

VORWORT ZUR VIERTEN AUFLAGE.

Mein Handbuch tritt in der vorliegenden Auflage in seinem wesentlichen Theile umgearbeitet vor das technische Publikum. Der erste Abschnitt, von der Festigkeit der Materialien handelnd, hat einige wichtige Zusätze erhalten; vor allem einen solchen bei der Besprechung der Festigkeit der Gefäßwände, wo die Aufzug- oder „Zwängungs“-Ringe behandelt werden, sodann einen solchen bei den Federn. Nur wenig erweitert ist der zweite Abschnitt, dagegen vollständig neu geordnet und ganz beträchtlich vermehrt der dritte.

Hinsichtlich der Reihenfolge der Kapitel bin ich nach den Grundsätzen verfahren, zu welchen die in meiner „Theoretischen Kinematik“ angestellten Untersuchungen der Maschinenelemente geführt haben. Diesen Grundsätzen zufolge stehen diejenigen Maschinenelemente, welche ich kinematisch als „starre“ zusammengefasst, voran; ihnen folgen dann die sogenannten bildsamen Elemente. Begonnen wird mit den verbindenden Maschinentheilen, d. i. solchen, welche gegenseitige Beweglichkeit zu verhindern bestimmt sind; sodann wird zu denjenigen übergegangen, welche die relative Beweglichkeit ermöglichen sollen. In der Behandlung selbst habe ich festgehalten, dass im Text auf die kinematischen Theorien als solche nicht einzugehen sein möchte. Sachlich ist

denselben gefolgt, die Terminologie aber nicht angewandt worden, um die Benutzung des Buches nicht denjenigen zu erschweren, welche vorerst doch ihr Hauptaugenmerk auf Formen, Einzelheiten der Zusammensetzung und die Ermittlung der Abmessungen richten müssen, während ihnen der ursächliche Zusammenhang der Bewegungen nur bis zu einem geringen Grade von Wichtigkeit ist. Wird dieser Zusammenhang nur kurz erörtert oder als genügend bekannt vorausgesetzt, so lassen sich die Aufgaben in ganz befriedigender Weise lösen. Diese Weglassung der kinematischen Theorien hat an einzelnen Stellen Umschreibungen erfordert, um dem zu Grunde liegenden allgemeineren Prinzipie treu zu bleiben, indessen hoffe ich, dass diese nicht stören werden. Nur in vereinzelten Anmerkungen sind unmittelbare Hinweise auf kinematische Sätze gegeben.

Dem ausserordentlich regen Fortschritt des Maschinenbaues habe ich durch die Behandlungsweise der Details zu entsprechen mich bestrebt. Hindernd tritt hierbei freilich die nothwendige Raumbeschränkung, die das Handbuch fordert, entgegen. Ein förmliches Lehrbuch darf ja letzteres nicht werden, und dennoch haben sich die Fragen, selbst bei recht einfach scheinenden Gegenständen, so gehäuft, dass nur mit Mühe die Knappheit der Erörterung festgehalten werden kann. Weit mehr als in früheren Auflagen bin ich allgemein, den Winken der Kritik entsprechend, auf die Reibungsverhältnisse eingegangen. In dieser Beziehung, wie in vielen anderen, habe ich erst jetzt in diesem Buche nachholen können, was ich in meinen Vorlesungen meinen Zuhörern schon längere Zeit vorführte. In einer Reihe von Fällen haben Erweiterungen insofern stattgefunden, als die Schiffmaschine hinsichtlich ihrer Details mehr in den Vordergrund getreten ist. Einestheils ist der Schiffmaschinenbau bereits sehr lebhaft bei uns geworden, und wird es wohl noch in bedeutenderem Maasse werden. Anderntheils sind wieder die Rückschlüsse ungemein lehrreich, welche von den dort zur Anwendung kommenden Details gemacht werden dürfen. Die Komplikation des Baues hat an diesem Punkte bedeutend zugenommen, was, um es sofort hinzuzufügen, nur ein

Beweis ist für die gesteigerte Zuverlässigkeit des Detailbaues. Dass eine Schiffschraube heutzutage aus 180, 200 bis 230 und mehr Theilen zusammengesetzt wird*) und so haltbar ist, dass trotz der gewaltigen Beanspruchung solch ein Bauwerk eine Million und mehr Umdrehungen macht, und mit ihm die ganze komplizierte Dampfmaschine, ohne dass ein Rasten von einer Minute stattfindet, legt Zeugnis ab von einer Tüchtigkeit des Detailbaues, wie sie früher kaum erhofft wurde. Dafür haben wir allerdings auch eine ausserordentliche Vermehrung der Schraubensicherungen, Keilsicherungen u. s. w. — man hat die von mir in der dritten Auflage dieses Buches vorgeschlagene Bezeichnung „Sicherungen“ jetzt allgemein angenommen — entstehen sehen und der Maschinenbau hat sich überhaupt veranlasst gesehen, dem Detail eine gesteigerte Aufmerksamkeit zu widmen. Diese muss nothwendig sich in den Hilfsbüchern des Maschinenerbauers widerspiegeln.

Die Nichtbeachtung der Theilvermehrung ist bei den Amerikanern nicht so stark als bei uns. Sie bekunden ein ausgesprochenes Streben nach Herabziehung der Theilzahl. Man vergleiche in dieser Beziehung das deutsche und das amerikanische Normallager Fig. 327 und 328 und manche andere Fälle, wo sich das Bestreben zeigt, mit möglichst wenig Gussstücken, wenig Schrauben u. s. w. auszukommen. Uebrigens sind es dennoch die Amerikaner gewesen, welche, von ihren älteren Daumensteuerungen ausgehend, uns die beträchtliche Theilvermehrung in die Dampfmaschinensteuerungen gebracht haben, die jetzt an der Tagesordnung ist.

Manche der Figuren des Buches sind neu gezeichnet, viele ganz neue hinzugefügt worden. Bei denselben habe ich eine helle Schraffirung und Schattirung angewandt, ungefähr diejenige, welche das kaiserliche Patentamt für die ihm einzureichenden Patentzeichnungen, im Einklang mit dem von den Amerikanern eingehaltenen System, fordert. Hoffentlich wird der Gegensatz zwischen den alten und den neuen Figuren nicht zu sehr störend empfunden.

*) Auf dem Agincourt hat die Schraube 232, auf dem Minotaur 237 Theile.

Eine andere Aeusserlichkeit ist die, dass ich bei Beispielen zu Zahlen- und Buchstabenrechnungen die Quotienten nicht mehr in Bruchform, sondern unter Anwendung des Divisionszeichens geschrieben habe. Man wolle die kleine Unbequemlichkeit beim Lesen hingehen lassen für den in der That beträchtlichen Raumgewinn, der dadurch erzielt worden ist.

Für überaus werthvolle Mittheilungen habe ich Behörden, Fabrikanten und Ingenieuren hier den besten Dank zu sagen und hoffe auch für die Folge auf ihre freundliche Unterstützung, um so mehr als die Vielseitigkeit der zu bearbeitenden Materie nur stets im Zunehmen begriffen ist.

Berlin, im Februar 1882.

Der Verfasser.

VORREDE ZUR VIERTEN AUFLAGE

UND

VIERTEN LIEFERUNG.

Ganz bedeutend später, als ich gehofft, ist es mir möglich geworden, meinen Lesern den „Konstrukteur“ in vierter Auflage fertig vorzulegen. Ich bitte deshalb sehr um Entschuldigung, habe aber zur Erklärung die übergrossen Schwierigkeiten anzuführen, welche die Um- und Neubearbeitung der grösseren Hälfte des Buches darbot. Wie schon in dem vorstehenden Vorwort zur ersten Lieferung angegeben, hatte ich mich entschlossen, dem Stoff eine neue Anordnung, gestützt auf die Kinematik, zu geben. Es war aber nicht bloss diese Neuordnung, was verzögernd einwirkte, sondern der Umstand, dass ihr zufolge mehr als zur Hälfte der Inhalt gleichsam neu zu schaffen war. An einzelnen Stellen fehlte soviel wie alles, um der Aufgabe, die ich mir in jenem Entschluss selbst gestellt: ein streng wissenschaftlich aufgebautes und wohlgefügt Ganzes vorzulegen, gerecht werden zu können; es fehlte weit mehr als ich selbst erwartet hatte; dazu kam, dass der Erfindungsgeist in den letzten Jahren schneller als je und rastloser als je geschafft hat, und so reichte ich denn mit dem mir gestellten Zeitmaass nicht aus; die Unvollkommenheiten und Mängel, welche deshalb meiner Arbeit, allen Anstrengungen zum Trotz, anhaften geblieben sind, werden zugleich darin hoffentlich einige Entschuldigung finden.

So hatte ich, um die eingreifendste Neuerung zuerst zu besprechen, die Darstellung der Gesperrwerke, die sich bei näherer

Betrachtung als die wichtigsten von allen Getrieben erweisen, von Grund aus neu erst zu gestalten; für ihre einheitliche Behandlung war soviel wie gar kein Vorgang vorhanden. Es war völlig unbemerkt geblieben, dass in den Getrieben, in welchen Sperrad und Klinke eine Rolle spielen, überaus wichtige und formenreiche Probleme steckten. Man hatte überhaupt gar nicht recht gewusst, wohin mit diesen Gesperren. Zwar wurde gelegentlich ihrer gedacht bei den Aufzugsmaschinen, etwas eingehender bei einigen Schaltwerken, aber nirgend mit Prüfung auf etwaige allgemeine Eigenschaften. Die Schlösser, trotz ihrer ungeheuren Verbreitung und trotz ihrem, oft hoch gehäuften erfinderischen Scharfsinn, hatten keine Unterkunft; sie waren, wie durch Zufall, in die Technologie hineingerathen und hatten dort von Prechtl bis zu Karmarsch und seinen Nachfolgern eine zwar sehr liebevolle, aber technologisch nicht begründbare Aufnahme gefunden. Die Gewehrschlösser sodann, zwar mit demselben Grundwort bezeichnet, wie die Thürschlösser, aber von denselben stark verschieden, hatten gar keinen Platz gefunden; sie wurden überall „abgeschoben“. Wie oft hat man gesagt und betont, dass in den modernen Gewehren und Kanonen dem Soldaten ausgezeichnete Maschinen in die Hand gegeben seien, aber ein Plätzchen, ihr Haupt hinzulegen, fanden diese Maschinen nicht, nicht in der Maschinenlehre, Konstruktionslehre, angewandten Mechanik, Technologie, oder wo immer. Sie fanden kein theoretisches, nur ein Fachunterkommen; in §. 252 ist gezeigt, wie sie einer grossen und wichtigen Getriebsklasse, die ich Spannwerke genannt, zugehören und fest in die Gliederung der Gesperrwerkstheorie hineinpassen. Dass ferner die Fangvorrichtungen der Förderkörbe nichts als Gesperrwerke sind — Fangwerke habe ich die Klasse genannt — hatte man gänzlich übersehen; Bücher sind darüber geschrieben, Preisaufgaben gelöst und nicht gelöst, aber dieser wichtige gemeinsame Grundgedanke nicht bemerkt worden. Die Uhrhemmungen endlich, diese schob man hin und her, dann in die Maschinenlehre (nicht mit Unrecht), dann in die Kinematik, dann in die angewandte Mechanik, dann wieder in blosse Fachschriften, wo ihr allgemeiner Charakter völlig verloren ging; es

war beinahe gänzlich der Beachtung entgangen, dass und wie sehr sie Gesperrwerke waren; sie haben demzufolge hier in §. 258 die ihnen zukommende Stelle gefunden. Haben darüber vielleicht manche meiner verehrten Leser beim Durchsehen der zweiten Lieferung etwas den Kopf geschüttelt, so habe ich das einige Jahre hindurch hinnehmen müssen. Jetzt aber, wo die vierte Lieferung zeigt, dass die Kolbendampfmaschine in ihren Hauptformen ganz genau nach dem Grundsatz der Hemmwerke der Uhren arbeitet (vergl. S. 927), dass der „Muschelschieber“ der Dampfmaschine und der „Anker“ des Uhrwerks ihrer Bestimmung und Wirkung nach identisch zu nennen sind (vergl. S. 932 und viele andere Stellen, so auch §. 324), werden die Zweifler erkennen, dass es geradezu unerlässlich war, den grundlegenden Mechanismus vorher zu behandeln; sie werden bei näherer Prüfung dann auch finden, dass ich mich immerhin bei den Uhrhemmungen durchaus der Kürze befeissigt habe. Diese Einsicht wird noch verstärkt werden, wenn sie bemerken, wie u. a. die Rohrpost, die Kanalschleuse, und zwar die alte sowohl, als die neue Trogschleuse, der Wasserkran, zahlreiche andere hydraulische Aufzüge, die hydraulische Nietmaschine, vielerlei Pressen, dann auch die ganze wunderliche Schar der modernen Dampfmaschinen ohne Drehung, u. s. w. u. s. w. alles Hemmwerke sind, Hemmwerke, ebenso treffend so zu nennen, wie diejenigen der Uhren. Alle die genannten Maschinen und noch andere mehr ordnen sich wie nach Regel und Richtschnur unter diesen gemeinsamen, Aufklärung verschaffenden Gesichtspunkt.

Ganz begreiflich, weil theoretisch begründet, erscheint es, wenn in Grubenbezirken die Umwohner einer Wasserhaltungsmaschine nach deren Auspuffungen die Zeit messen: die betreffende Dampfmaschine hat eben, theoretisch betrachtet, die Einrichtung einer Uhr. Noch mehr: es ist nach meiner Ueberzeugung nicht ein blosser Zufall, dass ganz dasselbe vorige Jahrhundert, welches die delikaten Uhrhemmungen zeitigte, auch die Dampfmaschine — wie langsam! — entwickelt hat, da der Uhr wie der Dampfmaschine ein Hemmwerk zu Grunde liegt, in der Uhr ein Präzisionshemmwerk, in der Dampfmaschine ein Kraft-

hemmwerk*), aber beides Hemmwerke, theoretisch, dem Gedanken nach, beide dieselbe Aufgabe lösend. Wie nahe stand die Dampfmaschine, und wie viel näher noch steht ihre Verwandte, die Wassersäulenmaschine, der Wasserpumpe, die, wie ich gezeigt habe, ein Schaltwerk ist (s. §. 319). Aber vom Schaltwerk zum Hemmwerk war ein weiter, weiter Weg! Beide unterscheiden sich bei Wasserpumpe und Wassersäulenmaschine nur durch andere Bewegung ihrer Ventile**) — und doch brauchte der menschliche Erfindungsgeist gegen zwei Jahrtausende, diesen scheinbar kleinen Schritt auszuführen (vergl. §. 325). Um so wichtiger aber war es ohne Zweifel, diesen Zusammenhang klar darzulegen.

Eine ganz eigenthümliche, verlassene Stellung nehmen gewisse neuere Steuerungsvorrichtungen von Maschinen ein, die nur ab und zu in Bewegung und dann wieder in Stillstand zu versetzen sind. Sie haben u. a. eine Menge Anwendungen für den Betrieb der Steuerruder durch Maschinenkraft gefunden; auch sind sie es, welche das erstaunliche Problem lösen, den Fischtorpedo in ganz bestimmter Tauchungstiefe zu leiten. Deutlicher als vielfach anderswo zeigte sich hier eine beunruhigende Lücke in unseren theoretischen Anschauungen, da diese mit den betreffenden Mechanismen nichts Rechtes zu machen wussten. Ich habe hier gezeigt, dass diese Mechanismen Hemmwerke sind, und zwar solche von einer bestimmten Art, die ich Stellhemmungen genannt habe. Stellhemmungen für starre Klinken und Räder sind §: 259, solche für Kolben und Flüssigkeiten §. 329 und 330 besprochen, wo sich denn auch, in einfacher logischer Entwicklung, der Name „Stellsteuerungen“ ergab.

Ist so das Kapitel von den Gesperren ein völlig neues, und schliessen sich ihm weiterhin zahlreiche Folgerungen als Neuheiten an, so haben doch auch die schon früher im „Konstruk-

*) In meiner Theoretischen Kinematik hatte ich die Kolbendampfmaschine als rückläufiges Schaltwerk bezeichnet und behandelt, eine Auffassung, welche ich inzwischen als nicht zutreffend erkannt und deshalb durch die angeführte streng richtige ersetzt habe.

**) Vergl. das Gegendampfgeben bei der Lokomotive.

teur“ behandelten Elemente vielfache Bereicherungen und auch Umarbeitungen erfahren. Ich verweise dieserhalb theils auf das Vorwort, theils erwähne ich in Kürze: die Gewindesysteme in Kap. IV, die Drucklager für Schraubendampfer, die Säulen, die Wellen nebst zugehörigem Nachtrag in §. 351, die Kupplungen, die bedeutend erweitert vorgetragenen Reibungsräder; bei den Zahnradern das fast unscheinbare, aber ungemein wichtige „Grundgesetz der Bewegungsübertragung“ (S. 156), die „Pfeilräder“ (S. 566) und die „Globoidräder“ (S. 569 ff.), sodann auch die Vergleichenungen bezüglich der baulichen Grösse von Zahnradern (S. 579 und 581). An die Zahnradern schliessen sich in strenger Folgerichtigkeit die Gesperre an, indem diese, wie §. 246 gezeigt ist, als besondere Fälle der Zahnradern anzusehen sind.

Hier hat das Buch einen Ruhepunkt, indem es zu einer neuen Gattung von Elementen, den Zugorganen, wie ich sie genannt habe, übergeht (Kap. XIX bis XXII). Während die vorher besprochenen Elemente sämtlich starre Körper anzunähern bestimmt sind, weshalb ich sie starre Elemente nennen darf, haben die nächstfolgenden die Eigenschaft, wesentlich nur Zugkräften widerstehen zu können; es sind die Schnüre, Seile, Drähte, Bänder, Gurten, Riemen, Ketten und Aehnliches. Es ist zunächst in §. 262 gezeigt, dass sie im Zusammenwirken mit anderen Maschinenelementen in drei unterscheidbaren Verwendungen vorkommen: zum „Leiten“, „Wickeln“ und „Treiben“. Eine von S. 690 bis 716 gegebene Uebersicht unseres wichtigsten Besitzes auf diesem Gebiete führt dies näher aus und zeigt zugleich, dass unser Besitzstand hier viel grösser ist, als Viele erwartet haben möchten. Die deutliche Trennung der „Leitung“ von der „Treibung“ führt u. a. auch dazu (S. 715), den sogenannten „Differenzialflaschenzug“ einfacher als „Treibflaschenzug“ von dem alten, der sich als „Leitungsflaschenzug“ zu erkennen gibt, zu unterscheiden. §. 263 zeigt schliesslich die wichtigsten umgestaltenden, technologischen Wirkungen der Zugorgane auf.

