt Reichenbach zuteil werden ließ, mit einem Briefe UTZSCHNEIDER's (Tafel VII), dessen beharrlicher Fürsorge vor allem die Ausgestaltung der bayerischen Salinen zu danken war, und der nun - nachdem er des Staatsdienstes zum zweiten Male enthoben war - in der Vollendung der Solenleitung durch Reichenbach's kühnes Werk seine eigenen Pläne vom schönsten Erfolge gekrönt sah.

INDES, auch abgesehen von Baader's ohnmächtigen Zornesäußerungen fehlte es nicht an Widerspruch gegen das neugeartete Werk, an Bedenken über seine Zweckmäßigkeit, an Beforgnissen für die Dauer seines Bestandes.

Schon bei Gelegenheit der Aufstellung der ersten, größeren Maschine am Nößlgraben (mit der Druckhöhe von 360 Fuß) befragt ein Gutachten:

„Bekanntermaßen sind so große Höhen, die einmal 300 Fuß übersteigen, von den Mechanikern als zu gewagte Probleme erklärt, deren Auflösung viele Unglücke, ungeheure Kosten und am Ende gänzliche Destruction des Unternehmens zur Folge haben können.“

Der ungenannte Verfasser, der im 9. Bande von DINGLER's polytechnischen Journal (1822) enthaltenen ziemlich mißgünstigen „Beschreibung der Illfanker Maschine“ läßt deutlich durchblicken, daß er das Werk in der Art seiner Anlage wesentlich dem Ehrgeize Reichenbachs entsprungen glaubt:

ES dürfte leichter gewesen seyn, die ganze Druckhöhe in zwei oder drei gleiche „Wasserfäulen abzuthelen, und so den höchsten Punkt durch zwei oder drei übereinandergestellte gewöhnliche Maschinen mit der vollkommensten Sicherheit und ohne

Münster den 24^{ten} Dec. 1817

wohlgebohrnen Herr Salinen-Platz.
sehr verehrten würdigen Freund

Ihnen danke für die Nachricht über die vorerwähnte Fortsetzung
von Sulphatgaden nach Ansefall von ca. 2. M. — gewiß wird niemand
mehr Anteil an der Herrschaften und einzigen Unternehmung,
als ich, die ich mich sehr bemühe, Sulphatgaden Salinen
an Saxon zu bringen. — Die meine, wie sehr ich Ihre Talente,
und Kenntnisse verehere! — ich wünschte nochmals an dem glücklichsten
Erfolg; was die Kosten, für den die auch das, die würde. Sie doch
in einem derich auf über den Montblanc setzen.
Ich wünsche Ihnen von Gott gleich zur Herr, die sehr Mechaniker von
mir an — in der Welt zu sein, — zur Auszeichnung, die Ihnen von
H. Maj. unsern Könige Studien- und zu Teil ward, — und
endlich zur Lotation, die die und Ihre Familie erhalten. —
Ich wünsche Ihnen, und Ihre Frau Gemahlin ein glücklich neues
Jahr, und wünscht mich in Ihre Freundschaft. — Bienen. Die von
mir einmal in der Welt noch Gebrauch machen, so sehr ich ihnen
zu Ihnen danken, denn ich würde mich mit der großen Gesellschaft
sein

Ihr ganz ergebener Diener und Freund
J. Utzschneider

alle Schwierigkeit zu übersteigen, wie dieses bei der alten Soolenleitung von Reichenhall nach Traunstein (mit ihren Reiffenstuel'schen Radkünstlen) mit dem besten Erfolg beobachtet worden ist. Herr von Reichenbach nahm indessen von dieser bisher bewährten leichten und sichern Methode Umgang, um etwas außerordentliches zu leisten und er unternahm (was vor ihm noch kein Hydrauliker gewagt) die ganze Höhe von 1218 Fuß auf einen Druck zu gewältigen. Groß und gefährlich war allerdings dieses Unternehmen, bei welchem Herr v. Reichenbach, außer einem vom Staate ihm anvertrauten Kapital von 300000 Gulden, auch seine Künstler-Ehre in Ueberlegung zu nehmen hatte. Der Erfolg hat indessen seinen Muth gekrönt, und durch die, von den geschicktesten Künstlern mit der mathematischen Genauigkeit eines astronomischen Instrumentes vollendete Ausführung seines Planes gelang es ihm, die von den gründlichsten Mechanikern für unüberwindlich gehaltenen Schwierigkeiten zu besiegen, und ein in seiner Art einziges Werk zu Stande zu bringen, das jedem Andern, welchem jene außerordentlichen Mittel nicht zu Gebote stünden, unfehlbar mißlingen müßte."

Auch hier erscheint, charakteristisch für das Kindesalter der Maschinenteknik, die „mathematische Genauigkeit“ der Ausführung als ein Vorwurf:

„WIR müssen, sagt jener Kritiker weiter, es den Sachverständigen überlassen, ob diese Maschine als Muster auch da zur Nachahmung empfohlen werden kann, wo es darauf ankommt, die größtmögliche Wirkung mit dem möglich geringsten Aufwand zu erhalten, und wo man den höchsten Werth und die vortheilhafteste Anordnung einer zu fortwährendem Gebrauch bestimmten Maschine darin sucht, daß selbe von gewöhnlichen Arbeitern hergestellt und leicht unterhalten werden kann.“

DIE WASSERSÄULENMASCHINEN ZU CLAUSTHAL UND HUELGOAT. Eine Anerkennung von berufener Seite fand Reichenbach, als er im Jahre 1822 zu einem Gutachten über den Bau zweier großer Wasserfäulenmaschinen zur Gewaltigung der Grubenwasser am „Tiefen-Georg-Stollen“ zu Clausthal im Harz und in den Bergwerken zu Huelgoat, Departement Finisterre in der Bretagne, aufgefordert wurde.

Sein Gutachten, dessen beglaubigter Text sich in Reichenbach's nachgelassenen Papieren vorgefunden hat, bestand in zwei in ihren Grundlagen und Berechnungen vollständig ausgearbeiteten Vorschlägen für den Bau dieser Maschinen. Sie sind deshalb bemerkenswert, weil sie zwei Anordnungen enthalten, die bisher nicht auf Reichenbach zurückgeführt worden sind. Fig. 42 (S. 80), nach der Handzeichnung Reichenbach's, gibt den ersten Entwurf vom Mai 1822. Die Maschine ist einfachwirkend. Die Förderung der Grubenwasser erfolgt mit der Aufwärtsbewegung des Treibkolbens, an den unmittelbar das Gestänge der auf der Schachtsohle aufgestellten Pumpe gehängt ist.

Um den Stoß (den sogenannten „Hydraulischen Widder“) des Aufschlagwassers beim Einströmen in den Treibzylinder zu vermindern, hat Reichenbach den Hauptsteuerkolben mit keilförmigen Nuten versehen, durch welche ein ganz allmählicher Einfluß des Wassers erzielt wird. In der späteren Ausführung der Clausthaler Maschine durch den um die weitere Durchbildung der Maschine wohlverdienten hannoverschen Maschinenmeister JORDAN hat der Kolben zum gleichen Zweck oben und unten kegelförmige Ansatzstücke erhalten.

Zur Regulierung des Niederganges des Treibkolbens, welcher durch das Gewicht der Kolben und des Gestänges (bei der Clausthaler Maschine 9000 Pfund) bewirkt wurde, diente bei dem ersten Entwurf eine Drosselklappe im Ausflußrohr des Aufschlagwassers. Ein Nachtrag zu diesem ersten Entwurf sieht zu demselben Zwecke einen besonderen, dem Niedergang entgegenwirkenden „Aufziehkolben“ mit Hahnsteuerung vor, der unmittelbar über dem Treibzylinder angebracht ist. Im zweiten Entwurf der Maschinen (vom September 1822) dagegen bringt Reichenbach einen neuen, wirklich zur Ausführung gelangten (bisher auf Jordan zurückgeführten) Vorschlag, nämlich den,

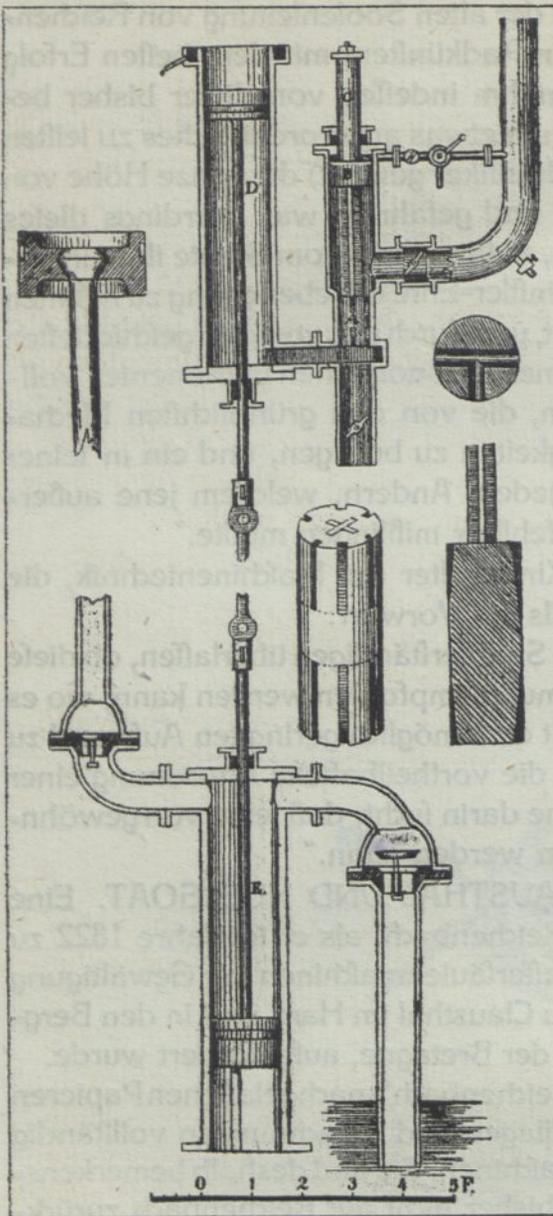


Fig. 42: Reichenbach's Entwurf der Wasserfäulenmaschine auf dem Tiefen Georg-Stollen zu Clausthal.

simple principe de notre immortel Pascal. M. de Reichenbach fera oublier Höll, Winterschmidt, et tous ceux qui, avant lui, ont construit, essayé ou projeté des machines de cette espèce; comme Watt, par l'emploi du condenseur, du modérateur à force centrifuge, du parallélogramme etc., a fait oublier les Newkomen, les Savery, Papin même, et tous ceux qui se disputent la merveilleuse invention des machines à vapeur."

"A Dieu ne plaise que je veuille établir la moindre comparaison entre les services réels rendus à la société par ces deux illustres mécaniciens, ni même entre le mérite de leurs inventions; mais au moins puis-je croire que M. de Reichenbach serait devenu le Watt de sa patrie, si l'Allemagne avait été aussi avancée en industrie que l'Angleterre, et si les mêmes questions se fussent agitées à la même époque dans les deux pays."

das niedergehende Gestängegewicht zur Bewältigung einer Hinterwasserfäule von bestimmter Höhe zu benutzen, und so die Beschleunigung hinreichend zu vermindern. Fig. 43 zeigt Reichenbach's Skizze. Der Ausfluß des Hinterwassers erfolgt bei g in die Röhre gh.

Die Clausthaler Maschine hat JORDAN in Karsten's Archiv für Mineralogie Bd. 10 (1837) beschrieben. Die von JUNKER in Huelgoat gebaute Maschine ist von ihrem Erbauer in den Annales des mines Bd. 8 (1835) dargestellt worden. Dort sagt der begeisterte Schüler über die Werke seines Meisters:

"Je dirai seulement que tout y est parfait, et que partout, dans ces magnifiques salines, à côté des plus ingénieuses conceptions, on reconnaît la sagesse, l'esprit d'ordre et de conservation qui caractérisent les Allemands et font traverser les siècles à leurs entreprises."

"Ces innovations constituent un progrès tellement remarquable, qu'on peut dire que c'est du moment où on a pu mettre en œuvre des colonnes d'eau formidables que date l'application utile du grand et

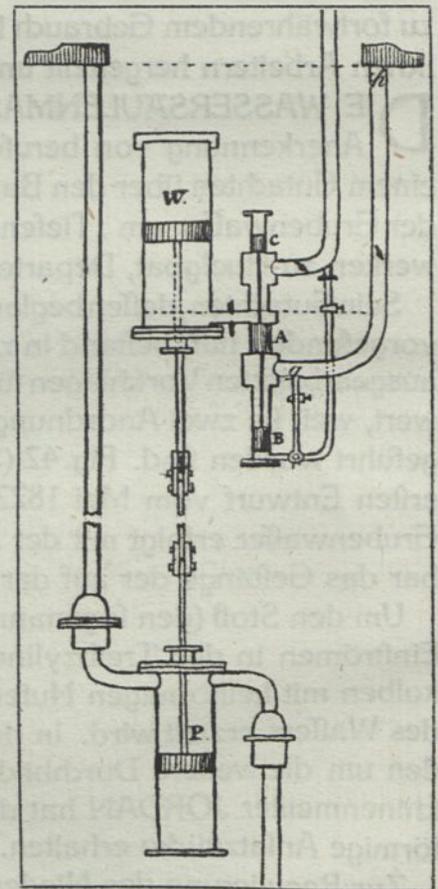


Fig. 43: Skizze zu den Wasserfäulenmaschinen für Clausthal u. Huelgoat.

ENTWÜRFE ZU WASSERSÄULENMASCHINEN FÜR DEN GEWERBEBETRIEB. Reichenbach hat sich immer wieder mit Plänen getragen, neben den großen Kraftmaschinen auch Maschinen für geringeren Kraftbedarf, insbesondere für den Gewerbebetrieb zu konstruieren. So hat er auch versucht, seine Wasserfäulen-Maschine diesem Zweck anzupassen und dachte sich solche Maschinen zumal für das Gebirgsland geeignet, wo häufig nur geringe Wassermengen aber hohes Gefälle für den Betrieb zu Gebot stehen.

Das Deutsche Museum besitzt (gestiftet von den Herren Böhm & Wiedemann in München) ein 1825 nach Reichenbach's Plänen von Artilleriehauptmann F. SPECK ausgeführtes, betriebsfähiges Modell einer für die Amberger Gewehrfabrik bestimmten, doppelwirkenden Wasserfäulenmaschine für rotierende Bewegung. Fig. 44 gibt die einfache Konstruktion des Maschinchens:

Der Treibkolben T ist durch die Kolbenstange Q unmittelbar mit der Pleuellstange P verbunden, die die oszillierende Bewegung des Kolbens in die rotierende zweier, symmetrisch vor und hinter dem Treibzylinder auf der Achse O sitzender Schwungräder N überträgt. Von diesen wird die Energie durch Seiltrieb abgenommen. Das bei E zugeleitete Aufschlagwasser fließt bei A ab. Die Steuerung, als Kolbensteuerung (a, b) ausgeführt, erfolgt, unter Wegfall einer Vorsteuerung, auf die einfachste Weise mit Hilfe der Glieder K, L, M.

Zu einer Ausführung solcher Maschinen kam es nicht. Bei der Verwendung großen Druckes, wie sie der Kraftbedarf erforderte, konnte, der Anordnung des ganzen Steuerungssystems zufolge, der Gang der Maschine nicht in dem wünschenswerten

Maße beschleunigt werden. Andererseits mußte bei Vergrößerung der Dimensionen die Verwendung im Gewerbebetrieb an der Kostspieligkeit der Anlage scheitern.

DER Gedanke „Verringerung der Dimension bei gleicher Leistung“, den Reichenbach mit so glänzendem Erfolg beim Bau seiner astronomischen Instrumente durchgeführt, ist bei seinen Wasserfäulenmaschinen, obwohl er ihm auch da vorschwebte, nur zum Teil erreicht worden. Zwar stellen seine Wasserfäulenmaschinen auch hierin gegenüber den riesigen „Radkünsten“ und „Kunstwerkern“ von damals einen ganz wesentlichen Fortschritt dar. Aber es war erst der modernen Technik vorbehalten, den springenden Punkt für die Lösung des Problems zu finden: Neben der Verwendung hohen Druckes die Einführung großer Geschwindigkeiten. So haben denn die modernen kompendiösen TURBINEN, für kleinste und größte Leistungen in weiten Grenzen verwendbar, bei allen Neuanlagen heute die malerischen Wasserräder, wie die gravitatischen Wasserfäulenmaschinen verdrängt und sind gewaltige Motoren unserer heutigen Kraftzentralen wie eifrig laufende Kraftmaschinchen des Kleingewerbes geworden.

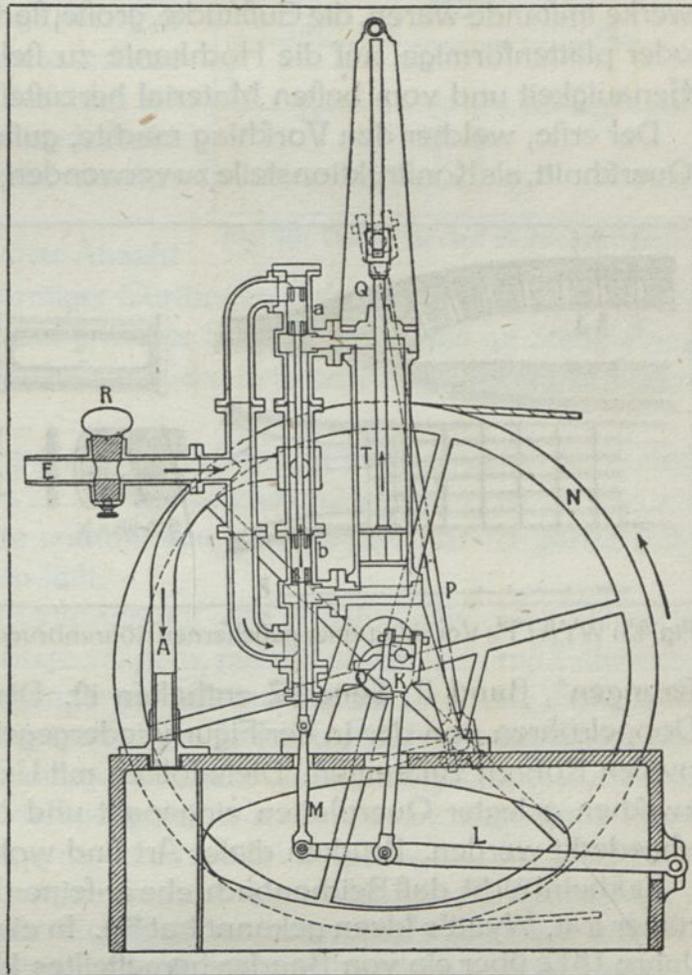


Fig. 44: Wasserfäulenmaschine für Rotationsbewegung.

M = 1 : 4. Original-Modell im Deutschen Museum.

9. REICHENBACH'S GUSSEISERNE RÖHRENBRÜCKEN.

IN den Jahren seiner reichsten erfinderischen Tätigkeit hat sich Reichenbach mit dem Problem der Konstruktion eiserner Brücken beschäftigt und hat seine Untersuchungen in einem im Jahre 1809 vollendeten Werke „THEORIE DER BRÜCKEN-BÖGEN und Vorschläge zu eisernen Brücken in jeder beliebigen Größe“ niedergelegt*). Bis dahin waren gußeiserne Brücken nur vereinzelt in Deutschland, Frankreich und namentlich in England gebaut worden, wo große Eisenwerke imstande waren, die Gußstücke, große, flache Bogenstücke oder kleinere, rahmen- oder plattenförmige, auf die Hochkante zu stellende Gußteile mit der erforderlichen Genauigkeit und vom besten Material herzustellen.

Der erste, welcher den Vorschlag machte, gußeiserne Röhren, und zwar von ovalem Querschnitt, als Konstruktionsteile zu verwenden, scheint der englische Architekt SAMUEL

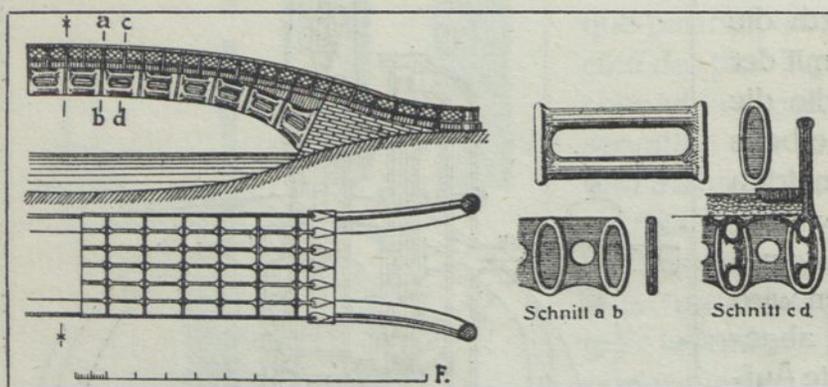


Fig. 45: WYATT's Vorschlag einer gußeisernen Röhrenbrücke von 1800.

WYATT gewesen zu sein, der 1800 ein Patent darüber erhielt und veröffentlichte. Fig. 45 zeigt den Entwurf einer solchen Röhrenbrücke in Grund- und Aufsicht, wie er um 1805 in dem von der Baumgärtner'schen Buchhandlung in Leipzig herausgegebenen „Magazin aller neuen Erfindungen, Entdeckungen und Verbes-

serungen“, Band II, Seite 12 enthalten ist. Die Rippen der Brücke setzen sich aus Doppelröhren von der in der Figur wiedergegebenen Form oder auch aus einfachen ovalen Röhren zusammen. Diese sollten mit Umkröpfungen in den ovalen Rand dazwischen gelegter Querplatten eingepaßt und oben mit wellenförmigen Eisenplatten abgedeckt werden. Brücken dieser Art sind wohl kaum ausgeführt worden.

Es scheint nicht, daß Reichenbach, ehe er seinen Plänen zu gußeisernen Röhrenbrücken näher trat, Wyatt's Ideen gekannt hat**). In einem akademischen Gutachten aus dem Jahre 1812 über ein von Baader hergestelltes kleines Brückenmodell sagt er über die ersten Gedanken zu seiner technisch weit vollkommener durchgebildeten Konstruktion:

„Ich entnahm diese Idee aus der Natur, die überall mit dem geringsten Aufwande den größtmöglichen Effect hervorbringt, und deswegen allerwärts, wo sie steife Körper nöthig hat, Röhren hat, wie z. B. die Knochen der Thiere, die Strohhalmen und mehr oder weniger alle andere Pflanzen, die Federn der Vögel etc.“

„Die eigentliche Idee, aus eisernen Röhren Brücken zu bauen, bekam ich schon im Jahre 1792 in England, und diese Idee wurde bestärkt, als ich in demselben Jahre auf der Wilkenson'schen Zylinder- und Kanonen-Gießerey in Bergham nahe bei Wighan unter anderen Merkwürdigkeiten auch einen ungeheuren Dreyfuß in Gestalt eines Hebzeuges sah, dessen Bäume aus zusammengeschaubten eisernen Röhren bestanden. Seit jener Zeit dachte ich nicht weiter darüber nach, bis bey Gelegenheit der Soolenleitung von Reichenhall nach Rosenheim, wo ich sehr viele eiserne Röhren zusammenschrauben ließ, die alte Idee in mir wieder erwachte.“

*) Zuerst erschienen 1811, nach Reichenbach's Tod in einem zweiten unveränderten Abdruck im Jahre 1833 wieder herausgegeben. (München, bei J. A. Finsterlin.)

***) Ein Hinweis auf das Wyatt'sche Patent findet sich erst in einem noch später (S. 88) zu erwähnenden Bericht J. v. Baader's aus dem Jahre 1819 an den Münchener Magistrat über die neu zu erbauende Ifarbrücke.

FÜR den Aufbau seiner Brücken verwendet Reichenbach Rohrstücke von kreisförmigem Querschnitt, 10-16 Zoll im Durchmesser, mit einer Wandstärke von etwa 1 Zoll bei ungefähr 6 Fuß Länge: „In den großen Eisenschmelzen von England, Frankreich etc. ist man wohl im Stande, neun, zehn und noch mehr Fuß lange Röhren zu gießen; um aber die Sache allgemein zu machen, so, daß solche Brücken in jeder kleinen Eisen-Schmelze auch gegossen werden können, soll die größte Röhren-Länge nicht viel über sechs Fuß betragen.“ Durch geeignete Ansätze (Flanschen) können die einzelnen Rohrstücke sowohl in der Längsachse des Rohres als auch senkrecht dazu beliebig zusammenschraubt werden (vergl. Fig. 46).

Das Brückengewölbe setzt sich aus einer Anzahl nebeneinander liegender, flach-kreisförmiger Gurtbogen zusammen, die durch Quersprossen miteinander verbunden sind. Bei größerer Spannweite treten an Stelle eines Bogens zwei übereinanderliegende, durch Querstücke senkrecht zum oberen, flacheren Bogen gegeneinander versteift.

Den von Reichenbach für Berechnung und Konstruktion zugrunde gelegten Beispielen von Brücken mit 306 Fuß, 150 Fuß und 75 Fuß Spannweite ist Fig. 47 einer Brücke mit zwei Bogen von je 150 Fuß Spannweite entnommen, aus welcher sich der ganze Aufbau der Brücken unmittelbar übersehen läßt.

REICHENBACH gründet seine Konstruktionen auf eine von ihm entworfene Theorie eiserner Brücken mit flachen Kreisbogenträgern, mit der er der späteren Entwicklung einer allgemeinen Theorie vorangegangen ist. Hält man sich den Stand der damaligen Kenntnisse in Statik und Festigkeitslehre vor Augen, so kann sie als ein Fortschritt bezeichnet werden. Freilich ist bei den Rechnungen lediglich die Zugfestigkeit des Materials in Betracht gezogen und sind die durch das Eigengewicht der Brücke und die Temperaturveränderungen eintretenden Spannungen gar nicht oder ungenügend berücksichtigt. Versteifungen durch Dreiecks-Verbindungen sind zur Vermeidung von Spannungen weggelassen, wo sie zur Sicherung der Konstruktion unbedingt veranlaßt waren. „Man muß es“, sagt MEHRTENS in seinen „Vorlesungen über Ingenieurwissenschaften“, (II, 1, S. 303), in denen er Reichenbach's Brückensystem eingehend bespricht, „als ein Glück für Reichenbach betrachten, daß er niemals ernstlich in die Lage versetzt worden ist, seine Pläne in die Wirklichkeit zu übersetzen“*).

*) Reichenbach war durch seine früheren Arbeiten und durch theoretische Ueberlegungen allgemeiner Art so sehr von der einzigen Zweckmäßigkeit des Aufbaues der Brücken aus gußeisernen Röhren eingenommen, daß er weitere Möglichkeiten der Ausgestaltung von Traggebilden, wie sie ihm schon die damaligen Brückenbauten in England und Frankreich darboten, gar nicht weiter in Betracht zog. So wird er auch in einer in der Akademie der Wissenschaften ausgetragenen Polemik dem Entwurf seines alten Widersachers Baader's zu einer aus „Blechträgern mit umgebogenen Rand“ zusammengesetzten Brücke keineswegs gerecht und hat nur Spott über „ein so zusammengenietetes Machwerk“, dessen Material, Schmiedeeisen, überdies dem Verrosten viel mehr ausgesetzt sei als Gußeisen.

Und doch geht aus den Erörterungen Reichenbach's hervor - das Modell Baader's ist leider nicht erhalten - daß den Vorschlägen Baader's, die sich konstruktiv an die gußeisernen Brücken JOHN RENNIE's anlehnen, zum mindesten ein durchaus richtiger Gedanke zu Grunde liegt, den spätere Brückenkonstruktionen in vollstem Maße bewährt haben. Reichenbach aber schreibt:

„Als ich vor drey Jahren meine Abhandlung über die Brücken schrieb, und der Sache mit allem Ernste nachdachte, um die Vortheile aller Konstruktionen gegenseitig vergleichen zu können, so mußte ich nothwendig auch auf den simplen Gedanken fallen, Brückenbögen von Eisenplatten, die auf ihre hohe Kante gestellt sind, zu konstruieren; nachdem ich aber der Sache reiflicher nachgedacht habe, so erwähnte ich in meiner Abhandlung gar nichts davon, weil ich mich schämte, mit dergleichen un sinnigen Ideen öffentlich aufzutreten, gerade so, und aus derselben Ursache, als ich mich schämen würde, bey Gebäuden glatte und dünne frey stehende Säulen, anstatt runde vorzuschlagen.“

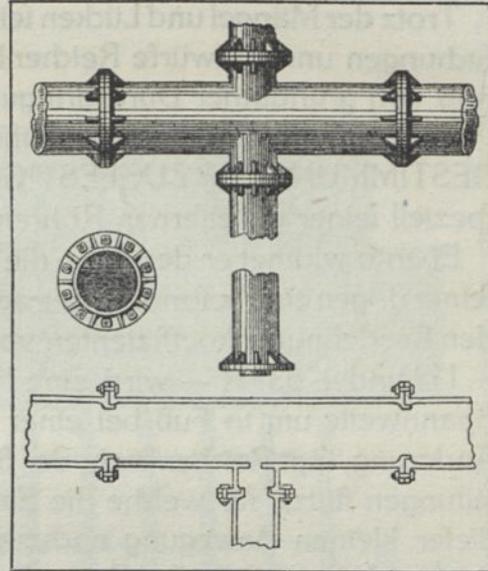


Fig. 46: Detail zu den Röhrenbrücken.

Trotz der Mängel und Lücken seiner Betrachtungsweise zeigen indes auch diese Untersuchungen und Entwürfe Reichenbach's von dem weitfchauenden Gang seiner Ideen und von gründlicher Durchdringung der damals völlig neuen Probleme.

Er entwirft eine eigene, von ihm als „Zerreißprobe“ bezeichnete Methode für die BESTIMMUNG DER ZUGFESTIGKEIT, „des Zerbrechungsmomentes“ eines Materials, speziell seiner gußeisernen Röhren.

Ebenso widmet er der durch die WÄRMEAUSDEHNUNG bedingten Formänderung seiner Bogen eine besondere Betrachtung. Unter Zugrundelegung genauer Versuche über den Ausdehnungskoeffizienten von Gußeisen - für Temperaturschwankungen zwischen -11° und $+53^{\circ}$ R - wird eine Hebung bzw. Senkung eines Bogens von 300 Fuß Spannweite um $\frac{1}{4}$ Fuß bei einer Temperaturschwankung von 30° R berechnet, eine Änderung, sagt Reichenbach, der sich hier auf seine Erfahrungen beim Bau der Wasserleitungen stützt, für welche die Elastizität eines solchen Bogens bei weitem hinreicht, dieser kleinen Bewegung nachzugeben, ohne nur im mindesten an einen Bruch zu denken.“ Bezüglich der Doppelbögen bemerkt er dann: „Es darf wegen der Ausdehnung oder Zusammenziehung durch die Wärme oder Kälte der obere Bogen mit dem Mauerwerk nicht so fest als der untere verbunden werden, damit er dieser, zwar nur kleinen Veränderung nötigenfalls um so leichter nachgeben könne.

Aus gleichem Grunde verwirft er auch Dreiecksverbindungen zwischen den beiden Gurtbögen: „Würde die Verbindung des oberen Bogens mit dem untern durch schräg gestellte Quersproßen gemacht werden, so könnte man zwar Eisen ersparen, allein die Seiten-Bewegung derselben in der Ebene der Bögen wäre unmöglich, und es müßte nothwendig bey der Wärme der obere, und bey der Kälte der untere Bogen zerreißen. Man wird mir einwenden, daß durch solche Nachgiebigkeit der Quersproßen, in der Ebene der durch sie verbundenen Bögen die Brücken eine gewisse Elasticität behalten, welches zu Schwingungen Anlaß gibt; allein darauf muß ich antworten, daß eben diese übrig bleibende kurze Elasticität für die Dauer der Brücken wolthätig ist, und höchstens ein Zittern (wie das Zittern eines jeden noch so großen Hauses, wenn ein Wagen vorbey fährt) aber niemals eine accelerirende und dadurch schädliche Schwingung verursachen kann. Wäre es möglich, eine solche Brücke ohne alle Elasticität zu bauen, so müßte sie durch die geringste Erschütterung, welche von einem darüber gehenden leichten Fuhrwesen herrühren könnte, zerbrechen.“

ZUM Schlusse seiner theoretischen Betrachtungen befürwortet Reichenbach nach seiner gründlichen Art noch einen Versuch, „um zu erforschen, in wieweit die Theorie mit der Praxis übereinstimmt“.

„Man dürfte nur über irgend ein kleines Wasser in einem öffentlichen Garten oder anderwärts, wo ohnehin schon eine dauerhafte Brücke nöthig ist, eine solche Brücke nach einem verjüngten Maßstab erbauen und derselben nur ein Tragvermögen geben, welches die größten darüber gehenden Lasten höchstens dreymal übertrifft. Leidet nun diese Brücke unter allen Umständen gar keine sichtbare Veränderung, so wird auch wohl jede andere, mit einem die größtmögliche Last zehnfach übertreffenden Tragvermögen, gewiß stark genug seyn.“

„Wollte man dann aber den Versuch vollkommen herstellen, so müßte auf einer Linie nach der Quere und im vierten Theil der Länge dieser Brücke nach und nach solange Last aufgelegt werden, bis sie zusammenbricht; denn hieraus könnte man erst die Theorie mit der Wirklichkeit vollkommen vergleichen. Der Schaden bey diesem Experimente wäre auch so groß nicht, denn wahrscheinlich würden bey dem Einsturze nur wenige Röhren zerbrechen, welche leicht zu erneuern sind, und die Brücke könnte ohne besondere Umstände bald wiederum aufgestellt seyn.“

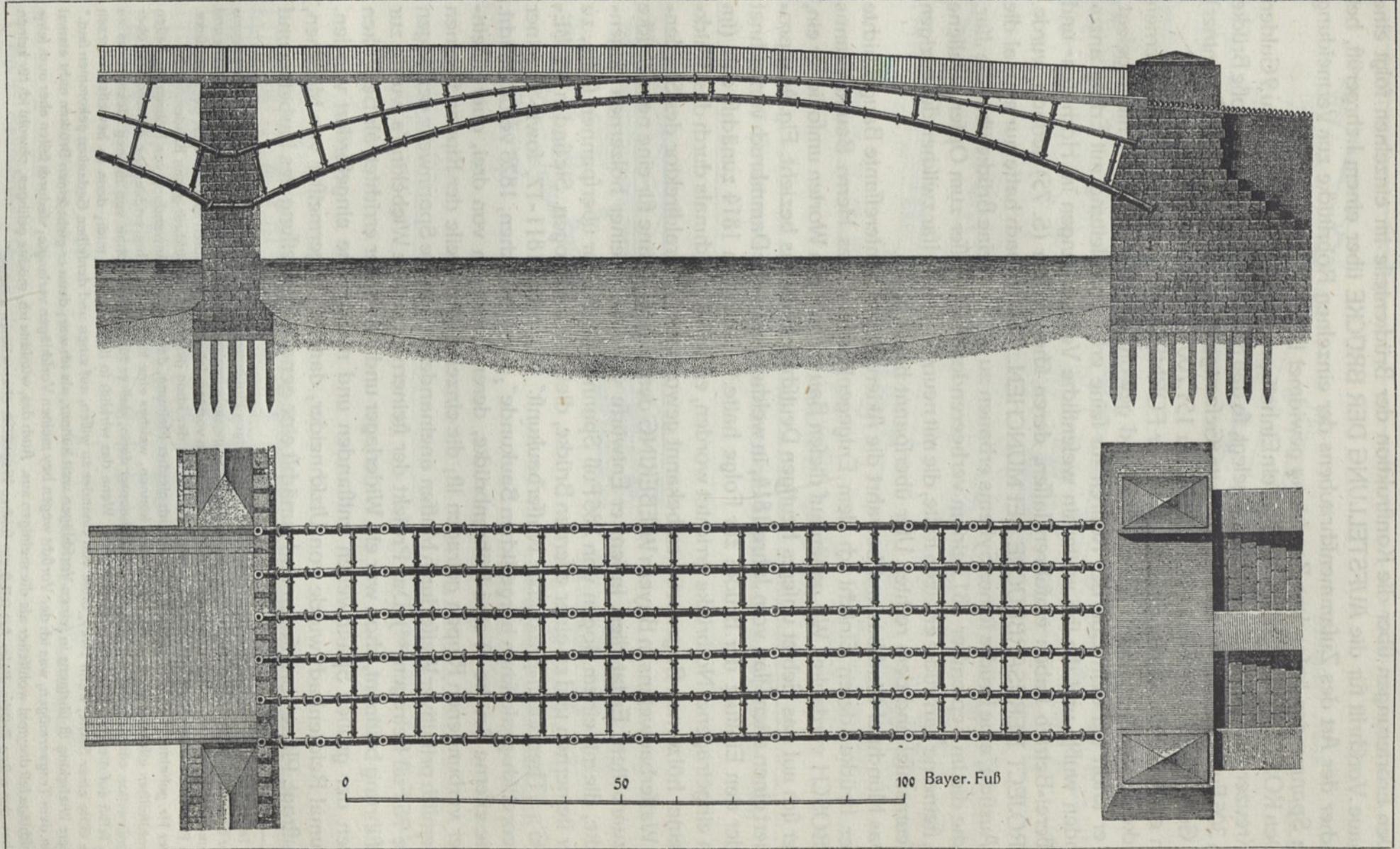


Fig. 47: Reichenbach's Röhrenbogenbrücke von 150 Fuß Spannweite.

Den Erörterungen über die Konstruktion der Brückenteile im einzelnen folgt eine genaue Vorschrift für die AUFSTELLUNG DER BRÜCKE über einem Lehrgerüst, bei welcher der Art des Zusammenschraubens der einzelnen Rohrstücke zur Vermeidung von Spannungen besondere Beachtung gewidmet ist.

Den KOSTENBERECHNUNGEN ist ein Einheitspreis der Eifengußwaren zu 9 Gulden 30 Kreuzer für den Zentner zugrunde gelegt, so daß Reichenbach für seine große Brücke von 306 Fuß Spannweite und 36 Fuß Breite (Gesamtgewicht des Gußeisens 9862 Zentner) die Gesamtkosten, ohne die Aufstellung, zu 151.700 Gulden berechnet.

In einem Schlußkapitel endlich, „Von der FORMERREY DER RÖHREN zu eisernen Brücken“ hat Reichenbach seine in England gewonnenen Erfahrungen niedergelegt, die er schon bei dem Guß der Röhren für seine erste Solenleitung mit Erfolg anzuwenden wußte und die ihn weiterhin wesentliche Verbesserungen im Hochofen- und Gießerei-Betrieb haben einführen lassen, deren schon früher (S. 75) gedacht wurde.

PROJECT DER ISARBRÜCKE BEI MÜNCHEN. Reichenbach hatte nur einmal die Aussicht, eine Brücke seines Systems erbauen zu können, eine Brücke über die Isar, welche die im September 1813 einem verheerenden Hochwasser zum Opfer gefallene alte, steinerne Isarbrücke ersetzen sollte, die mit neun Bogen die Isar zwischen der jetzigen Museumsinsel und dem rechten Ufer überspannt hatte.

Das Münchner Stadtbauamt bewahrt die Akten über die interessante Baugeschichte dieser Brücke, deren Einsicht ich dem Entgegenkommen des Herrn Bauamtmanns Dr. BOSCH verdanke. Wir gehen auf diesen Bau mit einigen Worten umso lieber ein, als er sich auf das Gebiet unseres heutigen Deutschen Museums bezieht. Fig. 48 reproduziert einen alten Plan vom Jahre 1814, in welchem bei a der Dammbuch verzeichnet ist, der den Einsturz der Brücke zur Folge hatte.*) Nachdem 1814 zunächst eine (im Plan eingetragene) Notbrücke errichtet worden, erhielt der nachmals durch das Schicksal seiner hölzernen Bogenbrücken bekannt gewordene Generaldirektor des Straßen- und Wasserbauwesens in Bayern WIEBEKING den Auftrag, Pläne für eine neue Brücke auszuarbeiten. Er tat dies, indem er Entwürfe vorlegte zu einer hölzernen Bogenbrücke, die mit einem Bogen von 286 Fuß Spannweite die Isar überspannen sollte, zu einer steinernen und zu einer eisernen Brücke, diese mit drei Bogen. Sie sind in WIEBEKING's „Theoretisch-praktischer Wasserbaukunst“ München, 1811-17, sowie in seiner „Theoretisch-praktischen bürgerlichen Baukunde“, Bd. 4, München, 1826 veröffentlicht.

Die eiserne Brücke ist eine Röhrenbrücke, deren Fahrbahn von drei, quer miteinander verbundenen Rippen getragen ist; die einzelnen Rohrteile der Rippen scheinen in ziemlich primitiver Weise durch Muffen aneinandergesetzt; die Spannweite der Bogen sollte 96 Fuß betragen.***) Das Projekt der steinernen Brücke Wiebeking's wurde zur Ausführung bestimmt, schon war ein Widerlager und ein Pfeiler errichtet, als Bedenken wegen der großen Spannweiten entstanden und neue Pläne eingefordert wurden.

Zumal Reichenbach wurde von Utzschneider, damals Bürgermeister von München, beauftragt, Pläne vorzulegen und zunächst eine genaue Vermessung des Isarbettes und

*) Im Plane ist mit gestrichelten Linien die Lage des heutigen Flußbettes sowie die Situation des Deutschen Museums auf der jetzt viel größeren Insel eingetragen. Bei den Fundierungsarbeiten zum Museumsbau stieß man auf Mauerwerk und Falschinschichten des damaligen „neuen Damms“, ebenso im vorigen Jahre bei Flußbauten auf die Pfeiler der Notbrücke.

**) Reichenbach sagt über Wiebeking's eiserne Brücken in der schon genannten Streitschrift gegen Baader:

„Der Hr. geheime Rath Wiebeking ist mit mir auch gleicher Meinung, daß durch die Anwendung von Röhren die besten und wohlfeilsten eisernen Brücken gebaut werden können, welches eine kürzlich von ihm erschienene Abhandlung über die Construction eiserner Brücken beweiset. Er behauptet darin, daß er für sich, und ohne von meinen Ideen etwas zu wissen, selbst auf diesen Gedanken gekommen sey. Wenn das wirklich so ist, so freut es mich; denn es beweiset jederzeit für die Güte einer Sache, wenn zwey, ohne von einander zu wissen, auf einen und denselben Gedanken gekommen sind.“

„Herr Wiebeking ist übrigens in seinen Vorschlägen weit kühner, als ich war; denn er giebt seinen Brücken nicht einmal 1/4 von dem Tragvermögen, was ich der Vorlicht wegen bey meinen Vorschlägen verlangte; dadurch fallen aber auch seine Bauanschläge fast dreymal wohlfeiler als die meinigen aus. Auch das, wünschte ich, möchte gelingen, obwohl ich für keinen Preis bey der ersten Brücke dieser Art selbst ein solches Wagestück übernehmen möchte.“

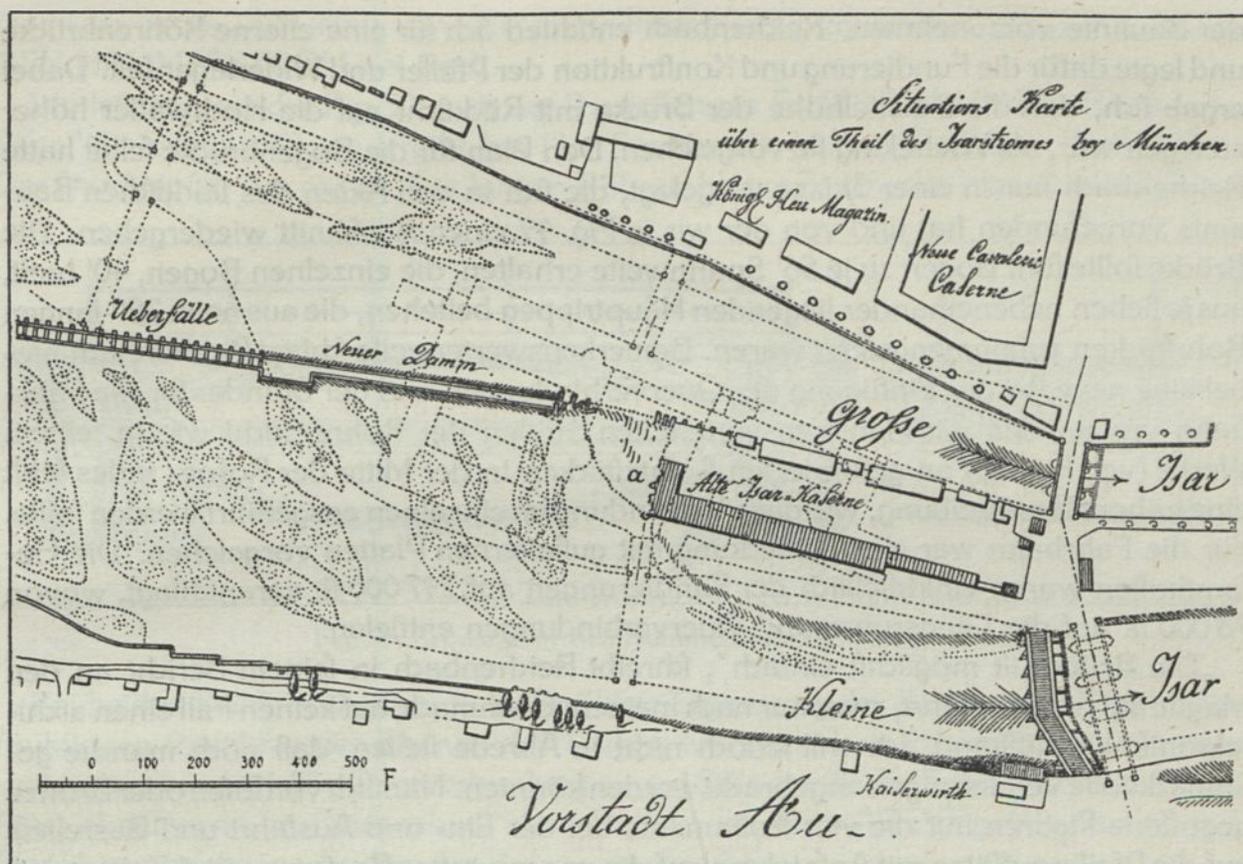


Fig. 48: Situationsplan der Museumsinsel mit dem Grundriß der Ludwigsbrücke. 1814.