Bei Besprechung der „Seilreibung“ (§. 264) habe ich gesucht, durch einen Proportionsriss die immerhin nicht auf flacher Hand liegenden Beziehungen, um die es sich hier handelt, anschaulich

zu machen. Von der Seilsteifigkeit habe ich (in einer Anmerkung) meine von der üblichen abweichende Anschauung dargelegt (§. 268). Bei den Ketten habe ich der Treibung mittelst der bisher sogenannten Nüsse, die ich Muldentrommeln zu nennen vorschlage, sowie auch der Kettenschleppschiffahrt gedacht.

In dem nunmehr folgenden Kapitel vom Riementrieb ist eine mir sehr wichtig scheinende Neuerung, diejenige von der „spezifischen Leistung“ von mir eingeführt worden. Sie erleichtert die Berechnung von Riementrieb, Seiltrieb, auch Wassertrieb, selbst Wellentrieb (vergl. §. 349 und 351) ungemein und gibt vergleichende Ueberblicke, welche meines Wissens neu sind.

Es folgen Hanfseiltrieb, Baumwollseiltrieb und Drahtseiltrieb, erstere beiden im Buche ganz neu, letztere ganz beträchtlich gegen früher erweitert. Durch Einführung der „Medianhöhe“ der Seilsenkungen gelang es, letztere weit übersichtlicher als früher darzustellen (vergl. Proportionsriss S. 798), auch eine zeichnerische Ermittlung der Senkhöhen angeben zu können (S. 800). Der schiefe Seiltrieb, früher nur annähernd, und wie sich gezeigt hat, für grössere Rollenstände unzureichend behandelt, ist jetzt genau durchgeführt (unter Beibehaltung der Parabel als Seilkurve) und an grösseren Beispielen erläutert. Dies geschah auch im Hinblick auf die zunehmende Ueberspannung von Thälern mit Seilbahnen und Telegraphenkabeln.

Weiterhin schliesst sich dann der von mir vorgeschlagene Kreisseiltrieb an (§. 301). Derselbe bietet grosse Vortheile gegenüber dem bisherigen, Linientrieb zu nennenden Seiltrieb und hat rasch Boden gewonnen, sowohl in Deutschland, Oesterreich, der Schweiz, als auch namentlich in Nordamerika, worüber ich mir anderwärts zu berichten vorbehalte.

Bei den Kettentrieben ist auf zahlreiche und treffliche Anwendungen im Grubenbetrieb, in Deutschland wie im Auslande, hingewiesen. Angereicht sind hier (§. 305 bis 307) die Bremsen, womit zu einem zweiten Ruhepunkt des Buches gelangt ist.

Gleichsam die dritte Gruppe der Maschinenelemente bilden nämlich die Druckkraft- oder Druckorgane, zu denen nun übergegangen wird, Kap. XXIII bis XXVI. Sie stehen den „Zug-

organen“ gegenüber, indem sie wesentlich oder überwiegend nur Druckkräften zu widerstehen vermögen, und sind in erster Linie die Flüssigkeiten, tropfbare wie gasförmige, in zweiter dann auch körnige Stoffe und dergl. (vergl. §. 308).

Indem ich diese Elemente hier in ein für die Praxis bestimmtes Handbuch einführe, weiche ich von der bisherigen Uebung zwar sehr ab, glaube aber doch, dass man mir bald zustimmen und meine Ueberzeugung theilen werde, dass es sich hier um einen wesentlichen, in der theoretischen Auffassung der Maschine nothwendigen Schritt handelt (vergl. S. 897). Die Druckorgane dienen uns in Maschinen so gut wie andere zur Uebertragung von Bewegung und Kraft; wir erzwingen mit ihnen und durch sie Bewegungen in bestimmten Bahnen und auch mit bestimmten Geschwindigkeiten ganz so gut wie wir es mit starren Elementen thun; ja, wenn wir näher zusehen, finden wir, dass uns die Druckorgane geradezu am allermeisten und zu den wichtigsten Zwecken der Bewegungserzwingung dienen (Dampf- und Wassermotoren); sie verdienen deshalb sicherlich, als Elemente angesehen zu werden. Wie sehr aber das Verständniss der Maschine dadurch erleichtert wird, das zeigt, wie ich glaube, eben der ganze vorliegende letzte Theil meines Buches.

Mit dem Schritt den ich hier thue, übertrage ich in die Konstruktionslehre ein Verfahren, welches ich in meinen Vorlesungen über Kinematik seit mehr als einem Vierteljahrhundert bereits grundsätzlich und vollständig angewandt habe; meinen unmittelbaren Zuhörern ist er deshalb nichts Neues. Durch die Veröffentlichung in meiner Theoretischen Kinematik vor vollauf vierzehn Jahren ist mein Gedankengang auch grösseren wissenschaftlichen Kreisen dargelegt worden. Ein Anderes ist die Ueberführung ins praktische Handbuch, bei dessen Lesern ich die Bekanntschaft mit dem genannten theoretischen Werke im allgemeinen nicht voraussetzen darf. Dies legt mir die Verpflichtung auf, hier meinen geehrten Lesern in aller Kürze den Hauptinhalt meiner kinematischen Lehrsätze vorzuführen.

*

*

*

Die Bewegungen und ihr ursächlicher Zusammenhang bilden das Gebiet der wissenschaftlichen Mechanik; dieser gehören demnach die Bewegungsprobleme der Maschine an. Die in letzterer stattfindenden Bewegungen unterscheiden sich aber von den übrigen dadurch, dass sie in einer voraus bestimmten, von der körperlichen Zusammensetzung der Maschine abhängigen Weise vor sich gehen, trotzdem dass Kräfte in der Maschine auftreten, welche die genannten Bewegungen aufs mannigfachste abzuändern ausreichen würden. Nach den Gesetzen der diese merkwürdige Folge habenden Bildungsweise der Maschine hat man vor etwa einem Jahrhundert wissenschaftlich zu forschen begonnen [12]*), ist indessen lange Zeit hindurch, obwohl man stets Fortschritte machte, nicht bis zu ihnen vorgedrungen [12 bis 26]. Ich habe diese Gesetze 1862 nachgewiesen und seitdem meinen bezüglichen Vorlesungen zu Grunde gelegt; 1864 habe ich sie vor der Schweizerischen Naturforscherversammlung und deren deutschen Gästen zum erstenmal ganz öffentlich vorgetragen; dann habe ich sie von 1865 ab in einzelnen Abhandlungen in den „Berliner Verhandlungen“ veröffentlicht, und sie endlich 1872/74 in meinem Buche „Theoretische Kinematik“ dem Publikum vollständig vorgelegt.

Für die Wissenschaft von den genannten Gesetzen hat, als sie noch gesucht wurden, der berühmte Physiker Ampère 1830 in seiner Philosophie des Sciences [14] den Namen Kinematik („Cinématique“) empfohlen, welcher Name recht gut hergeleitet war von dem griechischen kinéo, ich treibe, treibe an, zwinge zu gehen, indem es sich ja gerade um Erzwungung gewisser Bewegungen handelte [59]. Ich habe, als ich auch für Deutschland die Annahme des Namens empfahl, daneben ein deutsches Wort dafür vorgeschlagen [43, 50], nämlich „Getriebelehre“, indem ich das „treiben“ in kinéo als Stamm behandelte. Für „gezwungen gehend“ bildete ich das Wort „zwangläufig“ [90, 597], welches seitdem allgemeine Annahme gefunden hat; man kann deshalb „Kinematik“ im Ampère'schen Sinne auch mit „Zwanglauflehre“ wiedergeben. Ich muss bereuen, hierauf nicht schon ganz früh hingewiesen zu haben. Zwar eignet sich „Zwanglauflehre“ nicht zur Bildung von Eigenschafts- und Beiwörtern, sonst hätte ich es damals schon für die Anwendungen gewählt; aber es spricht seinen Inhalt viel bestimmter, viel derber, möchte ich sagen, aus, als das feinere und schlichtere „Getriebelehre“. Inzwischen ist leider das Wort „Kinematik“ mehrfach unzutreffend verstanden worden und unverdientermaassen in falsche Deutungen gerathen; ein recht lehrreiches Beispiel für die Fremdwörterfrage!

Die Getriebe- oder Zwanglauflehre habe ich [43] definiert als „die Wissenschaft von derjenigen besonderen Einrichtung der Maschine, vermöge deren die gegenseitigen Bewegungen in derselben, soweit sie Ortsveränderungen sind, zu bestimmten werden“. Ich zerfalle diese Wissenschaft in zwei Theile, die „theoretische“ und die „angewandte“ Zwanglauflehre oder Kinematik, erstere die allgemeinen, überall gültigen Grundsätze, letztere die Anwendungen derselben behandelnd.

*) Die in eckige Klammern eingeschlossenen Zahlen bezeichnen Seiten meiner Theoretischen Kinematik.

a) *Theoretische Zwanglauflehre oder Kinematik.*

Dieser Theil ist es, welcher in meinem mehrfach genannten Buche „Theoretische Kinematik“ veröffentlicht ist. In demselben sind die folgenden hier in äusserster Kürze gegebenen Darlegungen entwickelt.

1. Ein körperliches System mit inneren Bewegungen nenne ich ein machinales oder ein kosmisches, je nachdem die genannten Bewegungen erzwungene, bestimmte sind, oder dies nicht der Fall ist [33 bis 35].

2. Bewegungen können nur durch Kräfte erzwungen werden. Diese letzteren unterscheiden sich in den beiden Systemen dadurch, dass im rein machinalen System sensible mit latenten Kräften, im rein kosmischen System sensible mit sensiblen Kräften ins Gleichgewicht treten [36]. Zusatz: die Grenzen zwischen den beiden Systemen sind, da letztere neben einander bestehen, nicht ganz scharf [37]*).

Latent und sensibel habe ich hier in ähnlichem Sinne gebraucht, wie in der Wärmelehre geschieht. Latente Kräfte nenne ich die von den Körpern geäusserten inneren Widerstände gegen Formänderungen, sensible die auf die Körper einwirkenden äusseren Kräfte [35].

3. Die Bewegungen in der Maschine werden durch das logische Verfahren des Ausschlusses zu bestimmten gemacht, indem durch vorgesehene latente Kräfte alle Einwirkungen solcher sensiblen Kräfte, welche andere als die beabsichtigten Bewegungen herbeiführen könnten, ausgeschlossen werden. Wird hierauf überhaupt Bewegung eingeleitet, so ist sie die beabsichtigte [38].

Dieses Verfahren ist logisch nahe verwandt mit dem seit Baco, oder durch ihn eingeführten des naturwissenschaftlichen Versuchs, in welchem man, um die Einwirkung von A auf B zu ermitteln, alle Einwirkungen von C, D, E u. s. w. auf A und B ausschliesst, die darnach entstehende Einwirkung aber als diejenige zwischen A und B anzusehen berechtigt ist.

4. Aus dem Vorausgehenden ergibt sich folgende Definition der Maschine: Eine Maschine ist eine Verbindung widerstandsfähiger Körper, welche so eingerichtet ist, dass mittelst ihrer mechanische Naturkräfte genöthigt werden können, unter bestimmten Bewegungen zu wirken [38, 54, 492]**).

5. Setzt man vorläufig bei den die Maschine bildenden Körpern Starrheit voraus und sieht von ihrer Masse ab, so haben sie nur geometrische Eigenschaften [44]. Wenn dann ein Körper A durch latente Kräfte an

*) Die Kräfte innerhalb eines bewegten Systems behandelt das d'Alembert'sche Prinzip.

**) Gegen diese meine Definition sind von einigen Seiten Einwendungen erhoben worden; für die Absicht, sie dadurch zu prüfen, bin ich nur dankbar. Die Einen wollen gesagt wissen: „eine künstliche Verbindung etc.“. Dies würde eine Einschränkung sein und die natürlichen Maschinen und Mechanismen, deren es viele gibt, ausschliessen; solches aber wäre nicht bloss unnüthig, sondern auch unrichtig, da eine Definition stets das ganze Gebiet der zu definirenden Sache decken soll. Es geht ja auch für die technischen Maschinen nicht das mindeste verloren, wird auch nichts unendlich, wenn die natürlichen Maschinen mit getroffen werden. Andere verlangen, dass der Zweck der Maschine — Ortsänderung, Formänderung, Messung — mit angegeben werde. Dies würde aber nicht richtig sein, nämlich zu weit gehen. Denn einestheils bleibt die Maschine was sie ist, wenn sie auch zu dem ihr bestimmten Zweck nicht verwandt wird; anderntheils kommen Orts- und Formänderungen auch in anderen körperlichen Gebilden mit inneren Bewegungen vor, sind also nicht bloss der Maschine eigenthümlich. Eine Definition soll aber bloss das hervorheben, was der zu definirenden Sache allein zukommt, sie von anderen unterscheidet; sie hat keineswegs alle deren Eigenschaften anzugeben, das geschieht anderswo. Es ist, um dies sogleich zuzufügen, Aufgabe der angewandten Kinematik, von den Zwecken der Maschine zu handeln. Einige geringfügigere Einwände übergehe ich. Aus den angeführten Gründen und nach immer wiederholter Prüfung meiner Definition habe ich bis jetzt die Ueberzeugung nicht gewinnen können, dass dieselbe einer Abänderung bedürfe.

XVIII Vorrede zur vierten Auflage und vierten Lieferung.

allen Bewegungen ausser einer verhindert werden soll (Satz 3), so ist er mit wenigstens einem Körper *B* in steter Berührung zu erhalten. *B* trägt dann die Umhüllungsform von *A* an sich; dann aber ist die Form von *A* auch die Umhüllungsform von *B*, das Verhältniss ist also ein gegenseitiges. Es sind gegenseitige Umhüllungsformen zwischen zwei Körpern *A* und *B* für eine gegebene Relativbewegung derselben möglich, welche alle anderen Relativbewegungen ausschliessen. Von solchen Körperpaaren sage ich, dass sie ein kinematisches Elementenpaar bilden und dass die Maschine aus lauter solchen paarweise zusammengehörigen Körpern besteht [46].

6. Um mittelst eines kinematischen Elementenpaares eine bestimmte Bewegung in einem gegebenen Raumsysteme zu erzielen, hat man eines der Elemente des Paares in dem genannten Raumsystem festzustellen. Die Relativbewegung des beweglich gelassenen Elementes zu dem festgestellten wird dann dessen absolute Bewegung in dem gedachten Raumsystem [46].

7. Die Wahl zwischen den beiden Elementen bezüglich desjenigen, welches festgestellt oder aufgestellt werden soll, steht frei; die Vertauschung des festgestellt gewesenen Elementes mit dem beweglich gewesenen nenne ich die Umkehrung des Paares [97].

8. Die auf diese Weise als möglich erkennbare Erzwingung einer bestimmten Bewegung geschieht nicht mathematisch genau, sondern nur annähernd (vergl. Satz 5), weil die latenten Kräfte der Körper nicht anders, als durch wirkliche Formänderungen hervorgerufen werden können. Indem man aber die Elemente aus Stoffen bildet, welche eine hohe Widerstandsfähigkeit besitzen, und ihnen genügend grosse Abmessungen gibt (Maschinenbau), kann man die erwähnten Formänderungen so klein halten, dass sie meistens praktisch vernachlässigbar sind und demnach der durch sie zu bewirkende Bewegungszwang als erzielt angenommen werden darf [35] (vergl. übrigens Satz 46 bis 49).

9. Man kann jedes Element eines kin. Elementenpaares mit einem Element aus einem anderen dergl. Paare fest verbinden, ohne in einem der Paare die Relativbewegung zu hindern. Auf diese Weise lassen sich Elementenpaare in grösserer Anzahl aneinanderreihen, und zwar so, dass jedes Element irgend eines der Paare mit einem Element aus einem anderen Paare fest verbunden ist. Eine solche Aneinanderreihung von Elementenpaaren läuft in sich selbst zurück, einer endlosen Kette vergleichbar, die aus lauter einzelnen ineinander gehängten Gliedern besteht [49]. Ich nenne eine solche Elementenpaarverbindung eine kinematische Kette und die körperlichen Gebilde, welche je aus der festen Verbindung zweier Elemente aus verschiedenen Paaren entstanden waren, Glieder der kinematischen Kette. Letztere besteht aus soviel Gliedern, als sie kinematische Elementenpaare enthält [49].

10. Eine kinematische Kette kann auf verschiedene Weisen in sich selbst zurückgeführt oder geschlossen sein, darunter ist eine von der Art, dass jede Stellungsänderung eines der Kettenglieder gegen das überbenachbarte Glied eine Stellungsänderung aller anderen Glieder gegen das genannte Glied hervorruft [49]. In einer solchen Kette hat jedes Glied nur eine einzige Relativbewegung gegen jedes andere Glied; ich nenne sie deshalb eine zwangsläufig geschlossene kinematische Kette (auch wohl geschlossene Kette kurzweg, wo Missdeutungen ausgeschlossen sind) [50].

11. Eine zwangläufig geschlossene kinematische Kette bedingt bestimmte Bewegungen in einem gegebenen Raumsystem, sobald eines ihrer Glieder in diesem Raumsystem festgestellt wird. Eine zwangläufig geschlossene kinematische Kette, von welcher ein Glied festgestellt ist, ist ein Mechanismus oder ein Getriebe [50].

12. Jede zwangläufig geschlossene kin. Kette kann auf so viele Arten zu einem Mechanismus oder Getriebe gemacht werden, als sie Glieder hat [50]. Die Vertauschung des festgestellten Gliedes einer kin. Kette mit einem anderen Gliede derselben Kette nenne ich eine Umkehrung derselben [278, 296 etc.] (vergl. Satz 7).

13. Eine kin. Kette kann auch so wenig Glieder haben und so geschlossen sein, dass die Glieder gegeneinander keine Bewegung machen können, demnach auch die Paare die ihnen eigenthümliche Relativbewegung nicht auszuführen vermögen. Eine auf diese Weise geschlossene kin. Kette nenne ich eine übermässig geschlossene [471, 554 etc.] (Dachstühle).

14. Die Kettenschliessung kann andererseits auch so bewirkt werden, dass die überbenachbarten Glieder mehr als eine Relativbewegung haben; ich nenne eine so geschlossene Kette eine zwanglos geschlossene [471].