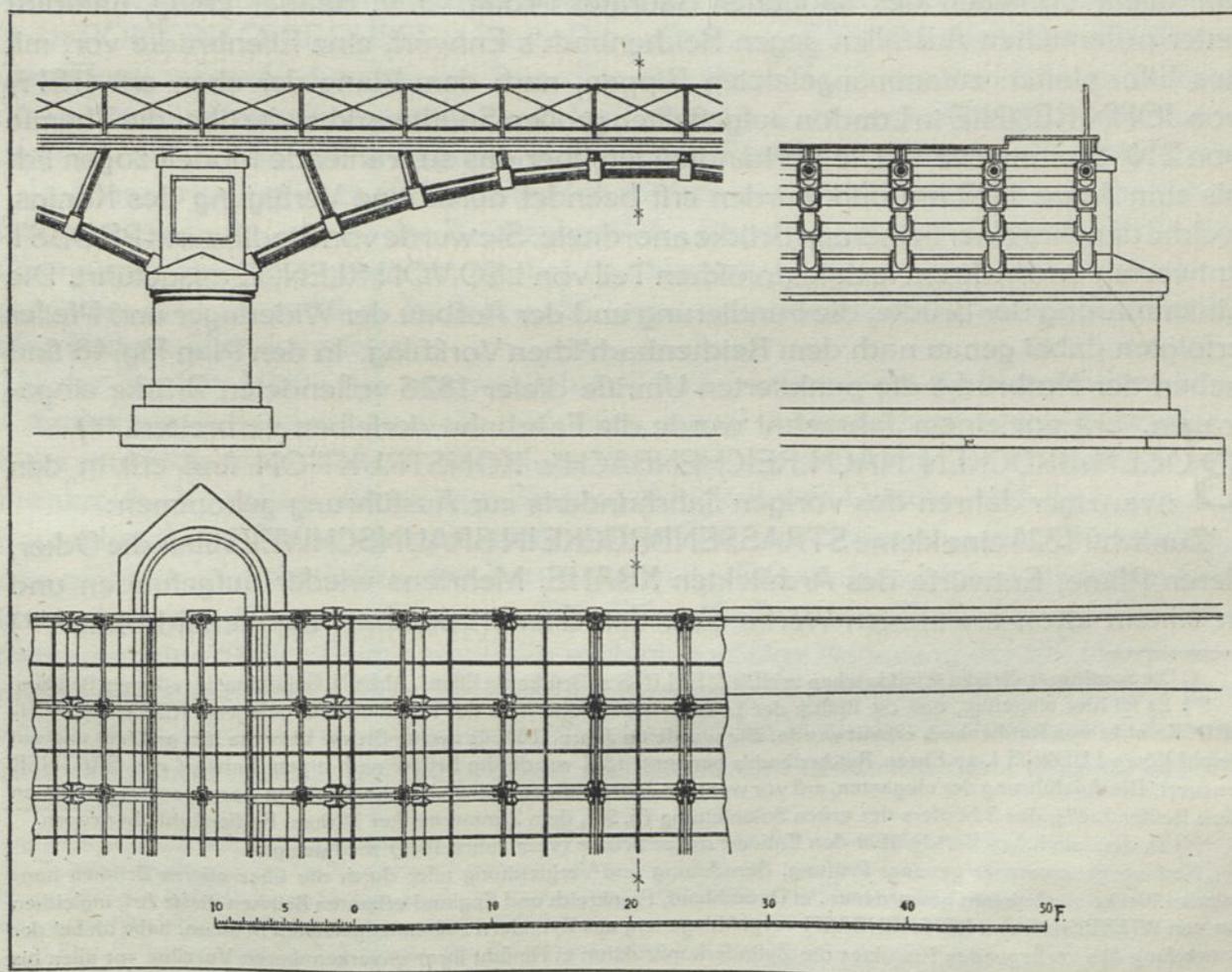


Fig. 49: Reichenbach's Projekt einer eisernen Röhrenbrücke über die Isar (Ludwigsbrücke).

der Baulinie vorzunehmen. Reichenbach entschied sich für eine eiserne Röhrenbrücke und legte dafür die Fundierung und Konstruktion der Pfeiler und Widerlager fest. Dabei ergab sich, daß die Scheitelhöhe der Brücke mit Rücksicht auf die Hochwasser höher zu legen war, als Wiebeking sie vorgesehen. Den Plan für die Bogenbrücke selbst hatte Reichenbach nur in einer Skizze vorgelegt, die sich in den Akten des städtischen Bauamts vorgefunden hat und von der wir in Fig. 49 einen Ausschnitt wiedergeben. Die Brücke sollte fünf Bogen zu je 56' Spannweite erhalten, die einzelnen Bogen, 40' breit, aus je sieben nebeneinander liegenden Hauptrippen bestehen, die aus neun 75" langen Rohrstücken zusammengesetzt waren. Bemerkenswerterweise schlägt Reichenbach hierbei eine neue Art der Einfügung der Querverbindungen und der Ständer für die Fahrbahn vor an den mit Flanschen versehenen Stößen der Rohre, nicht wie in seinem Werke (vgl. Fig. 46) an gesonderten Ansatzstücken in der Mitte der Rohre; indes fehlt eine nähere Beschreibung, wie diese Verbindung im einzelnen ausgeführt werden sollte. Für die Fahrbahn war eine Bedeckung mit gußeisernen Platten vorgesehen. Die Gesamtkosten waren einschließlich der Fundierungen auf 297 000 fl. veranschlagt, wovon 78 000 fl. auf die Längsrohre und Querverbindungen entfielen.

„Die Brücke ist möglichst einfach“, schreibt Reichenbach in seinem Bericht an den Magistrat, „und gewährt, zwar nur nach meinem Geschmack, auf keinen Fall einen architektonischen Mißstand. Ich will jedoch nicht in Abrede stellen, daß noch manche geschmackvolle Verzierungen angebracht werden könnten. Nämlich von Eisen oder Bronze gegossene Figuren auf die vier Postamente bei der Ein- und Ausfahrt und Basreliefs auf die Pfeileraufsätze mit Anspielung auf die gegenwärtige Regierung und Zeiten . . .“

Noch weitere Projekte von steinernen und hölzernen Brücken kamen in Vorlage, vor allem vonseiten des städtischen Baurates Probst. J. v. Baader schlug, natürlich unter polemischen Ausfällen gegen Reichenbach's Entwurf, eine Eisenbrücke vor, mit aus Eisenplatten zusammengesetzten Rippen, nach dem Plane der eben erst (1819) von JOHN RENNIE in London aufgestellten großen Southwarkbrücke über die Themse von 210' Spannweite*). Die Verhandlungen über das zu wählende Modell zogen sich bis zum Jahre 1822 hin und wurden erst beendet durch eine Verfügung des Königs, welche den Bau einer steinernen Brücke anordnete. Sie wurde von Stadtbaurat PROBST entworfen und in ihrem architektonischen Teil von LEO VON KLENZE ausgeführt. Die Linienführung der Brücke, die Fundierung und der Aufbau der Widerlager und Pfeiler erfolgten dabei genau nach dem Reichenbach'schen Vorschlag. In den Plan Fig. 48 sind neben der Notbrücke die punktierten Umrisse dieser 1826 vollendeten Brücke eingetragen. Erst vor einem Jahrzehnt wurde die Fahrbahn derselben verbreitert.**)

BOGENBRÜCKEN NACH REICHENBACH'S KONSTRUKTION sind erst in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts zur Ausführung gekommen:

Zunächst 1824 eine kleine STRASSENBRÜCKE IN BRAUNSCHWEIG über die Ocker, deren Pläne, Entwürfe des Architekten KRAHE, Mehrstens wieder aufgefunden und in seinem schon erwähnten Werke über den Eisenbrückenbau veröffentlicht hat.***)

*) Die Southwark-Brücke ist beschrieben in HEINZERLING'S „Brücken in Eisen“, Abth. II, Geschichte der eisernen Brücken.

**) Es sei hier eingefügt, daß die südlich der Ludwigsbrücke oberhalb der Museumsinsel gelegene REICHENBACHBRÜCKE nicht von Reichenbach erbaut wurde. Sie wurde im Jahre 1831 als zweite Brücke über die Elbe errichtet und auf Befehl König LUDWIG I. zu Ehren Reichenbach's benannt. 1841 wurde die Brücke nach einem Entwurf von GÄRTNER erneuert. Die Ausführung der eleganten, erst vor wenigen Jahren abgetragenen Holzkonstruktion war einem Nachkommen Hans Reiffenstuel's, des Schöpfers der ersten Solenleitung (S. 54), dem Zimmermeister Michael Reiffenstühl übertragen.

***) In dem amtlichen Bericht über den Entwurf dieser Brücke (vom Jahre 1821) wird gesagt:

„Nach vorgenommener genauer Prüfung, Berechnung und Vergleichung aller durch die über eiserne Brücken handelnden Werke mir bekannt gewordenen, in Deutschland, Frankreich und England erbauten Brücken dieser Art, ingleichen der von WIEBEKING und REICHENBACH vorgeschlagenen, aus Zylindern zusammengesetzten Brücken, habe ich bei der Entwerfung des vorliegenden Projektes die Zylinderkonstruktion in Hinsicht ihrer unverkennbaren Vorzüge vor allen bis jetzt bekannten Zusammensetzungen eiserner Brücken, und von beiden vorangeführten Systemen das Reichenbach'sche

Dann im Jahre 1829 eine von Hütteninspektor NAHT entworfene BRÜCKE ÜBER DEN HAMMERSTROM bei Peitz.

Die letztere, welche Fig. 50 nach der Darstellung in F. HEINZERLING's „Brücken in Eisen“ (Leipzig, 1870) wiedergibt, hat 11 m Spannweite bei 1 m Pfeilhöhe; Breite 4,5 m. Der Durchmesser der etwa 1,6 m langen Röhren betrug 21 cm, die Wandstärke 2,6 cm.

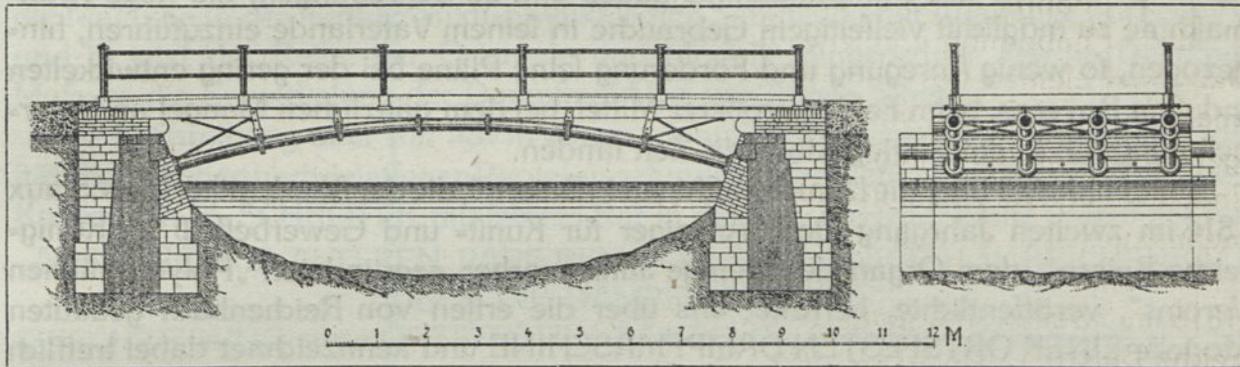


Fig. 50: Brücke über den Hammerstrom bei Peitz.

Bei beiden Brücken wurden, in wesentlicher Ergänzung der Reichenbach'schen Konstruktionen sowohl in den Ebenen der Träger, wie quer dazu schmiedeeiserne Kreuzverbände eingelegt. Die Querverbindungen und Ständer für die Fahrbahn waren auch hier, ebenso wie im Reichenbach'schen Projekt der Isarbrücke (Fig. 49) an den mit Flanschen versehenen Enden der Röhre angebracht.

DIE Röhrenbogenbrücken wurden dann in Frankreich durch POLONCEAU weiter ausgebildet und mannigfach gebaut. Die erste Brücke des Polonceau'schen Systems ist der PONT DU CARROUSEL in Paris. Die gußeisernen Röhren haben hier elliptischen Querschnitt mit aufrechter großer Axe. Die einzelnen Gußstücke sind Röhrenhälften, die in der vertikalen Symmetrieebene des Trägers zusammengeschraubt werden und zwar so, daß je die Röhrenhälften mit versetzten Stoßfugen übereinander greifen*).

In seiner ursprünglichen Gestalt, aus Rohrstücken von kreisförmigem Querschnitt zusammengeschraubt, wurde der Reichenbach'sche Bogenträger noch verwendet für die Obergurten einer Hängebrücke, die bei den Herkulesbädern unweit Mehadia in Ungarn über die Czerna führt. Im Jahre 1837 gebaut, wurde diese Brücke erst 1896 durch eine Fachwerkbrücke ersetzt.

IN der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts verschwindet die Verwendung des Gußeisens im Brückenbau mehr und mehr, zumal in Deutschland, wo es gegenüber Stein und Holz lange nicht in dem Maße Verwendung gefunden, wie in England und Frankreich. Vor allem die geringe Biegefähigkeit war Ursache, daß Gußeisen als Baumaterial den Anforderungen einer neuen Zeit, der Steigerung der Stützweiten, den erhöhten Verkehrslasten, den Forderungen des Eisenbahnbetriebes mit seinen Geschwindigkeiten nicht gewachsen war. Das Schweißeisen, dann Flußeisen und Flußstahl traten an seine Stelle. Damit ergab sich auch eine völlige Änderung der Eisenkonstruktionen, aus den Eigenschaften und den zweckmäßigsten Bearbeitungsmöglichkeiten des neuen Materials heraus, auf einer durch systematische Versuche gewonnenen sicheren Grundlage und gestützt auf die großen, methodischen Fortschritte der Festigkeitslehre.

zugrunde gelegt, indem die durch dieses System vorgeschriebene Zusammensetzung, welche mittels der an beiden Köpfen der Zylinder angenommene Stoßscheiben sich von dem Wiebeking'schen, bei welchem die Verbindung der Röhren durch übergeschobene Kapfen bewerkstelligt wird, auf eine vortheilhafte Weise unterscheidet, nach unumstößlichen Principien eine möglichst absolute Haltbarkeit voraussetzen läßt."

*) Eine Reihe weiterer Verbesserungen des Reichenbach'schen Systems hat Polonceau in seiner „Description de plusieurs perfectionnements étudiés et proposés au système d'arcs en fonte exécuté au pont du Carroufel“ dargelegt. Annales des ponts et chaussées. 1844.

10. REICHENBACH'S ARBEITEN ÜBER DIE DAMPFMASCHINE.

DIE Eindrücke, die Reichenbach am Anfang seiner technischen Laufbahn in der Fabrik in Soho beim Studium der Dampfmaschine von Watt empfangen, haben ihn von jener Zeit ab immer wieder zur Beschäftigung mit den Problemen des Dampfmaschinenbaues und zu Bestrebungen, die neue Kraftmaschine zu möglichst vielseitigem Gebrauche in seinem Vaterlande einzuführen, hingezogen, so wenig Anregung und Förderung seine Pläne bei der gering entwickelten Industrie Bayerns, beim Fehlen größerer Mittel, bei dem gänzlichen Mangel an Unternehmungslust in einer kriegsschweren Zeit fanden.

Eine „Nachricht über die Dampfmaschinen in Baiern“, die der Akademiker Maréchaux 1816 im zweiten Jahrgang des „Anzeiger für Kunst- und Gewerbefleiß im Königreiche Baiern“, dem Organ des wenige Jahre vorher gegründeten „Polytechnischen Vereins“, veröffentlichte, berichtet uns über die ersten von Reichenbach gebauten Modelle EINER ORTSFESTEN DAMPFMASCHINE und kennzeichnet dabei trefflich die biedereren, beschränkten Verhältnisse jener Zeit:

Die Regierung hatte die Absicht, in den Reichenhall'schen Salzwerken eine Dampfmaschine aufzustellen - die S. 6 erwähnte Bestellung vom Jahre 1792 - fallen gelassen.

„Der Gedanke, die Dampfmaschinen in öffentlichen Instituten zu benützen, wurde indessen nicht aufgegeben. Der Herr Salinenrath von Reichenbach, damals noch Artillerie-Hauptmann, verfertigte im Jahre 1803 eine solche, zur Bewegung des großen Prägestocks in der Münze bestimmte Maschine. Er bearbeitete sie nach eigenen Ideen. Sie zeichnete sich durch eine eigene Combination der Condensationskräfte mit einer äußerst starken Expansivkraft der Dämpfe über den Druck der Atmosphäre sehr vortheilhaft aus. Diese Maschine war offenbar mehr als ein arbeitendes Modell, denn sie prägte Thalerstücke vollkommen rein. Seine Excellenz der Hr. Minister, Graf von Montgelas und mehrere andere waren Zeugen ihrer zweckmäßigen Wirksamkeit. Das neue Local der Münze gestattete aber die Wiederaufstellung derselben nicht.“

„Die hohe Landesregierung, die unmittelbar selbst das Beispiel zur Anwendung solcher Maschinen gab, wollte zugleich die Benutzung derselben allgemeiner machen, und ließ von Hrn. v. Reichenbach im Jahr 1809 für die Universität Landshut ein großes arbeitendes Modell anfertigen. Auch diese für eine Kraft von drei Menschen berechnete Maschine sahen Se. Excellenz der Hr. Minister Graf von Montgelas, wie auch mehrere andere in Thätigkeit. Sie ist in den Händen des Hrn. Professors Magold, der sie zu seinen Vorlesungen gebraucht.“

„Die sinnreiche Einrichtung und der geringe Umfang dieser Maschine erregte Aufmerksamkeit. Hr. Charles Albert zu Paris hatte die gegründete Hoffnung, bedeutende Bestellungen zu Dampfmaschinen für die kaiserlichen Tabaksfabriken zu bekommen. Hr. von Reichenbach verfertigte für ihn eine nach seiner Methode, jedoch mit einigen Verbesserungen, für die senkrechte Bewegung, für den Moderator etc. und dieses wirksame Modell wurde wirklich dem Hrn. Albert im Jahre 1812 nach Paris übersandt. Da sich aber in Frankreich die Umstände so plötzlich änderten, und die Speculationen des Hrn. Albert fehl schlugen, so wurde diese Dampfmaschine durch die Güte Sr. Durchl. des Hrn. Feldmarschalls Fürst von Wrede wieder nach München zurückgebracht, was auf keinem andern Weg möglich gewesen wäre, da bekanntlich Modelle von Maschinen wohl hinein, aber unter keinem Vorwande aus Frankreich herausgelassen werden. Diese vortrefflich bearbeitete Maschine ist noch jetzt bei dem Hrn. v. Reichenbach. Sie gleicht durch den darauf verwendeten Fleiß und durch die Vollendung aller ihrer Theile einem wahrhaft schönen physikalischen Instrumente. Sie vertritt auch wie die vorige die Kraft von 3 Mann, und kann, wenn man will, 150 Hübe in einer Minute machen.“

Dieses Pariser Modell hat Reichenbach der im Jahre 1822 auf Veranlassung König Max I. errichteten „ALLGEMEINEN POLYTECHNISCHEN SAMMLUNG“ laut noch vorhandenem Schreiben mit vier Plänen und Beschreibung übergeben „überzeugt von der Nützlichkeit der neu entstandenen Sammlung“.

Nach Auflösung dieser Lehrsammlung, die trotz der trefflichen Absichten ihres Gründers zu wenig Interesse in den Kreisen der Industrie und des Gewerbes fand, wurde die Maschine in der mathematisch-physikalischen Sammlung der Akademie aufbewahrt und ist jetzt der Reihe der Originale und Modelle eingeordnet, die im Deutschen Museum die Entwicklung der Dampfmaschine vor Augen führen.

Die Beschreibung aber hat sich in einem Manuskript Reichenbach's, freilich unvollständig, in seinen nachgelassenen Papieren gefunden*), bei dessen Drucklegung mich mein Kollege Dr. M. SCHRÖTER mit seinem Rat in dankenswertester Weise unterstützt hat. „AUSZÜGE AUS ÄLTEREN PAPIEREN VOM SALINENRATH V. REICHENBACH ÜBER DIE DAMPFMASCHINE.“

[BESCHREIBUNG EINER ORTSFESTEN DAMPFMASCHINE MIT KONDENSATION.]

DIE Dampfmaschine, als die in dem ausgebreiteten Gebiete der ausübenden Mechanik von allen civilisirten Nationen anerkannt wichtigste Maschine, weil sie nicht nur allein durch ihre Wärme und durch ihr Athmen viele Ähnlichkeit mit dem thierischen Leben hat und uns deßwegen schon einige Neigung zu ihr und Bewunderung einflößt, sondern auch den Menschen in die fast göttliche Macht setzt, allerwärts, wo er es verlangt, jede beliebige und zu allen Zeiten unfehlbare Kraft ausüben zu können, war seit der Erfindung, die Expansiv-Kraft der Dämpfe als bewegende Kraft zu benutzen, der würdige Gegenstand des Nachdenkens vieler Mechaniker.

So einfach es auch war, die Expansiv-Kraft der Dämpfe als bewegende Kraft zu erkennen, welches wahrscheinlich, wie alle dergleichen Erfindungen, der Zufall entdeckt hat, und wo man sich wundern muß, daß dieses Kraft-Princip nicht schon in den ältesten Zeiten bekannt war, so war doch die Application dieser Kraft zu einer stetigen Bewegung und der Leistung der verlangten Wirkung eine weit schwürigere Sache als bey allen anderen bekannten Bewegungs-Kräften, weil bey den Dämpfen nur die Ausdehnung und soviel als gar keine Masse in die Wirkung kommt, weßwegen auch kein Räderwerk unmittelbar durch die Dämpfe mit Vortheil in Umtrieb gesetzt werden kann.“

„Die erste Anwendung der Dämpfe als bewegende Kraft war nur die Benützung des Übergewichtes ihrer Expansiv-Kraft über den Druck der Atmosphäre. Man ließ in geschlossenen, wechselweise mit Wasser angefüllten Gefäßen sehr elastische Dämpfe auf das Wasser wirken, wodurch letzteres aus den Schächten der Bergwerke getrieben werden sollte. Allein man fand bey dieser Operation bald, daß die Consumption von Brennmaterial bey diesem Verfahren sehr groß und außer allem Verhältniß mit der erreichten Wirkung ist, weil dabey nicht nur allein ein Theil der Expansiv-Kraft der Dämpfe, welcher dem Druck der Atmosphäre gleich ist, als wirkende Kraft verloren wird, sondern auch hauptsächlich, weil bey jeder Wiederfüllung des durch die Kraft des Dampfes entleerten Gefäßes mit kaltem Wasser eine Menge Dampf für die Erwärmung des Gefäßes und des Wasserspiegels condensirt und als Kraft auch verloren wird.“

„Hierauf wurden die Dämpfe aus der unmittelbaren Berührung mit dem zu hebenden Wasser gebracht und ihre Eigenschaft, sich an kalten Körpern zu condensiren und nach dem Verhältniß ihrer Abkühlung einen leeren Raum zu bilden, benützt. Es wurden sowohl für das zu hebende Wasser als für die Wirkung der Dämpfe eigne Pumpen errichtet, welche durch einen Hebel in Verbindung waren. Unter den Kolben

*) Die vier Pläne fanden sich in den Sammlungen der Münchener Indultrieſchule und wurden von dort dem Deutschen Museum überlassen. Den in Fig. 52 wiedergegebenen Aufriß der Maschine hat schon C. MATSCHOSS in seiner „Entwicklung der Dampfmaschine“ Bd. I, S. 423 reproduziert.

der oben offenen Dampf-Pumpe wurde der Dampf mit einer den Druck der Atmosphäre nur ohngefähr $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{6}$ überwiegenden Federkraft gelassen, wodurch dieser Kolben in die Höhe ging; bey seinem höchsten Stande wurde der Dampfzufluß verschlossen und durch Einspritzen von kaltem Wasser der Dampf im Cylinder, der den Kolben hob, condensirt; das hierdurch entstehende Übergewicht der Atmosphäre drückte den Kolben nieder und zog die Pumpen auf der anderen Seite des Hebels...

„Für Kreis-Bewegungen wurden anstatt den Pumpen schwere Schwungräder in Bewegung gesetzt oder das durch die Pumpen gehobene Wasser zum Betriebe für oberflächliche Wasserräder verwendet.“

„So entstand die Dampfmaschine von NEWCOMEN, welche man, kleine mechanische Vereinfachungen und Verbesserungen abgerechnet, lange Jahre für das vollkommenste in diesem Gebiete hielt und wornach eine große Menge vorzüglich in England errichtet wurden, die größtenteils noch im Gange sind.“

HERR WATT aber dachte der Sache tiefer nach und entdeckte bald in dem Princip dieser Maschine den wesentlichen Fehler, daß durch das Einspritzen von kaltem Wasser und die Berührung der kalten Luft der innere Raum des Cylinders, in welchem sich bey dem folgenden Hube der Dampf mit seiner eigenthümlichen Temperatur wieder erhalten muß, sehr abgekühlt wird, wodurch eine große Menge Dampf für die Wieder-Erwärmung dieses Raumes nach jedem Hube verloren geht; er ließ daher den Dampf außer dem Raume, indem er wirken mußte, condensiren, den Kolben im Dampfzylinder nicht durch die Atmosphäre, sondern durch den Dampf selbst niederdrücken und richtete eine eigne Pumpe vor, welche durch die Maschine selbst bewegt wird und die das eingespritzte Condensations-Wasser nebst der damit eingedrunghenen atmosphärischen Luft aus der Maschine saugt. Unmittelbar darauf folgte die Erfindung der doppelt wirkenden Maschinen. Herr Watt gab auch bey den erstern von ihm errichteten Maschinen den Dämpfen eine beträchtlich größere Expansiv-Kraft, füllte den Cylinder nicht ganz voll und ließ den folgenden Theil des Hubes bloß von der Ausdehnung des Dampfes ohne neuen Zufluß treiben, wodurch er auch die letzte, nemlich die eigenthümliche Federkraft der angewandten Dämpfe benutzte.“

„So gewiß auch der Vortheil dieser letzten Methode in der Ersparung von Brennmaterial für gleich große Wirkung theoretisch gegründet ist, so ging doch Herr Watt später selbst davon ab, weil bey großen stabilen Dampfmaschinen der dadurch erreichte Vortheil, welcher, sowie der vollkommene Schluß des Kolbens im Cylinder nachläßt, immer unbedeutender wird, den Nachtheil der vermehrten Complication der Maschine und der Gefahr des Zerspringens so großer Dampfkessel nicht aufwog.“

„Die Wattischen Principien der Dampf-Anwendung als bewegende Kraft sind daher eben so sinnreich als erschöpfend und wenn auch nach ihm Hr. HORNBLOWER, zwar ohne guten Erfolg, glaubte, den Wattischen Principien zu ihrer Vollständigkeit etwas beyfügen zu müssen, indem er die Dämpfe anstatt sie unmittelbar nach ihrer Wirkung im Dampfzylinder zu condensiren, zuvor auf dem Kolben in einem dreymal größeren Cylinder wirken läßt und alsdann erst condensirt, so ist dieses bey näherer Betrachtung doch nichts anderst als eine sehr complicirte und kostspielige Anwendung des Wattischen Principis nach welchem der Cylinder nicht ganz vollgefüllt und die Federkraft des Dampfes ohne neuen Zufluß benützt wird.“

„So sinnreich Herr Watt in der Aufstellung der Principien für die Dampfanwendung zum Maschinenbetriebe war, eben so sinnreich war auch die Construction seiner Maschine für die Anwendung dieser Principien und in andern mechanischen Hinsichten: Dazu gehören die Einrichtung seiner Injections-Pumpe, seine Steuerung, die gerade Führung des obersten Punktes der Kolben-Stange durch eine Combination von Kreisbewegungen, die sich gegenseitig aufheben und beynahe eine ganz gerade Linie bilden, das Sonn- und Planet-Rad, der Moderateur etc.“

„LANGE Zeit, vorzüglich aber während der Gültigkeit der Wattischen Patente, welche durch eine Parlaments-Akte auf die doppelte Zeit prolongirt wurden, getraute sich sozufagen kein Mechaniker, an Verbesserungen der Wattischen Dampfmaschine ernstlich zu denken, theils, weil man es für eine fruchtlose Bemühung hielt und theils, weil allen englischen Mechanikern, welche den größten Antheil an der Sache damals hätten nehmen können, durch die umfassende Bedingung und Bestimmtheit der Wattischen Patente allerwärts zur Ausführung die Hände gebunden waren, wenn sie auch wirklich den einen oder den andern guten Gedanken einer Verbesserung gehabt hätten. Erst in den jüngst vergangenen Zeiten faßte man den Muth, über Verbesserungen der Wattischen Dampfmaschine nachzudenken. Die „Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale“ in Paris setzte einen Preis auf die beste Dampfmaschine zu kleinerem Gebrauche. Der Gesellschaft des Albert et Louis Martin wurde dieser Preis zuerkannt für ihre Maschine, welche wegen dem kleinen Raum, den sie einnimmt, der geringeren Kraft, die sie auf das Gebäude, in dem sie aufgestellt ist, ausübt und vorzüglich wegen der einfachern Steuerung allen andern Constructionen vorgezogen wurde.“

„DIESE KURZ GEFASSTE GESCHICHTE DER DAMPFMASCHINE glaubte ich voraus schicken zu müssen, theils um zu zeigen, daß die Principien in der Anwendung der Dämpfe als bewegende Kraft eigentlich schon erschöpft sind, wodurch also alle nachfolgenden Verbesserungen der Dampfmaschine unter verschiedenen Modificationen in der Anwendung dieser Principien nur mechanische Verbesserungen seyn können, welche auf ihre Vereinfachung und Dauer, die Oekonomie ihrer Anlage und Unterhaltung, die Leichtigkeit ihrer Bedienung und die Ausbreitung ihrer Anwendung für mehrere Zwecke Bezug haben können und andern theils, um dadurch ins Gedächtniß zurückzurufen, wie lang und vielfältig schon über Verbesserungen dieser wichtigen, an sich selbst einfachen Maschine nachgedacht wurde und wie schwer und selten es daher ist, neue Verbesserungen aufzufinden.“

„DIE HAUPT-DAMPFMASCHINE, von der zuerst die Sprache seyn muß, weil sie zum größeren Gebrauche und für das Fabrik-Wesen die meiste Anwendung und den größten Nutzen leistet, ist DIE STABILE DAMPFMASCHINE mit doppeltem Effecte und der Kreisbewegung, welche an einem fixen Orte aufgestellt ihre Functionen verrichtet, von jeder Größe über die Kraft von zwey Pferde mit Nutzen anwendbar ist und die entweder durch sich selbst und einem genügsam ergiebigen Bronnen oder durch fremden Zufluß hinreichend mit Injections-Wasser versehen werden kann.“

„Diese Maschine zu vereinfachen und zu verbessern war zuerst mein Wunsch und Streben, wodurch ich mich nach und nach in den Stand gesetzt glaube, auf folgende Vorzüge meiner Maschine Anspruch machen zu dürfen, jedoch weit entfernt mein eigner Lobredner seyn zu wollen:“

„1^{tens} Nimmt meine Maschine einen äußerst kleinen Raum ein, wodurch ein kleines Lokal eine Maschine von großer Wirkung aufnehmen kann.“

„2^{tens} Äußert sie ganz und gar keine Wirkung auf das Haus, in dem sie aufgestellt ist; jedes geringe Gebäude oder im Falle der Noth jede bretteerne Hütte, die nur für Wetter und Unfug schützt, reicht hin, sie aufzunehmen, wodurch daher der größte Theil der Ausgaben für die massiven Gebäuden, so wie sie die gewöhnliche Wattische Maschinen verlangen, erspart ist.“

„3^{tens} Ist meine Steuerung mit einer einzigen Pippe für eine doppelt wirkende Maschine, die selbst bey großen Maschinen und hinreichendem Dampf-Durchgang nur von geringem Durchmesser seyn kann, mancher andern Art Steuerung vorzuziehen.“

„4^{tens} Habe ich einen neuen Mechanismus, wodurch auf eine neue und gegen die Wattische ziemlich einfache Art der oberste Punkt der Kolbenstange des Dampfcyinders in der senkrechten Richtung geführt wird.“

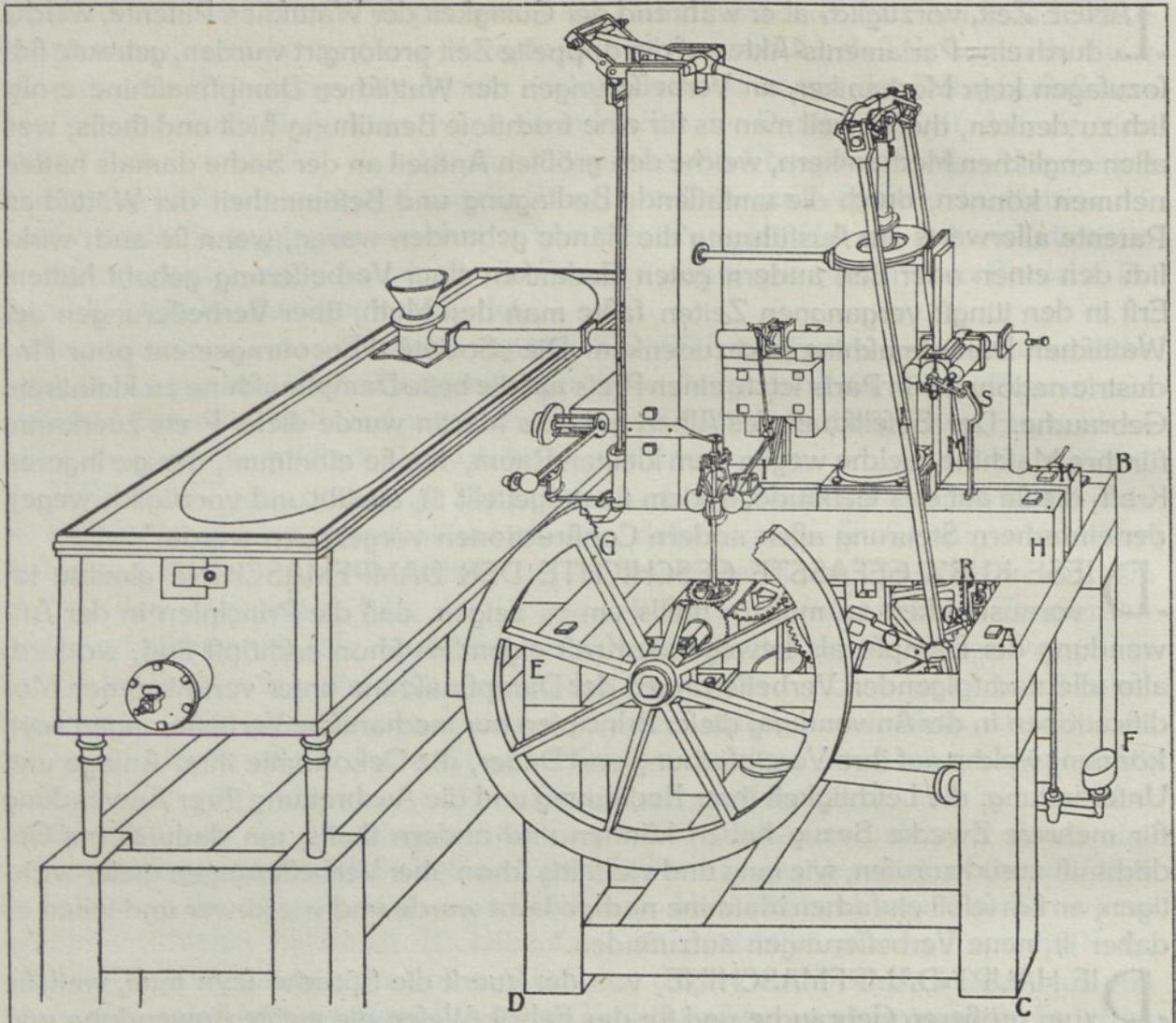


Fig. 51: Perspektivische Ansicht des Modells der ortsfesten Dampfmaschine.
Nach den Plänen Reichenbach's. Original im Deutschen Museum.

„5^{tens} Habe ich die Injections=Pumpe oben offengelassen und den Druck der Atmosphäre auf den Kolben in dieser Pumpe (welcher im Aufgehn des Kolbens der Kraft entgegen und im Niedergehen derselben nachwürrt) dazu benutzt, um die Kraft nach der Tangente am Umfange der Hauptkurbel, die von Seiten des Dampfkolbens in den horizontalen Lagen dieser Kurbel am größten und in den vertikalen Null wird, soviel möglich auszugleichen, wodurch ich, ohne die Schwungräder und damit den Umfang, die Kosten und den Widerstand der Reibung zu vergrößern, eine viel gleichförmigere Wirkung erhalte.“

„6^{tens} Habe ich für kleine Maschinen von 2 bis 6 oder 8 Pferdekräften eine Metall=Liederung des Kolbens im Dampfzylinder angebracht, welche das lästige Nachliedern der Maschine erspart, wenig Reibung verursacht, immer gleich dicht bleibt und merklich weniger Dampf durchläßt als die gewöhnliche Liederung mit Lumpen oder aufgedrehtem Seil, die zwar im ersten Augenblick sehr dicht ist, aber gewöhnlich bald nachläßt und wenn man nicht täglich nachstopfen will, sehr viel Dampfverlust verursacht.“

„7^{tens} Für meinen Dampfkessel, als einem der wesentlichsten Theile bey Dampfmaschinen habe ich diejenige Form gewählt, wobey mit dem wenigsten Material der größte Widerstand geleistet wird; diese Form ist ein liegender Cylinder, welcher an beyden Enden mit Halb=Kugeln begrenzt ist. Ich erreiche dadurch die Vortheile, daß meine Dampfkessel viel wohlfeiler und dauerhafter sind, als die gewöhnlichen, daß sie nicht so leicht rinnend werden, keine Gefahr haben, bey irgend einem geringen

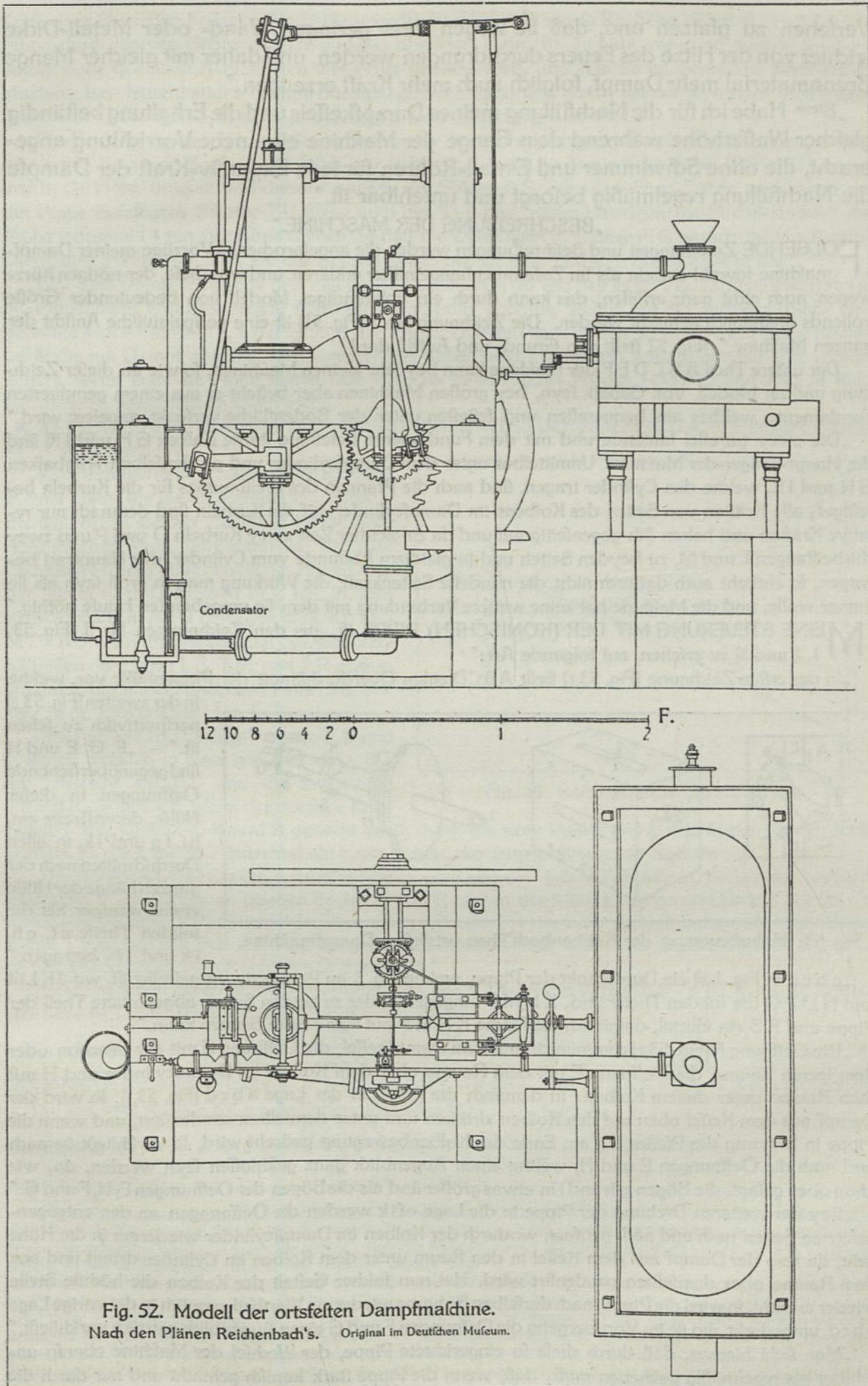


Fig. 52. Modell der ortsfesten Dampfmaschine.
 Nach den Plänen Reichenbach's. Original im Deutschen Museum.

Verfehen zu platzen und, daß sie wegen ihrer geringen Wand- oder Metall-Dicke leichter von der Hitze des Feuers durchdrungen werden, und daher mit gleicher Menge Brennmaterial mehr Dampf, folglich auch mehr Kraft erzeugen."

"8^{tens} Habe ich für die Nachfüllung meines Dampfkessels und die Erhaltung beständig gleicher Wasserhöhe während dem Gange der Maschine eine neue Vorrichtung angebracht, die ohne Schwimmer und Einfall-Röhren für jede Expansiv-Kraft der Dämpfe die Nachfüllung regelmäßig besorgt und unfehlbar ist."

"BESCHREIBUNG DER MASCHINE."

FOLGENDE Zeichnungen und Beschreibungen werden die angesprochenen Vorzüge meiner Dampfmaschine sowohl einzeln als im Zusammenhange näher erklären, und was diese, der nötigen Kürze wegen, noch nicht ganz erfüllen, das kann durch ein vollständiges Modell von bedeutender Größe vollends anschaulich gemacht werden. Die Zeichnung No. I [Fig. 51] ist eine perspektivische Ansicht der ganzen Maschine." [Fig. 52 stellt den Grund- und Aufriß dar.]

"Der untere Theil A B C D E F der Maschine kann bey sehr kleinen Maschinen, so wie an dieser Zeichnung und im Modell, von Gebälk seyn, bey großen Maschinen aber besteht er aus einem gemauerten Fundamente, welches am bequemsten und festesten unter der Bodenfläche versenkt angelegt wird."

"Die zwey parallel laufende und mit dem Fundamente befestigte starke Balken G H und I K sind die Haupt-Träger der Maschine. Unmittelbar unter dem Dampfcyylinder und an denselben Tragbalken G H und I K, welche den Cylinder tragen, sind auch die Pfannen des Wellbaumes für die Kurbeln befestiget; alle Kräfte von Seiten des Kolbens im Dampfcyylinder auf die Kurbeln sind demnach nur relative Kräfte und heben sich gegenseitig auf und da zu gleicher Zeit zwey Kurbeln O und P und zwey Kurbeltangen L und M, zu beyden Seiten und in gleichem Abstände vom Cylinder, das Hauptrad bewegen, so entsteht auch dadurch nicht die mindeste Seitenkraft, die Wirkung mag so groß seyn als sie immer wolle, und die Maschine hat keine weitere Verbindung mit dem sie umgebenden Hause nöthig."

MEINE STEUERUNG MIT DER (KONISCHEN) PIPPE ist, aus den Zeichnungen Nr. II [Fig. 53, 1, 2 und 3] zu ersehen, auf folgende Art:"

"In der ersten Zeichnung [Fig. 53,1] stellt ABCD einen Querschnitt der Pippenhülse vor, welche in der zweiten [Fig. 53,2] perspectivisch zu sehen ist." - "F, G, E und H sind gegenüberstehende Oeffnungen in dieser Hülse, deren Breite em, hi, fg und lk, in allen Durchschnitten nach der ganzen Länge der Hülse etwas weniger als die soliden Theile ef, gh, ik und lm betragen."

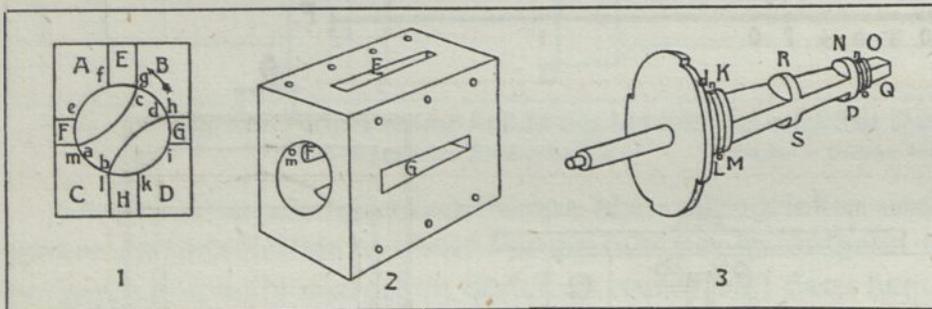


Fig. 53: Hahnsteuerung der Reichenbach'schen ortsfesten Dampfmaschine.

"a b c d in Fig. 1 ist ein Durchchnitt der Pippe, welche Fig. 3 im Perspectiv vorgestellt ist, wo J K L M und N O P Q die soliden Theile sind; K N M P hingegen ist der zu beiden Seiten abgeplattete Theil der Pippe und R S ein Gürtel, damit sich die Fläche K N M P auf keine Seite beugen kann."

"Die Oeffnung F [Fig. 53,1] communicirt mit dem Dampfkessel, die Oeffnung G mit der Injection oder dem leeren Raume, die Oeffnung E mit dem Raume ober dem Kolben im Dampfcyylinder und H mit dem Raume unter diesem Kolben: Ist demnach die Pippe in der Lage a b c d [Fig. 53,1], so wird der Dampf aus dem Kessel oben auf den Kolben drücken und unter demselben condensirt, und wenn die Pippe in Richtung des Pfeiles h g am Ende der Kolbenbewegung gedreht wird, so verfließt sie nach und nach die Oeffnungen E und H, welche einen Augenblick ganz geschlossen seyn werden, da, wie schon oben gefagt, die Bögen g h und l m etwas größer sind als die Bögen der Oeffnungen E, H, F und G."

"Bey der weiteren Drehung der Pippe in die Lage e f i k werden die Oeffnungen an den entgegengesetzten Seiten nach und nach geöffnet, wodurch der Kolben im Dampfcyylinder wiederum in die Höhe geht, da jezo der Dampf aus dem Kessel in den Raum unter dem Kolben im Cylinder dringt und aus dem Raume ober demselben condensirt wird. Hat nun solcher Gestalt der Kolben die höchste Stelle wieder erreicht, so wird die Pippe, nach derselben Richtung wieder ein Viertel, nemlich in die vorige Lage a b c d, umgedreht, wo sie im Vorübergehn die Oeffnungen F und G einen Augenblick gänzlich verfließt."

"Man sieht hieraus, daß durch diese so eingerichtete Pippe, der Wechsel der Maschine ebenso unfehlbar als regelmäßig geschehen muß; daß, wenn die Pippe stark konisch gemacht und nur durch die

Kraft einer schwachen Feder in ihre Hülse angedrückt wird, sehr wenig Reibung dabei ist, daß sich die Pippe durch längern Gebrauch nicht einseitig abnutzen kann, da sie nicht vor- und zurück, sondern immer nach derselben Richtung um ihre Achse gedreht wird, und daß sie im Verhältniß einer jeden Maschine bey hinreichenden Dampf-Durchgängen nur klein und um so kleiner seyn darf, je weniger Breite den Oefnungen E, F, G, H im Verhältniß ihrer Länge gegeben wird."

"Das Rad O unter dem Dampfzylinder hat an der Seite zwey, sich gegenüberstehende Zapfen, welche bey jedem Umgange des Rades, folglich bey jedem Kolben-Hube den kleinen Hebel Q [Fig. 51] zweymal in die Höhe drücken und dadurch mittels der Stange R S, der mit 4 Steig-Zähne versehenen, an der Pippe befestigten Scheibe TU [siehe auch Fig. 53,3] und einem Hebelgen mit Einfall-Hacken, die Pippe jedesmal $1/4$ um ihre Achse drehen, so daß die Oefnungen E, H oder F, G gerade in dem Augenblicke ganz verschlossen sind, wo der Kolben seinen tiefsten oder höchsten Stand erreicht hat."

"Bey dem Dampf-Eingange sind zwey kleine Löchelchen (so wie bey m [in Fig. 53,2] zu sehen) durch die Pippenhülse und das darauf befestigte Dampfrohr gebohrt, welche auf die nach der Ründe eingedrehte kleine Rinnen n o, n o [Fig. 53,3] der eingeschobenen Pippe treffen, wodurch diese kleine Rinnen beständig mit Dampf angefüllt seyn werden und daher jedes Eindringen atmosphärischer Luft verhindern*), wenn auch die Pippe hinten und vorn an ihren soliden Theilen NOPQ und JKLM nicht vollkommen hermetisch schließen sollte."

MEINE GERADE FÜHRUNG DES OBERSTEN PUNKTES DER KOLBENSTANGE ist auf folgende Art eingerichtet:**)

"Wenn sich eine steife gerade Linie MT [Fig. 54] in einer Ebene um die unveränderliche Achse L drehen und zu gleicher Zeit ihrer Länge nach durchschieben kann, und wenn sich der eine Endpunkt M dieser Linie mittelst des Hebels MC, der seinen fixen Drehpunkt in C hat, in dem Kreisbogen M m A a Q bewegen muß, wo also $MT = AB = QR$ ist, so wird unter gewissen Verhältnissen der Linien LB, TM, und TR gegeneinander, der andere Endpunkt T der Linie MT sehr nahe eine gerade Linie beschreiben."

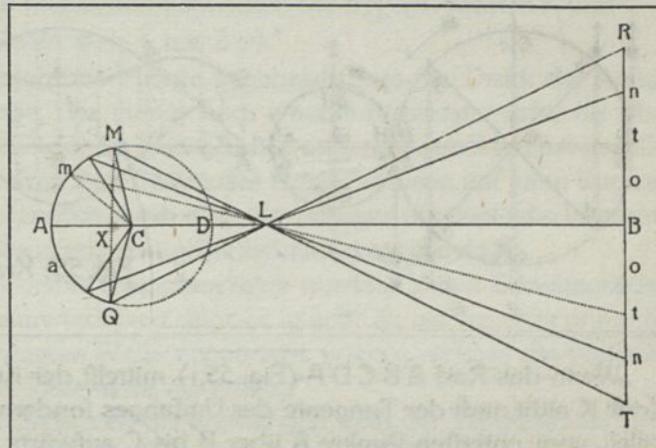


Fig. 54. Reichenbach's Geradföhrung.

"Man nehme an, die drey Punkten T, B und R liegen wirklich in einer geraden Linie, RT sey senkrecht auf BL und die Entfernung $TB = BR$, so läßt sich, wenn der vordere Endpunkt T der Linie in T, B und R gedacht wird, durch die drey Punkte M, A und Q des andern Endpunktes M der Linie MT jedesmal ein Kreis ziehen, der seinen Mittelpunkt irgendwo in C hat."

"Der Radius $AC = MC = QC = r$ dieses Kreises wird also die Linie MT so föhren, daß deren vorderer Endpunkt T wenigstens an beyden Enden T und R und in der Mitte B die gerade Linie TR trifft. Es bleibt also bei allen Verhältnissen der Linien AL, LB und TR nur noch zu untersuchen, wie weit dieser Punkt T zwischen BT und BR von der geraden Linie abweicht, wenn das andere Ende M der Linie MT die Kreisbögen M m A und A a Q durchläuft."

"Es sey gegeben die größte Ausschweifung der Linie MT oder der Winkel $BLT = BLR = \varphi$, die Länge der Linie $MT = a$, und die Entfernung $BL = b$, so ist:

$$\text{I. } AL = a - b; \quad \text{II. } LT = \frac{b}{\cos \varphi}; \quad \text{III. } ML = MT - LT = a - \frac{b}{\cos \varphi}; \quad \text{weiter ist:}$$

$$MX = ML \sin \varphi = a \sin \varphi - b \operatorname{tg} \varphi; \quad LX = ML \cos \varphi = a \cos \varphi - b; \quad AX = AL - LX = a(1 - \cos \varphi).$$

Um nun den Radius $AC = r$ zu finden, ist: $DX = MX^2 : AX$, folglich:

$$\text{der Radius AC: } AC = r = \frac{DX + AX}{2} = \frac{(a \sin \varphi - b \operatorname{tg} \varphi)^2}{2a \cdot (1 - \cos \varphi)} + \frac{a \cdot (1 - \cos \varphi)}{2},$$

$$\text{die constante Entfernung CL: } CL = AL - AC = a - b - r."$$

*) Es ist höchst interessant, in dieser Einrichtung, welche auch von HORNBLÖWER und TREVITHIK angewendet worden war, einen Gedanken verwirklicht zu finden, welcher nahezu 80 Jahre später von Parfons zur Dichtung der Stopfbüchsen seiner Dampfturbine wieder aufgegriffen wurde; auch die Hahnsteuerung Reichenbach's ist der Vorläufer von Konstruktionen, welche 60 Jahre später wieder neu erfunden worden sind!

**) Die Reichenbach'sche Geradföhrung ist zuerst in einem kleinen Aufsatz von M. REINSCHER, Assistenten der Maschinenlehre am polytechn. Institut in Wien „Zusammenstellung mehrerer Vorrichtungen für geradlinige Bewegung nebst ihren Theorien“ im Jahrbuch des Institutes, Bd. 2, 1820 veröffentlicht worden und zwar nahezu wörtlich übereinstimmend mit dem hier nach Reichenbach's Manuskript wiedergegebenen Text. Reichenbach war um eben diese Zeit zusammen mit ERTEL mit der Einrichtung der mathematischen Werkstätte am polytechn. Institut (S. 22) beschäftigt und hat vermutlich dabei dem Assistenten Reinscher die Konstruktion seines Lenkers direkt für die Veröffentlichung mitgeteilt.

[Wenn nun der Endpunkt M der Geraden MT in dem Kreisbogen M m A a Q geführt wird, so läßt sich für jede Lage der Linie MT angeben, wie viel der Endpunkt T von der geraden Linie TBR in den verschiedenen, durch die Punkte n, t, o . . . zwischen T und B oder B und R gegebenen Lagen abweicht.

Es sey diese Abweichung mit a , der angenommene Winkel tLB mit ϑ bezeichnet, so ist

$$a = a - \frac{b}{\cos \vartheta} - mL,$$

wo sich die Linie mL aus Dreyeck CmL durch die bekannten Stücke Cm=r, CL und ϑ berechnen läßt.)*

„Je kleiner die größte Ausschweifung der Linie TM oder der Winkel φ angenommen wird, desto geringer wird die Abweichung des Punktes T von der geraden Linie seyn. Es ist aber eben nicht nöthig, diese Ausschweifung bey einer bestimmten Bewegung TR sehr gering anzunehmen, da ein Verhältniß der Linien MT und LB gefunden werden kann, bey welchem auch mit beträchtlicher Ausschweifung diese Abweichung so unbedeutend ist, daß sie in der Anwendung nicht den mindesten Schaden verursacht. Man findet nemlich für TM = 8, BL = 5 und RT = 5, daß die größte Abweichung des Punktes T von der geraden Linie zwischen T und B, B und R nur 0,0018 beträgt.“

„Die Ausführung dieser Vorrichtung ist im Plane [Fig. 51, 52], vorzüglich aber im Modell zu sehen.“

DIE ANWENDUNG DER INJECTIONSPUMPE ZUR KRAFT-AUSGLEICHUNG, um selbst bey kleinen Schwungrädern dennoch einen gleichförmigen Gang der Maschine zu bezwecken, ist wie folgt:“

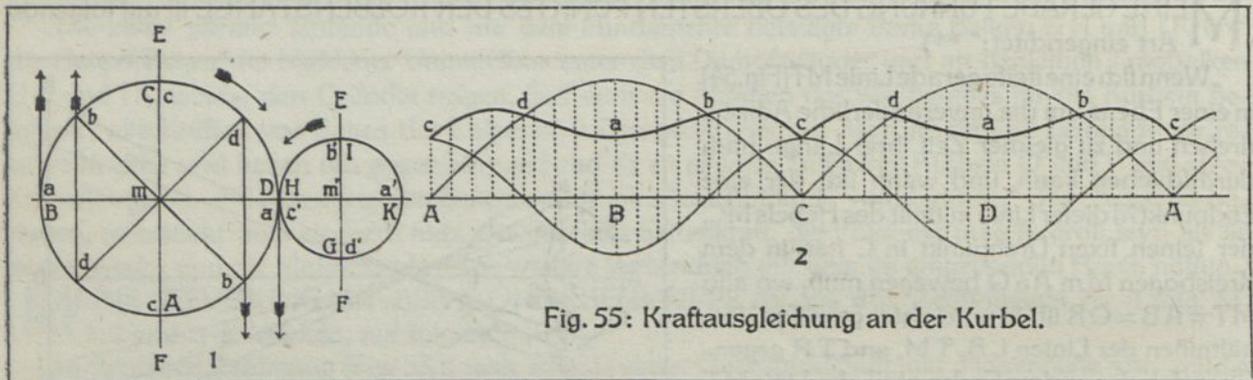


Fig. 55: Kraftausgleichung an der Kurbel.

„Wenn das Rad ABCDA (Fig. 55,1) mittelst der Kurbel am umgetrieben wird, und die constante Kraft K nicht nach der Tangente des Umfanges sondern immer mit sich selbst und mit der Linie EF parallel, vom untersten Punkte A über B bis C aufwärts und vom obersten Punkte C über D bis A abwärts wirkt, also das Rad nach der Richtung der beygezeichneten Pfeile bewegt, so wird dadurch die Wirkung dieser constant gedachten Kraft K nach der Tangente am Umfange des Rades, sehr veränderlich seyn; denn wenn sich die Kurbel in den senkrechten Lagen oder in dem obersten und untersten Punkt c, c befindet, so ist diese Wirkung nach der Richtung der Tangente null und in den horizontalen Lagen oder den Punkten a, a am größten und der Kraft K selbst gleich. Die Wirkung nimmt daher von c über d bis a auf beiden Seiten des Rades zu und von a über b bis c wiederum bis zu null ab. Wir nennen der Kürze wegen c die Indifferenz-Punkte und a die Quadraturen.“

„Die gerade Linie ABC (Fig. 55,2) sey der halbe Umfang, den der Endpunkt der Kurbel von einem Indifferenz-Punkt zum anderen beschreibt, so ist die Linie Ad b C d b A die Curve, deren Ordinaten y die an dem Umfange nach der Richtung der Tangente wirkende Kraft ausdrücken.“

„Sei φ der Winkel, den die Richtung der Kurbel mit der senkrechten Linie EF (Fig. 55,1) macht, so sind diese Ordinaten y, oder die Kräfte nach der Richtung der Tangente in jedem Punkte der beyden halben Umläufe:

$$y = K \sin \varphi \quad [\varphi \text{ nur von } 0^\circ \text{ bis } 180^\circ \text{ gezählt}]$$

und die zustimmenden Abscissen x für den Radius R der Kurbel: $x = R \cdot \frac{\varphi \cdot \pi}{180}$, wo π der Umfang eines Kreises für den Durchmesser 1 ist.“

„Wenn man aber in das Rad ABCD ein anderes GHIK von halber Größe eingreifen und an dessen Kurbel a'm', welche ebenfalls die halbe Länge von der Kurbel am des Rades ABCD hat, eine constante Kraft $= \frac{1}{2} K$ immer nach einerley Richtung von oben nach unten und parallel mit sich selbst wirken läßt, so wird dadurch die sehr ungleiche Wirkung der Kraft K nach der Tangente des Umfanges, an der Kurbel am zwar nicht ganz gleichförmig, aber doch beträchtlich ausgeglichen, denn während der Bewegung der Kurbel am von d über a nach b wird sich die Kurbel a'm' des kleinen Rades GHIK vom untersten Punkte d' über a' bis zum obersten Punkt b' bewegen, also die Kraft $\frac{1}{2} K$ an der Kurbel a'm' der Kraft K an der Kurbel am entgegenwirken und die größte Gegenwirkung wird in den Quadraturen a' und a, a beyder Kurbeln a'm' und am stattfinden.“

*) Der Reichenbach'sche Text ist hier etwas abgekürzt. Man vergleiche noch die „Zufätze“ am Schlusse des Bandes.

„Während der Bewegung der Kurbel a m von b über c nach d aber, sowohl oben bey C als unten bey A wird die Kurbel a' m' vom obersten Punkte b' über c' nach dem untersten Punkte d' gehen, wodurch daher die Kraft $\frac{1}{2} K$ an der Kurbel a' m' der Kraft K an der Kurbel a m wiederum nachwirkt und die größte Nachwirkung wird in den Indifferenz-Punkten c, c stattfinden, mithin wird dadurch der Ueberfluß der Wirkung von Seiten der Kraft K an der Kurbel a m längs der Bewegung in den Bögen d a b, durch die Kraft $\frac{1}{2} K$ an der Kurbel a' m' abgenommen und dem Mangel der Wirkung, längs der Bewegung in den Bögen b c d zugegeben und die Abnahme ist so wie es die Natur der Sache verlangt in den Quadraturen a, a, die Zugabe aber in den Indifferenz-Punkten c, c am größten.“

„Der Winkel, den die Richtung der Kurbel a' m', von b' über c', d', a' bis wieder b' gezählt, mit der Verticalen E F macht sey = ϑ , so ist die Wirkung y' nach der Tangente am Umfange dieser Kurbel von seiten der mit sich selbst parallel und immer nach derselben Seite gegen unten wirkenden Kraft $\frac{1}{2} K$

$$y' = \frac{1}{2} K \sin \vartheta,$$

wobey y' negativ wird, wenn ϑ zwischen 180° und 360° ist.“

„Da sich die Kurbel a' m' allemal in c' befindet, wenn die Kurbel a m in den Indifferenz-Punkten c, c ist, so ist auch für jeden halben Umlauf der Kurbel a m vom Anfangs-Punkte c über d, a, und b nach dem andern Indifferenz-Punkte c der Winkel $\vartheta = 90^\circ + 2 \varphi$, mithin

$$y' = \frac{1}{2} K \sin (90^\circ + 2 \varphi) = \frac{1}{2} K \cdot \cos 2 \varphi$$

und daher die Wirkung Y nach der Tangente am Umfange der Kurbel a m für jeden halben Umlauf von einem Indifferenz-Punkte zum andern durch das Zusammenwirken der beyden Kräften K und $\frac{1}{2} K$

$$Y = y + y' = K (\sin \varphi + \frac{1}{2} \cos 2 \varphi)."$$

„Auf diese Art ist bey meiner Maschine die Injections-Pumpe angebracht, wo der Druck der Atmosphäre auf den Kolben der oben offenen Pumpe, der immer nach einerlei Richtung wirkt, als Ausgleichungs-Kraft benützt ist. Obwohl diese Kraft weder für ganz gleichförmig, noch mit sich selbst parallel wirkend angenommen werden kann und die Kraft von Seiten des Dampfkolbens auf seine Kurbeln auch nicht parallel zu sich selbst wirkt, so wird dennoch durch diese Vorrichtung die ungleiche Wirkung nach der Tangente am Umfange der Kurbel-Bewegung a m größtentheils ausgeglichen.“

„Ich bedarf daher bei dieser Vorrichtung für meine Dampfmaschine nur sehr kleine Schwungräder, weil nebst dieser Kraftausgleichung auch ihre Geschwindigkeit doppelt so groß ist, als wenn sie unmittelbar an der ersten von dem Dampfkolben bewegten Welle angebracht wären, welches die Wattische Einrichtung des Sonn- und Planetrades auf alle Fälle mehr als ersetzt.“

„Die Curve c d a b c d a b c (Fig. 55, 2) deren Ordinaten die Wirkungen nach der Tangente am Umfange der Kurbelbewegung a m vorstellen und wobey die Abscissen-Linie A B C D A der ganze Umfang ist, macht diese vorgeschlagene Kraftausgleichung anschaulich.“

BESCHREIBUNG MEINES KOLBENS MIT DER METALL-LIEDERUNG. „Es ist bekannt, wie lästig das Nachliedern des Kolbens im Dampf-Cylinder ist und wie oft der Gang der Dampfmaschine dadurch unterbrochen wird, wenn man aber dabei noch berücksichtigt, daß durch die frische Verstopfung des Kolbens der Widerstand der Reibung sehr vergrößert und bey Nachlaß dieses Uebels durch den Gebrauch der Dampfverlust in gleichem Verhältniß vermehrt wird, wo also, eine kurze Zeit in dem Uebergange von zu viel auf zu wenig abgerechnet, immer ein Uebel vorhanden ist, so muß sich einem der Wunsch aufdringen, einen Kolben zu besitzen, der sich immer gleich bleibt, nicht nachgestopft zu werden braucht und der sehr wenig Reibung und Dampf-Verlust verursacht. Ich habe daher anstatt der Verstopfung des Dampfkolbens mit Lumpen oder aufgedrehtem Seil zu metallenen Cylinder-Ausschnitten, welche durch Federn nur wenig angedrückt mit ihrer äußeren Fläche an der inneren Fläche des Dampfzylinders schleifen und so ohne bedeutende Reibung in allen Stellen längs dem ganzen Cylinder den Dampf-Durchgang verhindern, meine Zuflucht genommen.“

„Diese Ausschnitte [vgl. Fig. 56] sind innerlich hohl und ein jeder ist mit einer Feder opq versehen, die sich an das Mittelstück des Kolbens anstemmen und dadurch jeden dieser Ausschnitte mit seiner äußeren Fläche an die innere Fläche des Cylinders mäßig andrücken, wodurch ein Kolben gebildet wird, der, sehr beträchtliche Zeiträume abgerechnet, sich immer gleich bleibt, nie nachgeliedert werden darf und wenig Reibung und Dampf-Verlust verursacht.“

„Die Seitenflächen fhkl und igmn, so wenig als die oberen und untern Flächen dieser Cylinder-Ausschnitte werden sich abnützen, weil bey der Voraussetzung, daß die Dampf-Cylinder durchaus gleiche Weite haben, keine dieser Flächen irgend eine Reibung hat. Das allmähliche Abnützen der äußeren Flächen

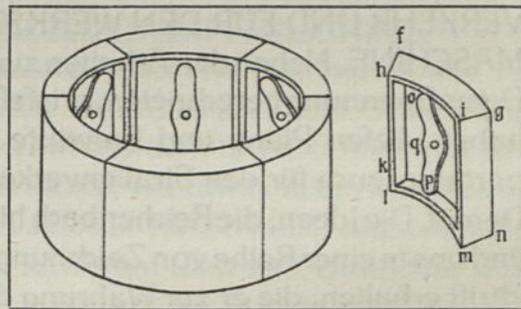


Fig. 56: Kolben mit Metallliederung.

f g k n, die an der innern Wand des Cylinders schleifen, wird durch die Federn ersetzt, und wenn nach langer Zeit diese Abnützung merkbar werden sollte, wodurch sich die Fugen der nebeneinander liegenden Theile, alle oder einzeln etwas wenig öffnen würden, so darf nur zwischen eine einzige dieser Fugen ein dünnes keilförmiges Blättchen gelegt werden, um alles wieder in die alte Ordnung zu bringen."

"Die Cylinder-Auffchnitte können demnach so lange benutzt werden, bis ihre äußere Wand f g k n beynahe durchgerieben ist, und das wird wahrscheinlich länger als die beste Maschine selbst dauern. Zu bemerken ist noch, daß bey diesen Kolben die Dampf-Cylinder, nachdem sie sehr genau ausgebohrt sind, mittels eines hölzernen Cylinders, der längs seiner Achse in zwey Hälften geschnitten ist, zwischen welche von Zeit zu Zeit ganz dünne Messing- oder Papier-Blättchen gelegt werden, mit scharfem Quarzsand oder Schmirgel innerlich ausgechliffen werden müssen."

DIE VERSUCHE, welche ich mit einem solchen Kolben bey meiner Dampfmaschine von 4 Zoll Durchmesser und 12 Zoll Höhe angestellt habe, gaben folgende Resultate:"

"Der Widerstand der Reibung dieses Kolbens betrug im Durchschnitt 2 Pfund."

"Wenn der Cylinder unten ganz verschlossen und der Kolben, der bis auf den Boden des Cylinders niedergedrückt war, schnell aufgezogen wurde, so, daß also unter dem Kolben beynahe ein leerer Raum entstand, so fand ich die durch den Kolben eingedrungene atmosphärische Luft 10 Cubikzoll in der Minute. Aus dem Verhältniß der spezifischen Schwere der Luft zu der des Wasserdampfes bey der Expansiv-Kraft von einer Atmosphäre wie 1 : 0,6 berechnet sich hieraus die Menge des in gleicher Zeit durchdringenden Wasserdampfes zu 12,92 Cubikzoll."

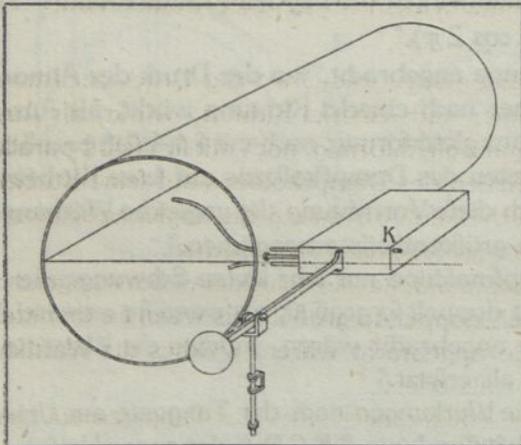


Fig. 57. Wasserstandsregulator.

"Eine Maschine mit einem solchen Kolben mache 60 doppelt wirkende Hübe in einer Minute und die Länge des Kolbenzuges betrage 12 Zoll, so ist die zum Effect der Maschine verwendete Dampfmenge in der Minute 18086 Cubikzoll, es ergibt sich also hierbey der Dampfverlust durch den Kolben nur zu $\frac{1}{1400}$ von der angewandten Dampfmenge."

DAS Manuscript bricht hier ab. Die Tafeln enthalten noch eine Abbildung der oben unter Nr. 8 angedeuteten Vorrichtung zur Regulierung des Wasserstandes im Dampfkessel, die wir in Fig. 57 wiedergeben. Aus dem Vergleich mit Fig. 51 und 52 läßt sich erkennen, daß die Wasserzuleitung geöffnet und geschlossen wurde mit Hülfe eines Hebels, der durch das Gewicht des je nach dem Wasserstand im Kessel mit Dampf oder Wasser sich füllenden parallelepipedischen Kastens K gehoben oder gefenkt wurde.

REICHENBACH'S ENTWÜRFE ZU EINER TRANSPORTABLEN HOCHDRUCK-DAMPFMASCHINE MIT OSZILLIERENDEM CYLINDER, FÜR DEN STRASSENVERKEHR UND FÜR DEN WERKSTATTBETRIEB. ENTWURF EINER ZWILLINGSMASCHINE. Neben den Arbeiten zur Verbesserung und Vereinfachung der für geringere Dampfspannung berechneten, ortsfesten Dampfmaschine, von denen wir soeben berichtet haben, liefen Pläne und Entwürfe für eine möglichst vielseitig verwendbare, transportable, auch für den Straßenverkehr geeignete Dampfmaschine mit hochgespanntem Dampf. Die Ideen, die Reichenbach hier verfolgte und die Resultate, zu denen er gelangte, sind uns in einer Reihe von Zeichnungen und Berechnungen, sowie in einer kurzen Denkschrift erhalten, die er zur Wahrung der Priorität am 3. Februar 1816 der k. b. Akademie der Wissenschaften übergeben hat.

Wenn auch die hier niedergelegten Gedanken zur endgültigen Ausführung einer jenen Zwecken dienenden Dampfmaschine nicht geführt haben und nach dem damaligen Stande des technischen Wissens und praktischer Erfahrung wohl auch nicht führen konnten, so bieten doch diese ideenreichen Versuche als Zeugnisse des weiten und sicheren Blickes, den Reichenbach in ihrer ganzen Anlage bekundete ein ganz besonderes Interesse, das noch erhöht wird durch die Mannigfaltigkeit der dabei ausgedachten Anordnungen der technischen Einzelheiten. Es ist daher gewiß gerechtfertigt, wenn wir auf diese Entwürfe ganz ausführlich eingehen.

Wir lassen zunächst die Denkschrift im Wortlaut folgen:

„KÖNIGLICHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN!“

„Schon seit vielen Jahren mit der Idee beschäftigt, den bisher an sich so unbehilflichen Dampfmaschinen eine solche Einrichtung zu geben, daß sie möglichst wohlfeil, einfach, tragbar und mobil, also für alle Zwecke des gemeinen Lebens, wozu Bewegung durch Kräfte der Elemente, Menschen oder Thiere, angewendet zu werden pflegen, brauchbar seyen, ist es mir vor geraumer Zeit gelungen, meiner Idee Wirklichkeit zu geben und eine solche Dampfmaschine herzustellen.“

„Sie zeichnet sich vor der bisherigen dadurch aus,

a) daß sie leicht von einem Ort zum anderen getragen oder gefahren werden kann und während der Bewegung nicht stille steht,

b) daß ihre Kraft unter dem Maximum nach Willkür gemäßigt werden kann,

c) daß sie auf ein Minimum des Raumes beschränkt ist,

d) daß sie ohne Condensation der Dämpfe wirkt,

e) daß sie keiner besonderen Vorrichtung bedarf, um dem Stempel vertikale Richtung zu erhalten,

f) daß sie ohne Gabel an der Kurbelstange wirkt,

g) von jedem gemeinen Arbeiter in Gang erhalten werden kann und

h) möglichst geringes Brennmaterial erfordert.“

„Um mir nun gegen jeden, wer es auch sei, die Priorität meiner Erfindung zu sichern, habe ich bereits am 19. v. M. die drei Herren Akademiker - Salinendir. von FLURL, Oberfinanzrath von YELIN und Canonicus von IMHOFF zu mir eingeladen, denselben meine ganze Theorie entwickelt*) und alle einzelnen Theile der Maschine selbst in meiner Werkstätte fertig vorgezeigt, sodann aber über diesen Akt einen eigenen, die Sache selbst näher beschreibenden Aufsatz verfaßt und meine genannten drei Herren Collegen um dessen Unterfertigung und Besiegelung als Zeugen ersucht.“

„Ich bin so frei, denselben in der Anlage nunmehr bei einer K. hochl. Akademie der Wissenschaften mit dem gehorsamsten Ersuchen zu hinterlegen, in so lange, bis ich in wenigen Wochen die ganze Maschine vollständig in Gang gesetzt haben werde, denselben in gefälligste Gewahrsam zu nehmen und somit gütigst beizutragen, einem ihrer Mitglieder die Früchte eines mühsamen und kostspieligen Unternehmens und die Ehre einer neuen, dem Staat und der ganzen Menschheit wichtigen Erfindung gegen unberufene Zweifler und angebliche künftige Selbsterfinder sichern zu helfen.“

„ZEUGSCHAFT ÜBER EINE NEU ERFUNDENE DAMPFMASCHINE:“

DER Königl. Salinenrath G. v. Reichenbach, in der Absicht die Dampfmaschine zur Erleichterung des Landtransportes, auf DEN GEWÖHNLICHEN STRASSEN und für den AUSGEBREITETEN GEBRAUCH sowohl auf dem LANDE als in WERKSTÄTTEN UND FABRIKEN etc. oder mit einem Worte, als Ersatz aller menschlichen und thierischen Kräfte, WO ES SEY, und NACH JEDEM MASSTABE anzuwenden, beschäftigte sich schon seit vielen Jahren mit der Auflösung dieses so wichtigen, aber

*) In Reichenbach's Aufzeichnungen findet sich die folgende Disposition dieses Vortrages:

VORTRAG ÜBER DIE DAMPFMASCHINE.“

„1. Absicht der Zusammenkunft. 2. Bitte wegen der Verschwiegenheit. 3. Entschuldigung wegen der Umständlichkeit. 4. Die allererste Dampfmaschine, nachdem das Princip, durch Wasserdämpfe Maschinen zu treiben, entdeckt war. 5. Absonderung der Dampfmaschine von der Wasserpumpe; Schwungräder; Oberschlächtige Wasserräder. 6. Wattische Dampfmaschine; seine Principien. Doppeltwirkende Maschine. Parallelogramm; Injections-Pumpe; Sonn- und Planetenrad etc. etc. 7. Vorlesung der Einleitung in der Beschreibung meiner letzten Dampfmaschine. Vorlegung der Zeichnungen. 8. Vorlegung von PRONY's „Architectura hydraulica“. 9. Allgemeine Ansichten der jetzt bestehenden Dampfmaschinen. Neuere Dampfmaschinen ohne Condensation; Kraftverlust derselben. 10. Vermuthung, daß bey einerley Dampfapparat die Consumption von Brennmaterial im zusammengesetzten Verhältniß der Menge und Elasticität des erzeugten Dampfes ist. Darüber anzustellende Versuche durch das neue Modell. 11. Wie müßte die Dampfmaschine beschaffen seyn, wenn sie von ausbreitetem Nutzen seyn sollte? 12. Die Veranlassung zu meiner neuen Dampfmaschine. Meine letzte Reise. Vorlegung meiner Zeichnungen von Genua und der hiesigen. 13. Principien meiner Dampfmaschinen für den Haus-, Werkstätten- und Fabrik-Gebrauch, auf dem Lande etc. etc. 14. Vorzeigung der schon fertigen Theile zum ersten Modell.“

auch in mechanischer Hinsicht eben so schwierigen Problems, weil keine bis jetzt bekannte Construction der Dampfmaschine solchen Forderungen Genüge leistet."

„Es ist leicht einzusehen, worauf es eigentlich bey der Auflösung dieses Problems hauptsächlich ankommt, nämlich: eine Dampfmaschine zu erfinden, die

a) in kleinem Raum und geringer Ausdehnung u. Massa eine große Kraft hervorbringt,
 b) die wohlfeil ist, damit sie von jedem wenig bemittelten angeschafft werden kann,
 c) deren Construction so einfach ist, daß sie auch von Bauern verstanden, in Gang gesetzt und darinn erhalten werden kann,

d) die nach dem Verhältniß ihrer Wirkung möglichst wenig Brennmaterial erfordert,
 e) mit der jede willkürliche Kraft unter dem Maximum ausgeübt werden kann und

wobey die Consumption von Brennmaterial im Verhältniß der verminderten Kraft-Ausübung abnimmt, d. i. wenn zum Beyspiel eine Dampfmaschine auf die vereinte Kraft von 8 Pferde im Maximo berechnet ist, so muß auch nach der jedesmaligen Erforderniß jede geringere Kraft, gesetzt von 1, 2, 3 etc. Pferde, damit ausgeübt werden können und die dazu nöthige Menge Brennmaterial darf nur, die constante Reibung abgerechnet, $\frac{1}{8}$, $\frac{2}{8}$, $\frac{3}{8}$ etc. von dem Maximum seyn, und

f) die sehr dauerhaft ist und zur Reparation keine Künftler bedarf."

„So lange auch schon der Königl. Salinenrath von Reichenbach bestrebt war, solche, zum vorgeetzten Zwecke nöthige Forderungen zu erfüllen, was seine früheren Modelle und Zeichnungen erweisen, so fand er, nach seiner Aussage, doch erst bey der letzten Reise nach Ungarn und Italien Zeit, Muse und Gelegenheit, seine ältere Ideen zu recapitulieren, ein ganzes zusammenzustellen und den Entschluß zu fassen, sogleich bey seiner Zurückkunft praktisch ans Werk zu schreiten, welches auch wirklich geschehen ist, wovon die von ihm heute vorgezeigten fertigen Theile zu einer solchen Dampfmaschine, welche in 3-4 Wochen zusammengestellt seyn wird, den Beweis liefern."

DIE HAUPTPRINZIPIEN, auf denen die neueste Reichenbach'sche Dampfmaschine beruht, sind folgende:"

„1. Da nicht überall kaltes Wasser in hinreichender Menge vorhanden ist, um die Condensation der Dämpfe zu bewirken, was aber noch weniger auf Wägen nachgeführt werden kann, so muß, wenn der Dampfmaschine eine ausgedehnte Anwendbarkeit verschafft werden soll, vor allen Dingen die Condensation der Dämpfe abgeschafft werden, wodurch also nur das Übergewicht von der Elastizität der Dämpfe über die Atmosphäre wirkende Kraft seyn wird."

„2. Weil aber die Abschaffung der Condensation nothwendig mit einem Kraftverlust verbunden ist, der dem Drucke der Atmosphäre gleich ist, indem jeder Dampf mit der Expansivkraft von n Atmosphären, bey der Condensation wie n , ohne die Condensation aber nur wie $n-1$ wirkt, woraus folgt, daß für gleiche Krafterzeugung ohne die Condensation mehr Brennmaterial als mit derselben erfordert wird, so hat Reichenbach, um diesen Verlust bey seiner Dampfmaschine nicht nur allein zu ersetzen, sondern die Wirkung der gewöhnlichen Dampfmaschine mit der Condensation und gänzlicher Anfüllung der Cylinder für gleiche Menge Brennmaterial sogar zu übertreffen, den Grundsatz angenommen, seine Maschine mit sehr elastischen, die Atmosphäre 6-10fach überwiegenden Dämpfen zu treiben, und nicht den ganzen, sondern nur einen Theil der Dampfzylinder bey jedem Hube damit anzufüllen, wodurch die eigenthümliche Federkraft der Dämpfe, ohne neuen Zufluß, als wirkliche Kraft benutzt und der Verlust wegen der abgeschafften Condensation in den meisten Fällen weit überwiegend ersetzt wird; denn, angenommen, daß bey der Dampferzeugung die verbrauchte Menge Brennmaterial im zusammengesetzten Verhältniß der Menge und Federkraft der Dämpfe ist, und man denke sich einen Dampf, dessen Federkraft die Wirkung von n Atmosphären hat, womit nur der m^{te} Theil des Raumes der Kolbenbewegung im Cylinder angefüllt

wird, so wird er am Ende eines jeden Hubes, oder bey m -facher Ausdehnung des Dampfes, eine Federkraft von $\frac{n}{m}$ Atmosphären haben und der Dampfaufwand ist derselbe als wenn der ganze Cylinder mit solchem Dampf angefüllt würde."

„Das Moment der Wirkung des letzteren bey der Condensation ist, für die Cylinderlänge $L = 1$ I. $M = \frac{n}{m}$

und bey n -fach elastischem Dampfe mit dem m ten Theil der Cylinderfüllung, was für die Consumption von Brennmaterial einerley ist, wird das Moment der Wirkung

$$\text{II. } M' = \frac{n}{m} (2,3025 \cdot \lg m + 1) - 1$$

sey n.*) Setze man z. B. für $n=6$, und für $m=6$, $m=3$, $m=2$, das ist für $1/6$, $1/3$, $1/2$ Füllung, so findet man für die zuftimmende Kraft-Momente nach der Formel II: $M' = 1,791 \dots$; $M' = 3,197 \dots$; $M' = 4,079 \dots$ Mit gleichem Dampfaufwand aber nach der Formel I, nämlich mit der Condensation und gänzlicher Füllung, sind die Kraft-Momente: $M=1$, $M=2$, $M=3$, also bedeutend kleiner als oben ohne Condensation."

„3. Um aber auch die Dampfmaschine möglichst zu vereinfachen und zu erleichtern, nämlich, um alles Hebel- und Gerüstwerk, die sonst nöthige, auf alle Fälle sehr umständliche Vorrichtung zur geradlinigten Führung des oberen Punktes der Kolbenstange unter anderem zu beseitigen, und dadurch den meisten Umfang, die meisten Kosten der Anlage, die größte Complication und die meiste Last der gewöhnlichen Dampfmaschinen mit einem mal abzuschneiden, hat Reichenbach die Wirkung der Dampfmaschine in die Kurbelstange selbst gebracht; nämlich der mit Schildzapfen versehene Dampfzylinder samt seiner Kolbenstange formiren die Kurbelstange, wodurch das Schwungrad in Bewegung gesetzt wird. Da aber dadurch der Dampfzylinder, so wie er durch sein Kolbenspiel die Kurbel umtreibt, in beständiger Unruhe von einer Seite zur andern ist, so mußte hierzu eine ganz einfache und eigenthümliche Steuerung mittelst einer kleinen Schublade am Cylinder selbst angebracht und die Leitung der Dämpfe durch die Achse der Schildzapfen geführt werden."