15. Eine kin. Verkettung, in welcher zwar Aneinanderreihung der Elementenpaare in der gedachten Weise stattfindet, aber das erste und letzte Element nicht mit einander verbunden sind, nenne ich eine ungeschlossene oder offene Kette.

16. Kinematische Ketten der bisher besprochenen Art lassen sich auch unter einander verbinden und ergeben dann Bildungen, welche ich zusammengesetzte kin. Ketten nenne. Solche können zwangläufig, zwanglos oder übermässig geschlossen, auch offen sein; die Elementenzahl ihrer Glieder ist nicht auf zwei beschränkt. Im übrigen folgen sie denselben Gesetzen, wie die bis dahin besprochenen Ketten, welche gegenüber den zusammengesetzten als einfache zu bezeichnen sind [52].

17. Hiernach ergibt sich als allgemeiner Inhalt des Mechanismus was folgt: Ein Mechanismus ist eine geschlossene kinematische Kette, von welcher ein Glied festgestellt ist; diese Kette ist zusammengesetzt oder einfach und besteht aus kinematischen Elementenpaaren; letztere tragen die Umhüllungsformen an sich, welche die einander berührenden Körper, aus welchen der Mechanismus gebildet ist, haben müssen, damit alle anderen Bewegungen, als die gewünschten, aus dem Mechanismus ausgeschlossen bleiben [53].

18. Aus der Gesammtheit des Vorstehenden ist erkennbar, dass die bezüglich der Maschinenbewegungen anzustellenden Untersuchungen zu einem grossen Theil geometrische Unterlagen haben. Diese letzteren hat man in der geometrischen Bewegungslehre oder Phronomie besonders ausgebildet. Eine Reihe wichtiger Sätze derselben habe ich in Kap. II meiner Theoretischen Kinematik zusammengestellt und ihre Anwendung sowohl auf Zwanglauf als auf kosmische Bewegungen erläutert [59 bis 88]. Es zeigt sich, dass man alle Relativbewegungen als solche zweier von Geraden begrenzten Gebilde betrachten kann, welche um zusammenfallende von diesen Geraden sich gegenseitig wie um Achsen drehen und unter Umständen gleichzeitig diesen Achsen entlang aneinander hingleiten. Ich nenne diese Gebilde (welchen man früher keinen gemeinsamen allgemeinen Namen gegeben hatte) Axoide und

diejenige Bewegung, bei welcher Drehung um die genannten Achsen und Gleitung längs derselben gleichzeitig stattfinden, Schrotung. Wenn die Drehung wegfällt, bleibt Gleitung übrig, wenn dagegen die Gleitung wegfällt und die Achsen unendlich benachbart sind, ist die Bewegung der Axoide Rollung. Im letzteren Falle liefern gewisse Schnitte durch die Axoide Kurven, welche aufeinander rollen, im ersteren Falle, der der höhere, allgemeinere ist, Kurven, welche aneinander schroteten oder unter Quergleitung wälzen. Die zusammentreffenden Punkte dieser Kurven bilden Drehpunkte oder Pole, um welche sich Punkte der beiden körperlichen Gebilde augenblicklich drehen. Diese Drehpunkte oder Pole schreiten auf den genannten Kurven fort; letztere stellen somit die Wege oder Bahnen der Pole dar, weshalb ich sie die Polbahnen der in Frage kommenden Relativbewegung nenne*). Die Kenntniss der Axoide und Polbahnen von Relativbewegungen erleichtert die phoronomische Untersuchung der letzteren oft in hohem Grade.

19. Vom Allgemeinen in der Zwanglauflehre oder Kinematik nunmehr zum Besonderen übergehend, hat man die Elementenpaare näher zu betrachten. Die einfachsten derselben müssen diejenigen sein, bei welchen die gegenseitigen Umhüllungsformen einander decken. Ich nenne sie Umschlusspaare. Sie lassen sich a priori bestimmen. Es gibt ihrer, wie ich gezeigt, nur drei: das Schraubenspaar, das Drehkörperpaar und das Prismenspaar, wie ich sie genannt habe [90 bis 100]. Die beiden letzteren können als besondere Fälle des ersten Paares angesehen werden. Bei allen dreien bewirkt die Umkehrung (Satz 7) keine Aenderung der erzwingbaren Bewegung.

20. In Elementenpaaren brauchen nicht alle Punkte der einander umhüllenden Gebilde ausgeführt zu sein. Die Frage, mit welcher kleinsten Zahl von Punkten man ausreichen könne, um das, was ich gegenseitige Stützung nannte, zu erzielen, habe ich unter dem Titel: Nothwendige und zureichende Stützung der Elemente, in §. 17 meiner Theor. Kinematik behandelt, damals eine ganz neue Untersuchung**).

21. Aus den Stützungsproblemen leitete ich sodann, ebenfalls a priori, diejenigen Elementenpaare geometrisch ab, welche nicht Umschlusspaare sind. Dieselben besitzen im allgemeinen die Eigenschaft, bei der Umkehrung verschiedene Bewegungen zu liefern. Ich nenne sie deshalb höhere Paare [119 bis 155]. Ihnen gegenüber sind die Umschlusspaare niedere Paare zu nennen [120]. Nur in besonderen Fällen tritt bei höheren Paaren durch Umkehrung keine Aenderung der erzielten Bewegung ein. Eine Reihe höherer Paare, die grösstentheils völlig neu waren, wies ich auf Grund eines (in §. 21 angegebenen) allgemeinen und ganz neuen geometrischen Verfahrens nach und behandelte sie eingehend.

22. An letzteres reihte ich weiterhin [139 bis 157] noch sieben andere geometrische Verfahrensweisen zur Bildung der Stützung in höheren Paaren

*) Es gehören stets zwei Polbahnen zusammen und haben genau gegenseitiges Verhältniss. Poinsot hielt sie in seinen ausgezeichneten, bahnbrechenden Arbeiten für dem Wesen nach verschieden, indem er annahm, dass eine derselben stets ruhe. Diese nannte er Polthodie, die andere Herpolthodie.

**) In derselben, die ich 1862 begonnen hatte und 1870 in der gegebenen Form beendigte, hat mich mein früherer Zuhörer und damaliger Assistent Herr T. Rittershaus, jetzt Professor in Dresden, voll Interesse unterstützt.

an, von welchen Verfahrensweisen die Mehrzahl zwar in besonderen Anwendungen schon bekannt waren, hier aber unter einen neuen, den allgemeinen Gesichtspunkt gebracht wurden.

23. Unselbständige Paare nenne ich solche [161], welche nicht allseitig durch latente Kräfte, sondern theilweise auf andere Art geschlossen sind. Beispiele sind: oben offene Zapfenlager, welche durch das Gewicht der gelagerten Stücke mit ihren Zapfen in Schlußstellung gehalten sind, die Schneiden und deren Lager an Waagen, die offenen Prismenpaarungen an Tischen grösserer Hobelmaschinen u. s. w. Auch durch Federkraft und noch andere sensible Kräfte werden unselbständige Paare geschlossen. Ich nenne den auf diese Weise erzielten Schluß von Elementenpaaren den „Kraftschluß“. Die kraftschlüssigen Elementenpaare führen nur so lange Zwangslauf herbei, als die störenden Kräfte die Schliesskräfte nicht zu überwinden vermögen [161 bis 164].

24. Der Kraftschluß findet auch auf höhere Paare Anwendung. Eine sehr wichtige ist die auf die Laufräder der Eisenbahnwagen, eine andere, noch viel wichtigere diejenige auf Axoidröhlung bei Reibrädern (Kap. XVI dieses Buches), von welcher Schliessungsweise die grossartigste Benutzung bei den Treibrädern der Lokomotive gemacht ist [160 bis 231]*).

25. Die Verwendbarkeit des Kraftschlusses geht aber noch weiter. Derselbe ermöglicht, zwei Elementengattungen machinal zu benutzen, welche nur in je einer Richtung die erforderliche hohe Widerstandsfähigkeit (Satz 8) besitzen. Es sind die von mir als Zugkraft- oder Zugorgane und als Druckkraft- oder Druckorgane bezeichneten Elemente (vergl. §. 261 und 308 des Buches). Ich fasste die Zug- und die Druckorgane zusammen als die duktilen oder bildsamen Elemente [165 bis 169]. Dieselben liefern unter Anwendung des Kraftschlusses eine Reihe der brauchbarsten Maschinen, wie den Flaschenzug, die Seilauzüge, Seilrampen (Kap. XIX), vielerlei Pumpen, Wasserräder u. s. w., welche zwar alle der Beschränkung, die der Kraftschluß mit sich bringt (Satz 23), unterliegen, indessen sehr werthvoll sind.

26. Der Kraftschluß kommt auch in solcher Form zur Verwendung, dass dynamische statt statischer Wirkungen benutzt werden, so bei Kurbelgetrieben behufs Ueberschreitung der Todpunkte, d. h. Stellungen, in welchen die zum Mechanismus verwendete Kette unselbständig ist [179 bis 181].

27. In solchen und ähnlichen Fällen kann der Schluß aber auch mittelst anderer kinematischer Ketten herbeigeführt werden, die mit der ersten zusammengesetzt werden. Diese Schliessungsweise nenne ich Ketten-schluß [171 bis 176]. Beispiele liefern die Zwillingdampfmaschinen mit winklig versetzten Kurbeln.

28. Eine vorzügliche Verwendung kann der Kettenschluß bei Mechanismen finden, welche mit bildsamen Elementen hergestellt sind. Sie besteht darin, dass man einer solchen kraftschlüssigen Kette (Satz 25) eine ihr ähnliche so gegenüberstellt und mit ihr verbindet, dass die beiden angewandten bildsamen Elemente einander gegenseitig den Kraftschluß gewähren; dies hat aber zur Folge, dass dann die sensiblen Schliesskräfte in

*) Eine überaus feine Anwendung findet das rollende und schrotende Reibrad bei dem Planimeter und verwandten Vorrichtungen.

latente übergehen und die entstehende neue Kette paarschlüssig wird, wie wenn sie aus lauter starren Elementen bestände [§. 44 „Vollständige kinematische Schliessung der bildsamen Elemente“]. Ich nenne dieses Schliessungsverfahren jetzt einfacher als früher: die Schliessung durch Gegenleitung. Ein Beispiel gewährt der gewöhnliche Riementrieb (S. 711 d. B.), ein anderes das sog. Wassergestänge (S. 939 d. B.). Vermittelt der Schliessung durch Gegenleitung, welche in der Maschinenteknik noch zu weit mehr Aufgaben benutzt werden kann, als bereits geschieht, werden die bildsamen Elemente zu einer Anwendbarkeit erhoben, welche die der starren nicht bloss erreicht, sondern noch weit übersteigt, weil ein durch Gegenleitung geschlossenes bildsames Element Kräfte in ganz beliebigen, auch mannigfach wechselnden Richtungen unter vollem Zwanglauf zu übertragen vermag, was mit starren Elementen nicht angeht (vergl. Kreisseittrieb, S. 834 d. B., Rohrleitungen für Hochdruckwasser u. s. w.).

29. Endlich gestattet der Kettenschluss noch eine bemerkenswerthe Verwendung der Federn [169, 178]. Diese kann man so bauen, dass sie in mehreren ausgewählten Richtungen widerstandsfähig sind, in anderen aber nicht, z. B. Zug und Druck sowohl, als Biegung in einer Ebene kräftig widerstehen, Biegung in einer zweiten, senkrecht zur ersten stehenden Ebene aber nicht. Dies gelingt, wenn man ihnen Blatt- und Klingenform gibt. Sie können dann als das von mir so benannte Blattgelenk, s. Fig. 508, S. 456, gebraucht werden, welches ein Cylinderpaar vertritt. Beim Blattgelenk fällt, obwohl das Element bildsam ist, der Kraftschluss sowohl als der Gegenleitungsschluss weg und wird durch Kettenschluss ersetzt. Ausgezeichnete Anwendungen in den Emery'schen Waagen s. unten S. 695.

30. Die Paarungen von bildsamen mit starren Elementen erweisen sich als ebenso gut a priori angebar, als die aus starren mit starren Elementen, wonach dann sämtliche kinematische Elementenpaare sich als theoretisch im Voraus angebar darstellen [vergl. 549]. Dieses Freimachen der elementaren Bestandtheile von der Empirie, der empirischen Findung, ist ein Zeichen, dass mit der von mir ausgeführten Behandlung der Aufgaben der wirklich wissenschaftliche Weg betreten worden war.

31. Wenn die Grundsätze der Untersuchung, wie sich soeben zeigte, richtig waren, müssen sie auch die Ursprünge der Maschine und deren ganzen Entwicklungsgang aufklären, von den ersten unklaren Regungen des erfinderischen Menschengestes an bis herauf zur höchst vollendeten Leistung auf dem Maschinengebiete. Den Nachweis hierzu lieferte ich in einem „Blick auf die Entwicklungsgeschichte der Maschine“ [195 bis 242], in welchem sich die ganz allmähliche Ablösung des Kraftschlusses durch Paarschluss als ein höchst bemerkenswerther Vorgang erweist.

32. Das, was bis hierher vorgetragen, war immer noch Voruntersuchung und gestattete noch nicht, die Maschine selbst mit der erwünschten Klarheit zu beleuchten. Es erwies sich, dass hierfür eine beträchtliche Abkürzung des Ausdruckes unentbehrlich war, dass es nothwendig war, eine „kinematische Zeichensprache“ zu bilden. Dies geschah in Kap. VII [243 bis 271]. Ich benannte die Elemente mit Grossbuchstaben, es bedarf deren nur zwölf, und drückte die Arten und Beziehungen derselben durch Hilfszeichen aus, die grösstentheils der üblichen geometrischen und mathematischen Zeichensprache entnommen oder doch nachgebildet sind. Für

die zeichensprachliche Behandlung der kinematischen Kette verwerthete ich den Begriff der Ordnung [268, 272], indem ich in jeder kinematischen Kette die Paare mit Nummern von 1 an und die Glieder mit Kleinbuchstaben von a an zu bezeichnen vorschlug. Durch Uebereinkunft wird festgesetzt, welches Paar und Glied die 1 und das a als Zeichen erhalten soll und in welchem Sinne weiter zu zählen sei. Das Glied zwischen den Paaren 1 und 2 heisst dann a, das zwischen 2 und 3 heisst b u. s. w. Auf diese Weise gelingt es z. B., ein Schubkurbelgetriebe, wie das in Fig. 1022 schematisch gezeichnete, durch die Formel $(C_3'' P \perp)^{\frac{d}{c}}$ unzweideutig auszudrücken. Jeder Kenner der leicht zu erlernenden Sprache weiss genau, um was es sich handelt, nämlich: dass die dem Mechanismus zu Grunde liegende kinematische Kette aus drei parallelen, geschlossenen Cylinderpaaren und einem zu denselben rechtwinklig stehenden, geschlossenen Prisma besteht, dass sie vier Glieder hat, welche gemäss meiner Vorschläge Kurbel, Koppel, Schieber und Lenkstab heissen und mit a, b, c und d benannt sind, dass diese Kette durch Feststellen des Lenkstabes d zu einem Getriebe oder Mechanismus gemacht ist, dass die gerade Richtungslinie des Lagermittels 3 am Ende der Koppel b (Pleuelstange) durch die geometrische Achse 1 der Kurbelwelle geht, dass die Kurbel a unter Vermittlung der Koppel b durch den Schieber c (das Querhaupt) getrieben wird. Gewiss ein reicher Inhalt der kleinen Zeichengruppe; diese erspart somit lange und weitschweifige Definitionen. Die dem Getriebe zu Grunde liegende kinematische Kette kann gemäss Satz 12 noch auf drei andere Arten zu Getrieben gemacht werden; letztere heissen in der Zeichensprache: $(C_3'' P \perp)^a$, $(C_3'' P \perp)^b$ und $(C_3'' P \perp)^c$, u. s. w.

Unsere deutschen Techniker haben von der Zeichensprache noch wenig Gebrauch gemacht; diejenigen indessen, welche damit vertraut sind, erzielen in Beschreibungen und Besprechungen eine Kürze und zugleich Schärfe des Ausdruckes, welche oft nicht durch seitenlange Erklärungen erreicht werden können.

33. Unter Anwendung der kinematischen Zeichensprache lässt sich nun die Analysirung kinematischer Gebilde aller Art, oder wie ich es nannte, die „kinematische Analyse“ ausführen. Ihre Anwendung auf die sog. einfachen Maschinen [273 bis 281] gibt bemerkenswerthe Aufschlüsse. Sodann untersuchte ich mittelst ihrer die „Kurbelgetriebe“ [282 bis 342], wobei unter Zuziehung der Voruntersuchungen in Kap. V [180 bis 194] eine reiche Fülle von Ergebnissen erhalten wurde.

34. Hieran schloss ich eine Analysirung der „Kurbelkapselwerke“, wie ich die mittelst der Kurbelgetriebe gebildeten Druckorganwerke nannte [343 bis 389]. Dabei wurden gegen hundert Druckorganmaschinen, die bis dahin fast alle vereinzelt als gesonderte Erfindungen dagestanden hatten, streng systematisch dargestellt, auch ihre Entwicklung mittelst Kettenumkehrung nachgewiesen, wodurch eine Menge Unklarheiten beseitigt werden konnten.

35. In Kap. X [390 bis 418] besprach ich analysirend die von mir so genannten Kapselräderwerke, deren grundsätzliche Zusammengehörigkeit ich 1868 zuerst nachgewiesen hatte.

36. In Kap. XI endlich [419 bis 471] führte ich die *Analysirung der baulichen Maschinenelemente* aus; bei welcher Gelegenheit ich die aus Gesperren gebildeten Mechanismen kurz darstellte. Meine Untersuchung dieser Mechanismenklasse war damals noch nicht weit genug gediehen. Erst in der gegenwärtigen Auflage dieses Buches habe ich die ausserordentliche Mannigfaltigkeit und Bedeutung, welche den Gesperremechanismen innewohnt, vorführen können.

37. An diese *Analysirung der Theile der Maschine* schloss ich eine allgemeine *Analysirung der vollständigen Maschine* [472 bis 530] als einen Versuch an, mit welchem ich mehrfach die Grenzen der theoretischen Kinematik überschritt und das der angewandten betrat oder doch stark streifte. Der Zweck dieser Untersuchung ging indessen wesentlich nur dahin, die Anwendbarkeit der gefundenen Sätze zu zeigen und ausserdem darzulegen, dass gewisse ältere Begriffe — die vom „Rezeptor“, der „Transmission“ und dem „Werkzeug“ — sich vor der kinematischen Analyse nicht durchweg aufrecht halten lassen.