„4. Weil bey diesen Dampfmaschinen die Dämpfe eine so beträchtliche Expansiv-Kraft haben müssen, so ist, um Unglück zu vermeiden, vorzüglicher Bedacht auf die Stärke der Dampfessel zu nehmen. Zu diesem Ende, zur Erleichterung des Dampfapparats selbst und um das Rütteln auf unebenen Straßen für die Dampferzeugung und den Betrieb der Maschine unschädlich zu machen, hat Reichenbach nicht nur einen, sondern mehrere durch Röhren miteinander verbundene, bünnförmige Dampfessel gemacht; denn je größer die Anzahl der Kessel ist, die einem einzigen von gleicher Oberfläche, d. i. in einerley Hitze, gleicher Dampferzeugung, substituirt werden, desto leichter und stärker wird auch der Dampfapparat seyn, und desto weniger das Rütteln auf die Dampferzeugung Einfluß haben, zumal wenn einer dieser Kessel über allen anderen steht und bloß dazu verwendet wird, um Wasser und Dampf zu scheiden." [Siehe die Fig. 60 auf S. 107.]

„5. Die Reichenbachische Dampfmaschine wird eine vollkommen transportable Maschine werden, und kann zu allen schweren Arbeiten am Lande, für den Transport, in Werkstätten und Fabriken, bey Gebäuden etc. mit einem Worte allerwärts angewendet werden, wo die Ausübung von Kräften im Großen wie im Kleinen nothwendig ist. Der unermessliche Nutzen so aus einer solchen Erfindung entspringt ist zu einleuchtend, als daß eine weitere detaillirte Auseinandersetzung nöthig wäre."

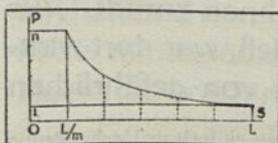


Fig. 58: Dampfdiagramm.

*) Reichenbach bezeichnet als „Moment der Wirkung“ oder „Kraftmoment“ M die jeweils geleistete Arbeit. Bezeichne in dem nebenstehenden Diagramm (Fig. 58) p den Druck, s den Weg des Kolbens, so hat man für einen Kesseldruck von n Atmosphären, wenn der Dampf nach $1/m$ Füllung abgesperrt wird und nach der Hublänge L ohne Condensation auspufft.

$$M = \left(\frac{n}{m} \cdot \int_{L/m}^L \frac{ds}{s} + \frac{n}{m} \cdot L \right) - L \cdot 1$$

und daraus sofort die obige Formel, in welcher noch der natürliche Logarithmus in den Brigg'schen verwandelt ist.

„Der Königl. Salinenrath von Reichenbach hat die Unterzeichneten gebethen, nach der Zusammenstellung seiner ersten Dampfmaschine, den wirklichen Versuchen beyzuwohnen, um sowohl die Wirkung im allgemeinen, als auch das Verhältniß des verbrauchten Brennmaterials zur erzeugten Kraft zu sehen und zu bestätigen; er hat zu diesem Ende seiner Dampfmaschine ein Pumpwerk vorgerichtet, wodurch aus der Menge und Höhe des gewältigten Wassers die Momente der Wirkungen berechnet und das Verhältniß des Holzverbrauches für jede Wirkung am genauesten bestimmt werden kann.“

„München, den 19^{ten} Januar 1816.“

SOWEIT der Reichenbach'sche Bericht. Ihm folgte im Februar 1816, bald nach dem erwähnten akademischen Vortrag, eine Veröffentlichung Yelin's im „Anzeiger für Kunst- und Gewerbefleiß“, „Hrn. v. Reichenbach's Verbesserung der Dampfmaschinen“, in welcher namentlich die vielseitige Verwendbarkeit der Maschine hervorgehoben war, nicht nur für den Fabrik- und Gewerbebetrieb „sondern selbst für das gemeine Leben, namentlich in der Oeconomie und bei dem Fuhrwesen, und zwar nicht etwa auf eisernen oder hölzernen Kunstbahnen (so wie es bisher in England versucht wurde), sondern sogar auf den gewöhnlichen Heerstraßen, bergauf und bergab . . .“

Dieser, Reichenbach's eigenen Hoffnungen gegenüber wohl etwas allzu zuversichtliche Aufsatz und der kurz darauf von Maréchaux veröffentlichte Bericht über Reichenbach's Konstruktion von stehenden Dampfmaschinen, dessen wir schon oben (S. 90) gedacht, lösten den geharnischten Widerspruch Baaders, der selbst sich mit dem Entwurf einer ortsfesten Dampfmaschine beschäftigte, aus.*) Die Ausführungen sind so charakteristisch für die Gedankengänge jener Zeit, daß wir sie hier nicht ganz umgehen können, zumal Baader bei aller Schwerfälligkeit seiner eigenen technischen Arbeiten doch mannigfache Kenntnisse auf technischem Gebiet besaß und namentlich auf wiederholten Studienreisen in England die Leistungen der dortigen Maschinenteknik durch eigene Anschauung kennen gelernt hatte, sein Urteil also nicht als ein einzelnes anzusehen ist.

Er wendet sich insbesondere gegen die gefährvolle Anwendung hochgespannten Dampfes und gegen die Idee, mit Dampfwagen auf gewöhnlichen Straßen, die damals freilich auch erheblich schlechter gewesen sein mögen als unsere heutigen, fahren zu wollen. Schon TREVITHIK hatte ohne Erfolg Versuche mit „High pressure Engines“ (von 6-8 Atmosphären) gemacht und „driving carriages“ gebaut. Der erste dieser Dampfwagen blieb „im buchstäblichsten Sinne im Kothe stecken und man war“, schreibt Baader, „seit diesem ersten verunglückten Versuche in England von der Unausführbarkeit der Dampfwagen auf gewöhnlichen Straßen allgemein überzeugt und würde jetzt jede Erneuerung eines solchen Projectes dort geradezu für Nonsense erklären.“

Die Hochdruckmaschine ohne Kondensation hatte zwar schon WATT in seinem berühmten Patente von 1769 aufgenommen, hielt aber gleichwohl an dem Bau seiner reiflich ausprobierten Niederdruckmaschinen mit Kondensation fest. Die großen technischen Schwierigkeiten, welche in jener Zeit sowohl eine verlässige Konstruktion der Kessel wie eine genügende Dichtung der Kolben und der Dampfzuleitung bereitete, haben ihn immer wieder von dem Bau von Hochdruckmaschinen abgeschreckt, ja er hat geradezu Trevithik's Bestrebungen als gemeingefährlich direkt bekämpft. Als zudem auf einem Kohlenbergwerk in Leeds (1815) eine folgenschwere Explosion des gußeisernen Dampfkessels einer Lokomotive sich ereignete und noch andere Unglücksfälle folgten, kehrte man wieder zum Pferdebetrieb der Schienenbahnen zurück. „Als ich“, schreibt Baader, „London im vergangenen Februar (1816) verließ, war dort wirklich die Rede davon, daß die Anwendung dieser besonderen Art von gefährlichen

*) Man sehe hiezu: J. VON BAADER „Bemerkungen über die von Hrn. v. Reichenbach angekündigte Verbesserung der Dampfmaschinen und die Anwendung derselben auf Fuhrwerke“. München, bey S. Hübschmann, 1816 und die Gegenschrift REICHENBACH's: Erklärung der von Herrn v. Baader herausgegebenen Bemerkungen über meine Verbesserungen der Dampfmaschine“. München, 1816.

Dampfmaschinen, der High=pressure=Engines, durch eine eigene Parlamentsakte allgemein unterfagt werden sollte."

„Die fürchterlich überladene Dampfkanone“ Reichenbach's habe nun, meint Baader, „diese Gefahren, von denen man vorher, bei der zweckmäßigen, auf sichere und erprobte Principien gegründeten Construction der Watt'schen Dampfmaschinen gar nichts wußte, erst herbeigeführt. Wenn Hr. v. R. sich rühmt, das Zerpringen seiner Maschinen durch besondere Vorrichtungen von der sinnreichsten Erfindung unmöglich gemacht zu haben, so kömmt er mir wie ein Arzt vor, der mir eine starke Portion Gift geben will, mit der beruhigenden Versicherung, daß es durch das kräftigste Gegengift von seiner Erfindung sogleich ganz unschädlich gemacht werden sollte - oder wie ein Büchsenmacher, der mir eine Flinte mit zehnfacher Ladung angefüllt in die Hände gibt und dabey behauptet, er hätte das Zerpringen des Laufes durch eine besondere künstliche Vorrichtung ganz unmöglich gemacht . . .“ Nach weiteren Bedenken über „das heftigste Rütteln und Stoßen bei der Fahrt, Berg auf und Berg ab, durch tiefen Koth und Kies, über holperige Geleise, tiefe Löcher und hohe Steine“, über die Notwendigkeit, „eigene Holzmagazine von Viertelstunde zu Viertelstunde an jeder Landstraße anzulegen, mit eigenen Wachen um das Stehlen zu verhüten“ und anderem mehr, wendet er sich noch besonders gegen die hohen blechernen Schornsteine von 10 bis 12 Fuß Höhe, da doch der Wagen, zu weiten Reisen bestimmt, durch Städte und Märkte, durch niedrige Thore und Bogen passieren muß. „Soll die Maschine an jeder solchen Stelle ihr Rohr einziehen, wie die Schnecken ihre Fühlhörner? - oder sollten für den freyen Durchzug des Reichenbach'schen Dampfkleppers überall die Stadtmauern eingerissen werden, wie einst Troja's Mauern für das berühmte Kunstpferd der Griechen?“

So gibt denn Baader, nachdem er in seinen Ausführungen „die Unmöglichkeit einen Wagen, besonders einen schnellfahrenden, durch die Kraft des Dampfes auf gewöhnlichen Straßen zu treiben „a priori“ erwiesen“, Reichenbach den Rat, auf seinem Dampfswagen „nicht im Galopp, sondern nur mit dem gewöhnlichen Schrittgange eines Pferdes, nicht nach Wien, sondern nur nach einer der nächsten Ortschaften um München“ zu fahren; er erklimme „mit seinem Mechanismus nur die kleine sanfte Anhöhe am Gasteig“ - so widerrufe er als Unsinn alles, was er gegen die Erfindung vorgebracht.

WEDER Reichenbach noch Baader haben die Ausgestaltung der Dampfmaschine zur betriebsfähigen Hochdruckmaschine erlebt, die Steigerung ihrer Leistung durch volle Ausnutzung der Expansion, die Verringerung ihrer Abmessungen, noch all' die Mannigfaltigkeiten ihrer Anwendung, die schon Reichenbach vorgeschwebt hatten. Neben der Vervollkommnung der Technik des Maschinenbaues mußte erst eine Klärung der theoretischen Anschauungen über die thermo-dynamischen Vorgänge in der Maschine vorangehen, um die weitere Entwicklung zu ermöglichen.

Aber im Gegensatz zu den weiten Kreisen, die damals in den Watt'schen Maschinen den Höhepunkt der Gestaltung der Dampfmaschine sahen, hat Reichenbach an ihrem Ausbau und an ihrer Verbesserung unermüdlich gearbeitet, auf Grund richtiger, zum Teil ganz moderner Konstruktionsprinzipien in technischer Hinsicht und mit verständnisvoller Einsicht in die nach wirtschaftlicher Richtung erwachsenden Forderungen. Es zeigen die uns erhaltenen Studien, Entwürfe und Notizen über die Dampfmaschine die Genialität Reichenbach's als Konstrukteur wohl in gleichem Maße wie seine Arbeiten auf astronomischen und hydraulischem Gebiet. Für diese war die Zeit reif und er konnte selbst die Mittel für die technische Vollendung ausdenken und ausführen; für jene haben ihn seine Ideen, die er mit reichster Phantasie immer neu gestaltet hat, weiter geführt, als daß sich ihre Verwirklichung schon damals hätte ermöglichen lassen.

In den Einzelheiten der Maschinen erkennen wir immer wieder den Erbauer der astronomischen Instrumente, sowohl in der Ausführung der Achsen, der Zapfen und

der Lager, wie in der konstruktiven Durchbildung der äußeren und inneren Steuerorgane, die zum Teil an die Genauigkeit der Ausführung die höchsten Anforderungen stellte. Obwohl aber Reichenbach dabei die dynamischen Verhältnisse eingehend untersucht - wie die im folgenden mitgeteilten Berechnungen zeigen - so scheint er sie doch bei der Dimensionierung der einzelnen Konstruktionsteile unterschätzt zu haben. Auch ist ihm der Einfluß der Reibung, der bei seinen Maschinen, insbesondere in den Gestängen, aufgetreten wäre, nicht genügend bekannt.

Reichenbach stand eben mit der Konstruktion schnelllaufender Hochdruck-Maschinen vor vollständig neuen Problemen in mechanischer Beziehung, die er naturgemäß bei seinen Erstaussführungen nicht bewältigen konnte.

Der obige akademische Bericht und Yelin's Referat mit der daran sich knüpfenden Polemik ist die letzte öffentliche Nachricht über Reichenbach's Arbeiten zu einer „transportablen Dampfmaschine“. Auch über den Verbleib des dort besprochenen und wie es scheint nahezu fertiggestellten Modells, wie über etwa angestellte praktische Versuche hat sich außer einer Prüfung von fünf seiner birnförmigen, kupfernen Kessel, von der in dem Schriftchen gegen Baader die Rede ist, keine weitere Nachricht gefunden.

Von 1822 ab fehlen Anhaltspunkte für eine weitere Beschäftigung Reichenbachs mit der Dampfmaschine. Die Aufgaben seines Amtes, einzelne größere Aufträge, von denen noch zu reden ist, mögen ihn von seinen Plänen abgezogen haben, denen der Tod wenige Jahre später ein Ziel setzte. In magnis et voluisse sat est.

UNTER den nachgelassenen Papieren fanden sich zunächst jene ersten, aus Genua, 30. Nov. 1814, datierten Skizzen, die Reichenbach in seinem Referat (S. 101, Anm.) erwähnt. Sie geben zwei Anordnungen der Steuerung zweier gekuppelter, schwingender Zylinder mit durch die Schildzapfen geführter Dampf-zu und =ableitung.

Reichenbach's Vorgänger in der Konstruktion oszillierender Maschinen ist MURDOCK, der treffliche Betriebsleiter der Boulton=Watt'schen Fabrik in Soho, der schon 1785 ein hölzernes Modell einer Dampfmaschine mit oszillierendem Zylinder ausgeführt hat, das sich jetzt im South-Kensington-Museum befindet. Auch TREVITHIK und FRENCH beschäftigten sich zu Anfang des 19. Jahrhunderts mit dem Bau oszillierender Maschinen. Es ist wohl anzunehmen, daß Reichenbach diese Arbeiten seiner Vorgänger gekannt hat, aber er ist über die primitiven Anfänge, wie sie das Murdock'sche Modell*) darstellt, sehr bald weit hinausgekommen.

STEUERUNGEN. Dies beweisen die genauen, mit allen wesentlichen Details für die wirkliche Ausführung versehenen Werkzeichnungen von vier verschiedenen Steuerungen, die Reichenbach, wie die Datierung ausweist, in den Jahren 1816 bis 1819 entworfen hat. Dieselben sind in den folgenden Figuren 61 bis 64 in verkleinertem Maßstab getreu nach den in natürlicher Größe ausgeführten Originalzeichnungen wiedergegeben und nur noch zur anschaulicheren Darstellung durch einige gefondert gezeichnete Kolben- und Schieberstellungen („Stellung 2“ in Fig. 61, sowie die Stellungen 2, 3 und 4 in Fig. 62) ergänzt, bei deren Anordnung und Beschreibung mich Herr Assistent Dr. KÖLSCH unserer Hochschule in dankenswertester Weise unterstützt hat.

Die erste Steuerung (Fig. 61) bezieht sich auf die in dem akademischen Referat (S. 101) vorgeführte Maschine. Ihr ist eine Berechnung der Leistung der Maschine (Seite 108) zu-

*) Eine Abbildung des MURDOCK'schen Modells einer Dampfmaschine mit oszillierendem Zylinder findet sich bei MATSCHOSS „Entwicklung der Dampfmaschine“ Bd. I, S. 401, die Beschreibung desselben im ersten Teil des mit zahlreichen historischen Notizen ausgestatteten „Catalogue of the mechanical engineering collection“ des Victoria and Albert Museum (South-Kensington, London, 1901) S. 25, Nr. 43.

Die Idee, solche Maschinen mit zwei Zylindern zu bauen, scheint dann mehrfach verfolgt worden zu sein. Die erste, wirklich ausgeführte Zwillingmaschine dürfte eine von J. MAUDSLAY nach einem Patent von J. BRUNEL v. J. 1822 konstruierte Maschine mit oszillierenden Zylindern gewesen sein, zum Betrieb der Entwässerungspumpen beim Bau des Themse-Tunnels (1825—1842). Ihr folgten die 1827 für Maudslay patentierten Schiffsmaschinen mit oszillierenden Zylindern. Man sehe die Abbildung S. 403 bei Matschoss, sowie den ebenerwähnten Catalogue S. 32, Nr. 71 und den „Catalogue of the naval and marine engineering collection“ (London, 1899) S. 205, Nr. 639.

gefügt, aus der hervorzuhelien ist, daß Reichenbach hier mit der Dampfspannung bis zu 20 Atmosphären gehen wollte. Die beiden ersten Maschinen (Fig. 61 und 62), mit Hahn- bzw. mit Muschelschiebersteuerung, sollten ohne Kondensation arbeiten. Die dritte und vierte Maschine (Fig. 63 und 64), mit Ventilsteuerungen, scheinen mit Kondensation gedacht zu sein und deshalb auch für etwas geringere Spannung berechnet.

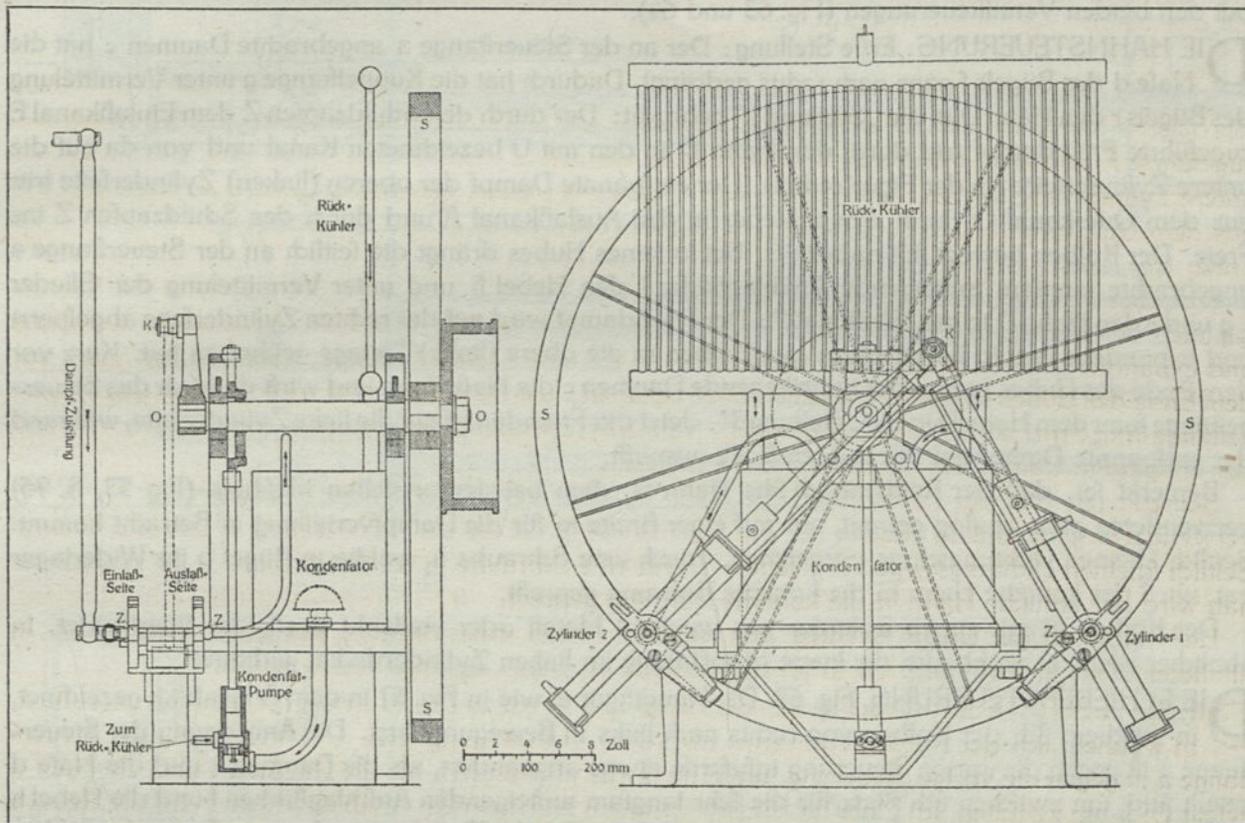


Fig. 59: Entwurf einer Zwillingsmaschine mit oszillierenden Zylindern und Rückkühler.

ZWILLINGSMASCHINE MIT KONDENSATION. Eine Skizze aus dem Jahre 1819 (Fig. 59) zeigt eine Zwillingsmaschine mit schräg aufwärts angeordneten Zylindern, mit einer Fig. 63 entsprechenden Steuerung und mit Kondensation. Zu ihr gehört ein weiteres, äußerst genau gezeichnetes Blatt (Fig. 65), welches eine bemerkenswerte, teils auf rechnerischem, teils auf graphischem Wege durchgeführte Ermittlung der AUSGLEICHSWIRKUNG DES SCHWUNGRADES dieser Maschine enthält, unter Annahme eines Dampfdruckes von 10 Atm. und für ganze und drittels Füllung.

Wir geben im folgenden, auf Seite 112, die Reichenbach'sche Schwungradberechnung mit einigen Kürzungen wieder. Sie kennzeichnet die von ihm verwendeten Methoden, die von den heutigen wesentlich nur in der Art des Ausdruckes abweichen.

Der Entwurf der Zwillingsmaschine ist noch interessant durch ein über dem Kondensator und dicht neben dem Schwungrad angebrachtes Röhrensystem, welches in dieser Verbindung wohl nur als ein RÜCKKÜHLER aufgefaßt werden kann. Endlich fand sich eine flüchtige Skizze der mehrfach erwähnten BIRNFÖRMIGEN DAMPFKESSEL, die wir hier nebenstehend in Fig. 60 wiedergeben.

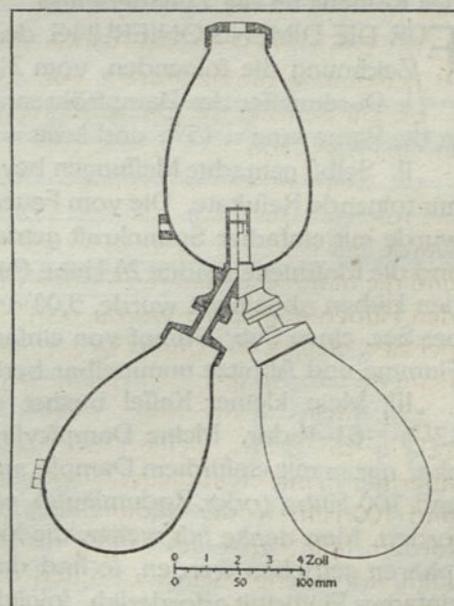


Fig. 60: Reichenbach's birnförmige Dampfkessel.

BESCHREIBUNG DER STEUERUNGEN ZU REICHENBACH'S OSZILLIERENDEN MASCHINEN.

DIE Steuerungen werden bei allen vier Entwürfen durch eine mit der Kolbenfange durch den Hebel b verbundene und mit dieser parallel sich bewegende Steuerfange a vermittelt, welche die Aufgabe hat, einen um einen Zapfen e schwingenden Bügel f sprungweise einzustellen. Durch diesen Bügel wird dann die Drehung eines Hahnes D bei der Hahnsteuerung (Fig. 61) bewirkt, oder die Stellung des Schiebers S bei der Schiebersteuerung (Fig. 62) oder endlich die Stellung der Ein- und Auslaß-Ventile bei den beiden Ventilsteuerungen (Fig. 63 und 64).

DIE HAHNSTEUERUNG: Erste Stellung: Der an der Steuerfange a angebrachte Daumen c hat die Nase d des Bügels f ganz nach rechts gedrängt. Dadurch hat die Kuppelflange g unter Vermittelung des Bügels r den Hahn D in die „Stellung 1“ gebracht: Der durch den Schildzapfen Z dem Einlaßkanal E zugeführte Frischdampf tritt durch den Hahn D in den mit U bezeichneten Kanal und von da auf die untere Zylinderseite (in der Figur rechts). Der entspannte Dampf der oberen (linken) Zylinderseite tritt aus dem Querkanal O durch den Schieber in den Auslaßkanal A und durch den Schildzapfen Z ins Freie. Der Kolben bewegt sich nach links. Bei $\frac{1}{3}$ seines Hubes drängt die seitlich an der Steuerfange a angebrachte langsam ansteigende Anschlagfläche l den Hebel h und unter Vermittelung der Glieder f, g und r den Hahn D in die „Stellung 2“: Der Frischdampf wird auf der rechten Zylinderseite abgeperrt und expandiert nun so lange, bis er den Kolben in die obere (linke) Totlage gehoben hat. Kurz vor dem Ende des Hubes nimmt der rechtsliegende Daumen c die Nase d mit und wirft dadurch das Steuergestänge samt dem Hahn D in die „Stellung 3“. Jetzt tritt Frischdampf auf die linke Zylinderseite, während der entspannte Dampf auf der rechten Seite auspufft.

Bemerkt sei, daß der Reichenbach'sche Hahn D, dem bei der ortsfesten Maschine (Fig. 53, S. 96) verwendeten ganz analog gebaut, nur auf einer Breite m für die Dampfverteilung in Betracht kommt. Seitlich scheinen Dichtungsringe vorgesehen. Durch eine Schraube n, welche in Bügel o ihr Widerlager hat, wird der konische Hahn in die konische Bohrung gepreßt.

Der Kolben ist mit einem Zylinder aus weichem Metall oder vielleicht aus Leder überkleidet. In ähnlicher Weise ist wohl auch die kurze Stopfbüchse im linken Zylinderdeckel gedichtet.

DIE SCHIEBERSTEUERUNG, Fig. 62. Die Hauptfigur ist wie in Fig. 61 in dem Augenblick gezeichnet, in welchem sich der Kolben von rechts nach links in Bewegung setzt. Die Anordnung der Steuerfange a ist gegen die vorige Steuerung insofern etwas abgeändert, als die Daumen c und die Nase d geteilt sind, um zwischen sich Platz für die sehr langsam ansteigenden Anschlagflächen l und die Hebel h zu lassen. Durch diese symmetrische Anordnung gestaltet sich die Übertragung der zum Steuern erforderlichen Kraft sehr günstig. Die Dampfverteilung erfolgt im übrigen genau wie bei der ersten Maschine; nur ist an Stelle des Hahnes ein Mufschieber S getreten, der in den vier für das Steuern wichtigen Stellungen gezeichnet ist.

Schieber Spiegel s und Schieberkasten k sind auf den Zylinder aufgesetzt. Die Stopfbüchsen beim Zylinder und am Schieberkasten sind mit weichem Packungsmaterial gedichtet. Der Kolben ist als „zusammengesetzter Kolben“ ausgeführt. Eine anscheinend zylindrische Feder F preßt das Dichtungsmaterial des Kolbens an die Zylinderwand.

FÜR DIE DIMENSIONIERUNG der ersten Maschine (mit der Hahnsteuerung) finden sich auf der Zeichnung die folgenden, vom 21. Mai 1817 datierten Notizen Reichenbachs:

„I. Durchmesser der Dampfrohren = 5““. Deren Durchschnittsfläche = $19,625 \square$ ““. Die Dampföffnungen in die Pippe lang = 15““, und breit = $1\frac{1}{3}$ ““. Deren Flächeninhalt = $20 \square$ ““.“

„II. Selbst gemachte Messungen bey einer vorzüglich guten Watt'schen Dampfmaschine in Soho gaben mir folgende Resultate. Die vom Feuer berührte Fläche des Dampfkessels betrug $44,6 \square$ “. Die Maschine wurde mit einfacher Spannkraft getrieben; der Cylinder hatte 17“ Durchmesser, der Kolben 48“ Hub und die Maschine machte 24 Hübe (hinauf und herunter) per Minute, wozu, da hierbey nicht während den Hübten abgeperrt wurde, $5,04 \text{ Cub}^{\text{c}}$ Dampf per Secunde erforderlich sind. Hieraus folgt, daß, um per Sec. einen Cub^c Dampf von einfacher Expansivkraft zu erzeugen, $8,849 \square$ vom Feuer und dessen Flamme und Abhitze unmittelbar berührte Fläche des Dampfkessels erfordert werden.“

„III. Mein kleiner Kessel biethet dem Feuer eine unmittelbare Berührungsfläche von $1791 \square$ “ = $12 \square + 63 \square$ “ dar. Meine Dampfzylinder haben 2“ Durchmesser und 12“ Kolben-Zug. Sie werden aber nur $\frac{1}{3}$ mit elastischem Dampfe angefüllt. Man denke sich zwey solche Cylinder für eine Maschine und 100 Hübe (oder Radumläufe) per Minute, so werden hierzu per Secunde $8,37 \text{ Cub}^{\text{c}}$ Dampf erfordert. Man denke sich weiter, die Maschine soll mit einer Expansivkraft des Dampfes von 20 Atmosphären getrieben werden, so sind dazu (da nicht condensirt wird) $21 \times 83,7 = 1757 \text{ Cub}^{\text{c}}$ Dampf von einfacher Elasticität erforderlich, folglich auch eine unmittelbare Berührungsfläche des Feuers mit dem Kessel von $8,992 \square$ “, welches mit meinem Kessel der über $12 \square$ “ Berührungsfläche hat, ohne Anstand mehr als erreicht werden kann.“

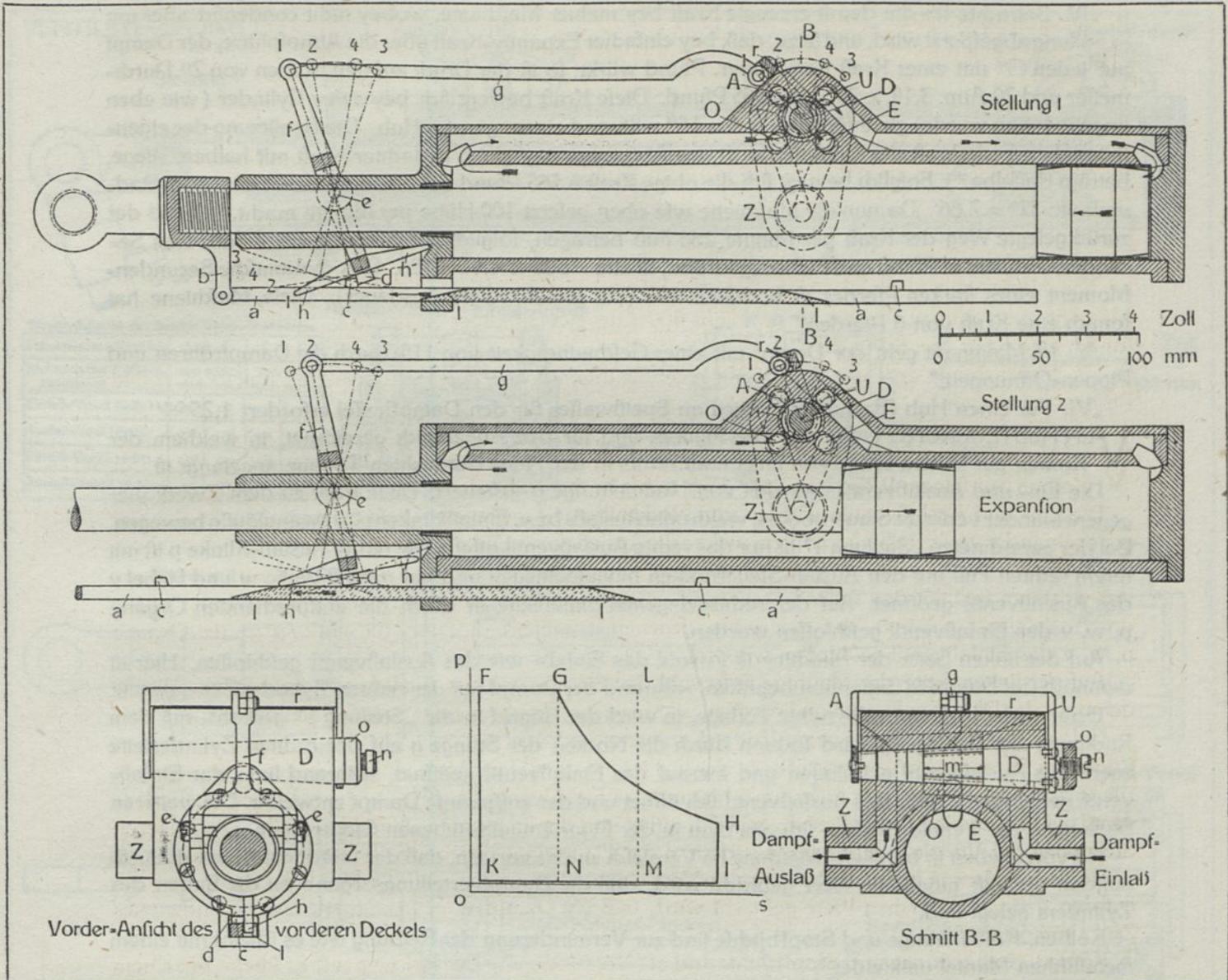


Fig. 61: Hahnsteuerung für Reichenbach's erste transportable Hochdruckmaschine ohne Kondensation, mit oszillierendem Zylinder, konstruiert in den Jahren 1814-1817.

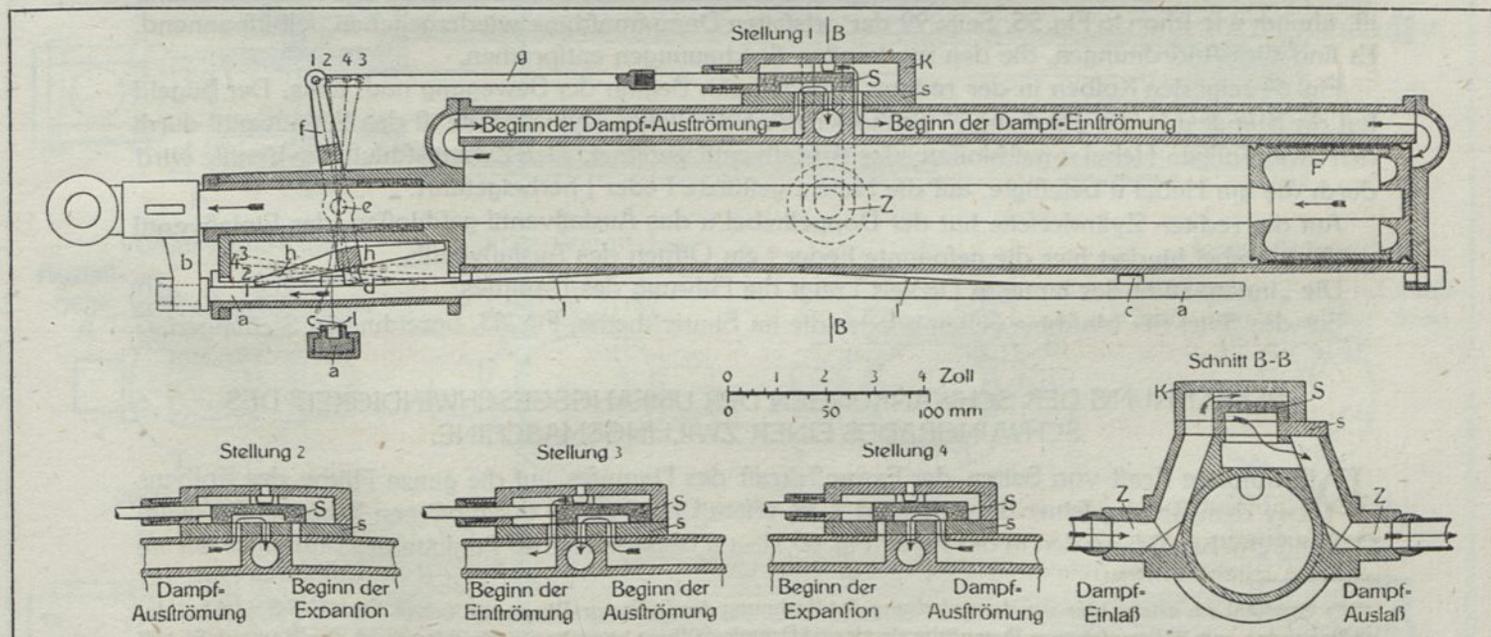


Fig. 62: Muffelhiefsteuerung für Reichenbach's oszillierende Hochdruckmaschinen.

„IV. Betrachte ich die damit erzeugte Kraft bey meiner Maschiene, wobey nicht condensirt aber mit $\frac{1}{3}$ Füllung abgesperrt wird, und setze, daß, bey einfacher Expansiv-Kraft über die Atmosphäre, der Dampf auf jeden \square “ mit einer Kraft von 9 bayr. Pfund würkt, so ist der Druck auf den Kolben von 2“ Durchmesser und 20 Atm. $3,14 \times 20 \times 9 = 565$ Pfund. Diese Kraft bewegt sich bey zwey Cylinder (wie eben angenommen wurde) gleichförmig $4 \times 4 = 16$ “ während einem ganzen Hub. Die Benützung der eigenthümlichen Federkraft der Dämpfe durch das Absperrn bey gleich gedachter Kraft mit halbem Wege, beträgt dasselbe. *) Folglich bewegt sich die obige Kraft à 565 Pfund bei einem ganzen Hube oder Radumlaufe 32 “ = 2,66'. Da nun die Maschiene wie oben gesetzt 100 Hübe per Minute macht, so wird der zurückgelegte Weg der Kraft per Minute 266 Fuß betragen, folglich per Secunde = 4,4 Fuß. Das Sekunden-Moment in Pfund und Fuß ausgedrückt, ist also = $565 \times 4,4 = 2486$. Das dynamische Sekunden-Moment eines starken Pferdes ist höchstens 400 (mit zweifündiger Ausdauer). Diese Maschiene hat sonach eine Kraft von 6 Pferden.“

„V. Im Maximum geht der Dampf mit einer Geschwindigkeit von 115' durch die Dampfrohren und Pippen-Öffnungen.“

„VI. Für einen Hub (Radumlauf) wird an Speißwasser für den Dampfkessel erfordert 1,25^{Cub'}.“

VENTILSTEUERUNG I. Fig. 62. Die Figuren sind für den Augenblick gezeichnet, in welchem der Kolben auf seinem Wege von links nach rechts in der Nähe der rechten Totlage angelangt ist.

Die Ein- und Auslaßventile werden von Nockenstange g gesteuert. Diese trägt zu dem Zweck vier gegeneinander veretzte Steuernocken, welche die Auslaß- bzw. Einlaßklinken p, p zwangläufig bewegen. Bei der gezeichneten „Stellung 4“ ist nur das rechte Auslaßventil offen: Die rechte Auslaß-Klinke p ist mit ihrem rechten Fuß auf den Auslaß-Steuernocken hinaufgestiegen und hat mittelft Welle w und Hebel v das Auslaßventil geöffnet. Auf der rechtsgelegenen Einlaßseite ist durch die entsprechenden Organe p, w, v das Einlaßventil geschlossen worden.

Auf der linken Seite der Maschine ist sowohl das Einlaß- wie das Auslaßventil geschlossen. Hier ist demnach der Dampf in Expansion begriffen, während der Dampf auf der rechten Zylinderseite auspufft.

Gelangt der Kolben in die rechte Totlage, so wird der Bügel f in die „Stellung 1“ gedreht; mit dem Rückgang der Bewegung wird sodann durch die Nocken der Stange g auf der rechten Zylinderseite zuerst das Auslaßventil geschlossen und hierauf das Einlaßventil geöffnet, während links das Einlaßventil geschlossen bleibt, das Auslaßventil sich öffnet und der entspannte Dampf entweicht. Die weiteren Stellungen der Ventile ergeben sich aus dem in der Figur eingeschriebenen Steuer-schema.

Hervorzuheben ist bei dieser Maschine im Vergleich zu der vorigen, daß der schädliche Raum dadurch auf den geringst möglichen Wert gebracht wird, daß die Dampfverteilungsorgane an die Enden des Zylinders gelegt sind.

Kolben, Kolbenstange und Stopfbüchse sind zur Verminderung der Reibung wie es scheint mit einem metallischen Mantel umkleidet.

VENTILSTEUERUNG II. Fig. 64. Die vorhergehende Ventilsteuerung ist hier mit Erfolg weitergebildet. Die Ventilführungen liegen jetzt ebenso wie die Sitzflächen der beiden Einlaßventile in den Zylinderdeckeln. Die Bewegungen im Steuergestänge werden durch Schneiden übermittelt. Die Kolbendichtung ist, ähnlich wie schon in Fig. 56, Seite 99 der ortsfesten Dampfmaschine wiedergegeben, selbstspannend. Es sind dies Anordnungen, die den modernsten Anschauungen entsprechen.

Fig. 64 zeigt den Kolben in der rechten Totlage beim Beginn der Bewegung nach links. Der Bügel f hat die Stange g in die „Stellung 1“ geschoben. Auf der linken Zylinderseite ist das Einlaßventil durch den zweiarmigen Hebel u geschlossen, das Auslaßventil geöffnet. Der Zwangschluß der Ventile wird durch die am Hebel u befestigte, auf die Nase z gestützte Feder j herbeigeführt.

Auf der rechten Zylinderseite hat der Doppelhebel u das Auslaßventil geschlossen, das Einlaßventil geöffnet, dabei hindert hier die gespannte Feder j ein Öffnen des Auslaßventils.

Die „Innenansicht des hinteren Deckels“ zeigt die Führung des Dampfes.

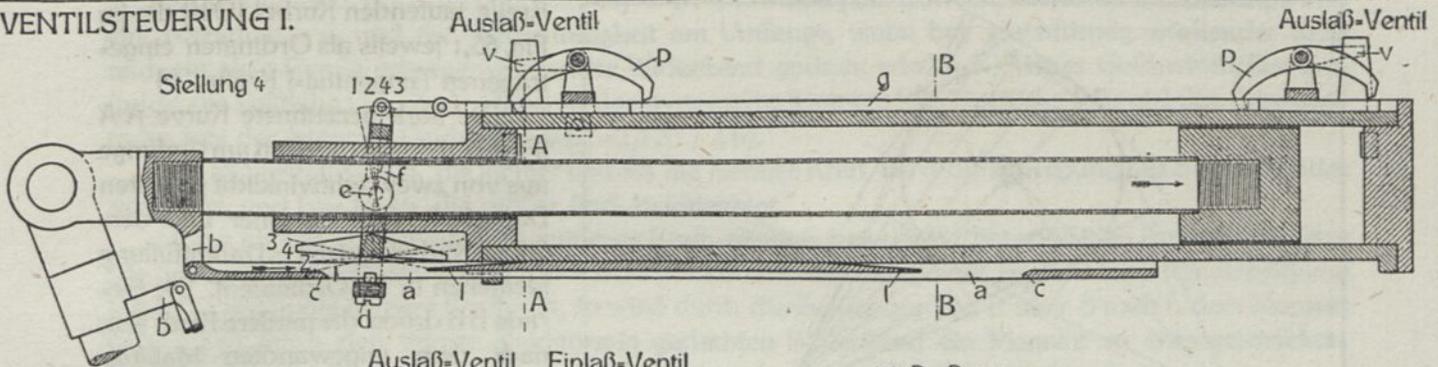
Für das Spiel der Maschine gelten wieder die im Steuer-schema, Fig. 63, bezeichneten Stellungen.

BERECHNUNG DER SCHWANKUNGEN DER UMFANGSGESCHWINDIGKEIT DES SCHWUNGRADES EINER ZWILLINGSMASCHINE.

DIE absolute Kraft von Seiten der Expansivkraft des Dampfes auf die ganze Fläche des Kolbens bey dem Anfang seiner Bewegung, d. i. im ersten Drittel seines durchloffenen Raumes, sey gleich Q, dann ergeben sich an den in der Figur [Fig. 65, 1 und 2] bezeichneten 48 Punkten des Umfanges der im

*) Reichenbach ersetzt hier zur Vereinfachung der Rechnung das Indicator-Diagramm (vergl. Fig. 61) FGHJK bei der vorliegenden, mit 20 Atmosphären Dampfüberdruck und Drittels-Füllung betriebenen Maschine durch das Rechteck FLMK (in welchem MN gleich der Hälfte von JN genommen ist). Die durch diese Annäherung erzielte Genauigkeit beträgt 950/0.

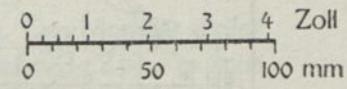
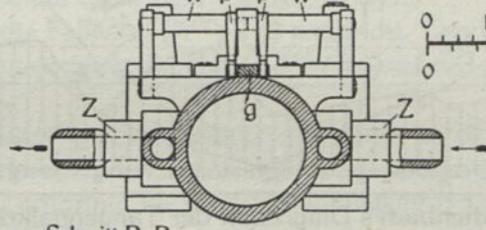
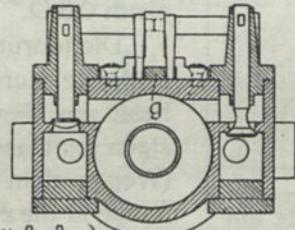
VENTILSTEUERUNG I.



Steuer-Schema der beiden Ventil-Maschinen.

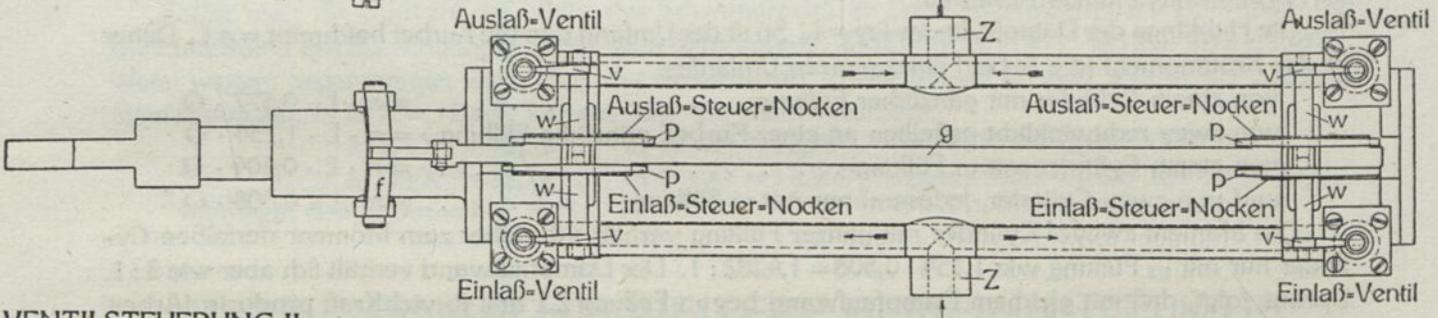
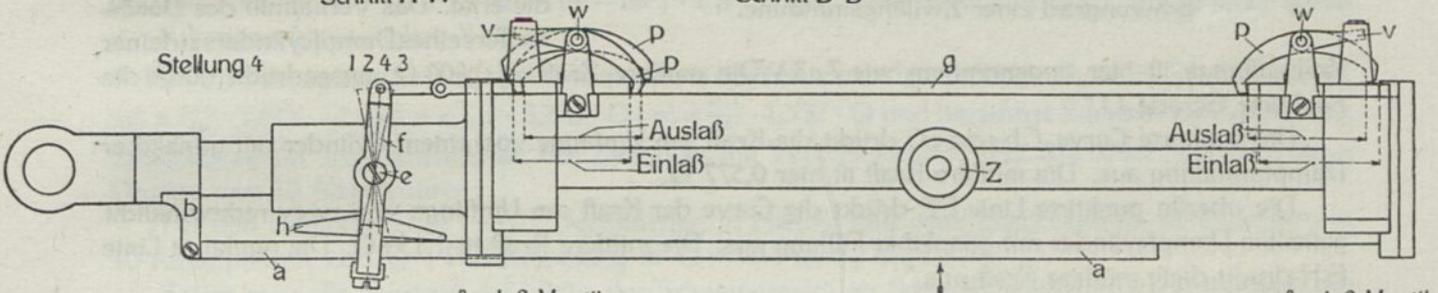
Steuerhebel i. Stellung	1	2	3	4
Richtung der Kolbenbewegung	von rechts nach links	von links nach rechts	von rechts nach links	von links nach rechts
Einlaß-Ventil links . .	zu	zu	auf	zu
Auslaß-Ventil links . .	auf	auf	zu	zu
Einlaß-Ventil rechts . .	auf	zu	zu	zu
Auslaß-Ventil rechts .	zu	zu	auf	auf

Auslaß-Ventil Einlaß-Ventil

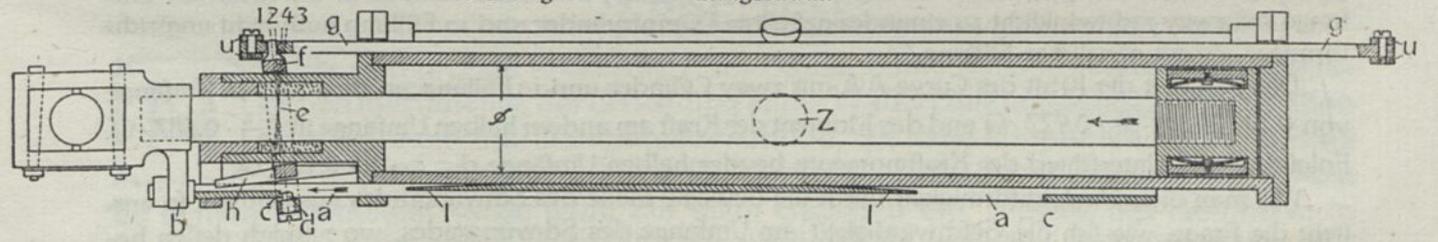


Schnitt A-A

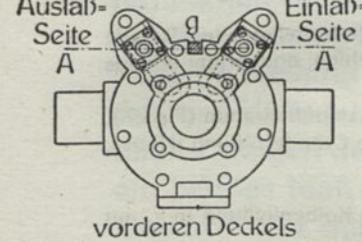
Schnitt B-B



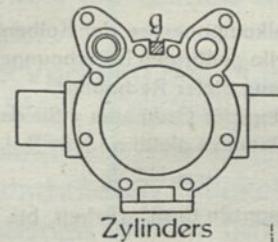
VENTILSTEUERUNG II.



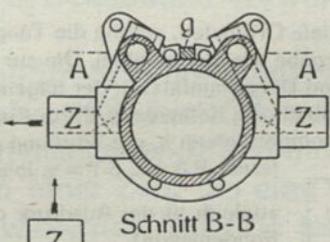
Vorder-Ansicht des Auslaß-Seite



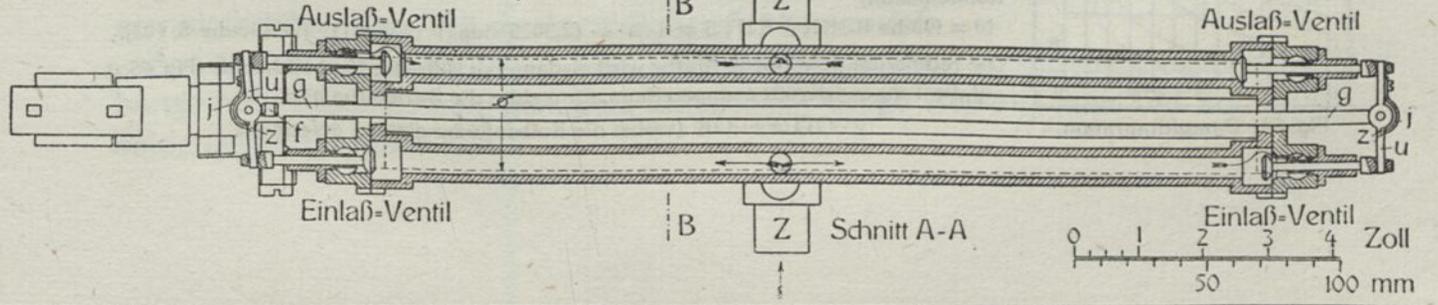
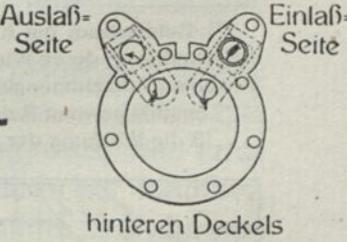
Vorder-Ansicht des Zylinders



Schnitt B-B



Innen-Ansicht des Auslaß-Seite



Schnitt A-A

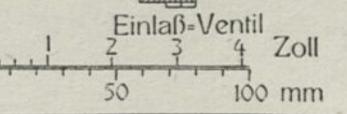


Fig. 63 u. 64: Die beiden Ventilsteuerungen für Reichenbach's oszillierende Hochdruckmaschinen.

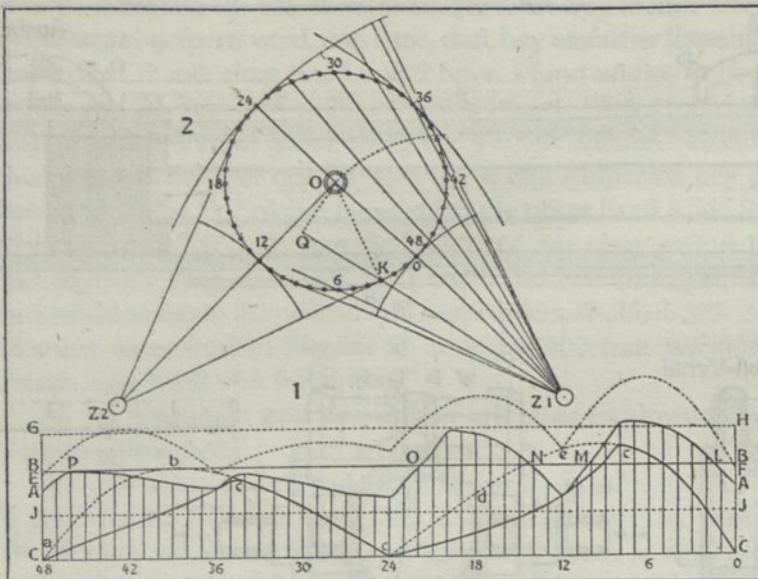


Fig. 65: Reichenbach's Diagramm der Tangentialkräfte am Schwungrad einer Zwillingmaschine.

Kreife laufenden Kurbel [OK] die [in Fig. 65,1 jeweils als Ordinaten eingezeichneten Tangential-] Kräfte."*)

„Die stark gezeichnete Kurve AA [Fig. 65,1] drückt die Kraft am Umfange aus von zwey rechtwinklicht gestellten Dampfzylindern an einer und derselben Kurbel und mit $\frac{1}{3}$ Dampf füllung [gemessen in 48 Ordinaten]. Die Gerade BB drückt die mittlere Kraft aus, nach dem angewandten Maßstab gleich $0,8 Q$."

„Die [darunter liegende] stark gezeichnete Curve CcccC drückt die Kraft am Umfange von einem einzigen mit Dampf gefüllten Stiefel aus. (Wegen dem Einflusse der Kolbenstange ist die zweyte Hälfte kleiner als die erste. Das Verhältniß des Durchmessers eines Dampfzylinders zu seiner

Kolbenstange ist hier angenommen wie 7:3.) Die mittlere Kraft ist $0,404 Q$, ausgedrückt durch die punktirte Gerade JJ."

„Die punktirte Curve CbcdecC drückt die Kraft am Umfange von einem Cylinder mit gänzlicher Dampf anfüllung aus. Die mittlere Kraft ist hier $0,577 Q$."

„Die oberste punktirte Linie EF drückt die Curve der Kraft am Umfange von zwey rechtwinklicht gestellten Dampfzylinder mit gänzlicher Füllung aus. Die mittlere Kraft ist $1,154 Q$. Die punktirte Linie GH drückt diese mittlere Kraft aus."

„Die Hublänge der Dampfzylinder sey = L. So ist der Umfang den die Kurbel beschreibe = πL . Daher ist das Kraftmoment [die Arbeit] eines ganzen Umlaufes

- von einem Cylinder mit gänzlicher Füllung = $\pi \cdot L \cdot 0,577 \cdot Q$
- von zwey rechtwinklicht gestellten an einer Kurbel, gänzliche Füllung = $\pi \cdot L \cdot 1,154 \cdot Q$
- von einem Cylinder mit $\frac{1}{3}$ Füllung = $\pi \cdot L \cdot 0,404 \cdot Q$
- und von zwey Cylinder, jedesmal nur mit $\frac{1}{3}$ Füllung = $\pi \cdot L \cdot 0,808 \cdot Q$."

„Das Moment zweyer Cylinder mit ganzer Füllung verhält sich daher zum Moment derselben Cylinder nur mit $\frac{1}{3}$ Füllung wie $1,154 : 0,808 = 1,4282 : 1$. Der Dampf aufwand verhält sich aber wie 3:1. Daraus folgt, daß mit gleichem Dampf aufwand bey $\frac{1}{3}$ Füllung 2,1 mal so viel Kraft producirt [Arbeit geleistet] wird als mit gänzlicher Füllung des Dampfzylinder, und nebst solchem ist die Kraft am Umfange mit zwey rechtwinklicht zu einander gestellten Dampfzylinder und $\frac{1}{3}$ Füllung auch nicht ungleichförmiger als mit gänzlicher Füllung."

„Das Moment der Kraft der Curve AA mit zwey Cylinder und $\frac{1}{3}$ Füllung an dem halben Umfange von 0 bis 24 ist $\frac{\pi \cdot L}{2} \cdot 0,927 \cdot Q$ und das Moment der Kraft am andern halben Umfange ist $\frac{\pi \cdot L}{2} \cdot 0,687 \cdot Q$. Folglich ist der Unterschied der Kraftmomente beyder halben Umfänge $d = \pi \cdot L \cdot 0,12 \cdot Q$.

„Will man diese Ungleichförmigkeit durch die bewegte Maße des Schwungrades ausgleichen, so entsteht die Frage, wie sich die Geschwindigkeit am Umfange des Schwungrades, wo nämlich dessen bewegte Maße als vereint betrachtet werden kann, ändern wird?"

*) Reichenbach hat für diese Ordinaten, welche die Tangentialkomponenten der Kolbenkraft darstellen, eine Tabelle aufgestellt, von deren Wiedergabe wir hier absehen. Die zur Tabelle gehörigen Berechnungen fehlen, doch ergibt sich aus einzelnen Aufzeichnungen und Diagrammkizzen der folgende Gang dieser Rechnung:

Zunächst gewinnt Reichenbach die Kolbenkraft durch Aufstellung der Ordinaten y für das Dampfdiagramm (Fig. 66).

„Ist die Wirkung der Atmosphäre gleich h, die Wirkung des Dampfes gleich $n \cdot h$ (= BJ), die Cylinderfüllung BR = c, ferner RS = x, ST = y, so ist

$$y = \frac{c \cdot n \cdot h}{c + x}$$

zugleich ist der Ausdruck der „ganzen Kraft" (Arbeit, bis zur Kolbenstellung in x, mit Kondensation)

$$M = \text{Fläche BJKR} + \text{RKTS} = n \cdot h \cdot c \cdot (2,3025 \cdot \log [1 + \frac{x}{c}] + 1)" \text{ (vergleiche S. 103).}$$

Die rechnerisch gewonnene Kraft y wird alsdann mit Hilfe des Kurbelschemas (Fig. 65,2) auf die Tangentialkräfte t umgerechnet, für welche die Beziehung gilt:

$$y \cdot OQ = t \cdot OK \text{ (wobei die Kolbenfläche gleich 1 gesetzt ist).}$$

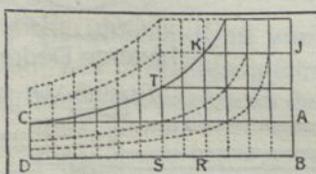


Fig. 66: Dampfdiagramm.

„Der Durchmesser des Schwungrades sey = D. Die Maa [das Gewicht] deselben am Umfange vereint betrachtet = μ , und die Geschwindigkeit am Umfange, wenn bey gleichförmig wirkender Kraft auch ein gleichförmig entgegenwirkender Widerstand gedacht wird = X. Dieser Geschwindigkeit entspricht die Fallhöhe ($X^2 / 2p$). Daher ist das dynamische Moment [die kinetische Energie] des Schwungrades bey der mittleren Geschwindigkeit = ($\mu X^2 / 2p$).“

„Bey allen Kräften nun, die kleiner sind als die mittlere Kraft, wird die Bewegung des Schwungrades verzögert, und bey jenen, die größer sind, beschleunigt.“

„Mache ich nun mit der zunächst mittleren Kraft, nämlich bey der Ordinate 46 den Anfang und setze (da im Kreise die Ordinate 48-A auf 0-A zu liegen kommt) das mangelnde Kraftmoment [die Arbeit] von PAALP gegen die mittlere Kraft = m, so wird durch die Bewegung von P über B nach L dem Moment ($\mu X^2 / 2p$) durch den immer gleichförmig gedachten Widerstand ein Moment m entgegenwirken. Das Moment des Schwungrades kann daher in L nur mehr ($\mu X^2 / 2p$) - m seyn.“

„Die Geschwindigkeit in L sey = X' , welcher die Fallhöhe ($X'^2 / 2p$) entspricht. Das Moment dieser Bewegung ist daher ($\mu X'^2 / 2p$) und es folgt daraus nothwendig, daß ($\mu X'^2 / 2p$) = ($\mu X^2 / 2p$) - m seyn muß. Daraus ergibt sich $X' = \sqrt{X^2 - (m \cdot 2p / \mu)}$.“

Durch Fortsetzung dieses Schlusses für die Bewegung von P nach L, dann nach M, N, O und zurück zu P findet Reichenbach unter Einführung der entsprechenden mangelnden bzw. berschieenden Kraftmomente [Arbeiten] m, m', m'', bzw. n, n' als Endformel für die Geschwindigkeit bei P (nach einem Umlauf) $X^v = \sqrt{X^2 + (n + n' - m - m' - m'') \cdot 2p / \mu}$ und diese Geschwindigkeit muß wieder gleich der Anfangsgeschwindigkeit X seyn.

Für die Momente m, m' . . . erhält Reichenbach die Werte $m = \frac{\pi \cdot L}{48} \cdot 0,2994 \cdot Q$, $m' = \frac{\pi \cdot L}{48} \cdot 0,5399 \cdot Q$, $m'' = \frac{\pi \cdot L}{48} \cdot 3,015 \cdot Q$ und $n = \frac{\pi \cdot L}{48} \cdot 2,285 \cdot Q$, $n' = \frac{\pi \cdot L}{48} \cdot 1,537 \cdot Q$ und berechnet hiernach als Beispiel das Schwungrad für die Dimensionen des Zylinders mit Ventilsteuerung I (Fig. 63) unter Annahme eines Druckes von 10 Atmosphären:

„Für den Dampfcylinder von 2" Durchmesser, $\frac{1}{3}$ Füllung und einer Expansivkraft der Dämpfe von 10 Atmosphären, endlich 1 Fuß Kolbenzug ist $Q = 90$ Pfund, $L = 1'$.“

„Setzet man die Schwere der Maa des Schwungrades im Schwingungspunkt $\mu = 200$ Pfund und die Entfernung des Schwingungspunktes vom Centrum = $2'$, also $D = 4'$, so ist $\pi \cdot L \cdot Q \cdot 2p / 48 \mu = 1,9782$. Wenn weiters angenommen wird, daß das Schwungrad in der Minute 60 mal, also in der Secunde einmal umlauft, so ist $X = 12,56'$. Daraus folgt die Geschwindigkeit

$$\begin{array}{lll} \text{in L: } X' = 12,53' & , & \text{in M: } X'' = 12,75' & , & \text{in N: } X''' = 12,63' \\ \text{in O: } X^{IV} = 12,79' & , & \text{in P: } X^V = 12,557' & , & \text{letzteres sollte wieder } X = 12,56' \text{ seyn.} \end{array}$$

München, den 4. December 1819.

G. v. R.“

11. REICHENBACH'S WEITERE GEMEINNÜTZLICHE ARBEITEN.

NEBEN den großen Problemen des Baues seiner astronomischen und geodsischen Instrumente, der Errichtung seiner Wasserfhlenmaschinen, den Studien zum Brücken- und Dampfmaschinenbau, die seine schöpferische Lebensarbeit vor anderem bezeichnen, hat Reichenbach größere und kleinere Fragen, wie sie seinem lebendigen Geiste wohl auf allen Gebieten der Technik sich darboten, in Angriff genommen und mit originaler Gestaltungskraft behandelt. Auch der Frage des technischen Unterrichtes, die damals auch in Deutschland vorwrtsdrngend sich auf-tat, ist er nähergetreten.

Seine Stellung als Vorstand des „Central-Straßen- und Wasserbau-Bureau“, zu der ihn das Vertrauen MAX JOSEPH's im Jahre 1820 berief, brachte ihn weiterhin mit allen Zweigen des staatlichen Bauwesens in maßgebende Verbindung; dazu kam noch ein reiches Maß gutachtlicher Tätigkeit, in einer Zeit, wo eine freilich nur langsam, ängstlich und mit kleinen Mitteln sich entwickelnde Industrie technische Erfindungen mannigfachster, zum Teil merkwrdigster Art hervorrief.

Auf einzelne so entstandene Arbeiten konnten wir schon im bisherigen Zusammenhange hinweisen. Es mag genügen, ihnen noch einige weitere, zum Teil auf neuem Felde liegend, anzureihen.

WASSERWERKE DER STADT AUGSBURG. Das größte unter den Projekten, welche außer den bisher betrachteten Arbeiten wirklich zur Ausführung gelangt sind, ist die WASSERVERSORGUNG VON AUGSBURG, mit welcher Reichenbach im Jahre 1819 vom Magistrat der Stadt betraut wurde.

Der von Reichenbach entworfene Plan ging dahin, die ganze damals bestehende Anlage, die einem Wasserbedarf der Stadt von 2700 bayr. Maß (rund 2900 Liter) pro Minute entsprach, zu ersetzen und zugleich die Wasserlieferung auf 4500 Maß (4800 Liter) zu steigern. An Stelle der sechs vorhandenen Brunnenwerke sollten zwei neue für eine Lieferung von 1500 und von 3000 Maß Quellwasser treten. Unter Benutzung des vom Lech abgeleiteten Stadtbaches als Betriebskraft war das reine Quellwasser - die alte Leitung erwies sich bei Reichenbach's Untersuchung auch in sanitärer Beziehung als äußerst bedenklich - in ein Hochreservoir auf eine Höhe von 100 Fuß zu pumpen.

Zur Aufstellung gelangte unter Reichenbach's Leitung im Jahre 1821 zunächst nur das kleinere Werk, dessen Maschine im 7. Band von DINGLER's polytechnischem

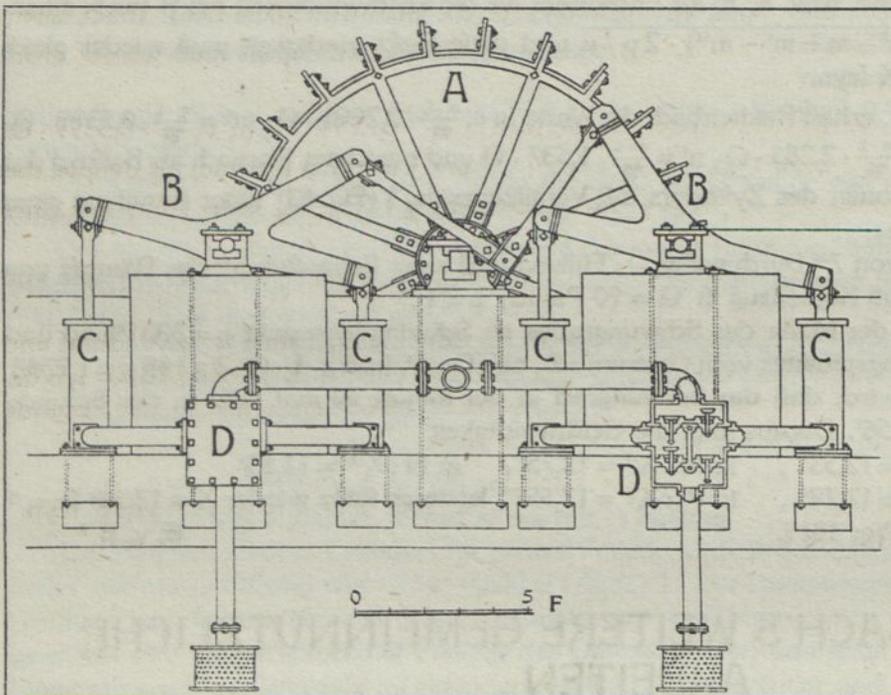


Fig. 67: Reichenbach's „Wassermaschine“ für Augsburg.

Journal (1822) beschrieben und abgebildet ist*). Diese „Wassermaschine“ (Fig. 67) stellt mit ihren vier paarweise arbeitenden Druckkolben (C) eine neue Form der DE LA HIRE'schen doppelwirkenden Pumpe dar, die Reichenbach schon so erfolgreich beim I. und II. Typus seiner Wassersäulenmaschinen verwendet hatte. Die Anordnung der zu je zwei Pumpenkolben gehörigen Saug- und Druckventile ist hier durch ihre

Vereinigung in einem Ventilkasten D gegenüber der etwas komplizierteren Ausführung bei jenen Wassersäulenmaschinen (Fig. 36 u. 37, S. 64, 65) besonders einfach und übersichtlich. Ein oberflächliches eisernes Wasserrad (A) von 14' Durchmesser und 6' 6'' Schaufelbreite überträgt mittels der Lenkstangen und Kunstkreuze B seine Bewegungsenergie (8-10 Umgänge in der Minute) auf die Druckkolben (Durchm. 11'', Hub 29'').

Neben der einfachen Disposition der Maschine bildete die vortreffliche Ausführung aller Teile wieder den besonderen Ruhm der Reichenbach'schen Werkstatt: „Die sinnreiche Construction der Theile, sagt der Verfasser des Aufsatzes in Dingler's Journal, erfordert die sorgfältigste und fleißigste Ausarbeitung, damit alles aufs genaueste ineinander paßt und nichts wackelt, weil sonst die Maschine ihrem Zwecke nicht entspräche. Bei dieser Maschine kann man nicht anders sagen, als daß alles aufs reinste und vollkommenste ausgearbeitet ist. Bei den Kolbenstangen und Zugärmen kommt man dieserwegen in Versuchung, sie für ein ganzes Stück zu halten und nur nach genauer Untersuchung nimmt man erst die Zusammenfügung der Theile wahr“.

*) Man vergleiche auch RÜHLMANN's Beschreibung im 4. Bande seiner „Allgemeinen Maschinenlehre“, S. 596.

Nach Errichtung des ersten Werkes stockte die weitere Durchführung, obwohl die Maschinenteile auch für die zweite größere Anlage sämtlich vorhanden und an Ort und Stelle gebracht waren. Allein Streitigkeiten im Magistrat, wo man vor der Größe des Unternehmens zurückschreckte, und abfällige Kritik der Reichenbach'schen Pläne - an der auch Baader beteiligt war - verzögerten zunächst die Weiterführung, die dann nach Reichenbach's Tod völlig unterbrochen wurde. Erst als im Jahre 1846 die alten Wasserwerke gänzlich unbrauchbar geworden waren, griff der Magistrat auf Reichenbach's Maschinen zurück, die man seinerzeit für 60 000 fl. angekauft hatte und die nun 25 Jahre unbenutzt gelegen waren. In dem schon von Reichenbach vorgesehenen sogenannten Fünferwerkhaus wurden die Maschinen aufgestellt und die ursprünglichen Pläne damit vollendet. Das Brunnenwerk stand bis zum Jahre 1879 in Betrieb*).

KLEINERE ANLAGEN UND PROJEKTE. Von weiteren Bewässerungsanlagen, die Reichenbach insbesondere in München auszuführen hatte, seien noch die mit Hilfe eines Druckwerkes hergestellte Wasserversorgung des 1813 vollendeten städtischen Krankenhauses und des botanischen Gartens erwähnt, sowie die umfangreichen Sicherheitsanlagen für das 1818 vollendete große Münchener Hoftheater. Die letzteren freilich konnten das Schicksal des Theaters bei dem großen Brande von 1823 nicht aufhalten**).

Aus dem Jahre 1820 stammen Vermessungen zu einer QUELLWASSERLEITUNG FÜR MÜNCHEN, vom rechten Hochplateau der Isar aus.

„Es wäre ein leichtes, schließt Reichenbach seine damaligen Aufzeichnungen des Höhen-nivellements und der Wassermengenbestimmungen, 8 Kubikfuß Wasser pro Sekunde (rund 200 Sekundenliter) von Oberhaching zu fangen und in einem geschlossenen Gerinne in gerader Richtung nach München zu führen, wodurch die Hauptstadt endlich einmal mit gesundem, reinem, immer frischem Röhrenwasser in mehr als hinreichender Quantität und zu allen Zeiten ununterbrochen versehen werden könnte, daß das Röhrenwasser in allen Häusern im zweyten, ja sogar im dritten Stockwerk ohne alle Maschine fließt.“

Erst Jahrzehnte später trat zu den damals bestehenden Brunnenhäusern, deren wichtigste ihr Wasser von Quellen des rechten Isarufers bezogen, noch das PETTENKOFER-Brunnhaus, welches Quell- und Grundwasser vom linken Ufer oberhalb Münchens schöpft, während bei der Mitte der siebziger Jahre einsetzenden, durchgreifenden Neuregelung der Wasserversorgung Münchens die schon von Reichenbach geplante Leitung aus der rechts der Isar gelegenen Hochebene zwar mit anderen Möglichkeiten eingehend geprüft, aber gegen die umfassende Hochquellenleitung aus dem Mangfalltale fallen gelassen wurde, die zurzeit eine Wassermenge von 1000 Sekundenlitern liefert***).

Gleichzeitig mit dem Bau der Solenleitung von Reichenhall nach Traunstein leitete Reichenbach nach eigenem Plane auch die Arbeiten zur Austrocknung der Versumpfungen des damals zu Bayern gehörigen unteren Pinzgaues, an der Salzach und an der Saalach, deren guter Fortgang freilich im Jahre 1816 durch die Änderung der Besitzverhältnisse (siehe S. 71) unterbrochen wurde.

*) Für die Beurteilung der Leistung der Maschinen dienen die folgenden Angaben, die ich der Güte des Herrn Direktor L. FESSMANN in Augsburg verdanke:

Zum Betrieb von zwei oberflächigen Wasserrädern der obenbeschriebenen Art wurden rund 1140 Kubikfuß Wasser mit 12' wirksamem Getäl verwendet. Bei 8 Umläufen der Räder pro Minute ergab sich (gegenüber der theoretisch errechneten von 2400 Maß) eine Förderung von 2240 Maß oder 95,64 Kubikfuß in der Minute auf 100' Druckhöhe. Der Wirkungsgrad berechnet sich sonach zu

$$\frac{95,64 \cdot 100}{1140 \cdot 12} = 0,70,$$

eine Zahl, die Reichenbach's Pumpwerke mit den besten modernen Maschinen vergleichen läßt.

***) Man vergleiche die zum Teil von J. v. BAADER herrührenden Berichte über jene Katastrophe in der Zeitschrift „FLORA“ vom Jahre 1823.

****) Man vergleiche hierüber den Aufsatz von M. HAHN „Über die sanitären Zustände und Einrichtungen in München am Anfang des 19. Jahrhunderts“ in der Festschrift der Münchener Technischen Hochschule vom Jahre 1906, sowie die Darstellung von Oberingenieur M. DIETRICH „Über die Quellwasserversorgung Münchens“ in der Festschrift zur 70. Naturforscherversammlung in München 1899.

EIN MARMOR-SÄGE-, SCHLEIF- UND POLIER-WERK bei den Marmorbrüchen im Kreuther Tal bei Tegernsee, das Reichenbach 1818 im Auftrage des Königs mit einem Kostenaufwand von 12000 Gulden errichtet hat, gibt nebenstehende Figur 68.

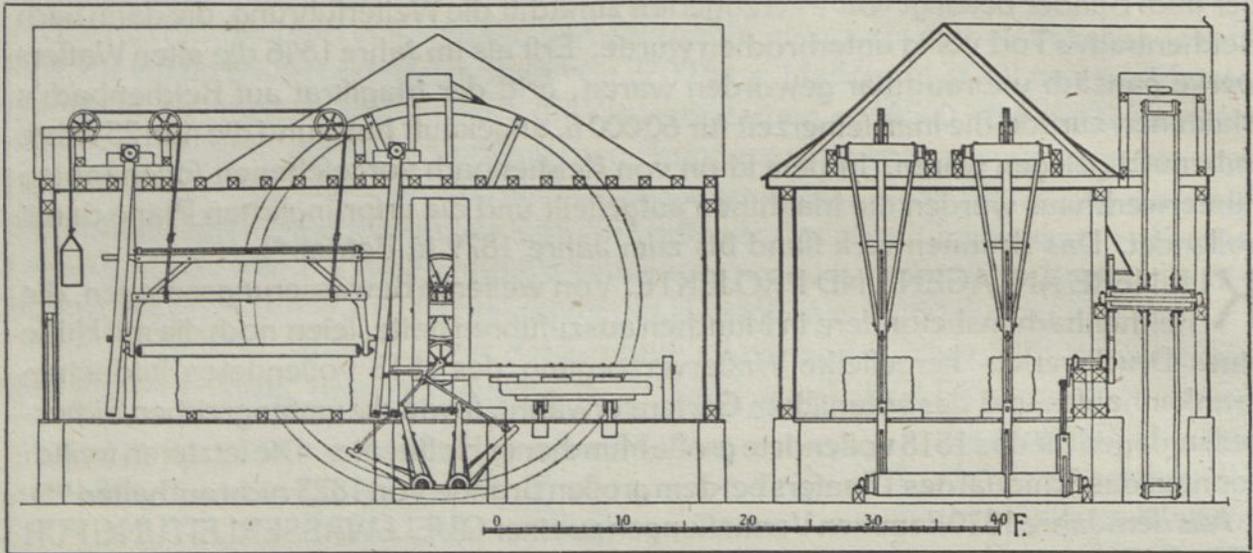


Fig. 68: Skizze zu einem Marmor-Säge- Schleif- und Polier-Werk im Kreuther Tal bei Tegernsee.

DER OBELISK AUF DEM KAROLINENPLATZ. Noch sei eine Skizze (Fig. 69) aus Reichenbach's Nachlaß eingefügt, zur Aufstellung des von KLENZE entworfenen Obeliskens auf dem Karolinenplatz in München, den KONIG LUDWIG I. dem Andenken der 1812 in Rußland gefallenen Bayern gewidmet hat. Die Hebevorrichtung bezweckt eine möglichst gleichmäßige Überwindung des Drehmomentes beim Aufrichten. Ihre Anordnung ist im wesentlichen dieselbe, welche ein Jahrzehnt später bei der Niederlegung und Wiederaufrichtung des nach Paris transportierten Obeliskens von Luxor durch den Marineingenieur MIMEREL getroffen wurde, die damals großes Aufsehen erregte und eingehend dargestellt wurde. Auch Rühlmann beschreibt in seiner „Allgemeinen Maschinenlehre“ (Band 4, S. 346 u. 339) die Hebevorrichtung für den Obeliskens von Luxor und in interessantem Vergleich dazu die umfangreichen Vorkehrungen, welche bei der Auf-

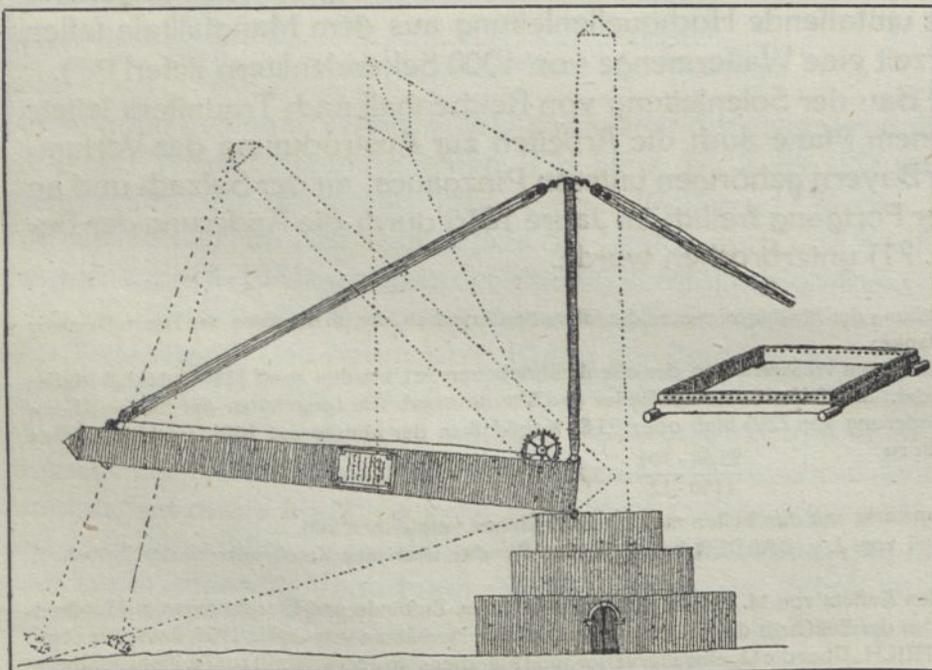


Fig. 69: Aufstellung des Obeliskens auf dem Karolinenplatz in München.

stellung des ägyptischen Obeliskens vor der Peterskirche in Rom im Jahre 1586 durch den Baumeister FONTANA zur Anwendung kamen. Jener Obelisk wog bei 25 m Höhe etwa 500000 kg, der Obelisk von Luxor mit 23 m H. 231 000 kg; beim Münchener Obeliskens mit 26 m Höhe handelte es sich freilich nur um die Hebung einer Last von rund 50 000 kg.

ENTWURF ZUR EINFÜHRUNG DER GASBELEUCHTUNG IN DER K. RESIDENZ.
 Die ersten größeren Versuche zur Einführung der Gasbeleuchtung gehen auf MURDOCK's Anlagen in Soho bei Boulton und Watt, 1798, zurück, denen kurz darauf die des Ingenieurs LEBON in Paris folgten. Für die Verbreitung der Versuche in Deutschland wirkte ganz besonders ACCUM's „Practical treatise on gaslight“, London 1815, in deutscher Übersetzung von Lampadius, und PRECHTL's, auf die am Wiener polytechnischen Institut gemachten Erfahrungen gegründete „Anleitung zur zweckmäßigsten Einrichtung der Apparate zur Beleuchtung mit Steinkohlen-Gas“, in Wien 1817 erschienen. In München hatte J. v. BAADER, gestützt auf seine Beobachtungen während eines Aufenthaltes in England (1815) eine erste kleine Beleuchtungsanlage in einigen Häusern von Nymphenburg ausführen lassen, eine größere für die Residenz entworfen. Auch Reichenbach's früherer Mitarbeiter LIEBHERR (S. 18) und der damals am optischen Institut in Benediktbeuern tätige R. S. BLOCHMANN (S. 21) beschäftigten sich um eben diese Zeit mit Gasbeleuchtungsanlagen für den Fabrikbetrieb und für das neue Münchener Theater*).

Reichenbach selbst hatte 1818 im Auftrage des Königs ein vollständiges Projekt für die Beleuchtung der Residenz mit allen Details der Anlagen ausgearbeitet. Dasselbe liegt uns vollständig vor in den im Deutschen Museum aufbewahrten Originalplänen, sowie in einer genauen, in den Akten des K. Hofbauamtes hinterlegten Beschreibung Reichenbachs, deren Einsichtnahme mir in dankenswertester Weise durch Herrn Oberbaurat H. HANDL und Herrn Assessor H. NEU ermöglicht wurde.

Das Reichenbach'sche Projekt schließt sich den im Accum'schen Werk dargestellten Anlagen an, unter Berücksichtigung einiger am Wiener polytechnischen Institut erprobten Verbesserungen. Es mag deshalb als ein Typus jener ersten Apparate zur Gasbereitung der Aufriß des Reichenbach'schen Planes in Fig. 70 hier eingeschaltet sein.

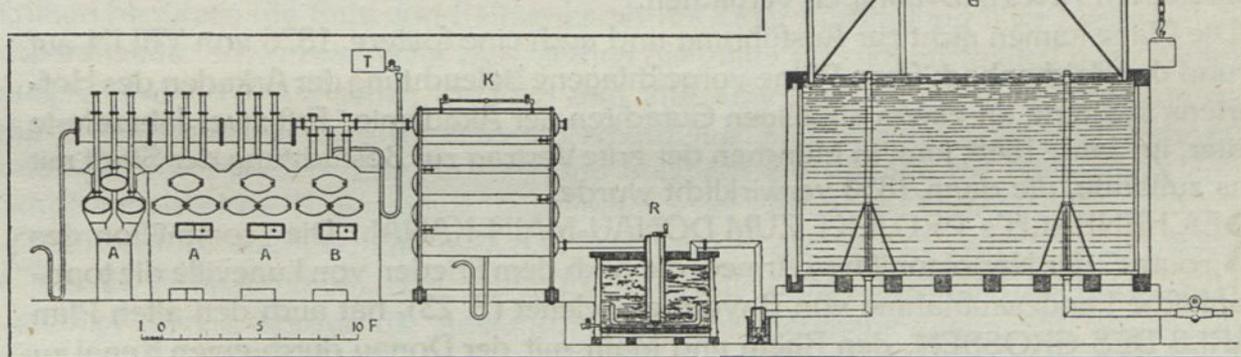


Fig. 70: Entwurf der Gasbereitungsanstalt für die K. Residenz in München.

Neben den neun Retorten A zur Verkokung der Steinkohle waren weitere drei, B, zu der damals neuen Vergasung des Teers bestimmt. Der Kühlapparat K bestand gegenüber den bis dahin angewandten, durch den Wasserbehälter des Gasometers G geführten Schlangenrohren aus fünf, untereinander aufgestellten, vor dem Reinigungsapparat R eingeschalteten Rohren, „deren Oberflächen, beständig benetzt, wegen der Abdüftung mehr Abkühlung erfahren, als wenn sie ganz unter Wasser stünden“. Für die Leitung hatte Reichenbach durchweg kupferne Röhren vorgesehen.

*) R. S. BLOCHMANN, der kurz darauf, 1817 nach Dresden überfiedelte, hat dann später in Dresden und weiterhin in einer ganzen Reihe größerer Städte Deutschlands die Gasbeleuchtung eingeführt. Man sehe hiezu den Aufsatz von E. VOIT: „Entwicklung der Beleuchtung und der Beleuchtungstechnik“ in der schon genannten Festschrift der Münchener Technischen Hochschule vom Jahre 1906.

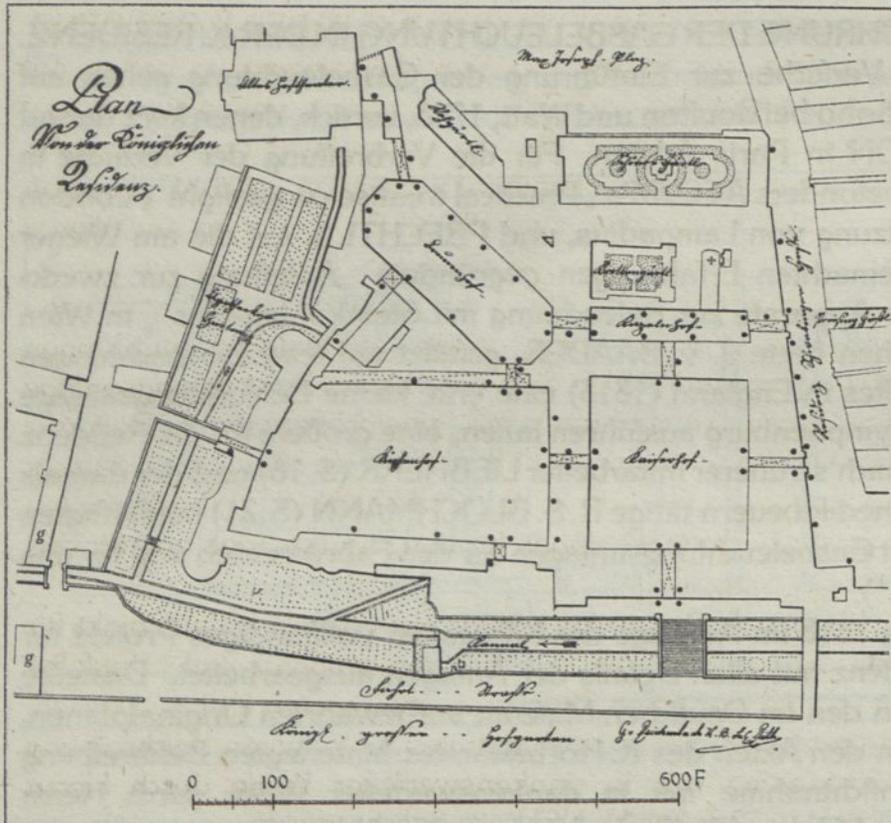


Fig. 71: Entwurf der Gasbeleuchtung für die K. Residenz in München.