War dieses Ergebniss ein negatives, so erwies sich ein anderes als positiv, dasjenige nämlich, dass die vollständigen Maschinen zweien deutlich unterscheidbaren Zwecken dienen: „Ortsänderung und Formänderung“. Auf diese Kategorie hatte übrigens schon früher, von ganz anderen Gesichtspunkten ausgehend, der verstorbene Hülse hingewiesen, war auch von Einigen befolgt worden. In ihrer Allgemeinheit hat diese Unterscheidung einen gewissen Werth; unten werde ich auf dieselbe nochmals zurückkommen (42 bis 49).

38. Der kinematischen Analyse stellt sich begrifflich als nothwendiges Gegenstück eine kinematische Synthese gegenüber. Sie hat offenbar die Aufgabe, die oben (Satz 19, 21, 30) besprochene Vorausbestimmung der Paare, Ketten und Mechanismen für gegebene machinale Zwecke auszuführen. Man könnte also die kinematische Synthese als eine Theorie des Maschinenerfindens ansehen. Das kann sie sein, aber nur in einem eingeschränkten Sinne. Sich gänzlich fernhaltend von der Anmaassung, des erfinderischen Genius Wesen und Bedeutung zu schmälern, kann man mit dieser Theorie immerhin manches erreichen. Man kann zunächst gewisse erfinderische Aufgaben, die schon gelöst sind, als auf synthetischem Wege lösbar nachweisen, und kann danach zu anderen, noch ungelösten Aufgaben mindestens Wege der Lösung andeuten.

Ich zeigte in der Abhandlung über die Synthese zunächst, dass sich die kinematischen Elementenpaare in 21 Klassen vorausbestimmbar ordnen lassen [531 bis 586], sodann, dass in einem weitgehenden Maasse auch die kinematischen Ketten, und demzufolge auch die Mechanismen, der Vorausbestimmung zugänglich sind; ich kam auf acht Klassen einfacher Ketten [586]. Das synthetische Verfahren wies ich als in zwei Formen, der direkten und der indirekten Form, durchführbar nach, jede wieder zerfallend in eine allgemeine und eine spezielle Synthese. Als weitaus am brauchbarsten konnte die indirekte Synthese bezeichnet und bis zu einem gewissen Umfang auch ausgeführt werden [536 ff.]. Ueber mein Erwarten hinaus hat diese meine theoretische Darlegung, mit welcher ich nicht viel mehr glaubte erreichen zu können, als mein eigenes Verfahren bei Angabe zahlreicher neuer Mechanismen darzulegen, bei Anderen mehrere sehr glückliche Anwendungen gefunden.

b) *Angewandte Zwanglauflehre oder Kinematik.*

39. *Der theoretischen stellt sich eine angewandte Zwanglauflehre nicht sowohl gegenüber, als sie vielmehr sich ihr anzuschliessen hat. Sie kann aber auch für sich allein bestehen. In der That ist denn auch angewandte Kinematik schon lange gelehrt worden, man kann sagen von Monge an (s. oben), ohne einen theoretischen Unterbau zu besitzen. Ja, eine solche Behandlung der Zwanglauflehre kann für eine Zeit ganz nützlich sein, hat sich auch so erwiesen. Dass ihr die theoretisch zurücksplattende Erläuterung fehlte, dass alles vom Erfinder übernommen, ex post erklärt werden musste, konnte dem Praktiker ziemlich gleichgültig sein. Dieses Ausreichen des älteren Verfahrens führte meinen hochgeschätzten Lehrer Redtenbacher sogar dazu, eine wirklich theoretische Behandlung der Bewegungsmechanismen für unmöglich zu halten.*

Aus diesen Umständen folgte für mich, dass ich nicht genöthigt war, der „theoretischen“ Kinematik die „angewandte“ im Druck rasch folgen zu lassen. Und dies war sehr wichtig, da die Einreihung aller Maschinen-gattungen in die neue Lehrform nicht rasch erledigt werden konnte und nicht flüchtig gemacht werden durfte. Bei all der Einfachheit der obigen Sätze bot ihre Ausarbeitung ins Einzelne oft maasslose Schwierigkeiten und forderte meist eine Summe von Untersuchungen, von der sich selbst meine Zuhörer keine richtige Vorstellung machen konnten. Ihre nicht unlöbliche Ungeduld riss sie aber hin, meine Vorträge über angewandte Kinematik für ihren engen Kreis vervielfältigen zu wollen, obwohl ich den Vortrag als nicht fertig bezeichnete. Ich sagte die erbetene Erlaubniss mit schwerem Herzen zu unter der Bedingung, dass nur Druck „als Manuskript“ in engbegrenzter Zahl von Abzügen stattfinde. So sind denn vier Ausgaben der genannten Vorträge entstanden, die letzte sich wesentlich auf Zeichnungen von Unterrichtsmodellen beschränkend. Studirende in ihrem Wissensdrange ahnen meist nicht, in welche Gefahren sie das schriftstellerische Eigenthum ihrer Lehrer durch solche Vervielfältigungen stürzen, einestheils wegen sich daran knüpfender Missdeutungen, andernteils wegen unberechtigter Ausnutzung durch Andere. Ich hatte unter diesen Gefahren nur zu sehr zu leiden.

Inzwischen ging ich (von 1882 an) dazu über, die kinematischen Grundsätze in diesem Handbuch unmittelbar anzuwenden, ohne dabei den Leser mit Berufungen auf theoretische Sätze aufzuhalten. Dies wäre ja auch eine Verletzung des Charakters des Handbuches gewesen. Die wichtigsten Sätze, in welche ich die angewandte Kinematik glaube fassen zu können, seien nun hier in aller Kürze aufgeführt.

40. *Bei der grossen Ausdehnung des heutigen Maschinenwesens finden die Mechanismen, deren Anzahl, wie wir gesehen haben, nicht sehr gross ist, die verschiedenartigsten Anwendungen bei demselben Theilbestand. Auf deutliche Unterscheidung der Benutzungsweisen kommt es aber bei der „angewandten“ Zwanglauflehre an. Es zeigt sich, dass unsere obige Analyse hier nicht ausreicht, indem sie uns nicht den Zweck des erzeugten Zwanglaufs, sondern nur die elementare Zusammensetzung der denselben*

bedingenden Körperverbindung kennen lehrt. Wir können sie deshalb, wie ich vorschlage, die kinematische

Elementar-Analyse

nennen. Ihr gegenüber stelle ich für die angewandte Zwanglauflehre eine andere Analyse, welche die Bewegungszwecke der benutzten Getriebe ins Auge fasst und die ich

Getriebs-Analyse oder getriebliche Analyse zu nennen vorschlage. Diese soll nicht die Getriebe wieder auflösen, sondern nach Zweck und Wirkung nur richtig deuten; für sie sind die Getriebe geschlossene Elementengruppen, welche als höhere Einheiten zu dem Gebilde „Maschine“ zusammentreten, ähnlich den aus Atomen zusammengesetzten Molekülen, die den Körper bilden.

41. Die getriebliche Analyse liefert nicht, wie man erwarten könnte, ein logisch ähnliches Ergebniss, wie die Elementar-Analyse, sondern ein von jenem verschiedenes, neues. Während diese darauf führte, dass die Getriebebildner nur paarweise vorkommen, was so besonders charakteristisch ist, lehrt die Getriebs-Analyse, dass die zur Maschine vereinigten Getriebe einzeln zusammentreten. In der Vose'schen Pumpe z. B., Fig. 979a, sehen wir zwei Schaltwerke zur Maschine vereinigt, in der Downton'schen, Fig. 979c, dagegen deren drei. Das Grundwort „Werk“ scheint mir sehr gut zur Bezeichnung der in Rede stehenden Elementengruppen zu passen; ich habe es daher oft zu Benennungen abgeschlossener Getriebe verwendet und nenne allgemein einen, auf die gedachte Weise als Elementengruppe aufgefassten Mechanismus ein

Treibwerk, abkürzend auch wohl einen *Trieb*, (vergl. namentlich §. 260). Die getriebliche Analyse hat hiernach die Aufgabe, die Zusammensetzung der Maschine aus Treibwerken oder Trieben nachzuweisen. Die Treibwerke können sowohl einfache, als auch zusammengesetzte Mechanismen sein. Zahlreiche Beispiele geben die Kap. XVIII, XIX, XXIII. Ich glaube, dass mit einer absichtlichen und klaren getrieblichen Analysirung ein Weg betreten wird, welcher zur Lösung der gestellten Aufgabe zu führen verspricht, auch frei ist von der, dem Praktiker unbehaglichen Zurückspaltung auf die Uransfänge, mit welcher er nicht gern aufgehalten sein möchte. Diese Zurückspaltung kann ihm immerhin lehrreich sein; sie ist aber Sache der „theoretischen“ und nicht der „angewandten“ Zwanglauflehre.

42. Die zahlreichen Bewegungszwecke der Treibwerke lassen sich mit mehr oder weniger Bestimmtheit auf vier Hauptaufgaben des Zwanglaufs zurückführen, für welche ich die Namen:

Leitung, Haltung, Treibung, Gestaltung vorschlage (S. 866, 971). Die drei ersteren fallen unter die Ausführungsarten der „Ortsveränderung“, die letzte unter diejenige der „Formveränderung“ (Satz 33 und 36).

43. *Leitung* wird bewirkt durch *Leitwerke*: die „Kurvenführungen“ mit den Unterabtheilungen „Kreisführung“ und „Geradführung“, dann die „Parallelführungen“ und die von mir „Lagenführungen“ genannten Getriebe (zur *Leitung* von Punktsystemen in anderen als parallelen Lagen). Das grossartigste Beispiel eines Leitwerkes bieten die Eisenbahnschienen nebst Laufrädern und Wagengestellen. Die Leitwerke können aus kine-

matischen Ketten aller Art gebildet sein. Aufgabe der „theoretischen“ Zwanglauflehre war es, von den aus diesen Ketten herstellbaren Getrieben die allgemeinen Bewegungseigenschaften anzugeben; diejenigen besonderen Eigenschaften, welche die Leitung betreffen, hat die angewandte Kinematik unter dem letzteren Titel zu behandeln.

44. Haltung habe ich denjenigen Zwanglauf genannt, vermöge dessen Maschinenorgane besonders geeignet sind, mechanische Arbeit aufzuspeichern, die sie dann später wieder abgeben können. Bisher hat man die Haltung als besonderen machinalen Begriff nicht ausgesondert, obwohl man sie tausendfältig benutzte. Die Haltungen nehmen bei den drei Elementengattungen ganz verschiedene Formen an.

a) Haltungen für starre Elemente. Sie sind statische oder dynamische. Als statische Haltungen dienen gehobene Gewichte, gespannte Federn, als dynamische die Schwungmassen, pendelartig oder radartig benutzt (vergl. S. 944). Eine der ältesten dynamischen Haltungen ist die Spindel mit Schwungwirtel [212].

b) Haltung für Zugorgane wird durch Wicklung der letzteren auf Trommeln und Rollen erzielt (S. 691, 694) und nicht selten angewandt, so in Wanduhren, Laufwerken für Telegraphen u. s. w.

c) Haltung für Druckorgane findet am meisten Anwendung (S. 866, 874, 878 und das ganze Kap. XXV). Behälter für Wasser, Oel, Soole, Gas, Luft, Dampf, Hochdruckwasser (Akkumulatoren) sind Beispiele.

45. Treibung. Unter dieser verstehe ich die Bewegungsübertragung innerhalb des einzelnen Getriebes und diejenige von Treibwerk zu Treibwerk. Während die „Leitung“ die Abhängigkeit der Bahnen der Punkte betrachtet, hat die Treibung die Abhängigkeit der Geschwindigkeiten der verschiedenen Punkte auf ihren Bahnen zum Gegenstand. Aufgabe der angewandten Zwanglauflehre ist hier, diejenigen besonderen Eigenschaften der Mechanismen, welche deren Geschwindigkeiten betreffen, zu behandeln (vergl. Schluss von Satz 38). Beispiel S. 942, Anmerkung.

46. Gestaltung soll hier die Umformung von Körpern mittelst der Maschine bedeuten. Diese vierte Wirkungsweise ist die formenreichste unter allen, zugleich diejenige, welche dem Erfindungsgeiste noch immer einen weiten Spielraum darbietet. Sie geschieht unter unmittelbarer Einwirkung des Werkzeugs auf den zu bearbeitenden Körper, oder, wie ich [482] diesen benannte: das Werkstück (ein Ausdruck, welcher rasch allgemeine Annahme bei uns gefunden hat). Das Werkstück tritt als ein Theil eines Kettengliedes oder als ganzes Glied der kinematischen Kette in die Maschine und geht mit dem Werkzeug eine Paarung oder Verkettung ein, bei welcher es vermöge der stofflichen Beschaffenheit des Werkzeugs seine ursprüngliche Form mit derjenigen Umhüllungsform vertauscht, welche seiner Paarung oder Verkettung mit dem Werkzeug zukommt [482].

Man kann drei Formen unterscheiden, in welchen die nach diesem Satz vor sich gehende Einwirkungsweise herbeigeführt wird.

a) Das Werkzeug ist hart und zugleich schneidig; es trennt demzufolge von dem Werkstück diejenigen Stofftheile los und ab, welche ausserhalb der Umhüllungsform liegen, die der vorhin genannten Paarung oder Verkettung zukommt; Drehbank, Hobelmaschine, Fräsbank u. s. w.

b) Das Werkzeug ist ausreichend widerstandsfähig, um seine Form behaupten zu können, aber nicht schneidig, das Werkstück dagegen ist bildsam nachgiebig gemacht oder von Natur so beschaffen. Demzufolge werden diejenigen seiner Stofftheile, welche ausserhalb der genannten Umhüllungsform liegen, verdrängt, an andere Stellen des Werkstückes versetzt, ohne ihres Zusammenhangs mit letzterem beraubt zu werden; Prägepressen, Drahtzug, Walzwerk, Vorspinnerei u. s. w.

c) Werkzeug und Werkstück sind beide bildsam und wirken deshalb gegenseitig umformend aufeinander, sodass jedes gegen das andere sowohl die Rolle des Werkstückes, als die des Werkzeuges spielt; Spinnerei, Zwirnerei, Wirkerei, Weberei u. s. w.

Zu allen drei Arbeitsformen sind in diesem Buche Beispiele angeführt; weitaus am mannigfaltigsten zeigen sich die Gestaltungsweisen bei den Druckorganen (s. S. 970 bis 977).

47. Es könnte den Anschein haben, als durchbreche die vorstehende Werkzeugtheorie die logische Ordnung, welche in der „theoretischen“ Kinematik aufgestellt wurde, indem hier unter (a) das eine der Elemente, das Werkzeug, Stofftheile seines Partners ablöst und wegschafft, weil es härter und weil es schneidig ist. Als müsste man demnach zwischen Elementen von nachgiebigem und solchen aus unnachgiebigem Stoff unterscheiden. Das würde ein Rückfall in die Empirie sein. Die Durchbrechung der Logik ist aber nur scheinbar. Alle Elementenpaare ohne Ausnahme besitzen die Eigenschaft, dass die Partner vermöge der latenten Kräfte aufeinander formändernd einwirken; denn ihre gegenseitigen Bewegungen gehen unter Reibung vor sich und bewirken deshalb Abnutzungen. Die angewandte Mechanik lehrt die Reibungen in den Elementenpaaren und die daraus folgenden Abnutzungen kennen und ermitteln. Es wurde deshalb oben ausdrücklich gesagt (S. XVI), dass die Bewegungsprobleme der Maschine der Mechanik angehörten. Die formändernde Aufeinanderwirkung der kinematischen Elemente sucht der Maschinenbauer, wo er sie nicht wünscht, mit allerlei Mitteln einzuschränken und durch „Nachstellung“ auszugleichen; wo er sie aber wünscht und beabsichtigt, sucht er sie im Gegentheile zu verstärken. Es besteht somit zwischen den Elementenpaaren in dem einen und anderen Falle nicht ein Unterschied der Qualität, sondern nur ein solcher der Quantität [492].

48. Ein dem erwähnten ähnliches Bedenken könnte wegen der Werkzeugwirkung unter (b), Formänderung ohne Beseitigung von Stofftheilen, entstehen. Aber auch in diesem Falle ist die Zugehörigkeit der Zwanglauflehre zur Mechanik entscheidend. In Satz 8 oben wurde ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Formänderungen, welche in der Nichtstarrheit beruhen, immer eintreten, weshalb wir nur annähernde Lösungen erzielen. Auch hier also handelt es sich um Unterschiede der Quantität, keineswegs aber um solche der Qualität [491].

Dieser Umstände ist sich namentlich der Präzisionsmechaniker bewusst. Nicht ein einfaches Cylinderpaar (Satz 19), ein Zapfenlager für einen Theodolithen oder gar ein astronomisches Durchgangsfernrohr behauptete er, fehlerlos ausführen zu können, bedient sich aber einer Reihe durchdachter Mittel, die Fehler klein zu halten; wieder anderer, fast immer kinematischer Mittel, bedient sich der Astronom, um die geliebten Fehler zu messen.

49. In anderen Fällen macht der Maschinenbauer sogar eine nützliche Anwendung von den elastischen Formänderungen der kinematischen Kettenglieder, wie z. B. Adolf Hirn, der die Biegungen des Balanciers der Dampfmaschine zur Aufzeichnung von Dampfdruck-Diagrammen, oder die feinen Verdrehungen einer dicken Triebwelle zur Kraftmessung benutzte*). Man vergl. auch den Giddings'schen Schieberkraftmesser S. 1145 und dann namentlich die Emery'schen Waagen, in welchen unter Lasten von vielen Tonnen Membranbiegungen von wenigen Hundert Theilen eines Millimeters sehr genau gemessen werden**). Wenn wir derartige Formänderungen unter manchen Umständen auch vernachlässigen, so dürfen wir doch nie vergessen, dass wir vernachlässigt haben. Anderenfalls würden uns sowohl hochwichtige Züge ganz entgehen, als auch in der Werkzeugtheorie ganz falsche Schlussfolgerungen sich aufdrängen. Im Maschinenbau wird der Nachgiebigkeit der Theile neuerdings grosse Aufmerksamkeit gewidmet.