0,129 Kreuzer (1 cbm etwa 15 Pf.) berechnet, der Gaskonsum zu 5000 Kubikfuß (125 cbm) täglich veranschlagt. YELIN und Reichenbach hatten außerdem photometrische und ökonomische Versuche über die Lichtstärke des Gaslichtes und über die Kosten bei Verwendung von Peissenberger und Miesbacher Kohle und von Birkenholz angestellt und mit der damals gebräuchlichen Talg- und Wallratlicht-Beleuchtung und den von RUMFORD verbesserten ARGAND-Lampen verglichen.

Die Pläne kamen nicht zur Ausführung und auch eine spätere, 1826 von YELIN auf Grund der Reichenbach'schen Pläne vorgeschlagene Beleuchtung der Arkaden des Hofgartens scheiterte an einem abfälligen Gutachten der Akademie. Erst zwei Jahrzehnte später, im Jahre 1848, kam in München der erste Vertrag zur Beleuchtung der Stadt mit Gas zustande, die dann 1850 verwirklicht wurde.

REICHENBACH'S PROJEKT ZUM DONAU=MAIN=KANAL. Die „commission des routes“ der Napoleonischen Armee, die nach dem Frieden von Luneville die topographische Landesaufnahme von Bayern eingeleitet (S. 23), hat auch den alten Plan KARLS DES GROSSEN, den Rhein und Main mit der Donau durch einen Kanal zu verbinden, wieder aufgegriffen.

Im Auftrag des Generalstabschefs Moreau's, des Marquis Desselles bereiften der französische Ingenieur FALLIER und der bayerische „commissaire des routes“ HAZZI die Gegend von Kelheim die Altmühl aufwärts bis zur Fossa Carolina, dem alten, von Karl dem Großen begonnenen Durchstich und dann von der schwäbischen Rezat abwärts zur Rednitz und Regnitz bis Bamberg (vgl. das nebenstehende Kärtchen, Fig. 72). Ein Aufsatz des Marquis Desselles im „Moniteur universel“ vom 30. pluviöse, an IX (1800/01) „Sur un canal qui joindrait le Rhin au Danube“ erörtert die technische Durchführbarkeit wie die politische Tragweite des Projektes: Unabhängigkeit der neuen Handelsstraße in den Orient von dem durch die englische Flotte mit den Stützpunkten Malta und Minorka beherrschten Mittelmeerweg. Das Projekt selbst erscheint den genannten Ingenieuren leicht durchführbar, es handle sich nur um die Anlage eines großen Teiches am Scheitel-

Fig. 71 gibt den Grundriß der alten Residenz, mit den für die Beleuchtung der Höfe und Durchfahrten vorgesehenen Flammen. Es sollten außerdem noch die Gänge in allen Stockwerken beleuchtet werden. Im ganzen konnten 270 Flammen von der Lichtstärke „von 500 wohl geputzten Münchener Talgkerzen, sechs pro Pfund“ gespeist werden.

Die Gesamtkosten der Anlage waren zu 24 156 Gulden (41 400 M.), die Kosten eines Kubikfußes gereinigten Gases zu

punkt des Weges, an der Fossa Carolina, zur Speifung der dort anzulegenden Kanäle und um „eine ordentliche Direction der Flüsse“, was alles mit unbedeutenden Kosten in etwa 3 bis 6 Monaten auszuführen sei.

Trotz der Flüchtigkeit dieses „auf einer schnellen Reise gewonnenen Resultats“ war doch durch die hier gegebene Initiative das Interesse weiter Kreise für das Unternehmen wachgerufen. Eine Reihe von Projekten, von Fachleuten wie von Laien angeregt, entstanden in den nächsten zwanzig Jahren*). Die preußische Kriegs- und Domänen-Verwaltung in Ansbach ließ, in der Absicht einer weitgreifenden Ausdehnung des fränkischen Handels in den Jahren 1803-1805 durch den Domänenrat BISCHOFF Pläne ausarbeiten, die gleichfalls den Weg über die Fossa Carolina ins Auge faßen. Von württembergischer Seite dachte man an eine Verbindung über die Brenz und Kocher zum Neckar. Der Vorschlag eines Laien, den Weg von der Altmühl aus bei Kinding in die hintere Schwarzach und von da nach der Roth und Rednitz zu nehmen, wird im

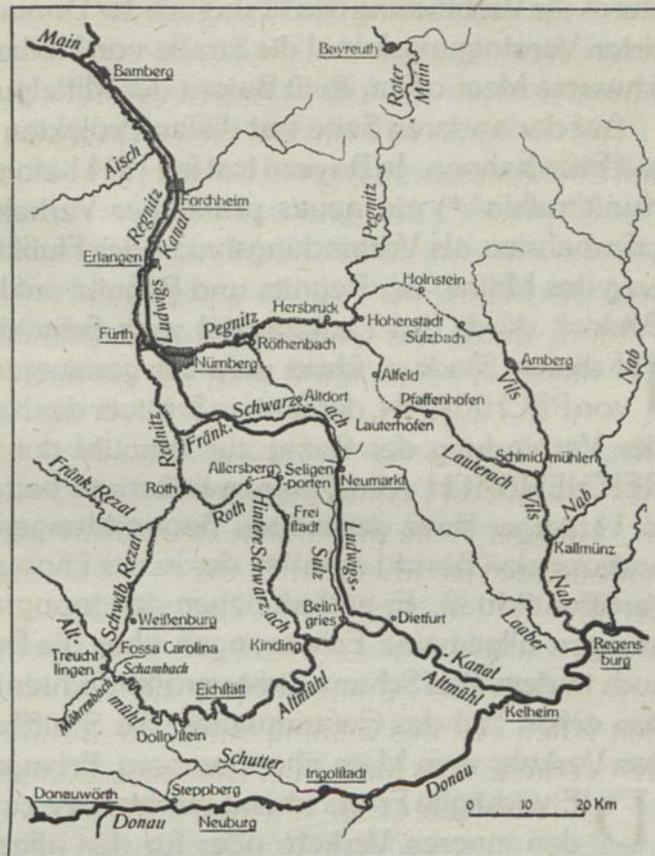


Fig. 72: Projekte zum Donau=Main-Kanal aus den Jahren 1802 bis 1839.

besondern von dem schon genannten WIEBEKING aufgegriffen und auf Grund vorläufiger Planaufnahmen gewürdigt. Andere, in den Jahren bis 1818 auftretende Vorschläge benützen die Sulz von Beilngries ab mit einer Verbindung über Neumarkt in die fränkische Schwarzach - im wesentlichen die später wirklich verfolgte Linie. Weiter ausgreifende Projekte gehen die Nab und Vils aufwärts bis Schmidmühlen, von da durch das Tal der Lauterach zu einem Verbindungskanal in die Pegnitz bei Hersbruck oder die Vils aufwärts über Amberg und Sulzbach zur Pegnitz bei Hohenstadt, mit Schiffshebwerken (Kranen) zur Überwindung der Höhen bei Holnstein.

ABER erst als während und nach den Kriegsjahren die Gebiete von Nürnberg, Ansbach, Eichstätt (1806), Bayreuth (1810) und Würzburg (1814) mit Bayern dauernd vereinigt waren, konnte die Ausführung des Unternehmens systematisch eingeleitet werden. Sanguinische Hoffnungen knüpften sich an die Ausführung, die eine erste Großtat der 1819 zum ersten Male in Bayern verammelten Stände werden sollte:

„Freier Handel“, so heißt es in einer Eingabe des Hofrates von NAU aus Mainz an den König und die Kammer vom Jahre 1819, „freier Handel und leichter Verkehr durch Schifffahrt auf Flüssen oder Kanälen sind die Grundpfeiler einer großen Gewerbethätigkeit für die Nationen. Sie verschaffen jedem Zweige der Industrie leichten Absatz.“

„Ein großer Handels-Verkehr für Baiern, der den Wohlstand der Nation begründen und dauernd zu sichern vermag, ist auf keinem andern Wege gewißer zu erzielen, als

*) Die sehr interessanten Einzelheiten dieser Projekte enthalten die Akten über den „Kanal von Franken“, deren Einsichtnahme mir in dankenswerter Weise durch das K. KREISARCHIV MÜNCHEN gewährt wurde. Den obenerwähnten Bericht von Hazzi, wie das sogleich zu besprechende Gutachten von Reichenbach hat G. SCHANZ in seiner Denkschrift „Der Donau=Main=Kanal und seine Schicksale“ (Bamberg 1894) veröffentlicht. Ebendort, wie in G. ZOPFL's populärer Abhandlung „Die Idee eines Main=Donau=Kanals“ (In der Wochenschrift „Das Bayerland“, München 1894) findet sich auch die umfangreiche Literatur dieser Frage, auf die wir hier nicht eingehen können.

durch die Verbindung des Mains mit der Donau. Wird durch einen solchen, längst projectirten Vereinigungskanal die Straße von Holland durch Rhein, Main und Donau bis ins schwarze Meer offen, so ist Baiern der Mittelpunkt des Verkehrs für ganz Europa"

Auf der anderen Seite trat diesen Projekten ein neues entgegen: Der Landtransport auf Eisenbahnen. In Bayern trat seit 1814 besonders J. v. Baader, der in seinen „eisernen Kunststraßen“ *) ein neues praktisches Verkehrsmittel geschaffen glaubte, für Pferde-eisenbahnen als Verbindungslinien der Flußschiffahrt ein - so für eine an den Wasserweg des Mains, der Regnitz und Pegnitz anschließende Eisenbahn von Nürnberg über Altdorf, durch das Lauterachtal nach Schmidmühlen und von da nach Regensburg.

IN diesem Stadium schritt man zur genaueren Aufnahme der Kanalprojekte. Baurat von PECHMANN, der spätere Erbauer des Kanals schlägt Detailaufnahmen, besonders der Verbindung der Rezat zur Altmühl durch die Fossa Carolina vor, mit welchen REICHENBACH vom Finanzministerium betraut wird. Über die im September 1819 in 14-tägiger Reise gemachten Beobachtungen und Messungen hat Reichenbach einen umfassenden Bericht erstattet, der in der schon genannten Abhandlung von G. SCHANZ veröffentlicht ist. Er enthält neben den topographischen und hydrographischen Bestimmungen allgemeine Erörterungen über die Durchführbarkeit des Unternehmens, die auch in dem (bei Schanz nicht veröffentlichten) Tagebuch der Reise hervortreten. Über den ersten Teil des Gesamtplanes, die Schiffbarmachung der Regnitz und Pegnitz für den Verkehr vom Main über Bamberg, Erlangen, Fürth, nach Nürnberg schreibt er hier:

„DIE wichtigste Frage scheint mir hierbey zu seyn: Soll eine solche Schiffahrt bloß für den inneren Verkehr oder für den allgemeinen Handel hergestellt werden?“

„Für den inneren Verkehr rechne ich jede Schiffahrt, welche sich, wenn auch mit Schwierigkeiten und Umwegen kämpfend, gegen den Landtransport hinreichend rentirt. Für den allgemeinen Handel aber müßten alle Hindernisse und Umwege möglichst abgeschnitten und dadurch der Unterschied des Wasser- gegen den Land-Transport im höchsten Grade auffallend gemacht werden, wenn der Erfolg den Erwartungen entsprechen soll. Aber eben eine solche Schiffahrt würde auch den inneren Verkehr im höchsten Grade befördern, und den Austausch von Producten bewirken, welche bey einer schlechten Schiffahrt kaum und bey dem Landtransporte ganz und gar nicht denkbar sind; denn die Entfernung, auf welche irgend ein Product mit Vortheil gebracht werden kann, und also auch wird, steht immer in einem zusammengesetzten Verhältniß des eigenthümlichen Werthes vom Producte und der Leichtigkeit seines Transportes; daher breitet sich der innere Verkehr um so weiter aus, je leichter die Transportmittel gemacht, d. i. je besser, bequemer und geschwinder eine Schiffahrt hergestellt wird, wo hingegen eine beschwerliche und langweilige Schiffahrt den eigentlichen Handel gar nicht und den inneren Verkehr nur auf sehr mäßigen Strecken befördert.“

„Wenn mich schon solche Ansichten auffordern, zur HERSTELLUNG EINER IN JEDER BEZIEHUNGVOLLSTÄNDIGEN SCHIFFAHRT von Nürnberg in den Main anzurathen, so müßte auch noch vollends der Umstand gänzlich dafür bestimmen, daß vielleicht eine solche Schiffahrt bis in die Donau fortgesetzt, und dadurch das große Project der Verbindung des Rheins mit der Donau zu Stande gebracht werden könnte, wo alsdann die ordentlich hergestellte Schiffahrt von Nürnberg durch den Main mit dem Rheine schon als eine bedeutende und für die Fortsetzung zur Erreichung des großen Zweckes äußerst einladende Vorarbeit zu betrachten wäre. Eine genöthete und schleppende Schiffahrt hingegen müßte nothwendig jede fernere große Idee zurückschrecken. Mein Wahlpruch bey der Herstellung dieser Schiffahrt ist also:“

„Entweder recht oder gar nicht!“

*) Zusammenfassend dargestellt im „System der fortschaffenden Mechanik“, das 1822 in München erschien. Vgl. W. LYNEN „Die Eisenbahnen und ihre Einrichtungen nach J. v. Baader.“ Jubiläumsschrift der Techn. Hochschule München, 1906.

ALS Weg zur Donau bevorzugt Reichenbach das alte Projekt über die Fossa Carolina in die Altmühl, dessen Schwierigkeit er freilich auch wie alle Vorgänger unterschätzt und dessen Ausführungskosten er auf 5.772.750 Gulden veranschlagt. Bemerkenswert ist, daß Reichenbach auch die - erst in allerjüngster Zeit wieder hervorgehobene*) - Möglichkeit einer Verbindung von der Altmühl zur Donau in der Gegend zwischen Eichstätt und Neuburg a. D. bespricht, als der kürzesten Entfernung, „bey welcher insbesondere auch Augsburg in nähere Berührung mit der Wasserstraße gebracht würde“. Allein der Durchführbarkeit erscheint ihm an dieser Stelle „wegen gänzlich fehlender Niederungen kaum denkbar, ohne hierdurch in Abrede stellen zu wollen, daß es nicht der Mühe werth sey auch jene Gegend in dieser Beziehung etwas näher zu untersuchen, indem der dadurch zu erreichende Gewinn allerdings sehr bedeutend wäre“.

REICHENBACH hat weiterhin in die Frage des Donau=Mainkanals nicht mehr tätig eingegriffen. Die Grundlagen für die spätere Ausführung gab Baurat SCHLICHTEGROLL in einer Linie, die von Beilngries die Sulz aufwärts bis Neumarkt, dann in die fränkische Schwarzach und über Altdorf den Röthelbach abwärts in die Pegnitz führt. Damit trat Nürnberg unmittelbar in Verbindung mit dem Kanal. Die wirkliche, von Pechmann ausgeführte Linie kürzt diese Strecke von der Schwarzach gegen Nürnberg zu ab. Die Dimensionierungen sind wesentlich die von Reichenbach vorgeschlagenen.

Der Ausführung ging noch durch fünf Jahre der Wettstreit zwischen den „Kanalomanen“, wie sie Baader nannte, und den Vertretern der Eisenbahnprojekte voraus. Zu den letzteren trat mit bedeutenden, weitsehenden Gedanken FRANZ LIST mit seinen als „Mittheilungen aus Nordamerika“ (Hamburg 1829) erschienenen Briefen an J. v. Baader „Über Kanäle und Eisenbahnen“. Freilich mußte zur Verwirklichung dieser Ideen erst die Technik den Forderungen des Verkehrs nachkommen, vor allem durch den Bau der Lokomotiven; jene ersten, naiven Entwürfe von Schienenbahnen mit Pferdebetrieb oder mit Druckluftmaschinen, wie sie Baader vorschlug, hätten diesen Forderungen ebensowenig gerecht werden können, wie die Reichenbach'schen Dampfswagen.

Damals aber entschied König LUDWIG I. für das Kanalprojekt. Der Bau begann 1839 und wurde 1846 beendet. Den von Reichenbach berechneten Baukosten von 6 Millionen Gulden und dem Pechmann'schen Voranschlag mit 8 1/2 Millionen gegenüber erforderte er einen Gesamtaufwand von schließlich 17 1/2 Millionen. Nach einem ersten, verheißungsvollen Aufschwung war die Bedeutung des Kanals nach einem Jahrzehnt schon durch die Entwicklung der Bahnen gelähmt. Heute, wo unter neuen Bedürfnissen des ungeahnt gesteigerten Verkehrs und mit den modernen Mitteln der Technik jene alten Projekte wieder aufgegriffen werden, müssen wir den Mut und die Unternehmungslust bewundern, mit welcher sie damals entworfen und ausgeführt wurden.

BEMERKUNGEN UND GEDANKEN ZUR SCHIFFFAHRT. Es kann nicht Wunder nehmen, daß sich Reichenbach auch mit der Frage der Fortbewegung der Schiffe beschäftigt hat, zu einer Zeit, wo nach den ersten erfolgreichen Versuchen auf dem Kontinent und in England eben die ersten Nachrichten von den Erfolgen der durch FULTON (1807) eingeleiteten, rasch sich entwickelnden Dampfschiffahrt auf den Strömen Amerika's zu uns gelangten. Zudem mag jene Segelfahrt vom Jahre 1814 auf stürmischem Meere zwischen Genua und Neapel, von der wir oben (Seite 39) berichtet, Reichenbachs Interesse mächtig angeregt haben. Endlich war es die Binnenschiffahrt, die gerade in Bayern lebhafteste Diskussion veranlaßte. Aus diesem Ideenkreis heraus entstand ein Aufsatz Reichenbach's, veröffentlicht im Januar 1816 im „Wöchentlichen Anzeiger für Kunst- und Gewerbefleiß“ mit dem nur geringe Zuversicht verratenden Titel: „In wie weit könnte wohl die Erfindung der Dampfboote anwendbar und nützlich werden“.

*) Man vgl. hierzu die „Denkschrift über die Donau=Main=Wasserstraße von Kelheim bis Aschaffenburg“ von E. FABER, herausgegeben vom Verein zur Hebung der Fluß- und Kanal-Schiffahrt in Bayern, Bamberg 1903.

Reichenbach berechnet darin den für verschiedene Fortbewegungsmittel eines Schiffes nötigen Kraftaufwand. Er vergleicht die Fortbewegung durch Ruder und durch Schiffszug. Auch erwähnt er die Möglichkeit, in leichten Gewässern ein Schiff „durch Stelzen, welche sich auf Felte, am Grunde des Wassers angebrachte Stützen anstemmen“, fortzubewegen, oder stromaufwärts zu ziehen „an Seilen, welche jeweils an festen Pfählen verankert durch die Kraft einer Dampfmaschine oder durch andere Kräfte auf Walzen aufgewickelt werden“ (ähnlich wie bei Kettschiffen), endlich die schon in Daniel BERNOULLI's „Hydrodynamica“ (1738) vorgeschlagene Methode, das Schiff vorwärts zu treiben „durch ein auf dem Schiff angebrachtes, mit was immer für einer Kraft bewegtes Pumpwerk, welches am Vordertheil des Schiffes Wasser mit Gewalt einzieht, und in entgegengesetzter Richtung, nämlich hinten, daselbe eingefogene Wasser mit eben solcher oder noch größerer Gewalt ausstößt“ - das Prinzip unserer jetzigen „Reaktionspropeller“.

Naturgemäß ergibt sich für den Schiffszug die beste Kraftausnutzung, die doppelte etwa derjenigen beim Rudern. Bemerkenswert sind dabei die Schlüsse, die Reichenbach seinen Rechnungen bezüglich der Verwendung der Dampfkraft für das Ruderboot entnimmt. Die Zughaftigkeit dieser Schlüsse wird nur verständlich, wenn wir bedenken, daß gerade damals die erste Fahrt eines Dampfschiffes über Meer, entlang der englischen Küste von Dublin nach London stattgefunden hatte, dagegen erst im Frühjahr 1818 der erste Dampfer (Savannah) den atlantischen Ozean kreuzte:

„Dampfböte“, schreibt Reichenbach, „sind anwendbar und versprechen Nutzen 1) auf alle Fälle nur in Ländern und Gegenden, wo das Brennmaterial relativ gegen andere Bedürfnisse in keinem hohen Preise steht. 2) Bey sanften, wenigstens nicht zu schnellen Flüssen stromaufwärts, zumal wenn solche, wie es oft der Fall ist, nur schlechte oder wegen zu hohen Ufern, stellenweise gar keine Treppelwege haben. 3) Für schnelle, und ohne zu landen und frisches Brennmaterial faßen zu müssen, nicht zu entfernte Expeditionen am Meere. 4) Auf allen stillen Wassern unter obigen Bedingungen. 5) Zum Vergnügen, weil man dadurch auf stillen Wassern schnelle Wasserreisen machen kann. 6) Wenn es darauf ankommt, sehr schnell mit irgend einer Ladung stromabwärts zu fahren und 7) Für alle Böte und Schiffe, die wir jetzo auch durch Menschenhände zu rudern gezwungen sind, weil die menschlichen Kräfte immer und selbst bei hohem Preise der Brennmaterialien mit großem Vortheil durch Dampfmaschinen ersetzt werden“.

„Der große Vortheil der Dampfböte in allen Fällen aber ist die überwiegende Geschwindigkeit gegen den Schiffszug und dieser Zeitgewinn ist es auch, warum man sich gerne einigen Kraftverlust gefallen lassen kann“.

ANSCHLIESSEND erwähnen wir, um seiner Originalität willen, noch ein Bruchstück eines Manuskriptes „GEDANKEN ÜBER DIE SCHIFFFAHRT AUF DEM MEERE“, welches Reichenbach zu eben dieser Zeit, wie es nach der Anordnung scheint für einen Vortrag, verfaßt hat. Er geht darin aus von dem „jetzigen Bau der Schiffe in seiner bereits erreichten unübertrefflichen Vollkommenheit“, von den „Mitteln zur Bewegung der Schiffe auf dem Meere in Stürmen und der jetzigen Unmöglichkeit, dem Sturme entgegenzufahren“. Die Dampfmaschine hält Reichenbach als „unzulänglich für solchen Zweck; und wenn sie auch zulänglich wäre, so könnte sie nicht an alle jetzt bestehende Schiffe angebracht werden, und wo die enorme Kohlenconsumption hernehmen“?

„Wo die Kraft zur Bewegung der Schiffe hernehmen, wenn man weder Feuer noch thierische Kräfte benutzen will und wenn der Wind auch zuwider ist?“

„Es ist die Rede von Stürme und dabey ist das Meer immer mehr oder weniger hoch. So ungeheuer auch die Last der Schiffe ist, so werden sie doch von dem bewegten Meere nach allen Richtungen herumgeworfen, die Wellen spielen gleichsam damit. Welch ungeheure Kraft umgibt also bey bewegtem Meere das Schiff! und mitten in der Fülle dieser ungeheuren Naturkräften seufzt man um was?, man sollte es kaum glauben, um

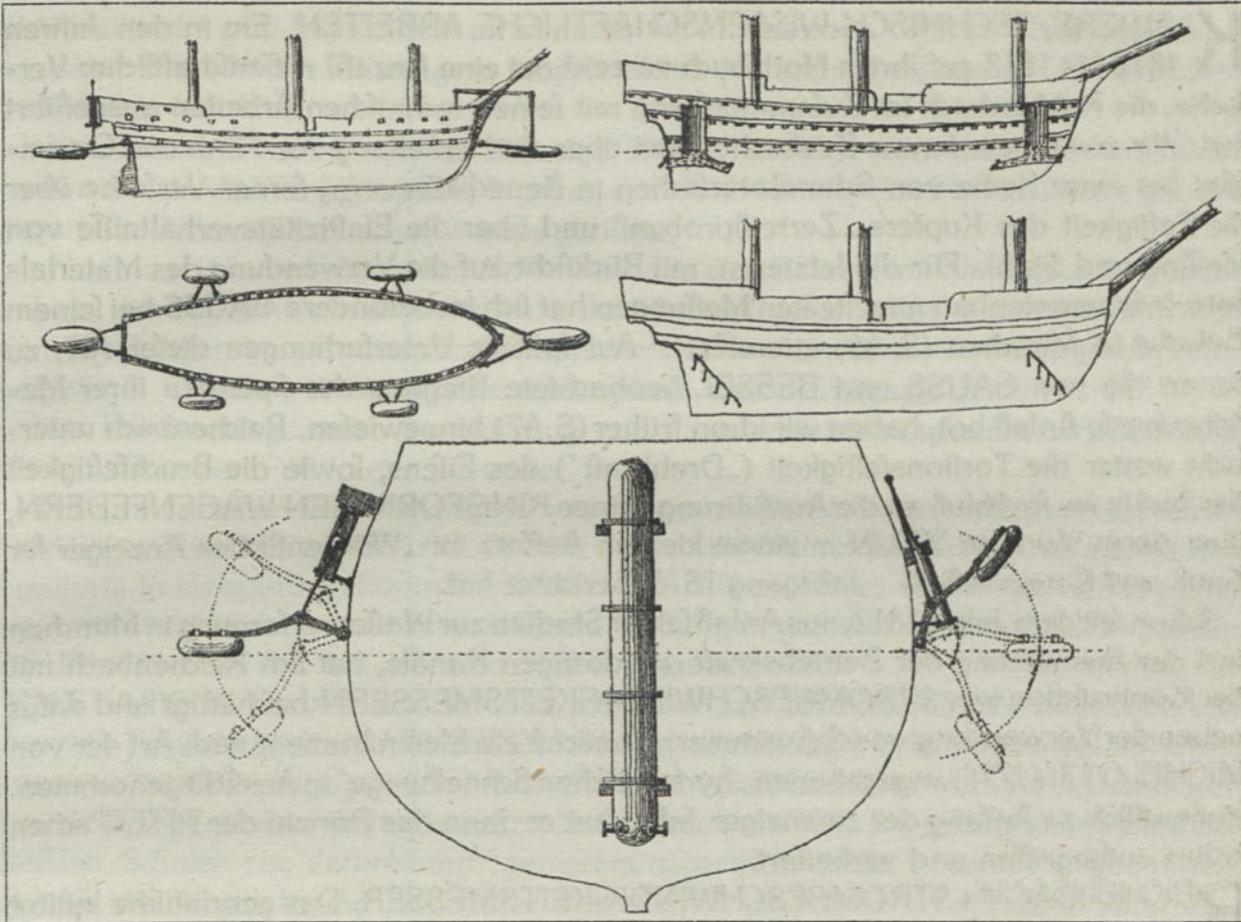


Fig. 73: Skizzen zu den Gedanken über die Schifffahrt auf dem Meere.

Kraft, anderen Naturkräften, dem Winde und Strömungen, zu widerstehn. Sollte denn noch kein Mensch auf den Gedanken gekommen seyn, die Kräften des durch den Wind bewegten Meeres zu benützen, wenn der Wind selbst zuwider ist? Da doch von der unmittelbaren Benutzung der Kraft des Windes beim Segeln zur mittelbaren Benutzung deselben durch das bewegte Meer nur ein kleiner Schritt ist!" ...

„In der That ist hier die Auflösung dieser Frage schwüriger als selbst die Erfindung. Wir sind zwar auf dem Schiffe bey bewegtem Meere mit ungeheurer Kraft umgeben, aber wie ist eben diese fürchterliche Kraft, die uns in der Nachbarschaft von Küsten den Untergang droht, aufzufangen und zu unserem Vortheil oder unserer Rettung zu benutzen? Vielleicht eben, weil diese Kraft so fürchterlich ist, hat noch kein Mensch gewagt, sie anzugreifen und anstatt sie uns verdirbt, zu unserm Vortheil zu lenken“.

Das Manuskript bricht hier ab. Die, ohne weitere Erläuterungen beigezeichneten Skizzen, die wir in Fig. 73 wiedergeben, lassen aber erkennen, wie Reichenbach sich die Ausnützung des Arbeitsvermögens des wogenden Meeres gedacht hat:

Die an Hebelarmen rings um das Schiff angebrachten Schwimmer setzen bei den Schwankungen des Schiffes Pumpwerke in Bewegung, durch welche, nach Art der Reaktionspropeller Wasser von vorne angefaugt und nach rückwärts ausgestoßen wird.

Zu einer richtigen Beurteilung der durch solche Vorrichtungen aus den Schwankungen des Schiffes zu gewinnenden Arbeit fehlten Reichenbach freilich die Erfahrungen, wie sie heutzutage etwa das Studium der Wirkung des SCHLICK'schen Schiffskreisels und der FRAHM'schen Schlingertanks zur Dämpfung der Schiffsschwankungen darbietet. Aus ihnen läßt sich im umgekehrten Sinne entnehmen, zu welchem geringen Teile das Arbeitsvermögen der Wogen, weil es nur relativ zu den Schwankungen des Schiffes in Betracht kommen kann und zudem erst durch einen besonderen Mechanismus gerichtet werden muß, sich für die Fortbewegung des Schiffes ausnützen läßt.

KLEINERE, TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN. Ein in den Jahren 1812 bis 1818 geführtes Notizbuch verzeichnet eine Anzahl wissenschaftlicher Versuche, die Reichenbach im Zusammenhang mit seinen technischen Arbeiten ausgeführt hat. Wir erwähnen daraus Beobachtungen über die Herstellung von Flint- und Crown-glas bei einer Reihe von Schmelzversuchen in Benediktbeuern; ferner Versuche über die Festigkeit des Kupfers „Zerreißproben“ und über die Elastizitätsverhältnisse von Messing und Stahl. Für die letzteren, mit Rücksicht auf die Verwendung des Materials beim Instrumentenbau angestellten Messungen hat sich insbesondere GAUSS bei seinem Besuche in München (S. 44) interessiert. Auf spätere Untersuchungen dieser Art, zu denen die von GAUSS und BESSEL beobachtete Biegung der Speichen ihrer Meridiankreise Anlaß bot, haben wir schon früher (S. 47) hingewiesen. Reichenbach untersucht weiter die Torsionsfestigkeit („Drehkraft“) des Eisens, sowie die Bruchfestigkeit des Stahls im Anschluß an die Ausführung seiner RINGFÖRMIGEN WAGENFEDERN, über deren Vorzüge YELIN in einem kleinen Aufsatz im „Wöchentlichen Anzeiger für Kunst und Gewerbefleiß“, Jahrgang 1816, berichtet hat.

Schon seit dem Jahre 1812, aus Anlaß seiner Studien zur Wasserversorgung in München und der Ausnützung der Betriebskraft der dortigen Kanäle, hat sich Reichenbach mit der Konstruktion von STROMGESCHWINDIGKEITSMESSERN beschäftigt und dafür neben der Verwendung von Schwimmern zunächst ein Meßinstrument nach Art der von MICHELOTTI (1771) angegebenen „hydraulischen Schnellwage“ in Aussicht genommen. Mutmaßlich zu Anfang der zwanziger Jahre hat er dann das Prinzip der PITOT'schen Röhre aufgegriffen und verbessert.

REICHENBACH'S STROMGESCHWINDIGKEITSMESSER. Das geodätische Institut der Münchner Technischen Hochschule besitzt zwei der ältesten Instrumente Reichenbach's, verfertigt in dem damals schon an ERTEL und Sohn übergegangenen mechanischen Institut, die C.M.v. BAUERNFEIND in seinen „Elementen der Vermessungskunde“ beschreibt. Dazu gehört eine wohl von Reichenbach selbst herrührende „Instruction für den Gebrauch des Reichenbach'schen Stromgeschwindigkeitsmessers“ mit Geschwindigkeitstabellen, aus dem Jahre 1823, deren Mitteilung ich der Güte des Vorstandes des geodätischen Instituts der Münchner Technischen Hochschule, Herrn Dr. M. SCHMIDT verdanke. Wir folgen (mit Unterdrückung aller Einzelheiten) der darin niedergelegten Beschreibung des Instrumentes, welches Fig. 74 (nach Bauernfeind) wiedergibt.

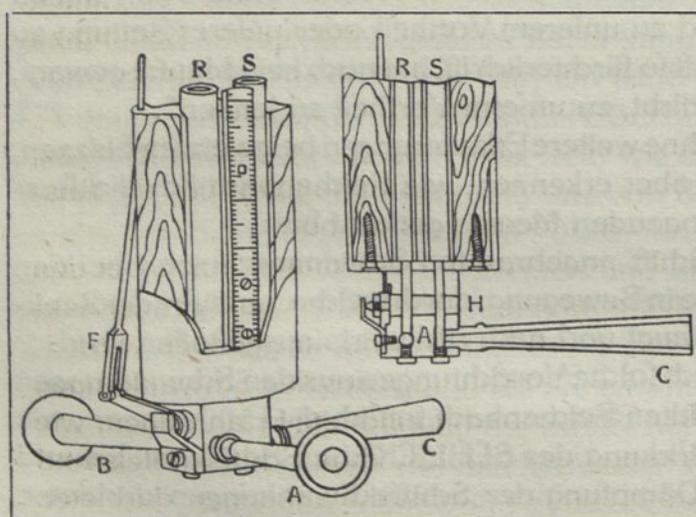


Fig. 74: Reichenbach's Stromgeschwindigkeitsmesser.

auffteigt; die andere Röhre steht mit einem gegen den Strom gekehrten Trichter „Stromtrichter“ [C] in Verbindung, auf welchen die Geschwindigkeit des Wassers, d. h. dessen

„Der Reichenbach'sche Strommesser besteht aus zwey Glasröhren (R, S), deren eine (R) den Stand des ruhigen Wassers auf die Tiefe der Einlenkung des Instrumentes anzeigt, die andere aber den Stoß des fließenden Wassers bezeichnet. Zu diesem Behufe steht die erstere mit zwey seitwärts stehenden, offenen Trichtern, „Seitentrichtern“ [A und B] in Verbindung, durch welche das Wasser, ohne Einwirkung der Geschwindigkeit desselben, nur bis zur Höhe der Einlenkung des Instrumentes in das Wasser, d. h. bis zur Oberfläche des Flusses, im ruhigen Zustand gedacht,

Stoß, einwirkt, und beyde Röhren können, durch einen am unteren Theil derselben, an ihren sehr kleinen Öffnungen, angebrachten Hahn (H) zu gleicher Zeit plötzlich verschlossen werden."

"Das Instrument wird nur auf diejenige Tiefe, in welcher man die Geschwindigkeit messen will, in den Fluß gehalten, so zwar, daß die Oeffnung des Stromtrichters gerade gegen die Richtung des Stromstriches gerichtet ist . . ."

"Nachdem sich die Höhen der Wasserstände in den Röhren ins Gleichgewicht gesetzt haben, werden beyde Röhren mittelst des Hahnes verschlossen, das Instrument aus dem Wasser genommen und der Höhenunterschied in den Glasröhren abgelesen; die beigefügte Tabelle gibt dann die entsprechende Geschwindigkeit des Stromes."

Das Instrument gestattet die Ableseung von Strom-Geschwindigkeiten zwischen 0,58 und 15,33 bayer. Fuß in der Sekunde.

Trotz mehrfacher Verbesserungen, welche der Apparat (später, insbesondere durch DARCY erfahren*), wurde er doch bald durch den schon Ende des achtzehnten Jahrhunderts in Gebrauch gekommenen WOLTMAN'schen Flügel verdrängt, der in seiner neueren Durchbildung weit zuverlässigere Messungen gestattet als die auf dem Prinzip der Pitot'schen Röhre beruhenden Geschwindigkeitsmesser.

ENTWURF ZUR ORGANISATION EINER POLYTECHNISCHEN SCHULE. Mit dem Bestreben, die industrielle Entwicklung unabhängig vom Ausland zu machen, setzten in Deutschland gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts auch die Bemühungen um eine Organisation des technischen Unterrichtes ein. Die Schaffung elementar-realistischer Schulen zur Verbreitung „gemeinnütziger Kenntnisse“ war vorausgegangen, ebenso die Angliederung technischer Vorlesungen an den Universitäten. Aber das konnte weder der praktischen Förderung von Gewerbe und Industrie genügen, welche tüchtige Fachausbildung des Handwerkers verlangte, noch weniger den Anforderungen, welche an das vorbereitende Studium des zu leitender Tätigkeit bestimmten Ingenieurs zu stellen waren. Nach beiden Richtungen gab Frankreich für die hier notwendigen Organisationen das beste Vorbild: Mit dem vom Convent 1795 errichteten „Conservatoire des arts et métiers“ wurde schon 1806 eine mittlere technische Schule verbunden, hauptsächlich für tüchtige junge Handwerker, in welcher neben den Elementen der Mathematik und Physik, besonders technische Mechanik, Maschinenkunde, architektonisches und technisches Zeichnen betrieben wurde. Auf der anderen Seite war ebenfalls durch den Convent die École polytechnique gegründet worden, welche zusammen mit der École des ponts et chaussées und der École des mines die höchste Ausbildung des Ingenieurs vermittelte.

In Deutschland kann man das Entstehen technischer Fachschulen von der Gründung des Collegium Carolinum in Braunschweig (1745) an rechnen und von dem Entstehen der Bergakademien in Schemnitz (1763), Freiberg (1765) und Clausthal (1775). Ihnen folgte 1799 die Bauakademie in Berlin zur „theoretischen und praktischen Ausbildung tüchtiger Feldmesser, Land- und Wasserbaumeister und Bauhandwerker“ und 1806 in Prag das von GERSTNER geschaffene „Ständisch polytechnische Institut“ zur „Emporbringung der vaterländischen Gewerbe durch wissenschaftlichen Unterricht“. Weitere Ziele steckte sich unter PRECHTL's trefflicher Leitung das 1815 in Wien eröffnete „k. k. Polytechnische Institut“ als eine Zentralbildungsanstalt für Handel und Gewerbe, das mit einer höheren technischen Lehranstalt ein „Konservatorium für Künste und Gewerbe“ und einen „Verein zur Beförderung der Nationalindustrie“ verband. An

*) Es sei in Bezug auf eine übersichtliche Zusammenstellung der verschiedenen Strommesser auf den Aufsatz von R. JAS-MUND über „Fließende Gewässer“ im 3. Teil des Handbuches der Ingenieurwissenschaften (Bd. 1, Gewässerkunde, redigiert von G. FRANZIUS, Leipzig 1906) hingewiesen. Nur ist zu bemerken, daß der dort als „Reichenbach'sche Röhre“ abgebildete Apparat DARCY angehört, welcher zuerst die obere Verbindung der beiden Wasserstandsrohren mit Ansaugmundstück eingeführt, die Reichenbach'schen Trichter aber weggelassen hat.

dem Ausbau seiner Attribute hat, wie schon oben (S. 22) erwähnt, Reichenbach durch Errichtung einer mathematischen Werkstätte mitgewirkt, die namentlich im ersten Jahrzehnt sehr Tüchtiges leistete*).

IN Bayern**) waren durch NIETHAMMER im Jahre 1808 neben den Gymnasien Realinstitute oder wie sie auch genannt wurden „Physikotechnische Institute“ geschaffen worden, welche für die Ausbildung der künftigen Industriellen, Kaufleute und Künstler bestimmt waren und ebenso den Kameralisten, Forstleuten, Naturforschern und Offizieren dienen sollten. Nürnberg und Augsburg als Mittelpunkte des industriellen Lebens erhielten solche Schulen. Aber nach kurzer Blüte sank der Besuch, da sie bei den vielerlei Aufgaben, denen sie gerecht werden wollten, keinen festen Boden fassen konnten. Sie wurden 1816 wieder aufgehoben. Indessen das Bedürfnis nach technischer Ausbildung blieb und rief immer neue Versuche zur Lösung der Schulfrage, sei es nach Seiten einer höheren Schule nach dem Vorbild von Paris und Wien, sei es in Richtung einer dem Gewerbestande dienenden Handwerkerschule hervor.

„Polytechnik“, heißt es in einem amtlichen Bericht des Jahres 1826, der eine kurze Uebersicht über die seit 1815 entstandenen Pläne gibt, „Polytechnik wurde der Zielpunkt des öffentlichen Wunsches. Lebhaft und vielseitige Erörterungen hatte derselbe schon bey der ersten bayerischen Ständeversammlung (1819) veranlaßt; man wollte in jeder Kreisstadt eine polytechnische Schule haben; andere Vorschläge gingen dahin, in der Akademie der bildenden Künste ein polytechnisches Institut zu begründen; und selbst der Antrag, daß sich die Akademie der Wissenschaften besonders als polytechnisches Institut darstellen möge, wurde vernommen.“

Die „Nothwendigkeit einer hülfreichen Einschreitung“ hatte man erkannt, aber es fehlte an einer klaren Vorstellung über dieses Hülfsmittel selbst. Nach der einen Ansicht sollte „Polytechnik in jeder Werkstatt Dienerin und Gehülfin“, nach der anderen „nur auf den Höhen der Kunst und Wissenschaft zu finden“ sein.

Zunächst suchte man (1822) durch die Errichtung einer „Allgemeinen polytechnischen Sammlung“ als einer „der vaterländischen Industrie hauptsächlich gewidmeten Anstalt“ der Verbreitung technischer Kenntnisse im Volke Rechnung zu tragen.

DA wurde im Jahre 1824, die Tätigkeit einer akademischen Kommission von Bedeutung durch die dazu berufenen Mitglieder FRAUNHOFER, KLENZE und REICHENBACH. Vorberatungen dieser drei Männer führten zu einem „ENTWURF ZUR ORGANISATION EINER POLYTECHNISCHEN SCHULE IN MÜNCHEN“, den Reichenbach verfaßt hat. Auch hier wurde der Versuch gemacht, der in den damaligen Verhältnissen begründet ist, die beiden Ziele einer technischen Schule zu vereinigen. Der erste Paragraph faßt Zweck und Stellung der Schule so zusammen:

„Die Polytechnische Schule in München soll seyn eine Lehranstalt für alle technischen Wissenschaften und Kenntnisse, vorzüglich für deren Anwendung auf die höhere und niedere Gewerbs-Industrie.“

„In ihr soll daher nicht nur jeder Gewerbsmann dasjenige erlernen können, was ihm dazu dient, sein Gewerbe zu verbessern, und auf einen höheren Grad der Vollkommen-

*) Die ersten Bände der vom polytechnischen Institut herausgegebenen „Jahrbücher“ enthalten eine interessante Geschichte des Instituts, in welcher auch über die Einrichtung und Tätigkeit der Reichenbach'schen mathematischen Werkstätte eingehend berichtet ist.

**) Für eine ausführliche Darstellung der Entwicklung des technischen Unterrichtswesens in Bayern sei verwiesen auf die akademischen Reden von A. KLUCKHOHN „Ueber das technische Unterrichtswesen in Bayern“ und „Ueber die Gründung der technischen Hochschule zu München“, 1877 und 1879, sowie auf C. M. v. BAUERNFEIND's Rede über „Staatswirtschaftliches Bauwesen und Technischer Unterricht in Bayern unter König Ludwig I.“ 1886. Weitere Ausführungen enthält das aus Anlaß der Weltausstellung in St. Louis von W. LEXIS in amtlichem Auftrag herausgegebene Werk über „Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich“, Bd. 4. Das technische Unterrichtswesen. Berlin, 1904.