50. Ordnung der Treibwerke. Bei Prüfung der gegenseitigen Wirkung der in einer Maschine vereinigten Treibwerke zeigt sich, dass wir mehrere Arten der kinematischen Verbindung derselben unterscheiden können. Ich nenne die Verbindungsweise die Ordnung der Treibwerke und schlage die Unterscheidung dreier Arten derselben vor.

a) Unterordnung. Diese findet statt, wenn von aneinander gereihten Treibwerken jedes auf das nächstfolgende wirkt. Je nachdem zwei, drei, vier oder n Treibwerke in einer Maschine untereinander, oder, wenn man will, übereinander geordnet sind, nenne ich das Ganze ein Treibwerk zweiter, dritter, vierter, nter Ordnung. Beispiele S. 664, 665, 673, 680, 684 u. s. w.

Eine Treibwerkfolge kann in sich selbst zurücklaufen. Ich nenne dann die Uebertragung „Kreistrieb“ (vergl. S. 834, 934, auch 1039). Dieses Zurücklaufen in den Anfang muss bei der kinematischen Kette irgend eines Mechanismus immer stattfinden, weil deren Elemente nur paarweise bestehen (Satz 5). Hier aber, wo die Elementengruppen einzeln aufeinander folgen (Satz 41), können dieselben auch eine, nicht in sich zurückkehrende Folge bilden, in Linie stehen, wie man es nennen darf, weshalb ich die Uebertragung dann eine solche in „Linientrieb“ nenne (S. 1041). Kreistrieb kann auch an Linientrieb anschliessen, Linientrieb sich in zwei oder mehr Triebe theilen u. s. w. Ein Beispiel zu dem ersteren Falle ist das auf S. 926 ff., wo das Pumpwerk sich als Linientrieb an die im Kreistrieb arbeitende Dampfmaschine anschliesst. Auch auf eine Zwischenstufe zwischen Kreis- und Linientrieb habe ich S. 1041 hingewiesen.

b) Beiordnung. Hierunter möchte ich eine Verbindung von Treibwerken verstehen, bei welcher der einzelne Trieb den anderen beeinflusst, aber nicht nothwendig zur Erhaltung des Ganges ist. Ein Beispiel liefert der Kreisseiltrieb S. 834 ff. Von den einzelnen Treibrollen $T_1 T_2 T_3 \dots T_n$ können unter Umständen mehrere leer laufen, wobei sie in blosse Leitrollen (Satz 43) übergehen; werden sie aber mit Widerstand beladen, so beeinflussen sie den ganzen Trieb durch Aenderung der Anspannung des Treib-

*) S. Berliner Verhandlungen.

***) S. ebenda meinen Vortrag im Sitzungsbericht vom 3. März 1884. In meinen Vorlesungen behandle ich die Emery'sche Waage als ausgezeichnetes Beispiel bei den Parallelführungen.

seiles. Sie wirken also zu Zeiten, und wirken zu anderen Zeiten nicht in der Treibwerkfolge; sie nehmen Theil an der Ordnung, können aber auch ausgeschaltet werden, ohne den Betrieb zu stören. Man kann diese Ordnungsweise wohl als Beiordnung bezeichnen.

Beiordnung ist auch die Ordnung, welche in der Verbunddampfmaschine besteht, vergl. S. 1042. Hier fasse ich, entsprechend der obigen Angabe in Satz 42: dass ein Treibwerk auch eine zusammengesetzte Kette zur Grundlage haben könne, die ganze einzelne Dampfmaschine aus der Reihe als ein Treibwerk auf, wodurch die Uebersicht sehr erleichtert wird. Jedes der Treibwerke $T_1, T_2, T_3 \dots T_n$ beeinflusst zwar hier die Wirkung der übrigen, wie vorhin beim Kreisseiltrieb, bedingt aber nicht die Gangbarkeit des Ganzen, wie bei der Unterordnung der Fall sein würde. Die Zwei-, Drei-, Vierverbundmaschine kann man als Treibwerk zweiter, dritter, vierter Ordnung bezeichnen, hat aber dabei ergänzend hinzuzudenken: Beiordnung.

c) Nebenordnung. Diese Ordnungsweise ist am meisten angewandt und am ältesten. Sie findet statt, wo Arbeitsmaschinen von einem und demselben Triebwerk aus betrieben werden, wie in Fabriken aller Art tausendfältig geschieht. Man kann die einzelnen dieser nebeneinander geordneten Arbeitsmaschinen aus- und einrücken, ohne den Gang der anderen zu stören oder zu beeinflussen, Gangregelung vorausgesetzt. Auch Kraftmaschinen, welche auf dasselbe Triebwerk wirken, können in Nebenordnung arbeiten, wie ja häufig geschieht, gelegentlich unter Einschaltung geeigneter Kupplungen, S. 402, welche insofern deutlich die Nebenordnung erkennen lassen, als sie garadezu das unabhängige Beitreten zur Betreibung und das ebensolche Ausscheiden aus derselben statthaft machen sollen. Nebenordnung von Trieben liegt auch vor bei dem Hanfseiltrieb mit mehrspurigen Rollen, S. 786, auch im Eisenbahnbetrieb, wenn eine zweite Lokomotive im Vorspann arbeitet.

Unterordnung, Beiordnung und Nebenordnung sind nicht in aller Schärfe voneinander verschieden, drücken aber mit einer, wie mir scheint, ausreichenden Genauigkeit das Wesen der Treibwerkordnung aus. Als auf ein Beispiel, in welchem alle drei Arten vorkommen, sei noch auf eine Kurbeldampfmaschine gewöhnlicher Bauart hingewiesen, welcher das Getriebe Fig. 1023 zu Grunde liegen möge. Hier bilden Cylinder, Kolben, Schieber und Dampf ein Hemmwerk; dasselbe treibt das Schubkurbelgetriebe $c l r \dots$, dieses ein zweites $t_1, l_1, b \dots$ und damit den Schieber. Die genannten drei Treibwerke sind also einander untergeordnet und wirken, da das Ende an den Anfang zurückkehrt, im Kreistrieb und zwar in dritter Ordnung. Das hinzuzudenkende Schwungrad mit seiner Lagerung bildet eine dynamische Krafthaltung, welche abwechselnd die Kraftüberschüsse aufnimmt und wieder ab- und zwar weitergibt; diese Haltung ist beigeordnet. Gewöhnlich sind solch einer Dampfmaschine noch andere Treibwerke beigeordnet, z. B. eine Expansionssteuerung, ein Regulator; untergeordnet ist ihr häufig eine Speisepumpe, untergeordnet ein, vielleicht sehr ausgedehntes Triebwerk, welches nebengeordnete Arbeitsmaschinen in grösserer Anzahl in Bewegung setzt.

Wie der Maschinenbau sehr häufig auch physikalische und chemische Treibwerke in die Treibwerkreihe aufnimmt, um Wärme-, Gasspannungs-

und elektrische Wirkungen in den Dienst der Maschine zu ziehen, ist in §. 260 allgemein erörtert und kommt vor allen Dingen in der Dampfmaschine zur Geltung.

51. Die Höhe des Exponenten der Treibwerkordnung ist von bedeutendem Einfluss auf die schädlichen Widerstände der Maschine, namentlich wo es sich um Unterordnung von höherem Grade handelt, vergl. S. 688. Denn in diesem Falle steigen die schädlichen Widerstände manchmal geradlinig, wenn nicht noch weit stärker mit dem Ordnungs-exponenten. Diese Beobachtung drängt sich bald auf. Man findet deshalb bei den Maschinen-erfindern das lebhafteste Bestreben, die Ordnungszahl herabzusetzen. Wie auf S. 688 angegeben, arbeitete das höchst sinnreiche Luftdruckwerk für Uhrenbetrieb, welches der Ingenieur Mayrhofer erfunden, vor einigen Jahren mit Treibwerken bis zu 17ter Ordnung; inzwischen hat Herr Mayrhofer aber die Ordnungszahl bis auf 8 herabgesetzt. Man kann mit Fug und Recht sagen, dass das „Vereinfachen“ einer Maschine darin besteht, die Ordnungszahl oder den Ordnungs-exponenten ihrer Treibwerke der Eins zu nähern. Dass dies gelingen kann, zeigt u. a. der Giffard'sche Einspritzer, Fig. 971a, bei welchem Leitwerk und Treibwerk zusammenfallen und die Ordnungszahl = 1 ist; dasselbe gilt von der Siemens'schen Geiserpumpe, Fig. 973; bis auf 2 ist die Ordnungszahl herabgezogen bei der, auf S. 1159 abgebildeten Abfallpumpe von Morrison und Ingram, bei welcher, ebenfalls vermöge Zusammenlegung von Leitung und Treibung, sogar eine absetzende Förderung einer Flüssigkeit bei 2ter Ordnung erzielt ist.

52. Ich glaube durch das Vorgetragene gezeigt zu haben, dass die angewandte Zwanglauflehre, wie ich sie vorschlage, indem sie die Maschine als aus „Treibwerken“ gebildet ansieht, sodann die Zwanglaufwirkung nach „Leitung“, „Haltung“, „Treibung“ und „Gestaltung“ unterscheidet und die „Ordnung“ der Treibwerke feststellt, das Maschinenproblem wissenschaftlich lückenlos darzustellen geeignet ist. Die theoretische Zwanglauflehre mit ihren Sätzen diene hierzu als wissenschaftliche, die Probleme in ihrer Reinheit auffassende Voraussetzung. Ohne dieselbe ist eine wirklich wissenschaftliche angewandte Zwanglauflehre nicht möglich. Dennoch aber können ihre Lehren, welche mitunter spitzfindig ausfallen müssen, dem Maschinenpraktiker erspart bleiben, wenigstens für den Alltagsgebrauch. Eine klare Gliederung der angewandten Lehre wird ihm indessen nützen können und, wie ich annehme, auch willkommen sein.

Im Grunde ist ja das Verfahren des Maschinenbildens, wie ich es oben zu zergliedern versucht habe, in vielen Punkten übereinstimmend mit dem, was der Praktiker thut. Er kennt die Kurbelgetriebe, die Rädertriebe, die Kurvenschubwerke, die Kehrwerke, und wo er sie nicht kennt, nimmt er ja gern Belehrung an; dann aber verbindet er sie, setzt sie in Beziehung zu einander, lässt eines auf das andere wirken, wie es ihm der gestellten Aufgabe angemessen scheint. Für die Steuerungen der Dampfmaschine z. B. (vergl. S. 945 bis 952) baut er nicht sowohl kinematische Ketten von vielfacher Zusammensetzung auf, wie man hat heraus-analysiren wollen, als er bekannte Schubkurbelgetriebe verbindet, einmal das eine, einmal das andere voll wirken lässt, dazwischen auch beide zusammen, wobei sich ihre Wirkungen theilweise aufheben. Die Theorie kommt nachher und ermittelt

die besten Verhältnisse. So hat er von je geschaffen und wird es auch noch ferner thun. Klarer nur und rascher wird er schaffen und weiterbilden können, wenn ihm der Grundstoff ausgearbeitet zugeführt und sein eigenes Verfahren ihm durchsichtiger dargestellt wird, als es ihm selbst vorgeschwebt. In dieser Voraussetzung war es, dass ich den Versuch gewagt habe, die von mir entwickelten kinematischen Grundsätze im Handbuch zur Anwendung zu bringen; es geschah nicht, um die Erfindungskunst zu meistern, sondern um ihr wissenschaftlich zu dienen.

Ich nehme auch an, dass von dem hier gewonnenen Gesichtspunkte aus unsere Praktiker die theoretische Kinematik, gegen welche sich Viele, man kann sagen, ablehnend verhalten haben, näher prüfen werden. Sie haben dieselbe, aus vielen Aeusserungen zu schliessen, für ein wohl zu weit getriebenes Theorisiren gehalten, während es sich um eine nothwendige Vorarbeit handelte, die ich selbst übrigens nirgends für die unmittelbare praktische Verwendung bestimmt oder empfohlen habe. Meinen Lesern muss ich überlassen, zu prüfen, wie weit mir meine Absicht, durch Anwendung der Kinematik dem Fache zu nützen, gelungen ist.

* * *

An dieser Stelle sehe ich mich genöthigt, auf ein neueres Buch zurückzukommen, welches sich höchst eigenthümlich zu meinen kinematischen Veröffentlichungen stellt und mich durch vielerlei Angriffe zu einer Abwehr veranlasst; es ist das „Lehrbuch der Kinematik, I. Band, die ebene Bewegung“ von Prof. Dr. L. Burmester (jetzt in München, früher in Dresden), Leipzig 1886/88. Ich fühle zwar nicht den Beruf, das Buch hier zu kritisiren, habe mich selbst auch durch fremde Kritik stets gern belehren lassen, wie die neuen Auflagen meiner Bücher jedesmal beweisen. Hier indessen muss ich, da in dem Buche nicht sowohl mir Verbesserungen vorgeschlagen, als starke Anschuldigungen gegen meine Arbeiten erhoben werden, auf dessen ganzen Inhalt etwas eingehen.

Das Buch behandelt geometrische, kinematische und mechanische Stoffe und ist nicht leicht ernstlich zu prüfen, weil seine Ausdrucksweise vielfach unklar ist. Doch lässt sich aus den einleitenden Bemerkungen so viel verstehen, dass Herr Burmester Kinematik und Bewegungsgeometrie für identisch ansieht. So heisst es in der Ankündigung (1886): „Die Kinematik, welche die geometrische Bewegungslehre und ihre Anwendungen auf Maschinen umfasst, ist aus der Verbindung des Begriffes der Bewegung mit der Geometrie hervorgegangen.“ Fasst man hier „Kinematik“ so auf, wie das Wort bei seiner Schaffung gemeint war (s. oben S. XVI), so muss man staunen über die neue geschichtliche Mittheilung; legt man aber den Ton auf „die“, so hat man eine Art von Erklärung vor sich, was sich Herr Burmester unter Kinematik vorstellt. Das Vorwort (1887) sagt einfach: „Die Kinematik ist aus der Verbindung des Begriffes der Bewegung mit der Geometrie hervorgegangen u. s. w.“ Aus beiden Stellen kann man zwar nicht entnehmen, was nach Herrn Burmester Kinematik wirklich ist, muss aber doch zu dem obigen Schlusse gelangen, wie auch in mehreren,

mir bekannt gewordenen lobenden Kritiken des Buches geschehen ist. Die Identität von „Kinematik“ und „geometrischer Bewegungslehre“ besteht aber nicht.

Die geometrische Bewegungslehre, auch Phoronomie genannt, beschäftigt sich mit allen Bewegungen ohne Ausnahme; sie beschränkt sich keineswegs auf die machinalen Bewegungen; auch in ihrer neueren Behandlungsweise ist man weit entfernt, das beschränkte Maschinengebiet als das eigentliche der Phoronomie zu betrachten. Das thut z. B. mit keinem Wort Poinsot, dem wir eine so bedeutende Entwicklung der Phoronomie verdanken. Letztere leistet für einen wichtigen Theil der Maschinenbewegungen sehr gute Dienste (s. oben), aber ebenso grosse, oder noch weit grössere für die Erörterung der Planetenbewegungen und anderer kosmischer Vorgänge, grossartige, wie verschwindend kleine. Indem nun Herr Burmester wohl anfänglich annahm — er nöthigt uns zum Rathen — dass sie auf alle Bewegungen in der Maschine wichtige Anwendung finde, zog er den folgenden Schluss: Alle Maschinenbewegungen sind Bewegungen; alle Bewegungen können durch die geometrische Bewegungslehre dargestellt werden; folglich ist die Lehre von den Maschinenbewegungen = der geometrischen Bewegungslehre, oder, indem er den Namen Kinematik einsetzte: Kinematik = Phoronomie. Dieser Schluss ist ein Fehlschluss.

Ampère dagegen schloss folgendermassen: Alle Maschinenbewegungen werden durch die Bewegungslehre erklärt; die Maschinenbewegungen unterscheiden sich von den übrigen Bewegungen dadurch, dass sie unfreie, gezwungene sind; folglich muss der Eintheiler der Wissenschaften für die Maschinenbewegungen eine besondere Abtheilung der Bewegungslehre setzen, die Kinematik.

Wo er die Beziehungen der Kinematik zu den anderen Wissenschaften schematisch angibt, erwähnt er der Geometrie gar nicht. Es heisst da:

Kinematik und Statik sind Theile der Elementarmechanik;
diese und die transzendente Mechanik bilden die:
Mechanik.

Wegen der sich hier zeigenden Dreistufigkeit nannte Ampère die Kinematik eine Wissenschaft dritter Ordnung. Der Fehlschluss des Herrn Burmester ist der, dass er die wichtige Eigenschaft der Maschinenbewegungen, häufig durch die geometrische Bewegungslehre oder die Phoronomie mit grossem Nutzen dargestellt werden zu können, mit dem Wesen der Maschinenbewegungen verwechselt oder „konfundirt“. Sein Fehlschluss gehört deshalb zu denjenigen, welche die Wissenschaft der Logik einen Fehlschluss der Konfusion nennt. Ich gebrauche diesen Ausdruck hier keineswegs, um herabzusetzen, sondern bloss im rein wissenschaftlichen Sinne. In diesem Sinne ist aber Herrn Burmesters Fehlschluss ein ungeheurer. Er geht durch das ganze Buch, nicht, nach dem abgenutzten Vergleich, wie ein rother Faden — das gäbe keine richtige Vorstellung — sondern wie ein Nebel, der alle Umsicht verhindert.

Im weiteren Verlauf stösst Herr Burmester bald auf Schwierigkeiten mit der Gleichsetzung von Kinematik und Phoronomie, da letztere zur Lösung aller Aufgaben des Zwanglaufes nicht ausreicht, und greift dann zu einem heroischen Auskunfts Mittel. Zu demjenigen nämlich, aus der Zwanglauflehre alle solche Probleme auszuschneiden, zu deren Behandlung die geometrische Bewegungslehre nicht ausreicht. Er stutzt ab, was nicht ins Schema passt. Ich will das antike Gleichniss vom Prokrustesbett nicht auf den Fall anwenden; es ist zu tief sinnig für denselben. Herr Burmester probirt einfach bei jedem Problem; passt es hinein in das Schema, so behandelt er es, passt es nicht, so schiebt er es bei Seite, oder nimmt so viel davon, als sich eben unterbringen lässt, und glaubt dann, er habe ein neues System. „Jedes wissenschaftliche System“, so sagt er in einem Flugblatt vom 26. März 1888, „formt sich die Begriffe in seiner Weise und bestimmt seine Umgrenzungen nach den Folgerungen(?!). In der geometrischen Gestaltung der Kinematik erstreckt sich der Begriff des Mechanismus nur so weit“ — hier wird abgestutzt — „als der Mechanismus geometrisch bestimmbar ist, weil“ — jetzt werden wir den Grund hören! — „weil nur solche Mechanismen der geometrischen Behandlung zugänglich sind,“ — aufgelöst heisst das: geometrische Behandlung geht so weit, als geometrische Behandlung angeht, eine *petitio principii*, wie man sie nur erfinden könnte, — „und alle in weiterem Sinne gefassten Mechanismen, bei welchen physikalische, geometrisch nicht fassbare Beziehungen auftreten, werden von der geometrisch behandelten(?) Kinematik ausgeschlossen.“ Wahrscheinlich sollte es im letzten Absatz heissen „von der geometrisch behandelnden“ oder „geometrisch verfahrenen Kinematik ausgeschlossen“, weil sonst nur künstlich ein Sinn herauskommt. Lassen wir hier einen Augenblick die Eigenschaft „physikalisch“ auf sich beruhen, so besagt der letzte Theil der Beweisführung, dass geometrisch nicht fassbare Beziehungen nicht geometrisch gefasst werden könnten, was soviel heisst, wie $3 = 3$. Das „physikalisch“ betreffend, wissen wir aus den obigen Sätzen 23 bis 26, 29, 46 bis 48, wie vielfach und wie sehr es sich nicht sowohl um physikalische, als um mechanische Fragen handelt, welche in der Zwanglauflehre entscheidend, aber nicht zugleich „geometrisch fassbar“ sind. Wie weit physikalische Fragen in Betracht kommen, habe ich oben, Satz 25 u. 50 c, erwähnt. Von den hiermit behafteten Mechanismen behält sich Herr Burmester offenbar noch einige vor, indem er nur solche ausschliesst, bei welchen physikalische und zugleich nicht geometrisch fassbare Beziehungen auftreten. Alles in Allem genau so, wie ich oben erschlossen: was hinein passt, wird als zum „System“ gehörig erklärt, was nicht hineinpassen will, abgeschoben. „So wird von mir“, sagt er in dem erwähnten Flugblatt, „mit fester Konsequenz die Läuterung des Lehrstoffes durchgeführt.“

Es ist Herrn Burmester offenbar entgangen, dass dieses grosse „Läuterungs“-Verfahren gänzlich unwissenschaftlich, durchaus roh empirisch ist und einem Lehrgebäude nicht zu Grunde gelegt werden kann. Dasselbe ist aber ein Ausfluss des oben aufgezeigten Fehlschlusses der Konfusion. Der Pfefferkuchen, von dem Jean Pauls Magister Siebenkäs den Rand abgenagt hat, ist noch immer Pfefferkuchen, kein Konfekt; Herrn von Münchhausens Hühnerhund, der sich die Beine abgelaufen, und dem man darauf auch Ohren und Schwanz gestutzt, war dadurch kein Dachshund geworden, wie

glauhaft uns der lustige alte Herr das auch vorstellt. So ist denn auch die Kinematik, wenn man aus ihr alle die Probleme „herausgereinigt“ hat, welche sich der rein phoronomischen Behandlung widersetzen, noch immer nicht = Phoronomie, sondern bleibt Kinematik, mag Herr Burmester noch so schön bittende Klauseln danebensetzen. Wie klein der Rest ist, welchen Herrn Burmesters „Läuterung“ von der Kinematik übrig gelassen hat, werde ich noch zeigen.

Vielleicht ist es wichtig, zu untersuchen, woher die Missdeutung des Wortes Kinematik bei uns stammt. Denn Herr Burmester ist, wie sehr oft in seinem Buche, darin nicht original. Den Keim hat bei uns, wie ich glaube, der treffliche verstorbene Aronhold gelegt, indem er die auf kinematische Aufgaben angewandte Phoronomie „kinematische Geometrie“ nannte. Ich schalte hier ein, dass er diesen, für die Kinematik so wichtigen Lehrstoff rein auf meine Veranlassung damals aufnahm. Er wollte sich aber durch mich nicht erbitten lassen, die Benennung seines Kollegs anders zu wählen, obwohl ich ihm vorstellte, welche Irrthümer sich daran anschliessen könnten. Ich habe mich ja darin auch nicht getäuscht. Die Bezeichnung „kinematische Geometrie“ verbreitete sich darauf bald und bürgerte sich ein. So brauchte sie auch Dr. Schadwill in einer trefflichen grösseren Arbeit: „Das Gliedervierseit als Grundlage der Kinematik.“ Von dieser Arbeit hat inzwischen die Kritik gezeigt, dass sie die wesentliche Grundlage des ersten Abschnittes des Burmesterschen Buches bilde. In derselben nun machte der sonst so scharfsinnige Schadwill den Vorschlag, für kinematische Geometrie kurzweg Kinematik zu sagen. Dieser Vorschlag scheint es zu sein, den Herr Burmester aufgenommen und noch weit ausgedehnt hat. Hierneben dürfte man doch bedenken, dass die von Kants hoher Stelle empfohlene Bezeichnung Phoronomie alle Forderungen erfüllt. Man thäte gewiss gut, wie ich auch in meiner *Theor. Kinematik* [59, 60] schon anzurathen mir erlaubte, sie wieder in ihr volles Recht einzusetzen.

Das Vorausgehende hat nun jedenfalls gezeigt, dass der von Herrn Burmester seinem Buche gegebene Titel dessen Inhalt ganz unrichtig angibt, da letzterer nur einen Theil, und zwar keineswegs einen grossen, der Zwanglauffehre umfasst.

In der Einleitung seines Buches beschäftigt sich Herr Burmester mit mir in folgender Stelle: „Anregend und vorbildgebend hat Reuleaux in seinem originellen Werke die Verwirklichung gedachter geometrischer Bewegungen durch die Formung materieller Körper nach ihrem(!) Gesetze der Undurchdringlichkeit behandelt; und ihm gebührt das Verdienst, dem folgenreichen Begriff des Mechanismus(!) die erste praktische Prägung(!) verliehen zu haben. Durch diesen Begriff hat Reuleaux das Unhaltbare in den Einteilungsprinzipien der Mechanismen(!) in den Werken seiner Vorgänger aufgedeckt und seinen Nachfolgern eine Richtschnur gespannt, nach welcher das Praktische in der Kinematik sich systematisch entwickeln muss. Aber das von Ampère gelegte feste mathematische Fundament(!) der Kinematik nicht beachtend, setzt Reuleaux sich selbst enge Schranken(!), indem er die segensreiche Hilfe der thatkräftigen geometrischen Forschung verschmäht(!!!) und in die Mechanik verweist(!!!). Erst durch diese schöpferische Hilfe etc.“

Die Stelle enthält beinahe soviel Unrichtigkeiten als Zeilen. Mir wird zunächst lobreich zuerkannt, was ich in den Sätzen 2 und 3 zusammen-

gefasst habe; „geometrische“ Bewegungen habe ich dabei allerdings nicht gesagt, und statt Verwirklichung war zu setzen Erzwingung. Sodann hätte ich die Körper nach „ihrem“ Gesetze — nach Herrn Burmester sind die Körper zusammengekommen und haben sich ein Gesetz gegeben — der Undurchdringlichkeit behandelt. Weder dieses Wort noch den Begriff habe ich in meinem ganzen Buche gebraucht. Was Formung nach dem Gesetze der Undurchdringlichkeit ist, weiss ich nicht und wissen wohl Wenige. Sodann hätte ich dem „Begriff des Mechanismus die erste praktische Prägung verliehen“. Viel Falsches auf einmal. Die Sache stand so. Mechanismen waren vorhanden, die Praxis, die reine Praxis hatte sie geschaffen. Man hatte auch gesucht, sie theoretisch zu ordnen, hatte aber einen theoretischen Begriff des Mechanismus nicht gebildet. Ich wies nun diesen Begriff nach (Satz 11). Solches ist aber ein theoretisches Thun, nicht ein „praktisches“ bei der vorliegenden Gegenstellung der Begriffe. Eine Prägung wäre eine Umgestaltung von Vorhandenem gewesen; diese fand nicht statt, sondern Schaffung, erste Aufstellung des Begriffes. Ich habe mich der zahlreichen begrifflichen Neuheiten, welche ich in meinem Buch vorgelegt habe, nie gerühmt; indessen lasse ich mir sie auch mit blossen Redensarten nicht absprechen, auch unter einer Wolke duftenden Weihrauchs nicht. Das Wort „Mechanismus“ braucht sodann Herr Burmester in seinem Buch in einem anderen Sinne als ich und andere Menschen (s. unten); ob es hier in dem gewöhnlichen, oder in dem von Herrn Burmester „geprägten“ Sinne gebraucht ist, bleibt völlig unklar. Ferner erzählt uns hier Herr Burmester von dem festen mathematischen Fundament der Kinematik, welches Ampère gelegt haben soll; wie eigenthümlich, dass er uns dasselbe nicht darlegt! Endlich folgt dann der Hauptstoss: ich hätte die Hülfe der geometrischen Forschung verschmäht und in die Mechanik verwiesen!

Nach dem Sinne der Schlussworte habe ich vergeblich gesucht; was das heissen soll, ich hätte die gute brave Hülfe in die Mechanik verwiesen, wie etwa an den Verein gegen Verarmung, ist mir räthselhaft geblieben bis zur Stunde. Bleiben wir indessen bei dem einfachen Satze von der Verschmähung stehen.

Nun habe ich oben gezeigt, dass ich die Geometrie, insbesondere die Geometrie der Bewegung, in ganz ausgedehntem Masse angewandt (Satz 2, 5, 8, 18, Kap. II, Kap. III, S. 100 bis 154). Ferner habe ich, wie oben erwähnt, unmittelbar die Anregung zu dem Aronholdschen Kolleg gegeben, eben wegen des Werthes, den ich auf die geometrische Forschung legte; endlich habe ich heranreifende Geometer auf das Fach als ein besonders wichtiges verwiesen — — und ich hätte die Hülfe der geometrischen Forschung verschmäht! Eine Erklärung dieses schreienden Widerspruches mit den Thatsachen vermochte ich nicht zu finden. Da trat Herr Burmester selbst in dieser Verlegenheit als Helfer ein, und zwar in dem oben erwähnten Flugblatte, indem er daselbst seine Behauptung zu begründen versucht. Da sagt er denn: „Reuleaux sagt in seiner Kinematik (von den früheren Behandlungsweisen unserer Wissenschaft), S. 4: „Die Wissenschaftlichkeit der Behandlungsweise gehört der Mathematik und Mechanik, nicht aber der Kinematik an“; damit hat Reuleaux die Hülfe der geometrischen Forschung für sein System abgelehnt, welches die Mechanismen einerseits nur gestaltlich beschreibend, andererseits kombinatorisch umformend behandelt.“

Das soll der Beweis sein für eine so starke Anklage wie die obige. Nicht ein Nachweis, dass in meinem Buche die geometrische Behandlung fehle, sondern nur ein kleiner Satz von mir. Aber, wo steht der? und was behandelt der? — Die angezogene Stelle steht bei mir auf der zweiten Seite der Einleitung und betrifft nicht mein Verfahren (welches erst 23 Seiten später zu besprechen begonnen wird), sondern die der meinigen vorausgehenden Methoden. Sie lautet vollständig so: „Zwar ist auch bisher an derselben (der Kinematik) in einem gewissen Sinne wissenschaftlich gearbeitet worden, nämlich in soweit, als einzelne ihrer Theile sich der mathematischen Behandlungsweise darboten. Allein dies betraf, wie gesagt, nur Theile, nicht das Ganze, und auch nicht das eigentliche Wesen der Disziplin; und die Wissenschaftlichkeit der Behandlungsweise gehört der Mathematik und der Mechanik, nicht aber der Kinematik an.“

Es kann bei Betrachtung der Stelle gar kein Zweifel aufkommen, von welcher Methode, oder welchen Methoden die Rede ist. Dass es die vorgängigen sind, ist sonnenklar, würde auch noch völlig verständlich sein, wenn selbst das Bindewörtchen „und“ fehlte, wie bei Herrn Burmesters Anführung. Herr Burmester hat also mit der Anführung des halben Satzes aus meiner Einleitung den angetretenen Beweis nicht geführt. Gegen solch ein Verfahren hat er übrigens selbst in seinem Flugblatt ein Rezept gegeben, es lautet: „Es ist nicht wohlgethan, wenn der Rezensent . . . diesen Satz für den Leser aus dem Zusammenhang herausreisst.“ *Fiat applicatio!*

Peinlich ist mir, hervorheben zu müssen, dass die bei Herrn Burmester eingeklammerten Worte „(von den früheren Behandlungsweisen unserer Wissenschaft)“ von ihm selbst herrühren; dies ist mir peinlich, weil dieser Umstand darauf führen könnte, anzunehmen, dass er genau gewusst hätte, dass sich die Worte „und die Wissenschaftlichkeit der Behandlungsweise etc.“ nicht auf mein Verfahren, wie er behauptet, bezogen. Doch nehme ich für mein Theil dies nicht an, sondern glaube, dass nur ganz unwissenschaftliches, völlig oberflächliches Lesen Veranlassung zu seinem unbeschreiblich groben Irrthum und seiner falschen Beschuldigung gegeben hat.

Noch eine kurze Bemerkung möchte ich an die Stelle aus dem Flugblatt knüpfen: der Weihrauch ist weg! wie weggeblasen! klare Luft!! und in dieser habe ich nach Herrn Burmesters Ansicht „die Mechanismen einerseits nur gestaltlich beschreibend, andernteils kombinatorisch umformend behandelt“. Ich brauche bloss auf die obigen 38 Sätze zu verweisen, um zu erhärten, dass die beiden Behauptungen wieder gänzlich falsch sind. Gestaltliche Beschreibung kommt in meinem ganzen Buche nur bei der Entwicklungsgeschichte der Maschine, aber auch da nur ganz knapp vor, wo es sich nämlich darum handelt, urthümliche Formen von Maschinen analytisch zu erklären. „Kombinatorisch umformend“ bin ich nirgend verfahren. In den zahlreichen Nachweisen der Umkehrungen von Mechanismen will Herr Burmester vielleicht dergleichen erblicken. Damit ist es aber nichts. Sie sind keine „kombinatorischen Umformungen“, sondern Anwendungen des so folgenreichen Umkehrungsgesetzes (Satz 12), welchem er selbst ja „fundamentale Bedeutung“ zuschreiben so gütig ist (s. f. S.), wo er versucht, seine Aufstellung mir abzusprechen.

In dem ersten Abschnitt, Grundlegende Beziehungen der Bewegungen, befindet Herr Burmester sich auf seinem eigenen, dem geometrischen Gebiete

und hat daselbst, nach gewissen Besprechungen in Fachschriften zu urtheilen, viel Lehrreiches und Schönes geboten. Es fehlt indessen nicht an Werkmuthstropfen in dem schäumenden Becher, indem u. a. in der *Z. f. math. u. naturw. Unterricht* gezeigt worden ist, dass nicht weniger als sieben der wichtigsten Sätze des Abschnittes unerwähnter Weise mit solchen aus der erwähnten Schadwillschen Arbeit übereinstimmen, ebenso dass diese Arbeit die Grundlage des ganzen Abschnittes bilde, wie schon oben erwähnt wurde. Indessen glaube ich, dass man im Punkte dieser Zusammentreffungen Rücksichten zu nehmen hat, da Herr Burmester nach eigenem Geständniss nicht frei, sondern unter zwingender, so zu sagen sybillinischer Gewalt gearbeitet hat. „So musste“, erzählt er uns in der Einleitung, „aus der Resultatenfülle der Forschungen dieses Lehrbuch der Kinematik hervorgehen, welches auf geometrischem Grunde durch die harmonische Vereinigung der Theorie und der Praxis den Reichtum fruchtbarer Ergebnisse entfaltet und die praktische Verwerthung derselben in voller Klarheit offenbart.“ Wie klingt das tief und voll, und schliesst so erhaben mit Offenbarung. Darum auch die gesperrte Schrift, durch die Herr Burmester die Stelle ausgezeichnet hat. Man muss dem kumänischen Gedankenschwung gewiss seine Berechtigung lassen, namentlich wenn man, wie ich, nichts davon versteht. Herrn Burmesters Sybille aber scheint es öfter so gemacht zu haben, wie man es ihren Vorgängerinnen im Alterthume nachraunt, nicht immer Neues, sondern manchmal auch etwas Altes eingehaucht zu haben, was dann für neu genommen wurde. Das hätte der Rezensent, der Herrn Burmester so prosaisch vorrückt, er hätte die erwähnten Uebereinstimmungen ersichtlich machen müssen, bedenken sollen.

Ich habe das bezüglich der Uebereinstimmung mit meinen Sätzen doch so vielfach zu bedenken, auch selbst in diesem geometrischen Kapitel. So S. 39, wo mein Satz von der Umkehrung der Bewegung (vergl. Satz 7, 12, 19, 21) gebracht wird, ohne mich nur zu erwähnen. Wort und Sache in wissenschaftlicher Erkenntniss sind meines Wissens von mir eingeführt. Die Umkehrung der Bewegung lieferte mir eine Fülle von Ergebnissen. Herr Burmester behauptet S. 32, dass schon Chasles auf sie und ihre fundamentale Bedeutung hingewiesen, wiederholt das auch ohne neue Gründe in seinem Flugblatt. Mancher könnte hier vermuthen, dass Herr Burmester wegen der Umkehrungsfrage tief in und nach Quellen geforscht und dabei die einsame Stelle bei Chasles gefunden hätte. Indessen hat er auch hier wieder das Missgeschick, nicht original zu sein; die Stelle hatte ich aufgefunden und sie steht bei mir [595] gewissenhaft angeführt. Umkehrungen kinematischer Elementenpaare und Ketten haben vor Jahrtausenden schon stattgefunden und wurden nicht bemerkt. Diejenige beim Leonardoschen Ovalwerk hat Chasles bemerkt, aber nicht verstanden. Hätte er ihre „fundamentale Bedeutung“ erkannt, so hätte er, da die ihm vorliegende kinematische Kette drei Glieder hat, die dritte Aufstellung der Kette alsbald finden und angeben müssen. Der wahre geometrische Sachverhalt entging ihm, weil er, im Sinne der Philosophie der dreissiger Jahre, den Ausfluss eines grossen Gesetzes der Dualität in der Sache vermuthete und gefunden zu haben glaubte, während es sich um eine eigenthümliche Pluralität handelt. Indem uns Chasles getreulich und klar angibt, was er

sich beim Bemerken der Sache dachte, und zwar philosophisch, mit seinen tiefsten Ideenverbindungen dachte, hat er uns genau hinterlassen, dass er die „fundamentale Bedeutung“ der Sache nicht erkannt hat; er hat denn auch nicht auf dieselbe hingewiesen.