Die Einsicht in die Ministerialakten über die Errichtung einer polytechnischen Schule in München verdanke ich dem Entgegenkommen des Kultusministeriums und besonders dem persönlichen Anteil des unlängst dahingegangenen, verehrten Staatsrates A. v. SCHÄTZ.

heit zu bringen, sondern auch diejenigen, welche sich einst den technischen Zweigen des Staatsdienstes widmen wollen, sollen sich hier vorbereiten und diejenigen Kenntnisse sammeln können, die sie zu ihrem künftigen Berufe bedürfen."

Der Unterricht sollte sich auf drei Jahreskurse verteilen und sich erstrecken auf „Reine und angewandte Mathematik, Naturlehre, mit besonderer Hinsicht auf Technik, Landstraßen- und Wasserbaukunst, Zeichnungslehre, Allgemeine praktische Maschinenlehre mit Uebungen in der Konstruktion der Maschinen in der Modellen-Werkstätte, Technologie der vorzüglichsten Gewerbe und Handelskenntniß, in soweit sie der Techniker, Fabrikant und Gewerbsmann bedarf.“ Der Unterricht sollte 15 Lehrern übertragen werden, die Leitung einem fünfgliedrigen Senat. Den Unterrichtszwecken hatten neben der zwei Jahre vorher errichteten „Polytechnischen Sammlung“ noch zu dienen „eine kleine naturhistorische Sammlung, ein physikalischer und ein chemischer Apparat, eine Modellsammlung und eine Sammlung zur Technologie und Waarenkunde“.

Der Lernfreiheit der für recht verschiedenartig vorgebildete Schüler bestimmten Schule trug eine Bestimmung Rechnung, nach welcher „ein Jeder, der den Unterricht der Polytechnischen Schule zu seiner Ausbildung benutzen will, ganz nach seinen individuellen Zwecken, vorläufigen Kenntnissen und besonderen Verhältnissen bey der Auswahl der Vorlesungen verfahren kann“.

„Dieser Vorschlag, fährt jener amtliche Bericht von 1826 fort, wurde nach allen Beziehungen gewürdigt; ungeachtet der vielen Vorzüge desselben setzte jedoch schon die Größe des Postulats [Reichenbach veranschlagt die jährliche Bedarfssumme auf wenigstens 20.000 Gulden] bei dem Mangel hinlänglicher Fonds jedem Wunsche nach Ausführung unübersteigliche Hindernisse entgegen.“

AN den weiteren Beratungen der Unterrichtskommission hat Reichenbach keinen Anteil mehr genommen. Die Hauptschwierigkeit der Organisation bestand, ganz abgesehen von der Kostenfrage, bei allen Versuchen, die gemacht wurden, darin, die verschiedenen Interessen, denen die Schule dienen sollte, in richtiger Weise auseinanderzuhalten. So sieht ein weiterer Entwurf, der die Schule ganz unter die Verwaltung der Akademie stellt, eine Trennung in drei Abteilungen vor, „eine eigentlich polytechnische Anstalt, gleichsam eine Universität der technischen Kenntnisse, eine Fabrikanten- oder technologische Anstalt und eine Handwerkerschule“.

Erst im Jahre 1827 kam es zur Errichtung einer „Polytechnischen Centralschule in München“, die wesentlich nur der einen Aufgabe zu dienen hatte, die Bildung des Handwerkers und des Gewerbetreibenden höher zu heben, während für die Ausbildung des Ingenieurs die staatswirtschaftliche Fakultät der inzwischen von Landshut nach München verlegten Universität eintreten sollte. Die Verwirklichung des Zieles, auch dem höheren technischen Unterricht eine seiner Eigenart entsprechende Stätte zu bereiten lag noch in weiter Ferne. Aber der greise UTZSCHNEIDER, zur Leitung jener Zentralschule berufen, die er mit jugendfrischer Kraft übernahm, hat ebenso wie REICHENBACH in seinem Entwurf die kommende Entwicklung vorgezeichnet.

In einem Bericht an das Ministerium vom 14. Oktober 1831 fordert Utzschneider eine Neugestaltung des ganzen Schulwesens, und die Einrichtung eines systematischen Unterrichtsganges ebensowohl für die realistischen wie für die humanistischen Studien.

„Ich weiß nicht, schließt der Bericht, ob in Bayern je ein solcher Schulplan zu Stande kommt, welcher die ganze Volksbildung umfaßt. Es wäre aus verschiedenen Rücksichten wünschenswerth, daß dies bald geschähe. Dann wird es auch nicht schwer seyn, der Polytechnischen Hochschule, an welcher auch die technischen Beamten des Staates sich unterrichten lassen und sich ausbilden können, die gehörige Stellung neben der allgemeinen Hochschule, der Universität, anzuweisen.“

12. REICHENBACH'S LETZTE LEBENSJAHRE. PERSÖNLICHE UND FAMILIÄRE VERHÄLTNISSE. ZUSAMMENFASSUNG.

DIE Pläne zur Errichtung einer polytechnischen Schule gehören zu den letzten Arbeiten, mit denen sich der rastlose Geist Reichenbach's beschäftigt hat. Im Frühling des Jahres 1824 traten, nach einem bei Besichtigung des Augsburger Wasserwerkes erlittenen Sturze, bei dem kräftigen Manne, der sich stets der besten Gesundheit erfreut hatte, die ersten Symptome schlagartiger Anfälle auf, die sich trotz sorgsamster häuslicher Pflege mehrmals wiederholten.

„So verlebte er“ - wir folgen hier dem offiziellen Nekrolog, der auf Veranlassung König LUDWIG I im „Regierungsblatt für das Königreich Bayern“ vom 5. Februar 1829 von einem ungenannten Verfasser veröffentlicht wurde und der eine der wenigen zeitgenössischen Nachrichten von Reichenbach's Lebensumständen bildet - „die zwei letzten Jahre seines Lebens in einem, für einen Mann von seiner Thätigkeit höchst traurigen Zustande, stets schwankend zwischen Furcht und Hoffnung; sein rastlos schaffender Geist war in seinem gewohnten Wirken gehemmt und unfähig, seine großen Ideen auszubilden.“

„In der letzten Zeit schienen sich die Symptome seiner Krankheitsanfälle zu mindern und einen weniger gefährlichen Charakter anzunehmen; schon erwachte in den Herzen seiner zahlreichen Freunde neue Hoffnung, ihn hergestellt zu sehen, als am 21. Mai 1826 ein neuer und heftiger Anfall seinem ruhmvollen Leben im 54. Jahre und den Hoffnungen seiner Familie und Freunde nach dem Beschlusse des Unerforschlichen ein Ende machte.“

„Als Mensch - fährt der Bericht fort - war Reichenbach ebenso achtungswürdig, als er als Gelehrter und Künstler groß war; ein Muster von Rechtschaffenheit, Offenheit und deutscher Biederkeit, ein liebevoller Gatte und Vater, ein treuer Freund, uneigennützig, heiter und verföhnlich im Umgange, gern helfend und Gutes erweisend, wo er konnte.“

„Zweimal glücklich verheirathet*) fand er in seinem Familienkreise die liebste Erholung von seinen mühevollen Geschäften, und wenn ihn der frühe Tod seines einzigen hoffnungsvollen Sohnes, eines Knaben von acht Jahren, tief beugte und vor der Zeit ergrauen machte, erlebte er dagegen in seiner Tochter, die, glücklich verheirathet, ihm noch einen Enkel schenkte, viele und reine Freuden.“

„Die Kinder seiner Geschwister betrachtete und liebte er wie seine eigenen Kinder; mehrere derselben widmeten sich unter seiner Leitung dem Studium der Mechanik und Maschinenbaukunst, und haben bereits durch rühmliche Proben dargethan, daß sie auf eine ihres großen Lehrers würdige Weise in diesem Fache fortzuschreiten befähigt sind**).“

*) In erster Ehe mit einer geborenen von VINCENTI aus Augsburg; in zweiter Ehe mit der Nichte seines Freundes, des Münzdirektors von LEPRIEUR, Therese, geborenen STING. Die zweite Ehe war kinderlos. Die Tochter erster Ehe ANNA verheiratete sich mit dem Bankier Joseph v. MAYER. Ihr Sohn, Gutsbesitzer Karl Mayer v. MAYERFELS in Meersburg war der Gatte der Eingangs (Vorwort u. S. 00) genannten Frau ANNA v. MAYERFELS, geb. v. Menges, welche mit ihrer Tochter IDA v. MILLER den Reichenbach'schen Nachlaß dem Deutschen Museum gestiftet hat.

***) Der Nekrolog hat hier die zahlreichen Kinder des älteren Bruders und der Schwester von Reichenbach im Auge. Einer der Söhne des Bruders, des Kunstmeisters KARL REICHENBACH, des Leiters der Salinenwerkstätten in Reichenhall, dem Reichenbach im befondern auch die Ausführung der Maschinen für das Augsburger Wasserwerk übertragen hatte (vergl. S. 8, 69, 76 u. 114), GEORG REICHENBACH, studierte in den Jahren 1820/21 an der Landshuter Universität Kameralwissenschaften und widmete sich dann, von seinem Onkel empfohlen, am polytechnischen Institut in Wien, dann in Freiberg dem Studium des Berg- und Salinenwesens. In den bayerischen Staatsdienst eingetreten hat er den Salzbergbau und das Salinenwesen in Berchtesgaden und Reichenhall, wie die Bauten seines Oheims ausführlich beschrieben. Er starb 1869 als Oberberg- und Salinenrat. Ein zweiter Sohn des Kunstmeisters Karl Reichenbach, CHRISTOPH, ging als Münzdirektor unter König Otto nach Griechenland. Ein Sohn desselben, Malzfabrikdirektor KONSTANTIN v. REICHENBACH heiratete eine Urenkelin Reichenbach's, die älteste Tochter ANNA des obengenannten Gutsbesitzers Karl v. Mayerfels.

Reichenbachs Schwester SOPHIE hatte den Stuckjunker in Mannheim und späteren Stabskapitän der Artillerie in Düsseldorf FRANZ SPECK (den Sohn des auf Seite 7 erwähnten Stuckgießers Speck) geheiratet, der vorübergehend auch in München bei der Geschützgießerei tätig war. Ihr Sohn FRIEDRICH SPECK, seit 1812 Unterlieutenant der Artillerie und später zur Ouvrier-Kompagnie in München versetzt, unterstützte seinen Onkel Reichenbach acht Jahre lang bei seinen militärtechnischen Arbeiten, mit denen dieser auch nach seinem Ausscheiden aus der Armee, im befondern bei der Organisation der Gewehrfabrik in Amberg noch betraut war. Im Jahre 1824 wurde Friedrich Speck zur Gewehrfabrik als technischer Inspektor

„Fern von allem Kaltgeiße und kleinlicher Eitelkeit fand Reichenbach das größte Vergnügen darin, andern seine Kenntnisse, Erfahrungen und Verfahrensweise offen mitzutheilen, und die schönste Belohnung war ihm, wenn er sah, daß andere glücklichen Gebrauch in der Anwendung davon machten. Selbst aus fernen Gegenden kamen Künstler zu ihm, um sich seines Rathes, seines Unterrichtes zu erholen, und gewiß ist keiner unbefriedigt von ihm gegangen.“

Hier gedenken wir jener Erläuterungen und Gutachten, die Reichenbach für den Bau der Wasserfäulenmaschinen in Clausthal und Huelgoat den Ingenieuren JORDAN und JUNKER gegeben hat, von denen wir Seite 79, 80 geschrieben haben.

Beim Bau der Solenleitung ist ihm der schon genannte Salineninspektor und spätere Generaladministrator Friedrich SCHENK treuester Mitarbeiter und Freund gewesen:

„Ich sehe es“, schreibt er ihm, als dieser die Inspektion der gesamten Solenleitung erhalten hatte, im März 1819, „ich sehe es als ein großes Glück an, daß ein Mann von Ihrem aufrichtigen Willen, von Ihren Kenntnissen und Einsichten und von Ihrer Thätigkeit und Ruhe diese wichtigen Maschinen zur Pflege hat. Nie hat mir ein Unterricht reichere Früchte getragen als jener, den ich Ihnen in der Mechanik gab.“

Trefflich ergänzt MARTIUS in seiner akademischen Säkularrede*) dies Bild von Reichenbach's Persönlichkeit, indem er mit kurzem Worte sein klares, frohes, der Freundschaft offenes Gemüt hervorhebt, sein frisches Draufgehen, wenn sich Schwierigkeiten in Plan und Arbeit ihm entgegenstellten, seine Kampflust, wo es dem alten Widersacher galt:

„Feurig, thatkräftig, ein biederer, offener, deutscher Mann war Reichenbach, wie er selbst sagte, ‚kurz geschirrt und zog für viere‘; er warf Bedenklichkeiten, Hindernisse, Feinde vor sich nieder und freute mit den Freunden sich des Lebens.“

ÜBERBLICKEN wir zusammenfassend noch einmal das Lebenswerk Reichenbach's, so setzt uns die Fülle und Mannigfaltigkeit der Arbeiten und ihre Originalität in Erstaunen. Nach drei Beziehungen sind die Lehr- und Wanderjahre für ihn von entscheidendem Einfluß:

Durch die frühe Anleitung des Vaters zu praktischer Betätigung, die seinen Blick für Genauigkeit, zweckgemäße Anordnung und praktische Durchführbarkeit technischer Aufgaben geschärft und die Freude, überall selbst Hand anzulegen, in ihm geweckt hat;

Sodann durch die Anregungen, die er auf der Sternwarte zu Mannheim von Barry empfing und denen sein Interesse und Verständnis für die instrumentelle Mechanikerwuchs;

Endlich durch die Eindrücke der Lehrzeit in England, wo er die Erfolge des von Watt auf neue Grundlagen gestellten Maschinenbaues miterlebte, wo ihm die Bedeutung der

kommandiert. Hier führte er jenes auf Seite 81 (Fig. 44) beschriebene Modell einer kleinen Wasserfäulenmaschine für Rotationsbewegung nach einem Entwurfe Reichenbach's aus, welches als Vorstudie für eine größere, für den Betrieb der Fabrik bestimmte Maschine dienen sollte. Doch kam es nicht zur Verwirklichung des Projektes; 1859 wurde unter Direktor Freiherrn von PODEWILS die erste vierpferdige Dampfmaschine in den Fabrikbetrieb eingestellt.

Friedrich Speck fertigte im Jahre 1838 auf Grund eines früheren Entwurfes von Reichenbach auch ein Modell für eine KUGELPRESSE ZUR HERSTELLUNG VON SPITZGESCHOSSEN. Bei den Schießversuchen, die Reichenbach mit Langgeschossen aus Blei in den zwanziger Jahren angestellt hatte, waren unregelmäßige Seitenabweichungen der Geschosse aufgetreten, die nur der Ungleichförmigkeit der gegossenen Bleimasse zugeschrieben werden konnten. Das brachte Reichenbach auf die Idee, die Geschosse zu pressen. Auch diese Maschine ist nicht im Großen ausgeführt worden. Das betriebsfähige Modell derselben wurde von dem Sohne des Konstrukteurs, dem unlängst verstorbenen Generalmajor Maximilian SPECK dem Deutschen Museum übergeben.

Wir erwähnen in diesem Zusammenhange noch des Anteils, den Reichenbach's zweite Frau an den Arbeiten der astronomischen Werkstätte genommen hat, zu einer Zeit, als Reichenbach (vgl. S. 52), beansprucht durch den Bau der Solenleitung und dann durch seine weiteren Arbeiten als Leiter des bayerischen Bauwesens mehr und mehr seinem mechanischen Institute fernbleiben mußte: „Meine Frau“, schreibt er am 14. Dezember 1820 an BESSEL, „welche seit mehreren Jahren alle Instrumente, auch Ihren Kreis, eingetheilt hat, wird auch fernerhin, bis einmal ein hierzu taugliches Subjekt sich vorthut, eintheilen, und so bleibt im Ganzen genommen die Sache beym alten.“

*) K. F. Ph. von MARTIUS. „Akademische Denkrede“ (Leipzig, 1866). „Erinnerung an frequentierende Mitglieder der math. phys. Classe“. Rede zur Feier des akad. Säcularfestes, München, 1859. Die Rede enthält neben einer kurzen Darlegung von Reichenbach's Arbeiten auch eine Würdigung Fraunhofer's und Utzschneider's. Man sehe noch die Rede von F. v. THIERSCH „Über die wissenschaftliche Seite der praktischen Thätigkeit“ (München, März, 1834).

rasch emporblühenden Industrie Englands entgegentrat, wo er die schon bewährten Werke des englischen Instrumentenbaues mit kritischen Augen betrachtete.

DIE Zeitverhältnisse nach Reichenbach's Rückkehr von England, „die damals gänzlich mangelnde Gelegenheit von Anwendungen der Mechanik für das große Maschinenwesen“ auf der einen Seite, andererseits die dringlichen Forderungen, welche die bayerische Landesvermessung und Katafteraufnahme an den Instrumentenbau stellte, die großen Aufgaben, welche der mächtige Fortschritt der astronomischen Forschung entstehen ließ, führten Reichenbach dem Bau astronomischer und geodätischer Instrumente zu, in deren bis dahin unerreichter Ausführung sein Name mit dem Fraunhofer's für immer verbunden ist.

Wieder war es eine dringende technische und eine wirtschaftlich bedeutungsvolle Aufgabe, als ihm, zur Erschließung neuer finanzieller Hilfsquellen des Landes, der Bau der Solenleitung zunächst zwischen Reichenhall und Rosenheim, später zwischen Berchtesgaden und Reichenhall übertragen wurde. Für das technisch bis dahin noch nicht versuchte Problem, das er sich hier stellte, die gegebenen großen Druckhöhen jeweils mit einer einzigen Maschine zu „gewältigen“, fand er in seiner Wasserfäulenmaschine eine durchaus neue Lösung, bei der seine Genialität als Konstrukteur ebenso hervortrat, wie seine bei den Bohrmaschinen des Vaters, in den Maschinenfabriken und Eisengießereien Englands und in der eigenen astronomischen Werkstatt erworbenen praktischen Fähigkeiten und Erfahrungen ihre glänzende Anwendung fanden. Reichenbach hat an diesen Maschinen als erster gezeigt, wie sich die Forderung einer ins kleinste exakten Ausführung, für die er und seine Arbeiter sich beim Bau der astronomischen Instrumente geschult hatten, auch auf den Bau großer Maschinen übertragen läßt und wie sich gerade dadurch neue Möglichkeiten der Konstruktion darbieten.

In eben dieser Zeit seiner regsten Betätigung hat er sich immer wieder mit der Frage des zweckmäßigsten Baues von Maschinen für den großen Kraftbedarf der Industrie und des Verkehrs, wie für den Kleinbetrieb der Werkstatt beschäftigt. Schon bei Beschaffung der Einrichtungen für die Herstellung der ersten Wasserfäulenmaschinen denkt er an die Möglichkeit, das mechanische Institut für den Bau großer Maschinen, von hydraulischen wie von Dampfmaschinen, auszugestalten. Modelle und Entwürfe zu Wasserkraftmaschinen, zu ortsfesten und beweglichen Dampfmaschinen, Versuche über die Möglichkeit der Verwendung hochgespannter Dämpfe, über die zweckmäßigste Form der Dampfkessel, über die Festigkeit des Materials sind die Zeugen seiner rastlosen Bemühungen, die er immer wieder mit neuen Ideen und mit frischer Initiative aufgenommen hat.

Wenn ihm hier der Erfolg auch versagt war, so hat er doch in klarer Erkenntnis der technischen Bedingungen und der wirtschaftlichen Bedeutung dieser Fragen mit weitsehendem Blick und eindringendem Verständnis die Lösung vorbereitet und, seiner Zeit vorausseilend, auf die Wege hingewiesen, auf denen sie zu finden ist.

DIE Ursachen aber, welche Reichenbach nicht zu weiterer Betätigung auf dem Gebiete des „großen Maschinenwesens“ kommen ließen, liegen doch nur in geringerem Maße in jenen technischen Schwierigkeiten, welche sich damals der Vervollkommnung der Dampfmaschine entgegenstellten. Es ist vielmehr, wie wir haben schon mehrfach darauf hingewiesen, die gesamte politische und wirtschaftliche Lage Deutschlands, welche größere industrielle Unternehmungen hemmte, die zu bedeutenden, aktuellen technischen Aufgaben hätten führen können. Wenn J. v. Baader im Jahre 1798 in einem akademischen Vortrag „Über einige der wichtigeren Fortschritte, welche im Maschinenwesen seit dem Anfang des Jahrhunderts (des achtzehnten), besonders in England gemacht worden sind“ für den geringen Fortschritt in Deutschland „das langsame Fortrücken unserer Literatur in diesem Fache“ vor allem verantwortlich macht, so ist damit Ursache und Folgeerscheinung verwechselt. Gerade weil die Lehrzeit vom jungen Techniker



Medaille zur Erinnerung an die Eröffnung der Berchtesgadener Solenleitung.
Gestiftet 1817 von König Max Joseph I.



Denkmünze zum Gedächtnis an Reichenbach und Fraunhofer.
Gestiftet 1826 von König Ludwig I.

forderte, seine Erfahrung selbst zu erarbeiten, seine Kenntnisse auf mühsamen, nicht gebahnten Wegen selbst zu erringen, hat es an tüchtigen Technikern in Deutschland damals nicht gefehlt, und Baader hebt selbst hervor, wie man auch in England allenthalben Deutsche finde, „welche durch ihre Kenntnisse, ihr Genie und ihren Fleiß den wichtigsten Einfluß auf die dortigen Manufakturen und Fabriken und nicht selten beträchtlichen Antheil daran haben“.

Es lagen aber in England die Bedingungen für eine allseitige Entwicklung von Grund aus anders. Hier hatten schon um die Mitte des 18. Jahrhunderts die Forderungen des Verkehrs zu Wasser und zu Land den Ingenieuren die größten Aufgaben gestellt; der Bergbau hatte dem Maschinenbetrieb von Anfang an und schon in seinen primitiven Formen eine einfache und umfangreiche Verwendung dargeboten; die Industrie, die sich in Deutschland erst allmählich aus dem Gewerbebetrieb entwickelt hat, fand dort, in einem von den Lasten des Krieges wenig bedrückten Lande die nötigen Kapitalien und hat sich daher von Anfang an auf den Großbetrieb eingestellt.

In Deutschland dagegen kann man das Emporarbeiten der Industrie und die dadurch bedingte Entwicklung unserer wirtschaftlichen Verhältnisse erst von den fünfziger Jahren an rechnen. Nach dem mit so vielen Opfern herbeigeführten Frieden war die Unternehmungslust auf industriellem Gebiet erwacht. Die Aufhebung der territorialen Beschränkung durch den Zollverein erweiterte die Absatzmöglichkeit und führte zur wirtschaftlichen Erstarkung. Noch mehr, sie führte, nach Überwindung der auf die flammende Erhebung der Befreiungskriege gefolgten Reaktion, zur Erstarkung des Einheitsgedankens, durch dessen endliche Verwirklichung im Reiche alle Unternehmungen den sicheren Schutz finden konnten, dessen sie zu ihrer stetigen Entwicklung bedurften.

REICHENBACH'S Betätigung aber als Maschinentechner fällt nicht in diese Zeit der Erfüllung, sondern in die Zeit der Vorbereitung. Er hat als einer der Pfadfinder der großen Entwicklung vorgearbeitet, welche die moderne Technik genommen und wie seine kraftvolle, vorwärtsdrängende Persönlichkeit einen mächtigen Einfluß in seinem Schaffenskreise ausgeübt hat, so hat er auch allenthalben auf den mannigfaltigen Gebieten seines Wirkens bleibende Züge seiner schöpferischen Tätigkeit hinterlassen:

Noch heute, nach 100 Jahren, sind die Wasserschneckenmaschinen Reichenbach's im Berchtesgadener Land Zeugen einer glänzenden, kaum übertroffenen technischen Arbeit, wenn sie auch in Kurzem, in der Zeit einer auf allen Gebieten konzentrierten Kraftentfaltung den mächtigeren Zentrifugalpumpen werden weichen müssen; unsere heutigen geodätischen und astronomischen Instrumente weisen in wesentlichen Anordnungen die Grundgedanken und Konstruktionsprinzipien der von Reichenbach geschaffenen Instrumente auf; im Maschinenbau finden wir gegenwärtig Ideen und Konstruktionen mit modernen Mitteln verwirklicht, die Reichenbach bei seinen mannigfachen Entwürfen sich ausgedacht. So haben noch heute angesichts seiner Schöpfungen die Worte ihre volle Geltung, die Utzschneider auf das Grabmal Georg von Reichenbach's gesetzt hat:

„Sein Name genügt. Sein Denkmal sind seine Werke.“

ZUSÄTZE UND LITERARISCHE NOTIZEN.

Die Lebensbeschreibungen auf Georg von Reichenbach

gehen in ihren wesentlichen Daten zurück auf den

„NEKROLOG“ eines unbekanntem Verfassers, welcher auf Befehl König Ludwig's I. im Regierungsblatt für das Königreich Bayern vom 4. Februar 1829 (S. 50-82) veröffentlicht worden ist. Von kürzeren Aufsätzen abgesehen sind mir die folgenden weiteren biographischen Darstellungen bekannt geworden:

„NEUER NEKROLOG DER DEUTSCHEN“. 4. Jahrgang, II. Teil. Ilmenau, 1828.

F. v. THIERSCH. „Über die wissenschaftliche Seite der praktischen Thätigkeit, nebst biographischen Nachrichten über die Akademiker v. Reichenbach, v. Fraunhofer und v. Roth.“ Akademische Rede, München, 1852.

C. v. MARTIUS. „Erinnerung an frequentirende Mitglieder.“ Akademische Rede, München, 1859.

P. STUMPF. „Denkwürdige Bayern. Kurze Lebensbeschreibungen verstorbenen, verdienter Männer.“ München, 1865.

C. M. v. BAUERNFEIND. „Georg v. Reichenbach und seine Leistungen auf den Gebieten der Mechanik und des Ingenieurwesens.“ Akademische Rede, München, 1883.

M. WACKER. „Über Georg von Reichenbach.“ Programm des großh. Gymnasiums Durlach, 1883.

C. M. v. BAUERNFEIND. „Georg v. Reichenbach.“ Allgemeine Deutsche Biographie. Bd. 27, Leipzig, 1888.

F. v. WEECH. „Badische Biographien.“ 4. Teil. Karlsruhe, 1891.

K. KELLER. „Festrede zur Jahrhundertwende.“ Über Georg v. Reichenbach. Karlsruhe, 1900.

1. Jugendjahre. Erste mechanische Versuche. Aufenthalt in England.

DIE Feststellung des Geburtstages von Georg Reichenbach verdanke ich einem durch das evangelische Stadtpfarramt der Nordstadt Durlach ausgestellten Auszug aus dem Geburts- und Taufbuch der evangelischen Gemeinde Durlach, Bd. VIII, p. 166, Jahrgang 1771, wo sich unterm 26. August 1771 eingetragen findet:

Georg Friedrich: nat 24. ante mer: h. 6 Zunahmen: Reichenbach.

Eltern: Johann Christoph Reichenbach, Bürger und Schlossermeister et Helena Elifabetha geb.: Pfetschin.

In dem Nekrolog auf Reichenbach im Regierungsblatt von 1829 ist irrthümlich das Geburtsjahr 1772 angegeben und dieser Irrtum in weitere Biographien übergegangen. Erst in Wacker's Lebensbeschreibung (1883) ist das Geburtsjahr richtiggestellt.

2. Militärische Thätigkeit.

DIE Darstellung der militärischen Thätigkeit Reichenbach's stützt sich wesentlich auf die Akten des K. Bayerischen Kriegsarchivs, deren Benutzung mir durch das ganz besondere Entgegenkommen und die persönliche Unterstützung des Vorstandes, des Herrn Generalmajor STAUDINGER, dem ich an dieser Stelle aufrichtigsten Dank aussprechen möchte, ermöglicht und erleichtert worden ist.

Es handelt sich dabei um die Personalakten von Georg Reichenbach, von dessen Vater Christoph und Bruder Karl, ferner von Graf Rumford und General Manon; weiter um die auf die Ouvrier-Kompagnie (Artillerie, A VI 6a), auf die Geschützgießerei und Geschößfabrik (Artillerie, A VI 6c), die Ausrüstung und Armierung (C II) und das Zeughauspersonal (C III) bezüglichen Akten; endlich um die unter dem unmittelbaren Eindruck der Kriegsergebnisse entstandenen, überaus fesselnden Feldzugs-Akten der Jahre 1806 bis 1815 (B) und der Akten über die Mannheimer Kriegsbegebenheiten der Jahre 1795 bis 1800 (C VI). Im Akt der Ouvrierkompagnie ist ein eingehendes Gutachten G. Reichenbach's über die Neuformation und die Arbeitsorganisation der Kompagnie enthalten.

Für die Kriegsgeschichte jener Jahre habe ich weiter die treffliche „Geschichte des 1. Feldartillerie-Regiments Prinz-Regent Luitpold“ von R. v. XYLANDER (Berlin 1905) benützt.

Der Anteil der beiden Reichenbach, Vater und Sohn, an der Errichtung der Gewehrfabrik in Amberg und an den Münchener Militärwerkstätten ist dargestellt in der „Festschrift zur Feier des 100jährigen Bestehens der K. B. Gewehrfabrik Amberg“, verfaßt von Direktor Major HAILER, und in der „Gedenkschrift zur Feier des 100jährigen Bestehens der K. B. Artilleriewerkstätten“, verfaßt von Hauptmann A. SENDTNER.

Eine ansprechende Schilderung der Amberger Fabrik findet sich im „Anzeiger für Kunst und Gewerbefleiß“ vom Jahre 1817 „Bemerkungen aus dem Tagebuch eines Reisenden über die k. bayr. Gewehrfabrik zu Amberg“.

Die auf Seite 12 wiedergegebenen genauen Aufschlüsse über das Reichenbach'sche Expansionsgeschöß wurden mir ermöglicht durch das Entgegenkommen der Leitung des B. Armeemuseums, im besondern des Herrn Major FEISTLE.

Den ebendort erwähnten Werken von Sauer und Schmözl sei hier noch die kleine Gedenkschrift von J. SCHMOLZL „Die bayerische Artillerie“, München 1879, beigelegt.

3. Erfindung der Teilmaschine.

DIE Veröffentlichung Reichenbach's über die Erfindung seiner Kreiseinteilungsmethode im 68. Bande von Gilbert's Annalen der Physik (vom Jahre 1821, S. 33-59) wurde veranlaßt durch die Prioritätsansprüche, welche sein ehemaliger Mitarbeiter LIEBHERR erhob, als im Jahre 1818 die Wiener Werkstätte am Polytechnischen Institut errichtet und von Reichenbach mit zwei Teilmaschinen ausgestattet wurde. Liebherr glaubte ein Anrecht an die bisher nur von Reichenbach und von ihm verwendete Maschine zu haben. Es sei hierzu auf die Notiz über die Wiener Werkstätte in Gilbert's Annalen, Bd. 65 (1820, S. 329-330) verwiesen, der eine Erklärung Liebherr's in Bd. 67 (1821, S. 109) folgte, die dann durch Reichenbach's ausführliche Darlegung beantwortet wurde. Eine weitere Erklärung Liebherr's enthält dann noch Bd. 69 (1821, S. 320-324).

In eben diesem letzteren Bande beschreibt auch der Bremer Mechaniker TREVIRANUS ein von ihm angewendetes Kreisteilungsverfahren, das im allgemeinen auf dem Reichenbach'schen Prinzip basiert, aber in der Ausführung des Apparates mehrfache Abweichungen zeigt. In REPSOLD's „Geschichte der astronomischen Meßinstrumente“ ist die von Treviranus veröffentlichte Abbildung seines Apparates in Fig. 137 (zu S. 94) wiedergegeben als Reichenbach'sche Teilmaschine. Sie weicht aber von dieser namentlich in der Ausgestaltung der unteren Alhidade ab. Wir haben Reichenbach's schematische Figur aus Bd. 68 in Fig. 7, S. 17, reproduziert.

Den in Fig. 6 (S. 15) wiedergegebenen, im Jahre 1800 in Cham entstandenen Skizzen Reichenbach's zur Kreisteilungsmaschine seien in nebenstehender Fig. 75 noch vier weitere, von Reichenbach signierte Entwürfe angefügt, die sich im Nachlaß vorfinden. Sie sind nach der Rückkunft aus dem Kriegslager im Herbst 1801 (Skizzen 1-3) und später im Laufe der Ausführung der Maschine im Jahre 1803 (Skizze 4) entstanden. Skizze 1 zeigt die mit zwei Anschlägen versehene „Alhidade I“ noch in ziemlich primitiver Form; in Skizze 2 und 3 ist die Begrenzung durch Fühlhebel in einer ersten Ausführung, in Skizze 4 in der definitiven Gestalt wiedergegeben, die sie in der im Deutschen Museum aufbewahrten ersten Originalmaschine Reichenbach's besitzt.

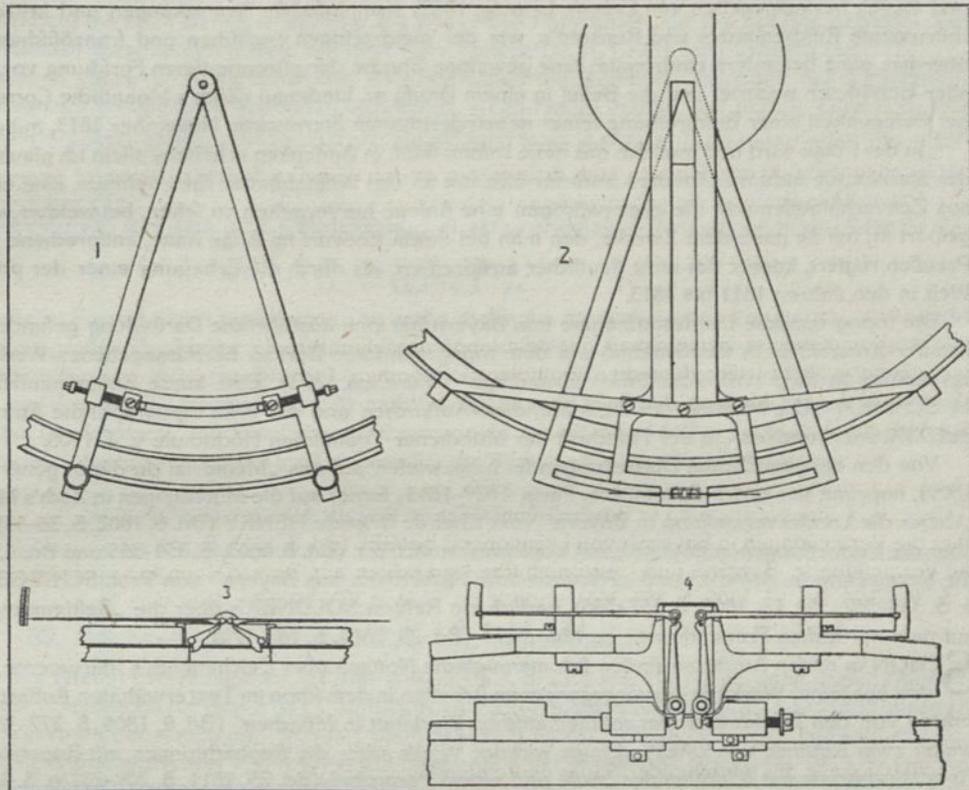


Fig. 75. Skizzen zur Kreisteilungsmaschine aus den Jahren 1801 und 1803.
Skizze 4. Ausführung der Fühlhebel an Reichenbach's erstem Instrument. Original im Deutschen Museum.

4. Gründung und Entwicklung des mechanischen Instituts.

NEBEN der im Texte zitierten Gedächtnisschrift UTZSCHNEIDER's „Kurzer Umriss der Lebens-Geschichte des Herrn Dr. Joseph von Fraunhofer“ (München, 1826) sei bezüglich der Gründung und Entwicklung des Reichenbach'schen Instituts noch die Abhandlung von E. VOIT „Feinmechanik in Bayern“ aus den „Darstellungen aus der Geschichte der Technik, der Industrie und Landwirtschaft in Bayern“, Festschrift der technischen Hochschule München, 1906 genannt. Auch sehe man einen Aufsatz von P. v. LOSSOW „Die Geschichtliche Entwicklung [der Technik im südlichen Bayern]“. Zeitschrift [des Vereins Deutscher Ingenieure. Jahrgang 1903, S. 1949.]

Ein „Verzeichnis der optischen Werkzeuge, welche in dem optischen Institute zu Benediktbeuern, Utzschneider, Reichenbach und Fraunhofer, verfertigt werden“, datiert vom November 1812, enthält Zach's „Monatliche Correspondenz“, Bd. 27, 1813, S. 197-199 sowie der „Anzeiger für Kunst und Gewerbeleiß“ von 1815. Hier findet sich die Bemerkung, auf die wir uns Seite 51 bezogen haben: „Es gelang bereits ein Refractor von $7\frac{1}{4}$ Zoll Oeffnung und 9 Fuß Brennweite, welcher paralaktisch aufgestellt und durch ein Uhrwerk der Bewegung der Sterne folgt. Noch größere, die mit allem Rechte den Namen Riefen-Refractoren verdienen, sind in Arbeit; man hoffet es bald bis zu 10, vielleicht auch 12 Zoll Oeffnung zu bringen.“

Bezüglich späterer Verzeichnisse aus den Werkstätten von Utzschneider, Liebherr und Werner in München, sowie Utzschneider, Fraunhofer und Blochmann in Benediktbeuern sehe man die von B. v. LINDENAU und F. BOHNENBERGER herausgegebene Zeitschrift für Astronomie, Bd. 1 und 2, Tübingen, 1816. Im Anschluß an das erstere dieser Verzeichnisse hat Liebherr die auf Seite 34 des Textes erwähnten Steindrucktafeln herausgegeben.

Dem Enkel Rudolf Sigmund Blochmann's, Herrn Dr. BLOCHMANN in Kiel verdankt das Archiv des Deutschen Museums eine interessante Biographie seines Großvaters, die über dessen umfassende Tätigkeit von seinem Eintritt in Benediktbeuern an berichtet. Sie enthält insbesondere die Darstellung seiner Verdienste um die Einführung der Gasbeleuchtung in Deutschland, auf die auf Seite 117 des Textes Bezug genommen ist.

Von der Gründung und Einrichtung der am k. k. polytechnischen Institut von Reichenbach unter Mitwirkung von Ertel geschaffenen mathematischen Werkstatt handeln einmal die historischen Notizen PRECHTL's in den Jahrbüchern des Instituts, andererseits ein ansprechendes Schriftchen von W. F. EXNER „Das k. k. polytechnische Institut in Wien, seine Gründung, seine Entwicklung und sein jetziger Zustand“ Wien, 1867.

5., 6. Reichenbach's geodätische und astronomische Instrumente.

DIE Leistungen Reichenbach's auf dem Gebiete des Instrumentenbaus finden im 2. Teil der WACKER'schen Biographie eine eingehende Würdigung. In den Zusammenhang mit den gleichzeitigen Arbeiten hat sie J. A. REPSOLD eingeordnet in seinem schon mehrfach erwähnten inhaltreichen Werk „Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge von Purbach bis Reichenbach, 1450 bis 1830“, Leipzig, 1908.

Für die Darstellung waren mir eine Reihe von interessanten Briefen von großem Wert, welche Reichenbach an GAUSS gerichtet hat. Sie sind im Gauß-Archiv in Göttingen aufbewahrt und wurden mir in liberalster Weise durch Herrn Professor HARTMANN, dem ich auch die Mitteilungen über die auf der Sternwarte befindlichen Reichenbach'schen Instrumente verdanke, zugänglich gemacht. Leider sind die zwischenliegenden Briefe von Gauß an Reichenbach nicht erhalten.

Weiter enthält der Briefwechsel zwischen GAUSS, BESSEL, OLBERS und SCHUMACHER (Briefwechsel zwischen Gauß und Bessel, Leipzig, 1880; zwischen Gauß und Schumacher, herausgegeben von Peters, Altona 1860-1865, zwischen Olbers

und Bessel, herausgegeben von Erman, Leipzig, 1852) mannigfaltige Bemerkungen und kritische Darlegungen über die Instrumente Reichenbach's und Repsold's, wie der gleichzeitigen englischen und französischen Mechaniker. Er führt uns überdies ganz besonders eindringlich jene gewaltige Epoche der astronomischen Forschung vor, die das allseitige Interesse aller Gebildeten wahrhaft und die Bessel in einem Briefe an Lindenau (Zach's Monatliche Correspondenz, Bd. 28, S. 475), bei Gelegenheit einer Beschreibung seiner neuerrichteten Sternwarte, November 1813, mit den Worten bezeichnet:

„In der Folge wird und muß sich das neue Institut selbst in Andenken erhalten; allein ich glaube, es wird für die Freunde der Sternkunde nicht nur, sondern auch für alle, die an den Wissenschaften theil nehmen, eine erfreuliche Erscheinung sein, aus Zeitverhältnissen wie die gegenwärtigen eine Anlage hervorgehen zu sehen, bei welcher weder Aufwand noch Mühe gespart ist, um sie ganz dem Zwecke, den man bei ihrem Entwurf im Auge hatte, entsprechend zu machen: Der Geist, der Preußen regiert, konnte sich nicht deutlicher aussprechen, als durch die Erbauung einer der prächtigsten Sternwarten der Welt in den Jahren 1811 bis 1813.“

Die topographische Landesaufnahme von Bayern hat eine ausführliche Darstellung gefunden in dem von der Steuerkatalster-Kommission in Gemeinschaft mit dem topographischen Bureau herausgegebenen Werk „Die bayerische Landesvermessung in ihrer wissenschaftlichen Grundlage“ (München, 1873). Eine kurze Zusammenfassung gibt der Aufsatz von M. SCHMIDT „Die Messung der Basis München-Aufkirchen und die erste topographische Aufnahme Bayerns zu Beginn des XIX. Jahrhunderts“ in der Festschrift der Münchener Technischen Hochschule v. J. 1906.

Von den zeitgenössischen Darstellungen sei hingewiesen auf das „Mémorial du dépôt général de la guerre“ (1802 bis 1809), imprimé par ordre du ministre, Paris, 1829-1843; ferner auf die Mitteilungen in Zach's Monatlicher Correspondenz: „Ueber die Landesvermessung in Bayern“ vom Chef de Brigade HENRY (Bd. 6, 1802, S. 36-45); „Vermischte Nachrichten über die Vermessungen in Bayern“, von Legationsrat BEIGEL (Bd. 8, 1803, S. 354-355 und Bd. 9, 1804, S. 374-376), „Ueber die Vermessung in Bayern“ und „Astronomische Nachrichten aus Bayern“ von Prof. SCHIEGG (Bd. 10, 1804, S. 278-288 u. S. 353-367; Bd. 12, 1805, S. 357-366), endlich ein Referat SOLDNER's über die „Bestimmung der Lage des Meridians auf dem nördlichen Frauenthurm zu München“ (Bd. 28, 1813, S. 167-174).

SCHON in diesen Aufsätzen finden sich mannigfache Notizen über Reichenbach's Instrumente. Besonders sind die ersten drei aus seiner Werkstatt hervorgegangenen Arbeiten in dem schon im Text erwähnten Aufsatz REICHENBACH's „Nachrichten von den Fortschritten der mathematischen Werkstatt in München“ (Bd. 9, 1804, S. 377-384) beschrieben. Man sehe weiter zwei Aufsätze von ZACH „Einige wichtige Winke über die Beobachtungen mit Repetitions-Kreife“ und „Ueber Repetitionskreife mit feststehender Säule und einem Fernrohr“ (Bd. 25, 1811, S. 209-231 u. S. 322-353).

Ebenda befindet sich (S. 354-361) auch ein Bericht über KLÜBER's Beschreibung der Sternwarte zu Mannheim. Im weiteren verdanke ich dem freundlichen Interesse des GROSSH. BADISCHEN KULTUSMINISTERIUM's und des Direktors der Heidelberger Sternwarte, Herrn Dr. M. WOLF, die Einsicht in die überaus wertvollen Akten der Mannheimer Sternwarte, denen der Bericht Klübers auf S. 40 des Textes und die Skizze des Mannheimer Kreifes (Fig. 24) entnommen ist.