Diese Erkennung hat lange auf sich warten lassen. Selbst der lichtvolle Poinot bemerkte die volle Gegenseitigkeit der beiden aufeinanderrollenden Gebilde noch nicht, welche er einfuhrte, weshalb er sie noch verschieden benannte (s. oben S. XX). Ein Neuerer, Weissenborn 1856, hat vor dem Erscheinen meines Buches eine gewisse Anwendung von der Umkehrung der Bewegung zu machen gesucht, die ihm aber misslang, vergl. [597], indem er, wie Andere, vernuthete, die umgekehrte Bewegung sei gleich der nicht umgekehrten. Diese Meinung ist sogar zur Stunde noch vorurtheilsweise verbreitet und mir bei trefflichen Gelehrten begegnet, welche annehmen, die Relativbewegung der Sonne zur Erde sei eine solche, dass der Mittelpunkt des Sonnensystems eine Ellipse um die Erde beschreibe; es finde nur Wechsel der Vorzeichen in der Gleichung statt.

Aber noch mehr als das: auch bei Herrn Burmester selbst ist, seinem Buche nach, das volle Verständniss für die Umkehrung der Bewegung noch nicht eingetreten. Das muss man aus mehreren Stellen schliessen, zunächst aber daraus, dass er von den beiden Polbahnen einer ebenen Relativbewegung die eine „Polbahn“, die andere „Polkurve“ nennt. Ich habe über diese, wissenschaftlich gewiss wichtige Frage auch mit dem unvergesslichen Aronhold in Meinungsverschiedenheit gestanden. Er hatte in Anlehnung an Poinot ebenfalls Polbahn und Polkurve gesagt (vergl. Satz 18), gab aber zu, dass das unlogisch sei, vergl. [596]. Meine Vorstellungen blieben indessen vergeblich und so ist denn der logische Verstoß in die Saat geschossen. Einige kurze Bemerkungen zu der Frage seien mir hier gestattet.

Das Wort „Polbahn“, welches ich vorgeschlagen, was Herr Burmester ja allerdings nicht sagt, hat den Vortheil, gleichzeitig ein guter Name und eine Definition zu sein. Die beiden in ebenen Systemen aufeinanderrollenden Kurven z. B. sind Bahnen der augenblicklichen Drehpunkte oder Pole, sie unterscheiden sich in keiner allgemeinen Beziehung voneinander. Da nun der Name hier zugleich Definition ist, darf man ihm nicht einen anderen für dieselbe Sache, wie also z. B. „Polkurve“, entgegenstellen; sonst lautet ja die Definirung: die „Polbahn“ ist die Bahn des Poles, die „Polkurve“ ist die Bahn des(selben) Poles, woraus folgt, dass Polkurve = Polbahn.

Sollen die Polbahnen zweier relativ beweglichen Gebilde unterschieden werden, so wird man nach zwei neuen Namen suchen müssen, von welchen keiner die Eigenschaft, zugleich Name und Definition zu sein, besitzen darf. Wir kennen ja ein ähnliches Verhältniss bei den beiden Gliedern eines Produktes. Der Mathematiker nennt sie Faktoren und beweist mit grösster Sorgfalt, dass sie logisch völlig gleichartig sind. Indessen gibt es Fälle, wo man sie zu unterscheiden wünscht; da aber nennt man nicht etwa den einen der Werthe „Faktor“ und den anderen vielleicht „Konfaktor“, sondern den einen Multiplikand, den anderen Multiplikator, wählt also logisch richtig zwei neue Ausdrücke, welche eine andere Eigenthümlichkeit, als das facere zum Ausgang nehmen. Was nun ist die Unterscheidung, welche man bei den obigen zwei Polbahnen hervorheben möchte? Es ist,

dass die eine stillstehend, die andere beweglich gedacht wird. Will man sich nicht damit begnügen, ruhende und bewegliche Polbahn zu sagen, so wähle man denn zwei neue Namen, von denen aber nicht ein einzelner das Grundwort Pol bei sich führen darf. Ich bin der Meinung, dass man ohne solche neue Namen ausreichen könnte und kenne schöne Arbeiten, bei denen dies der Fall ist. Gern füge ich mich aber, wenn die Phoromen die Sondernamen für nöthig halten. Sie sollten nicht vergessen, dass in kinematischen Ketten stets mehr als zwei Polbahnen zugleich vorkommen, so in der Kette (C₁₁) nicht weniger als zwölf ausgebildete, recht verwickelte. Von diesen kann man jedesmal nur eine einzige als ruhend annehmen. Was sind dann die übrigen eif? Nichts ist doch in diesem Falle wichtiger, als klar zu halten, dass alle zwölf zunächst die gemeinsame Eigenthümlichkeit haben, Polbahnen zu sein. Wie will man die Neulinge vor Verwirrung bewahren, wenn man ihnen mit Aronhold sagt: diese Bezeichnungen Polbahn und Polkurve sind logisch nicht gut; Sie müssen sich denken, dass die beiden Kurven, trotzdem ich sie verschieden benenne, ganz gleicher Art sind. Also der Lernende soll sich die Logik hineindenken, wo der Lehrende, noch dazu in einer jungen Wissenschaft, sie verletzt! — Nicht um einen bestimmten Vorschlag zu machen, sondern nur um deutlich zu machen, was ich meine, bemerke ich, dass man sagen könnte: Von den n Polbahnen, die hier gleichzeitig vorkommen, werde eine zur Ruhe gebracht; dann ist es zu allernächst wichtig, ihr Verhältniss zu ihrem Partner klar zu machen; man kann aber dann von diesen beiden Polbahnen die eine die ruhende, die rastende, und davon die Rastpolbahn nennen, weil auf ihr ein Pol in Augenblicken rastet; die zugehörige Polbahn wäre dann die bewegliche, gangbare des Paares, die Gangpolbahn. Durch Zusammenziehung käme man dann auf Rastbahn und Gangbahn oder etwas Aehnliches. Wie gesagt, soll dies bloss meine Ansicht zu der hier schwebenden Benennungsfrage darthun, den Wahlkreis umziehen; Andere werden die Wahl selbst vielleicht weit besser treffen können, als ich, wofern es mir gelungen ist, mich verständlich zu machen.

Was nun Herr Burmester in der Zweifelslage thut, in welcher er in früheren Veröffentlichungen pure Aronhold gefolgt war, ist gänzlich verfehlt. Er gibt nunmehr „Polbahn“ und „Polkurve“ einen gemeinsamen dritten Namen, aber wählt diesen ganz unglücklich, indem er beide zusammen „Rollkurven“ nennt. Das Rollen der beiden Kurven ist zwar eine ihnen häufig, aber nicht immer zukommende Eigenschaft, keineswegs ihr Wesen. Die Breitenkreise der Hyperboloide, Fig. 600 und 601 d. B., sind Polbahnen, aber sie rollen nicht, sondern schroten aufeinander (Satz 18); der Umfangskreis des Planimeterrädchens ist Polbahn, gleitet aber mehr, als er rollt. Auch selbst bei ebenen Relativbewegungen, wie den in Fig. 687 bis 689 d. B. erläuterten, rollen die Polbahnen nicht; wenn die Pole nicht unendlich nahe bei einander liegen, bilden sie keine Kurven, stellen aber immer die Bahnen des Pols in der Form von Punktreihen dar (Polvielecke, vergl. die Kettentrommeln, Fig. 835 bis 838 dieses Buches); beim Cylinderpaar fallen alle Pole jedes der beiden Gebilde in je einen Punkt zusammen, Punkte kann man aber nicht Rollkurven nennen. Umgekehrt kommen in kinematischen Gebilden auch Rollkurven vor, welche nicht Polbahnen sind (ein Beispiel unten).

Die Fortsetzung des ersten Abschnittes überlasse ich der Beurtheilung Anderer und wende mich zum zweiten Abschnitte, der die cyklischen Kurven behandelt. Auf diese muss ich etwas näher eingehen, weil Herr Burmesters Darstellung weit von dem Ueblichen abweicht, auch von dem, was ich in diesem Buche (S. 525 ff.), wenn auch nur ganz kurz, darüber gegeben habe.

Da erfahren wir denn zuerst, dass die cyklischen Kurven durch Olaf Römer 1674 erfunden und von ihm auf die Verzahnung der Räder angewandt worden sein sollen. Letzteres war ja bekannt, ersteres freilich nicht. Denn man nahm bisher an, dass die Alten die Cykloiden schon gekannt und im ägyptischen Planetensystem angewandt, auch uns mehrere der Benennungen dieser Kurven überliefert hätten. Ob wir diese Ansicht nun ablegen müssen, ist mir noch recht zweifelhaft. Die Theilnahme der sieben Mathematiker Bernoulli an den Cykloidentheorien besteht nach Herrn Burmester darin, dass „Bernoulli“ einen Brief von Leibnitz über Römers Erfindung erhalten; der Briefempfänger war Johann, neben dem sich sein Bruder Jakob mit dem betreffenden Problem ebenfalls beschäftigt hat. Sehen wir ab von diesen interessanten Lesefrüchten des Herrn Burmester*), so muss unsere Aufmerksamkeit doch

*) Ich sehe mich indessen während der Drucklegung dieser Vorrede doch noch veranlasst, auf die Sache etwas ernstlicher zurückzukommen; die obige leichte Streifung derselben, mit der ich mich begnügen wollte, reicht nicht aus. Denn in einer mir inzwischen bekannt gewordenen Rezension aus der Feder des Professors Dr. Mehnke (bei Schlämlich erschienen?) findet sich über Herrn Burmesters Literaturanführungen folgende auffällige Bemerkung: „Besonders rühmend hervorzuheben ist die peinliche Gewissenhaftigkeit, welche in den geschichtlichen Anmerkungen zu Tage tritt und zur Berichtigung mancher allgemeyn verbreiteter Irrthümer geführt hat.“

Herr Burmester verlegt, wie wir sahen, die Erfindung der cyklischen Kurven in das Jahr 1674. Nun hat — ganz abgesehen von den oben berührten Vorgängen bei den Alten — Huygens, der ältere Zeitgenosse Römers, schon 1673 die Tautochronie des cykloidschen Pendels nachgewiesen, Johann Bernoulli (den Voltaire *honneur de la Suisse et de l'humanité* nannte) wenig später die Brachistochronie desselben Pendels. Von beidem findet sich bei Herrn Burmester nichts, gar nichts, obwohl sich's beidemal um Cykloiden, und beidemal nicht nur um geometrisch, sondern auch kinematisch wichtige Probleme dreht, da jenes Pendel durch kraftschlüssige Wicklung eines Zugorgans entsteht (Satz 26). Wir finden bei ihm die beiden merkwürdigen Probleme weder geschichtlich, noch auch geometrisch erwähnt. Nun wird man sagen können, dass sie vorwiegend der Mechanik angehören, die Herr Burmester ja streng seines Buches verwies. Das hat er allerdings vorn gethan, auch ein zweitesmal recht geräuschvoll in seinem Flugblatt; aber hinten im Buch, im elften Abschnitt, gleichsam zur elften Stunde, führt er sie still wieder herein, mit Fallgesetz, Wurfparabel, Planetenbewegungen und allerlei Anhang — *Naturam expellas furca, tamen usque recurret!* — aber auch hier werden die beiden zweifach wichtigen Probleme nicht angeführt. Indessen noch mehr. Pascals Bethheiligung am Cykloidenstudium erwähnt Herr Burmester wirklich, d. h. in sofern, als er die ungemeynen Formen der Kardioïden Pascalsche Kurven nennt, was, beiläufig bemerkt, sehr unglücklich ist. Pascal aber blühte weit vor Römer; er war schon 1662 gestorben. Dass aber auch schon Galilei gegen 1630, vierzehn Jahre vor Römers Geburt, obendrein rein geometrisch, cyklische Kurven behandelt, dass sein Schüler Viviani für die Cykloidenprobleme gethan, ist nicht mit einem Worte erwähnt — natürlich, weil damals die Cykloiden ja noch gar nicht „erfunden“ waren. Ebensovienig ist der einschlägigen Arbeiten von Descartes, von Fermat und von John Wallis gedacht; vergessen ist endlich durch Herrn Burmester auf S. 135, dass er selbst auf S. 37 erwähnt hat, was Cardano bezüglich der Hypocykloiden versucht hatte [124, 597]; das aber war fast hundert Jahre vor Galileis Eingreifen geschehen. — So sieht die „peinliche Gewissenhaftigkeit“ aus, welche Professor Mehnke so rühmenswerth findet. Man bedenke nur das hier Mitgetheilte seinem ganzen Gewichte nach. Das mathematische Siebengestirn der Bernoulli, welches über ein Jahrhundert lang am wissenschaftlichen Firmament herrlich leuchtete, und von welchem so viele helle Strahlen gerade auf die Cykloiden fielen, ist mit der oben im Text wiedergegebenen, wahrhaft trübseligen Bemerkung abgethan. Das ganze 17te Jahrhundert mit seinem quellenden Reichthum an mathematischen Entdeckungen, bei welchen die Cykloide eine der ersten Rollen spielt, wie sieht es aus im Lichte der Anmerkungen des Herrn Burmester!! Descartes, dem die analytische Geometrie, man kann sagen ihr Alles verdankt, der ihr soviel

sehr erregt werden durch die von ihm empfohlene Eintheilung der cyklischen Kurven.

Zunächst will er als allgemeinen Namen „Trochoide“ benutzt wissen, wie es ja in England bei Manchen üblich ist. Ich selbst habe mich eine kurze Zeit der Neigung zu „Trochoide“ für „Cykloide“ schuldig gemacht [125], habe mich aber durch Kritik rasch eines Besseren belehren lassen und bin nach 1873 wieder zu der guten alten Form zurückgekehrt. Der vortreffliche Name Cykloide reicht nämlich als allgemeiner Name völlig aus und wir müssen bezw. sollten „Trochoide“ für die Fälle aufsparen, wo andere Kurven als Kreise aufeinander rollen. Die Arten der Cykloide heissen dann (vergl. S. 525 d. B.):

Epicykloide, Kreis rollt auf Kreis,
Hypocykloide, Kreis rollt in Kreis,
Pericykloide, Kreis rollt um Kreis,
Orthocykloide, Kreis rollt auf einer Geraden,
Kreisevolvente, Gerade rollt auf Kreis.

gegeben, „das ihr zu suchen fast nichts übrig bleibt“, und der gerade für die Cykloidentheorie so Vieles gethan, der seine Augen schon Mitte des Jahrhunderts geschlossen, er wird neben dem, zwar recht braven, aber doch mathematisch nicht bedeutenden Römer gar nicht erwähnt; ebenso wenig der so tiefbescheidene wie hochbedeutende Fermat, auch schon 1665 gestorben, von dessen Entdeckungen, auch bezüglich der Cykloiden, uns erst John Wallis so Wichtiges erschliessen musste. Daneben halte man die selbstgenügsame Behauptung Herrn Burmesters in seiner Vorrede, dass sein Buch „durch sorgfältige Klärung (!) der literarischen Quellen die geschichtliche Entwicklung erhelle“!!!

Der Leser wird aus der vorgeführten Probe, bei welcher ich Herrn Burmester bloss auf seinem eigenen, dem geometrischen Gebiete gefolgt bin, sich selbst seine Ansicht darüber bilden können, was es mit dieser Erhellung und mit der Beseitigung von Irrthümern durch die geschichtlichen Anmerkungen auf sich hat. Wie es damit auf dem mechanischen und dem kinematischen Gebiet bestellt ist, das zu erörtern, würde man mir nach dem Gegebenen wohl schon erlassen. Eine einzige Stichprobe muss ich indessen democh geben.