Die Aufführung der verschiedenen Typen von Reichenbach's geodätischen und astronomischen Instrumenten wurde mir ermöglicht zunächst durch den Umstand, daß, wie schon im Vorwort erwähnt, das Deutsche Museum die von der Bayr. Akademie der Wissenschaften errichtete historische Sammlung solcher Instrumente besitzt, die, ergänzt aus den Beständen des Katasterbureaus und des topographischen Bureaus, eine bezüglich der geodätischen Instrumente ziemlich vollständige Reihe umfaßt. Ich darf auch an dieser Stelle aufrichtigen Dank sagen für das Entgegenkommen der Vorstände der beiden genannten Stellen, Herrn Regierungsdirektor W. v. CAMERER des Katasterbureaus, sowie Herrn Generalmajor A. HELLER und Herrn Major LAMMERER des Topographischen Bureaus, die mir die photographische Aufnahme einzelner charakteristischer geodätischer Instrumente ermöglichten und denen auch die Überlassung einer Anzahl für die Vollständigkeit unserer Sammlung besonders wichtiger Instrumente an das Deutsche Museum zu verdanken ist.

Weitere wichtige Aufschlüsse verdanke ich, wie den schon genannten Direktoren der Göttinger und Heidelberger Sternwarte, noch Herrn Direktor H. v. SEELIGER bezüglich der auf der Münchener Sternwarte befindlichen Instrumente, und ganz besonders den Herren Direktoren P. HARZER der Kieler und E. STROMGREN der Kopenhagener Sternwarte. Diese beiden Sternwarten teilen sich in den Besitz der ehemals in Altona bei SCHUMACHER vereinigten Instrumente.

7., 8. Der Bau der Solenleitungen. Reichenbach's Wasserräulenmaschinen.

DIE ausführlichen Darlegungen der Abschnitte 7 und 8 über die Solenleitung wurden mir ermöglicht dadurch, daß die Herren Generaldirektor F. v. RUDOLPH und Oberregierungsrat G. ATTENKOFER mir in entgegenkommendster Weise das Studium der Akten und der Planammlung der Generaldirektion der Berg- Hütten- und Salzwerte ermöglicht und mir überdies wertvolle Aufschlüsse über Geschichte und Betrieb der Salinen teils unmittelbar teils durch die Salinenämter zu Rosenheim, Traunstein und Reichenhall gegeben haben. Auch hier ist es eine im Archiv der Generaldirektion aufbewahrte Sammlung von Briefen Reichenbach's, die einen besonders lebendigen Einblick in den Bau der Solenleitung gewährt. Ich möchte den genannten Herren auch an dieser Stelle für ihre wertvolle Unterstützung aufrichtig danken.

Im weiteren brachte der Besuch der Salinen Traunstein, Reichenhall und Berchtesgaden durch Herrn Ingenieur ORTH des Deutschen Museums Aufschlüsse über die dort noch vorhandenen älteren Bergwerksmaschinen. Die Herstellung des genauen Kärtchens der Solenleitung (Fig. 33, S. 57.) durch Herrn Kartographen J. MAYR verdanke ich der Vermittlung meines Kollegen, des Herrn Oberbergrat Dr. v. AMMON.

Sorgsam zusammengetragene Angaben über die Familie REIFFENSTUEL enthält ein Buch von Pfarrer J. OBERMAYR „Die Pfarrei Gmund am Tegernsee und die Reiffenstuel“. Freising, 1868.

VON Vorläufern seiner Wasserräulenmaschinen erwähnt Reichenbach in dem Seite 58-62 des Textes wiedergegebenen Bericht nur die HOLL'sche Maschine; er scheint die französischen Versuche von DENISART und DE LA DUAILLE (1731), wie die gleichzeitig mit Höll (1748/49) konstruierte Maschine von WINTERSCHMIDT und die spätere, 1765 in England von WESTGARTH ausgeführte Maschine nicht gekannt zu haben. Man vergleiche zur Entwicklungsgegeschichte der Wasserräulenmaschine die „Allgemeine Maschinenlehre“ von M. RUHLMANN, Bd. 1, wo eine reiche Literatur angegeben ist, sowie WEISBACH'S „Ingenieur-Mechanik“, Bd. 2, diese im besonderen bezüglich der theoretischen Unterfuchung der Maschinen; endlich die kurzen Angaben über „Geschichte der Technologie“ von K. KARMARSCH (München, 1872). Die letztere erwähnt auch einige von Reichenbach konstruierte Arbeitsmaschinen, so seine Bohrmaschine und „die so bequemen, durch Reichenbach's Werkstätten verbreiteten Scheer- oder Scharnierkluppen“ zur Anfertigung von Schrauben.

BEI der Durchsicht der Reichenbach'schen Berechnungen für die Wasserfäulenmaschinen, die sich mit den Tabellen über die Vermessungen im Nachlaß vorgefunden haben, hat mich Herr Kollege Dr. R. CAMERER unterstützt.

Zur Ableitung der Formel III (Seite 68) ist zu bemerken, daß der Ansatz der Rechnung mit Hülfe der „wirkenden Geschwindigkeit“, den Reichenbach für alle seine Maschinen verwendet, einen Fehler enthält, der auch in Formel III eingegangen ist: Aus der Geschwindigkeit $\frac{M}{0,785 \cdot s^2}$, mit welcher das Aufschlagswasser in den großen Treibcylinder tritt, ergibt sich der theoretische Druckverlust höchstens gleich $\left(\frac{M}{0,785 \cdot s^2}\right)^2 \cdot \frac{1}{2p}$; die „übrig bleibende wirkende Geschwindigkeit“ ist also mindestens gleich $\sqrt{2pX - \left(\frac{M}{0,785 \cdot s^2}\right)^2}$ und daraus folgt die leicht auch direkt zu erschließende Hauptgleichung III für die Gefällshöhe X:

$$\text{III. } X = 1,3 \cdot \frac{d^2}{D^2} \cdot h + \left(\frac{M}{0,785 \cdot s^2}\right)^2 \cdot \frac{1}{2p}$$

Die von Reichenbach aufgestellte Formel liefert sonach etwas zu große Werte für die notwendige Gefällshöhe X. Praktisch ist das bei der außerordentlich großen Druckhöhe h bedeutungslos; ebenso übrigens auch die Vernachlässigung der Geschwindigkeitshöhe in der Steigleitung. Mehr Gewicht haben die Reibungswiderstände in Druck- und Steigleitung und diese hat Reichenbach bei der praktischen Durchrechnung eingeführt, bei der vorliegenden Rechnung durch den Erfahrungskoeffizienten 26/20, bei der späteren, auf Seite 74 angeführten durch das Glied $L \cdot 1/200$. Auch dieses Zusatzglied ergibt gegenüber den heutigen Annahmen einen zu großen Wert für die Widerstandshöhe der Rohrleitung.

9. Reichenbach's gußeiserne Röhrenbrücken.

FÜR die Angaben über die Münchener Brücken konnte ich außer den Akten des städtischen Bauamts noch die Akten und die interessante Chronik des unter Leitung des Archivrates von DESTOUCHES stehenden städtischen Archivs benutzen.

10. Reichenbach's Arbeiten über die Dampfmaschine.

DIE zuerst im Jahrbuch des Wiener polytechnischen Instituts (Bd. 2, 1820, S. 236) von Reinscher, dann in den Abhandlungen der K. Technischen Deputation für Gewerbe (T. 1, 1826, S. 370) veröffentlichte Reichenbach'sche Geradföhrung ist ausführlich behandelt im „Lehrbuch der Kinematik“ von L. BURMESTER (Leipzig, 1888, S. 658-661). Sie erscheint dort als spezieller Fall eines „Schleifkurbelgetriebes“ für welchen der Endpunkt T der Gleitfange (vergl. Fig. 54, S. 97 des vorliegenden Textes) durch vier paarweise symmetrisch zur Mittellinie AB gelegene Punkte der Geraden RT geht. Im Falle des Reichenbach'schen Lenkers sind zwei Punkte in R und T angenommen, die beiden andern in B zusammengeführt. Eine noch allgemeinere genäherte Geradföhrung solcher Art ergibt sich durch die Forderung, daß der Endpunkt T durch 6 aequidistant und symmetrisch zu AB auf RT angenommenen Punkte gehen soll. Die zweckmäßigen Verhältniszahlen $TM=8$, $BL=RT=5$ hat Reichenbach vermutlich durch graphisches Probieren gefunden.

AUSSER den im Text erwähnten Kesselkonstruktionen (Fig. 51 u. 60) hat Reichenbach auch den Gedanken von ROHRENKESSELN aufgenommen und zu diesem Zwecke Versuche über die Verdampfung von Wasser in Flintenläufen angestellt.

11. Reichenbach's weitere gemeinnützliche Arbeiten.

DIE Verordnung über die Gründung der „ALLGEMEINEN POLYTECHNISCHEN SAMMLUNG“ ist zusamt einer „Instruktion für den Conservator“ im Kunst- und Gewerbeblatt vom Jahre 1822 abgedruckt. Jahrgang 1823 enthält unter „Nachricht von der polytechnischen Sammlung“ eine Uebersicht über den Inhalt der Sammlung. Hier ist aufgezählt:

„Ein in allen seinen Teilen vorzüglich, gut und schön ausgeführtes, arbeitendes Modell einer Dampfmaschine nach Watt's Prinzip (doppeltwirkend), von Reichenbach.“ Es ist dies das nach den zugehörigen Plänen Reichenbach's in Fig. 51, 52 abgebildete, jetzt im Deutschen Museum aufbewahrte Modell.

Das Modell einer Schneid- und Loch-Maschine für die Salzpflanzen-Bleche in Reichenhall (S. 70 des Textes).

Das Modell der großen Kastengebläse zu Bergen und Reichenhall (Fig. 41, S. 75).

Die beiden letzteren Modelle sind leider verloren gegangen. Dagegen sind zwei Modelle von Wagen (S. 136), und das Modell der Wasserfäulenmaschine (Typus I, S. 60) die der Katalog weiter aufzählt, jetzt im Besitze des Deutschen Museums.

DIE Entschließung König Ludwigs über „Die Errichtung einer polytechnischen Central-Schule in München vom Jahre 1827 findet sich im „Kunst- und Gewerbeblatt“ vom Jahre 1827.

12. Letzte Lebensjahre. Persönliche und familiäre Verhältnisse. Zusammenfassung.

DIE erste der beiden auf Tafel VIII wiedergegebenen Denkmünzen ist die ungemein scharf und plastisch geschnittene Medaille, die König Max Joseph zur Erinnerung an die Eröffnung der Berchtesgadener Solenleitung herstellen ließ. Der Künstler ist der Hofmedailleur LOSCH, die Prägung wurde in der K. Münze unter LEPRIEUR ausgeführt. Man sehe hiezu eine Notiz von SCHLICHTEGROLL im Kunst- und Gewerbeblatt von 1818. Reichenbach erhielt die Münze in Gold, weitere Exemplare wurden in Silber und in Bronze geprägt. Die Möglichkeit der Reproduktion der prächtigen, ganz den Zeitstil tragenden Medaille verdanke ich der Güte des Direktors des K. Münzkabinetts, Herrn Dr. G. HABICH.

Die zweite Münze, ein Vereinstaler, hergestellt 1826, von der sich ein Original in der Medaillen-Sammlung des Deutschen Museums befindet, wurde von König Ludwig I. dem Gedächtnis Fraunhofer's und Reichenbach's gewidmet.

Vergleichende Zusammenstellung der im Text gebrauchten alten Maße.

1 Bayerischer Fuß = 0,29186 Meter	1 Pariser Fuß = 0,32484 Meter	1 Englischer Fuß = 0,30479 Meter
3,42631 „ „ = 1	3,07844 „ „ = 1	3,28090 „ „ = 1
1 Quadrat-Fuß bayr. = 0,08518 Quadrat-Meter	1 Kubik-Fuß bayr. = 0,02486 Kubik-Meter	
11,7396 „ „ = 1	40,2235 „ „ = 1	
1 Maß-Kanne bayr. = 0,043 Kubik-Fuß bayr. = 1,0690 Liter	1 Pfund bayr. = 0,5600 Kilogramm	
0,9354 „ „ = 0,0422 „ „ = 1	1,7857 „ „ = 1	

Im Salinenbetrieb entspricht „ein Röhr“, altes Maß, einer Förderung von 660 Kubik-Fuß = 16,41 Kubik-Meter in 24 Stunden, „ein Röhr“, neues Maß, einer Förderung von 20 Kubikmetern. (S. 55.)

1 bayerischer Gulden = 1,71 Reichsmark.



Literarische Veröffentlichungen von Georg von Reichenbach.

- „Nachrichten von den Fortschritten der mathematischen Werkstätte in München.“ v. Zach's Monatliche Correspondenz Bd. 9. 1804. S. 377-384.
- „Theorie der Brückenbögen und Vorschläge zu eisernen Brücken von jeder beliebigen Größe.“ 91 + XII Seiten. 4^o. Erste Ausgabe München 1811; Zweite unveränderte Ausgabe 1833.
- „Inwieweit könnte wohl die Erfindung der Dampfboote anwendbar und nützlich werden?“ Wöchentlicher Anzeiger für Kunst- und Gewerbeleiß im Königreich Baiern, 1816. S. 49-58, 65-78, 81-87.
- „Erklärung der von Herrn v. BAADER herausgegebenen Bemerkungen über neue Verbesserungen der Dampfmaschine.“ München 1816. S. 8.
- „Berichtigung der vom Hrn. Mechanikus Jos. LIEBHERR in München abgegebenen Erklärung, über die Erfindung meiner Kreiseintheilungs-Methode.“ Gilberts Annalen der Physik, Bd. 68, 1821. S. 33-59.
- „Ueber Kreiseintheilung nach Graden, Minuten und Sekunden.“ Dingler's Polytechnisches Journal. Bd. 6. S. 129. Auszug aus der vorigen Abhandlung.

Uebersicht über die im Deutschen Museum befindlichen Instrumente, Maschinen, Modelle und Urkunden von Georg von Reichenbach.

- Erster von Reichenbach in Mannheim verfertigter Spiegelfextant. (Fig. 1.) Aus der historischen Sammlung der K. Akademie der Wissenschaften in München.
- Großer Repetitionstheodolit von Reichenbach, Utzschneider und Liebherr. (Fig. 8) Verwendet bei den ersten Katastermessungen in Bayern. Aus der Sammlung des K. Katasterbureaus in München.
- Theodolit von Reichenbach, Utzschneider und Liebherr, benützt von Fraunhofer bei der Ausmessung der Fraunhofer'schen Linien. Aus der Sammlung der K. Indultriebschule in Nürnberg.
- Astronomische Theodolite. (Fig. 18). Aus der historischen Sammlung der K. Akademie der Wissenschaften.
- Astronomischer Kreis auf Stativ (analog dem in Fig. 20 dargestellten Kieler Vertikal-Kreis). Aus der Sammlung des K. Topographischen Bureaus in München.
- Teil-Kreis von Reichenbach und Ertel zum Speyerer Passageninstrument von Schwerd. Gestiftet von Professor Dr. M. Th. Edelman in München.
- Fernrohre aus der optischen Anstalt von Reichenbach, Utzschneider und Fraunhofer in Benediktbeuern. Aus der historischen Sammlung der K. Akademie der Wissenschaften.
- Distanzmesser und Transversalmaßstäbe von Reichenbach. Aus eben dieser Sammlung und vom K. Topographischen Bureau.
- Bafisapparat mit Meßkeilen von Reichenbach, verwendet bei den Bafismessungen bei Nürnberg und Speyer. (Fig. 16, 17) Aus der Sammlung des K. Katasterbureaus.
- Reichenbach's große Kreisteilungsmaschine. (Schema in Fig. 7, Konstruktion der Fühlhebel in Fig. 75). Aus der historischen Sammlung der K. Akademie der Wissenschaften.
- Modelle einer Mautwage und einer Hallwage. Erstere aus eben dieser Sammlung, letztere aus dem physikalischen Institut der Universität in München.
- Großes Modell einer doppeltwirkenden Wasserfäulenmaschine vom Typus I. (Fig. 36 und S. 60.) Aus der historischen Sammlung der K. Akademie der Wissenschaften.
- Einfachwirkende Wasserfäulenmaschine vom Typus III. Die Maschine stand von 1817 bis 1904 bei Berchtesgaden (an der Pfisterleite) in Betrieb. (Fig. 40.) Gestiftet vom K. Finanzministerium (K. Salzamt Berchtesgaden).
- Modell einer doppeltwirkenden Wasserfäulenmaschine für den Gewerbebetrieb, für Rotationsbewegung eingerichtet. Nach Plänen von Reichenbach, ausgeführt von Artilleriehauptmann Friedrich Speck. (Fig. 44.) Gestiftet von den Herren Böhm und Wiedemann in München.
- Betriebsfähiges Modell einer ortsfesten Dampfmaschine aus den Jahren 1812, 1813. (Fig. 51-57.) Aus der historischen Sammlung der K. Akademie der Wissenschaften.
- Patronendrehbank von Reichenbach. Gestiftet von Frau Regina v. Mayerfels.
- Reichenbach's gezogenes Vorderladegechütz mit Feuersteinschloß. Nachbildung des im K. B. Armeemuseum befindlichen Originals. Angefertigt und gestiftet von den K. Artilleriewerkstätten in München.
- Modell einer Kugelpresse zur Herstellung von Langgeschossen aus Blei. (S. 129.) Nach einem Entwurf von Reichenbach, hergestellt von Artilleriemajor Friedrich Speck. Gestiftet von Generalmajor M. Speck.
- Schriftlicher Nachlaß von Reichenbach. Personalakten, Briefe, Tagebücher, Berichte, Entwürfe, sowie Handzeichnungen und Pläne. Gestiftet von Frau Regina von Mayerfels und von Frau Ida von Miller in Meersburg.
- Manuskripte, Handzeichnungen und Pläne aus der physikalischen Sammlung bei der Akademie der Wissenschaften, von der Generaldirektion der Berg-, Hütten- und Salzwerke, von der ehemaligen Indultriebschule in München, vom städtischen Bauamt und vom k. Hofbauamt in München.



VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN.

Titelbild: GEORG VON REICHENBACH. Kupferdruck nach dem vom Verein Deutscher Maschinenbauanstalten gestifteten, von Professor Rudolph Wimmer ausgeführten Gemälde im Ehrensaal des Deutschen Museums

1. Jugenjähre. Erste mechanische Versuche. Aufenthalt in England.
 - Fig. 1. Das erste von Reichenbach verfertigte Instrument, ein Spiegelfextant aus dem Jahre 1789-90 1
 - Fig. 2. Watt's patentierte Dampfmaschine für Rotationsbewegung (10 PS). Nach der in Soho in den Jahren 1787-1800 ausgeführten Konstruktion. Nach Farey, Treatise on the steam-engine, Tafel XI-XIII 4
 - Tafel 1. Blatt aus dem englischen Tagebuch Reichenbach's. Skizze der Watt'schen Dampfmaschine für Rotationsbewegung, von Reichenbach in Soho aufgenommen 4
2. Militärische Tätigkeit.
 - Fig. 3. Skizze der Bohrmaschine für das K. K. Kanonenbohrhaus in Wien, 1821 10
 - Fig. 4. Skizze des K. K. Kanonenbohrhauses in Wien, 1821 11
 - Fig. 5. Das Reichenbach'sche gezogene Vorderlade-Geschütz mit Gefchoß 12
3. Erfindung der Teilmaschine.
4. Gründung und Entwicklung des mechanischen Instituts.
 - Fig. 6. Skizze vom 10. Juli 1800 zum „Eintheilungszirkel“ und zur „Regel zum Instrumententheilen“. Erste Entwürfe zur Kreiseinteilungsmaschine. Vgl. auch Fig. 75 15
 - Tafel II. Entwurf zur Kreiseinteilungsmaschine vom Oktober 1801. Nach der im Deutschen Museum befindlichen Handskizze von Reichenbach 16
 - Fig. 7. Schematische Darstellung der Kreiseinteilungsmaschine, aus Reichenbach's Aufsatz über die Erfindung feiner Kreiseinteilungsmethode in Gilbert's Annalen der Physik vom Jahre 1821 17
5. Reichenbach's geodätische und transportable astronomische Instrumente.
 - Fig. 8. Reichenbach'scher Theodolit mit 12zölligem Horizontalkreis von 1804. Typus der Reichenbach'schen Theodolite. Nach dem im Deutschen Museum befindlichen Original 25
 - Fig. 9. Ramsden's Theodolet, nach Adam's „Geometrical and graphical Essays“ 26
 - Fig. 10. Brander's Scheibeninstrument mit 10zölligem Horizontalkreis. Nach dem im Deutschen Museum befindlichen Original 27
 - Fig. 11. Ramsden's großer Theodolit, nach der Abbildung in der Philos. Transactions of London, 1790 28
 - Fig. 12. Reichenbach's 12zölliger Theodolit von 1804 im Maßstab des Ramsden'schen Instruments (Fig. 11) 28
 - Fig. 13. 10zölliger Borda-Kreis von Lenoir. Nach dem im deutschen Museum befindlichen Original 29
 - Fig. 14. 12zölliger Borda-Kreis von Reichenbach von 1813. Original auf der Sternwarte in Kiel 30
 - Tafel III. Brief von Reichenbach an Gauß, vom 8. Oktober 1811. Faksimile des im Gauß-Archiv der Göttinger Sternwarte befindlichen Originals 30
 - Fig. 15. Reichenbach's erster für Schiogg gebauter 18zölliger Vertikalkreis von 1804, nach dem im K. Bayr. Katasterbureau befindlichen Original 31
 - Fig. 16 u. 17. Reichenbach's Basisapparat und Meßkeil. Originale im Deutschen Museum 32
 - Fig. 18. Reichenbach's astronomischer Theodolit, 8zöllig, nach dem im Deutschen Museum befindlichen Original 34
 - Fig. 19. Reichenbach's Universalinstrument, 12zöllig, von 1812, Original auf der Sternwarte in Kiel 35
 - Fig. 20. Reichenbach's astronomischer Kreis (Vertikalkreis) auf Stativ, 9zöllig, Original auf der Sternwarte in Kiel 35
 - Fig. 21. Reichenbach's großer, 18zölliger, astronomischer Kreis auf Stativ, von 1819, Original (Schumachers Instrument) auf der Sternwarte in Kopenhagen 36
6. Reichenbach's große astronomische Instrumente.
 - Fig. 22. Ramsden's Altazimut vom Jahre 1793, nach Pearson's Introduction to practical astronomy 37
 - Fig. 23. Cary's Transit Circle von 1791, Bessel's Königsberger Instrument. Nach Pearson's practical astronomy. Original im Deutschen Museum 38
 - Fig. 24. Reichenbach's 36zölliger Vertikalkreis für Mannheim. Skizze von Reichenbach aus dem Jahre 1819 39
 - Tafel IV. Brief von Laplace an Reichenbach, von 10. Juli 1812. Original im Deutschen Museum 40
 - Fig. 25. Olaf Römer's „machina domestica“ von 1689, nach Horrebow's „Basis astronomiae“ 43
 - Fig. 26. Olaf Römer's „rota meridiana“ von 1704, nach Horrebow's „Basis astronomiae“ 43
 - Fig. 27. Einstellkreis zu Reichenbach's für Gauß angefertigtem Passageninstrument von 1819, nach Ambronn's Handbuch der Instrumentenkunde 45
 - Fig. 28. Skizze zu Reichenbach's Meridiankreis für Neapel (36zöllig), Handzeichnung vom Jahre 1814 47
 - Fig. 29. Chr. Scheiner's „Telescopium heliotropicum“ von 1618, als Typus der „deutschen Aufstellung“ eines Äquatorials 50
 - Fig. 30. Siffon's „Equatorial sector“ von 1700, als Typus der „englischen Aufstellung“ eines Äquatorials 50
 - Fig. 31. Reichenbach's Äquatorial „deutscher Aufstellung“ für Neapel. Handzeichnung vom Jahre 1814 51
 - Fig. 32. Kleines Äquatorial in „englischer Aufstellung“, nach Liebherr, um 1814 52
7. Die Solenleitung von Reichenhall nach Traunstein und Rosenheim. Reichenbach's doppelwirkende Wasserfäulenmaschinen.
 - Tafel V. Alter Vermessungsplan der Solenleitung zwischen Reichenhall und Inzell von Tobias Volkmer, vom Jahr 1616, nach dem im Deutschen Museum befindlichen, von der Generaldirektion der Berg-, Hütten- und Salinenwerke überlassenen Original 54
 - Tafel VI. Karte des Solenleitungsweges zwischen Reichenhall und Traunstein. Faksimiledruck nach einem alten Plane vom Jahr 1755 54
 - Fig. 33. Übersichtskarte der Solenleitung von Berchtesgaden bis Rosenheim 57
 - Fig. 34. Profil der Solenleitung von Berchtesgaden bis Traunstein 57
 - Fig. 35. J. v. Baader's Turmmaschine für den Hauptbrunnenschacht in Reichenhall, von 1807 62

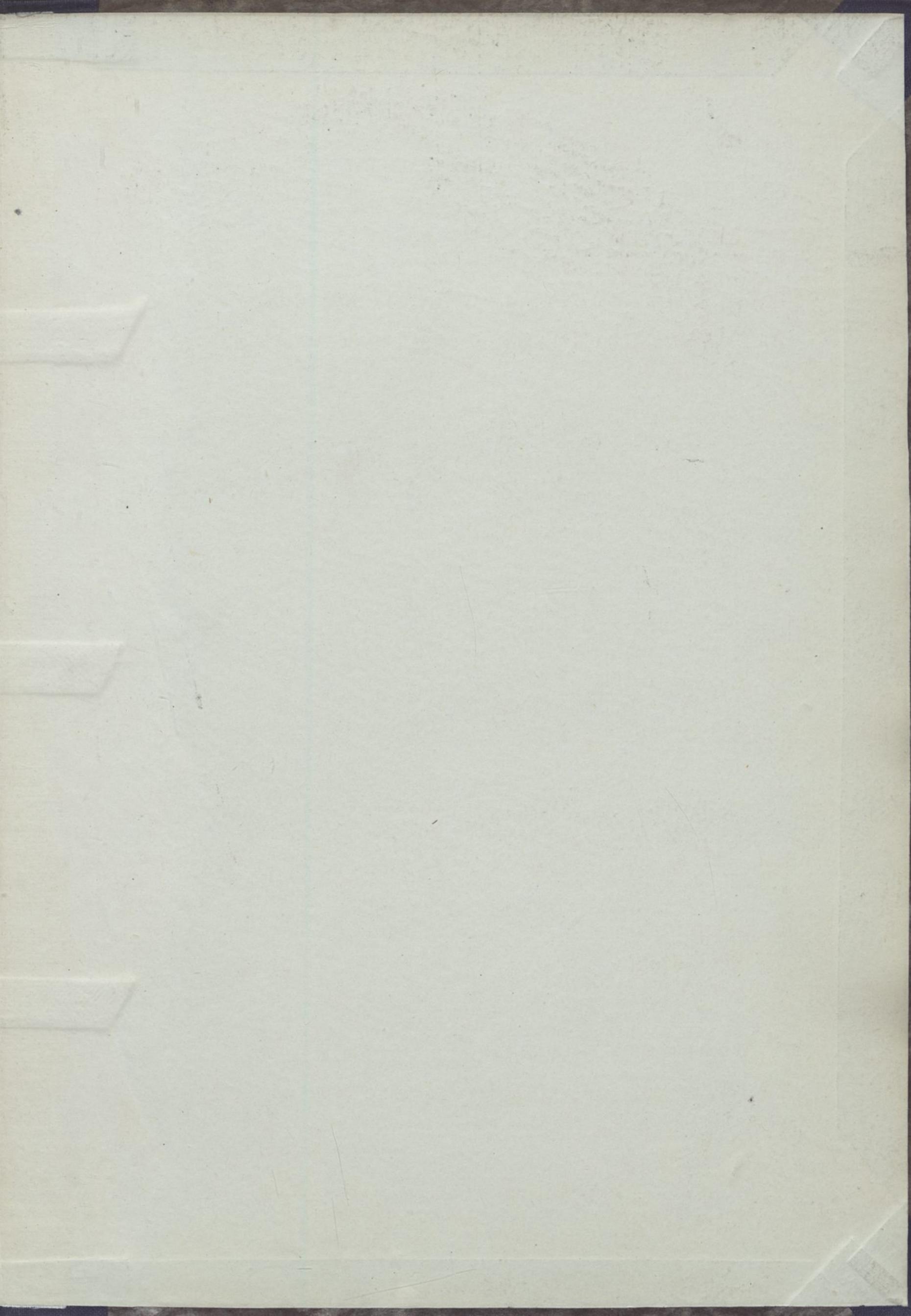
Fig. 36. Reichenbach's doppeltwirkende Wasserläulenmaschine, Typus I, von 1808	64
Fig. 37. " " " " " II, von 1810	65
Fig. 38. Detailkizzen zur Wasserläulenmaschine Typus II, nach Handzeichnungen von Reichenbach	67
Fig. 39 u. 40. Reichenbach's einfach wirkende Wasserläulenmaschine, Typus III, von 1816-1817; Aufriß der Maschine zu Ilfank; Skizze nach der im Deutschen Museum aufgestellten Maschine an der Pfisterleite	73
8. Die Solenleitung von Berchtesgaden nach Reichenhall. Reichenbach's einfachwirkende Wasserläulenmaschinen.	
Fig. 41. Gebläse für den Hochofen in Bergen, von 1816	75
Tafel VII. Brief von Utzschneider an Reichenbach, vom 24. Dezember 1817, Original im Deutschen Museum	78
Fig. 42. Reichenbach's Entwurf der Wasserläulenmaschine auf dem Tiefen Georg-Stollen zu Clausthal, von 1822	80
Fig. 43. Skizze zu den Wasserläulenmaschinen für Clausthal und Huelgoat von 1822	80
Fig. 44. Modell einer Wasserläulenmaschine für Rotationsbewegung für den Betrieb in der Amberger Gewerfabrik, von 1825, nach dem im Deutschen Museum befindlichen Original	81
9. Reichenbach's gußeiserne Röhrenbrücken.	
Fig. 45. Wyatt's Vorschlag zur Konstruktion gußeiserner Röhrenbrücken, von 1800	82
Fig. 46. Detail zu Reichenbach's Röhrenbogenbrücken, von 1809	83
Fig. 47. Entwurf zu einer Röhrenbogenbrücke von 150 Fuß Spannweite, von 1809	85
Fig. 48. Situationsplan der jetzt vom Deutschen Museum überbauten Insel, aus dem Jahre 1814, mit dem Grundriß der Ludwigsbrücke	87
Fig. 49. Reichenbach's Projekt zu einer eisernen Röhrenbrücke über die Ifar, von 1814	87
Fig. 50. Brücke nach Reichenbach's System über den Hammerstrom bei Peitz, von 1829	89
10. Reichenbach's Arbeiten über die Dampfmaschine.	
Fig. 51. Perspektivische Ansicht des Modells einer ortsfesten Dampfmaschine von 1812. Nach einer Originalzeichnung von Reichenbach. Modell im Deutschen Museum	94
Fig. 52. Grund- und Aufriß dieser Maschine. Nach den Originalplänen von Reichenbach	95
Fig. 53. Hahnsteuerung der Reichenbach'schen ortsfesten Dampfmaschine	96
Fig. 54. Reichenbach's Geradföhrung des obersten Punktes der Kolbenstange	97
Fig. 55. Diagramm für die durch die Injectionspumpe vermittelte Kraftausgleichung an der Kurbel des Schwungrades	98
Fig. 56. Kolben mit Metallliederung nach Reichenbach	99
Fig. 57. Wasserstandsregulator	100
Fig. 58. Dampfdiagramm	103
Fig. 59. Entwurf einer Zwillingsmaschine mit oszillierenden Zylindern und Rückkühler. Nach einer Skizze Reichenbach's von 1819	107
Fig. 60. Reichenbach's birnförmige Dampfkessel. Nach einer Skizze von 1816	107
Fig. 61. Hahnsteuerung für Reichenbach's erste transportable Hochdruckmaschine ohne Kondensation, mit oszillierendem Zylinder. Nach den Originalentwürfen Reichenbach's aus den Jahren 1814-1817	109
Fig. 62. Mufchelschiebersteuerung für die gleiche Maschine, Entwurf etwa von 1816	109
Fig. 63 u. 64. Zwei Ventilsteuerungen für eben diese Maschinen nach den Entwürfen von 1819	111
Fig. 65. Diagramm der Tangentialkräfte am Schwungrad einer Zwillingsmaschine zur Ausmittelung der Geschwindigkeitschwankungen des Schwungrades. Nach einer Skizze von 1819	112
Fig. 66. Dampfdiagramm	112
11. Reichenbach's weitere gemeinnützliche Arbeiten.	
Fig. 67. Reichenbach's „Wassermaschine“ für die Wasserversorgungs-Anlage der Stadt Augsburg von 1822. Nach den in Dingler's polytechnischem Journal 1822 veröffentlichten Plänen	114
Fig. 68. Marmor-Säge-Schleif- und Polier-Werk für die Marmorbrüche im Kreuther-Tal bei Tegernsee	116
Fig. 69. Skizze zur Aufstellung des Obeliskens auf dem Karolinenplatz in München, 1818	116
Fig. 70. Entwurf zu einer Gasbereitungsanstalt für die Beleuchtung der K. Residenz in München. Nach einem Plane Reichenbach's von 1818	117
Fig. 71. Alter Plan der K. Residenz in München mit der beabsichtigten Gasbeleuchtung der Höfe, von 1818	118
Fig. 72. Die verschiedenen in den Jahren 1802-1839 entstandenen Projekte zu einem Donau-Main-Kanal	119
Fig. 73. Skizzen von Reichenbach über die Verwendung des Arbeitsvermögens der Meereswogen zur Fortbewegung der Schiffe	123
Fig. 74. Reichenbach's Stromgeschwindigkeitsmesser, von 1823	124
12. Letzte Lebensjahre. Persönliche und familiäre Verhältnisse. Zusammenfassung.	
Tafel VIII. Medaille zur Erinnerung an die Eröffnung der Berchtesgadener Solenleitung durch König Max-Joseph I. 1817	128
Denkmünze, dem Gedächtnis an Fraunhofer und Reichenbach gewidmet von König Ludwig I. 1826	128
Zusätze und literarische Notizen.	
Fig. 75. Skizzen zur Kreiseinteilungsmaschine aus den Jahren 1801 und 1803	133

Für die sorgfältige Herstellung der Figuren bin ich dem unter Leitung von Herrn Ingenieur SCHIERMANN stehenden Zeichenbureau des Deutschen Museums wie Herrn Lehrer HELMRICHS und stud. RIEGER der Technischen Hochschule München zu ganz besonderem Danke verpflichtet.

INHALT.

1. Jugendjahre. Erste mechanische Versuche. Aufenthalt in England.	
Die väterliche Werkstatt und die Sternwarte Barry's in Mannheim	1
Aufenthalt in Soho, 1791, Skizze und Beschreibung der Watt'schen Dampfmaschine . . .	2
Weitere Studien in England 1791-1793	6
2. Militärische Tätigkeit.	
Die beiden Reichenbach, Vater und Sohn, als Leiter der churfürstl. Militärwerkstätten .	7
Kriegsjahre, Belagerung von Mannheim	8
Errichtung der Gewehrfabrik in Amberg 1801, des Gieß- und Bohrhauses in Augsburg, 1806, des Kanonenbohrhauses in Wien, 1821	9
Konstruktion eines gezogenen Vorderlade-Geschützes, 1809. Prinzip der Geschossexpansion	10
3. Erfindung der Teilmaschine.	
Erste Entwürfe aus den Jahren 1800 und 1801. Beschreibung der Maschine	13
4. Gründung und Entwicklung des mechanischen Instituts.	
Das mathematisch-mechanische Institut von Reichenbach, Utzschneider und Liebherr, 1804	19
Die optische Anstalt von Utzschneider, Reichenbach und Fraunhofer, 1809	20
Trennung der Institute. Das Institut von Reichenbach und Ertel, 1814	21
Reichenbach'sche Werkstatt am k. k. polytechnischen Institut in Wien, 1818	22
5. Reichenbach's geodätische und transportable astronomische Instrumente.	
Die topographische Landesaufnahme von Südbayern, 1801-1804	23
Die ersten terrestrischen (Horizontal-) und astronomischen (Vertikal-) Kreise Reichenbach's	24
Der für Schiëgg gebaute terrestrische Kreis, 1804, als Typus der Reichenbach'schen Theodolite	24
Vergleiche mit früheren Konstruktionen: Ramsden's Theodolet, Brander's Scheibeninstrument, großer Theodolit von Ramsden	26
Borda-Kreise: Tobias Mayer's Rezipiangel, Bordakreise von Lenoir und von Reichenbach	29
Der erste für Schiëgg gebaute Vertikalkreis mit fester Säule, 1804	31
Reichenbach's Basisapparat u. Meßkeil, 1807; Entfernungsmesser von Brander u. Reichenbach	32
Die Weiterbildung der geodätischen und astronomischen Instrumente durch Reichenbach	34
Astronomischer Theodolit. Universalinstrument. Großer astronomischer Multiplikationskreis	34
6. Reichenbach's große astronomische Instrumente.	
Die großen Repetitionskreise mit fester Säule	37
Ältere Formen: Ramsden's Altazimut, Cary's Transit circle, Bohnenberger's Repet.-Kreis	37
Reichenbach's große astronomische Kreise mit feststehender Säule, 1809-1814	38
Der große Pariser Vertikal-Kreis für Laplace und der Mannheimer Kreis, 1811	39
Reichenbach's Passagen-Instrumente und Meridiankreise	42
Ältere Instrumente: Olaf Römer's rota meridiana und machina domestica, Ramsden's Vollkreise, Repfold's Passageninstrument für das Hamburger Observatorium	42
Passageninstrument mit Einstellkreisen für Göttingen (Gauß), Meridiankreise für Neapel (Piazzi, Brioscchi), Göttingen (Gauß), Königsberg (Bessel) und München (Soldner), 1819	45
Biegung der Speichen an Kreis und Alhidade. Bessel's Prüfung der Teilungen, 1819, 1821	47
Reichenbach's Äquatoriale	50
Ältere Instrumente: Grienberger's machina aequatorialis, Scheiner's Telescopium heliotropicum, O. Römer's machina aequatorea als Vorbilder der „deutschen Aufstellung“;	
Sisson's aequatorial Sector als Typus der „englischen Aufstellung“	50
Reichenbach's Äquatoriale mit „englischer Aufstellung“ für Neapel und Ofen, 1814 . . .	51
Fraunhofer's großer Refraktor für die Sternwarte in Dorpat, 1824, mit deutscher Aufstellung.	
Heliometer und kleinere Äquatoriale auf tragbarem Stativ, 1812	51
7. Die Solenleitung von Reichenhall nach Traunstein und Rosenheim. Reichenbach's doppelwirkende Wasserfäulenmaschinen.	
Vorgeschichte der Berchtesgadener und Reichenhaller Solenleitung von 1559-1800 . . .	52
Wiederaufnahme der Pläne unter Kurfürst Max-Joseph, Übertragung des Baues an das Reichenbach'sche Institut und an Salinenrat Baader, 1807	56
Beschreibung der Maschinen von Höll. Baader's „Thurmmaschine“	58
Reichenbach's doppelwirkende Wasserfäulenmaschinen, Typus I und II, 1808, 1810 . . .	63
Berechnungen zur großen Wasserfäulenmaschine, Typus II	66
Reichenbach's Arbeitsmaschinen, 1809	69

8. Die Solenleitung von Berchtesgaden nach Reichenhall. Reichenbach's einfachwirkende Wasserfäulenmaschinen.	
Der durch die territorialen Verhältnisse bedingte Weg der Solenleitung	71
Reichenbach's einfachwirkende Wasserfäulenmaschinen, Typus III, 1816, 1817	72
Schwierigkeiten beim Bau der Leitung. Die gußeisernen Leitungsröhren. Umbau des Hochofens in Bergen	75
Eröffnung der neuen Solenleitung, 20. Dezember 1817	77
Kritik der Reichenbach'schen Maschinen	78
Die Wasserfäulenmaschinen zu Clausthal und Huelgoat, 1822	79
Modell einer Wasserfäulenmaschine für Rotationsbewegung zum Gewerbebetrieb, 1825	81
9. Reichenbach's gußeiserne Röhrenbrücken.	
Wyatt's Vorschläge zu gußeisernen Röhrenbrücken	82
Reichenbach's Theorie der Brückenbögen und Vorschläge zu eisernen Brücken, 1809	82
Methoden für die Bestimmung der Zugfestigkeit eines Materials (Zerreißprobe). Versuche über die Wärmeausdehnung. Kostenberechnungen. Formerey gußeiserner Röhren	84
Project einer eisernen Röhrenbrücke über die Isar bei München vom Jahre 1814	86
Ausgeführte Bogenbrücken nach Reichenbach's System. Straßenbrücken bei Braunfchweig und Peitz. Weiterbildung des Systems durch Polonceau. Hängebrücke bei Mehadia in Ungarn	88
10. Reichenbach's Arbeiten über die Dampfmaschine.	
1. Die ersten Modelle Reichenbach's zu einer ortsfesten Dampfmaschine, 1803-1809	90
Auszüge aus älteren Papieren vom Salinenrat v. Reichenbach über die Dampfmaschine: Beschreibung einer ortsfesten Dampfmaschine mit Kondensation, 1815, 1816	91
Kurz gefaßte Geschichte der Dampfmaschine	91
Die stabile Dampfmaschine als Hauptmaschine zu größerem Gebrauch	93
Beschreibung einzelner von Reichenbach angebrachter Verbesserungen der Dampfmaschine: Steuerung mit der konischen Pippe. Gerade Führung des obersten Punktes der Kolbenfange. Anwendung der Injectionspumpe zur Kraftausgleichung. Beschreibung eines Kolbens mit Metall-liederung. Versuche. Wasserstandsregulator	96
2. Reichenbach's Entwürfe zu einer transportablen Hochdruckdampfmaschine mit oszillierendem Zylinder, für Straßenverkehr und Werkfahrbetrieb. Entwurf einer Zwillingsmaschine	100
Denkschrift an die k. Akademie der Wissenschaften: Zeugenschaft über eine neu erfundene Dampfmaschine. Hauptprinzipien der Maschine, 1816	101
Baaders Kritik über Reichenbach's Verbesserungen der Dampfmaschine	104
Überficht über Reichenbach's Konstruktionen	106
Beschreibung der Steuerungen zu Reichenbach's oszillierenden Maschinen, 1814-1819	108
Diagramm der Geschwindigkeitschwankungen des Schwungrades einer Zwillingsmaschine	110
11. Reichenbach's weitere gemeinnützliche Arbeiten.	
Wasserwerke der Stadt Augsburg, 1821	114
Kleinere Anlagen und Projekte: Wasserwerke für München. Entwässerungsanlagen im Pinzgau. Marmor-Säge-Schleif- und Polier-Werk in Tegernsee. Aufstellung des Obelisken auf dem Karolinenplatz in München, 1813-1818	115
Entwurf zur Einführung der Gasbeleuchtung in der k. Residenz, 1818	117
Reichenbach's Projekt zum Donau-Mainkanal, 1819	118
Bemerkungen und Gedanken zur Schifffahrt	121
Verschiedene technisch-wissenschaftliche Versuche. Stromgeschwindigkeitsmesser, 1819	124
Entwurf zur Organisation einer polytechnischen Schule in München 1824	125
12. Letzte Lebensjahre. Persönliche und familiäre Verhältnisse. Zusammenfassung.	128
Zufätze und literarische Notizen.	
Lebensbeschreibungen auf Georg von Reichenbach	132
Zufätze und literarische Notizen zu den einzelnen Abschnitten	132
Vergleichende Zusammenstellung der im Text gebrauchten alten Maße	135
Literarische Veröffentlichungen von Georg von Reichenbach	136
Überficht über die im Deutschen Museum befindlichen Instrumente, Maschinen, Modelle und Urkunden von Georg von Reichenbach	136
Verzeichnis der Abbildungen	137
Inhaltsverzeichnis	139





BIBLIOTEKA GŁÓWNA

349909L | 1