Wie werden die Kepler'schen Gesetze behandelt, die als die grossartigste Leistung der jungen induktiven Wissenschaft an der Schwelle des 17ten Jahrhunderts unverlöschlich strahlen!! Die Welt, die ganze denkende Welt, bewundert Kepler, die Völker beneiden Deutschland um Kepler. Dieser aber hat nach Herrn Burmester jene Gesetze ganz einfach aus den Tycho'nischen Beobachtungen „erkannt“ (ein Lieblingsausdruck [des Herrn Burmester] und Neuton hat aus zweien (!) derselben — Herr Burmester führt nämlich nur die beiden ersten Gesetze an, verwechselt auch dabei das erste mit dem zweiten — die „Resultate“ abgeleitet, durch welche er“ (buchstäblich) „in seinem berühmten Buche der Welt „das Gravitationsgesetz übergab“. „Durch Resultate“ hat Neuton das Gravitationsgesetz „übergeben“!!! Der Leser möge den Satz nur genau ansehen und nicht etwa glauben, dass ich scherze; genau so steht auf S. 765! Dass Kepler die mühevollen, viele Jahre beanspruchende Arbeit ausführte, die Beobachtungen des längst verstorbenen Tycho in den Rudolfinischen Tafeln rechnerisch zusammenzustellen, dass er 1609 bei Benutzung dieser Tafeln zur Berechnung der stark exzentrischen Marsbahn Abweichungen bemerkte, die sich nicht durch Messungsfehler erklären liessen, dass er dann bei verallgemeinerten, höchst mühseligen Berechnungen das erste Gesetz, das von den Flächen, ermittelte, und zwar ohne Differenzialrechnung, ja ohne analytische Geometrie, die beide noch nicht da waren, dass er darauf durch Induktion, insbesondere durch aufeinanderfolgende Einsetzungen von nicht weniger als achtzehn Kurven, zuletzt der Ellipse, die Uebereinstimmung zwischen Annahme und Beobachtung erzielte (zweites Gesetz), dass er dann nach weiteren neun arbeitsvollen Jahren den noch fehlenden Zusammenhang zwischen Umlaufzeiten und Abständen nachwies (drittes, und zwar unentbehrliches Gesetz), nämlich, dass Neuton erst 1682, d. h. zwei ganze Menschenalter nach Bekanntwerdung von Keplers drittem Gesetz, und zwölf Jahre nach induktiver Aufstellung seiner Theorie der allgemeinen Schwere, weil dazumal erst die neue Picardsche Gradmessung das Zusammentreffen seiner Theorie auch mit Keplers drittem Gesetze erwies, mit ersterer hervortreten konnte: dieses alles ist wohl nicht Geschichte? oder vielmehr diese Vorgänge, welche Kepler so unendlich hoch stellen und ihm die Dankbarkeit aller nachfolgenden Geschlechter denkender Menschen sichern, sie alle sind wohl „Irrthümer“, die Herr Burmester in wenig Zeilen, nämlich fünf Zeilen Text und zwei Zeilen Anmerkung, mit leichter Hand „berichtigt“? Wozu achtzehn Jahre langes Suchen? Kepler

Die Gerade ist hierbei als unendlich grosser Kreis behandelt. Der zweite Fall steht zum dritten und der vierte zum fünften im Verhältniss der Umkehrung der Bewegung; diese liefert im ersten Falle nichts Neues (vergl. Satz 7, 18 und 21), woher die ungerade Zahl der Fälle. Soll die Namengebung streng symmetrisch sein, so ist Kreisevolvente noch zu ersetzen (wie ich in einem inzwischen wohl schon veröffentlichten Austausch mit einem amerikanischen Kollegen vorgeschlagen und wie von ihm angenommen worden ist) durch *Cyklo-Orthoide*. Wie dieser, so ist auch der vierte Name in der Reihe von mir vorgeschlagen. Alle fünf Arten der Kurve haben entweder die gemeine, oder die verlängerte oder die verkürzte Form, je nachdem der beschreibende Punkt auf, ausser oder in dem rollenden Kreise liegt; bei der verlängerten Form wird der beschreibende Punkt durch Verlängerung, bei der verkürzten durch Verkürzung des Halbmessers des rollenden Kreises erreicht, die „verlängerte“ *Cykloide* ist zugleich eine längere, die „verkürzte“ eine kürzere Kurve als die „gemeine“; bei der Evolvente ist die nach dem Mittelpunkt des ruhenden Kreises gehende Richtung die Verlängerungsrichtung.

kam, sah und „erkannte“!! und zwar „erkamte“ er zwei Gesetze, nicht drei, wie gewöhnliche Leute der Wissenschaft zählen!! — — — Sollte Professor Dr. Mehmke das wirklich für peinlich gewissenhaft halten? Sollte er wirklich annehmen, dass solche Geschichte der exakten Wissenschaften für die Ingenieurpraktikanten gut genug sei?? Traut er den deutschen Ingenieuren, oder allgemeiner den Ingenieuren deutscher Zunge so wenig Achtung vor der Geschichte ihrer Grundwissenschaften, so wenig wissenschaftliche Bildung zu, dass er unternimmt, ihnen die geschilderte Verfahrungsweise als eine peinlich gewissenhafte zu rühmen??? Glaubt er, die deutschen Unterrichtsverwaltungen beabsichtigten, an den technischen Hochschulen derartige Wissenschaftsgeschichte gelehrt zu sehen??? — Vielleicht aber bezog er sein Lob bloss auf solche Stellen wie die, worin Herr Burmester volle fünf Zeilen Anmerkung daran wendet, den Franzosen beizubringen, dass sie den Namen ihres Landsmanns Lagarousse falsch schrieben, dass nämlich das letzte s eigentlich ein t sein müsse (S. 414)! Auf den blossen Namen eines dunklen Ehrenmannes 20ster Grösse fünf Zeilen, auf den ganzen Kepler, einschliesslich der Keplerschen Gesetze, deren sieben!! Dem Leser kann ich die Fällung eines Urtheils über eine solche Rezensionsweise ganz überlassen, will aber mit meiner eigenen Ansicht darüber nicht zurückhalten.

Wenn Herrn Burmester die Geschichte der Wissenschaften etwas Neues ist, wie er uns in seinen Erstlingsversuchen beweist, so ist das eine Sache für sich und erklärt sich unschwer aus anderen Stellen seines Buches. Die Kritik aber durfte nicht ungerügt hingehen lassen, mit wie unerhörter Oberflächlichkeit er diese Geschichte im Lehrbuch behandelt, mit welcher Missachtung er dadurch der studirenden Jugend entgegentritt, indem er ihr, die das Höchste begehrt, das Angeführte als Geschichte vorsetzt.

Wer die Wissenschaftsgeschichte und ihre geistige Bedeutung für die gebildeten Nationen nicht kennt, der achte wenigstens ihre Würde und rühre sie nicht an mit ungeschickter Hand; er bleibe hübsch bei den Lehrsätzen. Niemals aber ist doch einer deutschen Feder etwas Geringwerthigeres, Kenntnissloseres und zugleich jeder Ehrfurcht vor der Geistesentwicklung Barbares entfloßen, als die fraglichen Anmerkungen, wie sich vorhin gezeigt hat. Ihrem Verfasser persönlich kann vielleicht seine Unkenntniss nachgesehen werden; hat er doch zweifellos sein Bestes zu geben versucht, und: *ultra posse nemo tenetur*. Wenn aber dann sein Verfahren in einer hochstehenden kritischen Zeitschrift noch mit Lob überschüttet wird, wie durch Professor Dr. Mehmke geschehen, so heisst das doch alle Grenzen der Nachsicht weit hinter sich lassen, so heisst das sich beteiligen an einem Verfahren, welches von der ganzen Wissenschaft nur verurtheilt werden kann. Einspruch gegen solche Rezensionsweise erheben ist wissenschaftliche Pflicht.

Genannter Rezensent lässt, abgesehen von den Irrthümern, in die er verfällt, weil ihm die Kinematik ein neues Gebiet ist, in seiner Besprechung fein erkennen, dass er die kritisirte Arbeit wohl durchschaut; denn seine anderweitigen Lobspprüche sind für den Sachkenner wenig anderes, als mild verschleierte Tadel. Ich kann mir deshalb seine unverholene Anpreisung der „Anmerkungen“ nur aus ungenügender Prüfung derselben erklären. Mit andern Worten, dass er im Verlass auf die Vorrede die „Anmerkungen“ vor nur halb aufgeschnittenem Buch kritisiert hat. Indessen möchte ich ihm nicht Unrecht thun; es kann auch so sein — —, dass er zwar ordentlich aufgeschnitten, nicht aber ebenso gelesen hat.

Als besondere Formen habe ich noch besonders zu benennen empfohlen [129]:

die konzentrirte und die homozentrische Form.

Die konzentrirte Cykloide ist eine verkürzte und zwar die kleinste in jedem der fünf Fälle; sie ist ein Kreis (der „Deferent“ der älteren Astronomie), beschrieben durch den Mittelpunkt, das Zentrum, des rollenden Kreises, weshalb „konzentrirte“ in doppeltem Sinne benennend ist. Die homozentrische Cykloide ist diejenige, welche durch einen Punkt einer konzentrirten Cykloide beschrieben wird, wenn deren Träger rollender Kreis ist; sie hat ihrer Entstehung wegen die Eigenschaft, durch das Zentrum des ruhenden Kreises zu gehen, daher ihre Benennung. Rollen statt der Kreise andere Kurven aufeinander, so werden die Rollzüge Trochoiden genannt und erhalten angemessene Beinamen. Ist dabei die rollende Kurve geschlossen, so ist der Rollzug ihres Mittelpunktes die kleinste, also die konzentrirte Trochoide [134, 135 u. s. w.].

Das vorstehende schlichte und zugleich weitgehende Benennungsverfahren will Herr Burmester durch folgendes ersetzt wissen. Er unterscheidet nur vier Formen:

1. Epitrochoide, Kreis rollt auf Kreis, sie heisst:

- a) gespitzte Epitrochoide oder Epicykloide, wenn der beschreibende Punkt auf dem rollenden Kreise liegt,
- b) verschlungene Epitrochoide, wenn der beschreibende Punkt und der feste Kreismittelpunkt beide innerhalb des rollenden Kreises oder beide ausserhalb desselben liegen,
- c) gestreckte Epitrochoide, wenn der beschreibende Punkt innerhalb, der feste Kreismittelpunkt ausserhalb des rollenden Kreises liegt oder umgekehrt,
- d) sternförmige Epitrochoide, wenn der beschreibende Punkt durch den festen Kreismittelpunkt geht;

2. Hypotrochoide, Kreis rollt in Kreis; sie heisst:

- a) gespitzte Hypotrochoide oder Hypocykloide, b) verschlungene, c) gestreckte, d) sternförmige H. T., je nachdem der beschreibende Punkt bezw. wie unter a), b), c) oder d) bei (1) liegt;

3. Allgemeine Cykloide, Kreis rollt auf einer Geraden, sie heisst:

- a) gespitzte Cykloide oder kurz Cykloide, b) verschlungene, c) gestreckte C., je nachdem der beschreibende Punkt auf, ausser oder in dem rollenden Kreise liegt;

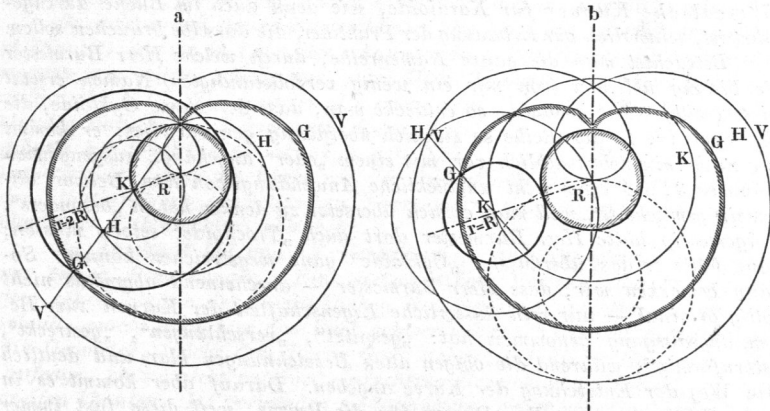
4. Allgemeine Kreisevolvente, Gerade rollt auf Kreis; sie heisst:

- a) gespitzte Kreisevolvente oder kurz Kreisevolvente, b) verschlungene, c) gestreckte K. E., je nachdem der beschreibende Punkt auf der Geraden, auf der Berührungsseite ausserhalb der Geraden, oder auf der anderen Seite ausserhalb derselben liegt.

Es ist keine leichte Sache, diesen schwerfälligen Bestimmungen zu folgen; sie sind aber noch nicht vollständig, denn die Pericykloide fehlt noch. Sie ist weggefallen, oder genauer gesagt, verworfen worden, denn Herr Burmester erklärt diesen „von Weissenborn irrthümlich als nothwendig erachteten“ Namen für „verwerflich“, weil nämlich die Pericykloide auch erzeugt würde, „wenn ein Kreis ausschliessend auf einem anderen rollt“.

Warum Herr Burmester nicht gleich in einem hin auch die Kreisevolvente aus dem Verzeichniss herausgeschafft hat, wofür er ja S. 185 ebenfalls eine zweite Erzeugung durch Rollung angibt, sagt er uns nicht. Genug, es wird die bekannte doppelte Erzeugungsweise der cyklischen Kurven gegen die besondere Anführung der Pericykloide eingewandt. Aber nicht mit Recht!

Denn die Pericykloide und die Epicykloide, welche einander decken, sind nicht identisch, sondern nur kongruent. Wenn man eine Kurve auf zwei oder auch noch mehr Arten durch Rollung erzeugen kann, so sind die entstehenden Gebilde nur zusammentreffende Einzelfälle verschiedener Kurven. Dies geht schon aus einem der ersten Sätze über die Polbahnen hervor, nach welchem [bei mir S. 68 „für jede Relativbewegung komplaner Figuren nur ein Polbahnenpaar möglich ist“] bei Herrn Burmester S. 35 „die Rollkurven die beiden einzigen Kurven sind, welche bei der gegenseitigen Bewegung aufeinander rollen“. Jede einzelne der bei pericyklischer Rollung zweier gegebenen Kreise beschriebenen Kurven mag



zwar als Epicykloide erzeugt werden können, bedarf aber jedesmal eines neuen Kreispaars, wie auch aus dem bezüglichlichen Satz bei Herrn Burmester S. 137 folgt. Zugleich mit der pericyklischen Erzeugung kann die epicyklische in demselben Systempaar niemals vor sich gehen. (Hier haben wir das oben S. XXXVIII versprochene Beispiel von Rollkurven, welche in ein Systempaar zugehörig eingetragen sein können, ohne gleichzeitig Polbahnen zu sein.) Der Vollständigkeit wegen seien hier noch zwei Beispiele durch Zeichnung vorgeführt.

Fig. a zeigt Pericykloiden des Kardanischen Kreispaars (Kardanische Kreise habe ich die beiden Kreise vom Halbmesserverhältniss 1 : 2, welche innere Berührung haben, zu nennen vorgeschlagen); sie sind insbesondere Perikardioiden. Fig. b zeigt Epicykloiden eines Kreispaars vom Halbmesserverhältniss 1 : 1; sie sind insbesondere Epikardioiden. Die gemeine Perikardioid G stimmt mit der gemeinen Epikardioid G bei gleicher Grundkreisgrösse überein; die ungemeinen Formen in beiden Fällen sind aber stark von einander verschieden. V bezeichnet beidemal eine verlängerte, H die homozentrische, K die konzentrierte Form.

Da die Pericykloidenschaar überhaupt nicht epicyklisch durch ein einziges Polbahnenpaar erzeugt werden kann, ist der besondere Fall der Pericykloide unentbehrlich, was Weissenborn in seinem Buche gezeigt hat. Letzteres wäre nach Herrn Burmester „in einzelnen Theilen durch die neueren Fortschritte veraltet“ — Herr Burmester behandelt „veraltet“ als *verbum transitivum*, wie etwa „beseitigen“ oder „vernichten“ — in diesem einen Nachweis besitzt es indessen schon ein nicht alterndes, wahres Verdienst.

Herrn Burmesters Behandlung der Pericykloide lässt übrigens wiederum erkennen (s. oben S. XXXIX), dass der eigentliche kinematische Gedanke bei ihm noch nicht fest Wurzel gefasst hat. Die Freude am Geometrischen bei der Doppelerzeugung hat ihn vergessen lassen, dass er ja Kinematik, Zwanglauf, zu demonstriren sich vorgenommen. Sein Fehlschluss „Kinematik = geometrischer Bewegungstheorie“ treibt hier einmal eine Blüthe sogar innerhalb des mit so „fester Konsequenz geläuterten Lehrstoffes“.

Den Schlussstein von Herrn Burmesters Namengebung bildet der Name „Pascalsche Kurve“ für Kardioide, wie denn auch im Buche durchgeführt ist, schwerlich zur Erbauung der Praktiker, die dasselbe brauchen sollen.

Betrachtet man die ganze Namenreihe, durch welche Herr Burmester die bislang üblichen (von mir ein wenig vervollständigten) Namen ersetzt wissen will, etwas genauer, so entdeckt man, dass der Name Cykloide, die alte *cyclois*, in der Reihe so ziemlich überflüssig geworden ist; er kommt nur noch rein nebensächlich vor, mit einem „oder“ angehängt, ausgenommen Nummer 3, wo eine recht unglückliche Anwendung von dem Beiwort allgemein gemacht ist, weil man es sich übersetzt zu denken hat in „besonders“. Folgerichtig hätte Herr Burmester dort auch „Trochoide“ setzen müssen; dann hätte er das überflüssige „Cykloide“ ganz wegstreichen können. So dann bemerken wir, dass Herr Burmester — anscheinend abermals nicht völlig original — nur rein äusserliche Eigenschaften der Kurven zum Benennungsausgang genommen hat: „gespitzt“, „verschlungen“, „gestreckt“, „sternförmig“, während die obigen alten Bezeichnungen klar und deutlich den Weg der Entstehung der Kurve angeben. Darauf aber kommt es in erster Linie an, vor allen Dingen für die Praxis, weil diese fast immer nur kurze Stücke der Kurven braucht. Es ist eine untergeordnete Frage, in der Kinematik wenigstens, ob die Kurve eine Schleife hat oder nicht; man will zuerst wissen, will durch den Namen eine Vorstellung wach gerufen erhalten, wie die Kurve entsteht, nicht aber, wie sie aussieht; das kommt später an die Reihe. Und dann, wie ist es denn mit diesem Aussehen bestellt? Ueberall macht Herr Burmester noch Vorbehalte, und zwar ganz empirische. Da sagt er, dass die verschlungen genannten Kurven „meistens eine Schlinge besitzen“, die andere „meistens gestreckt gestaltet sei, die sternförmige „in der Regel“ eine rosettenartige oder sternförmige Gestalt“ habe. Was hat ein „meistens“, ein „in der Regel“ in der Geometrie zu suchen? Eine solche „Mehrstentheils-Geometrie“ ist doch etwas ganz Neues!

Sehen wir indessen wirklich einmal zu, wie es mit diesem „mehrstentheils“ steht. In den Figuren a und b haben wir sogleich in den zwei Kurven H solche vor uns, welche durch den festen Kreismittelpunkt gehen. Sie heissen nach Herrn Burmester sternförmige Trochoiden; beide haben aber nichts von Sternförmigkeit an sich, und so steht es bei sämtlichen

Pericykloiden und Epicykloiden, auch bei der Evolvente, deren homozentrische Form ja die archimedische Spirale ist. Sternförmig ist doch nur eine Figur, die nach aussen in Spitzen ausläuft. Da ist denn das Hülfswort rosettenartig zugezogen; so könnte man allenfalls einzelne homozentrische Epi- und Pericykloiden nennen. Aber eine Rosette kann auch in der Mitte offen sein; dann aber sind wieder beinahe alle Epi-, Peri- und Hypocykloiden rosettenförmig, auch wenn sie nicht durch den festen Mittelpunkt gehen; kurz, die Gleichsetzung von rosettenartig und sternförmig geht nicht an, und es bleibt eigentlich nur übrig, dass die homozentrischen Hypocykloiden von aufgehendem Kreisverhältniss sternförmig sind [130], alle vier anderen Cykloidenarten nicht. So haben auch bisher die Geometer angenommen, auch der schon bei mir angeführte Durège. Somit wäre oben ein: „in einzelnen Fällen“ statt eines „in der Regel“ das Richtige gewesen. In welche Bedrängniss Herrn Burmesters Vorschläge erst bei den sphärischen Cykloiden gerathen, wo die ganze Formenreihe noch anders verläuft, als bei den ebenen Cykloiden, will ich gar nicht ausmalen.

So steht es mit dieser Namengebung, die angeblich „die Widersprüche verbannt(!), welche in Folge der erkannten doppelten Erzeugung aufgedeckt“ worden sein sollen; schade nur, dass Herr Burmester sie nicht auch uns aufgedeckt hat. Wie weit er diesmal sein Original (Wiener) missverstanden hat, kann ich hier nicht untersuchen. Die vorgeschlagene Namengebung hat nicht eine einzige gute Seite, da ist nicht ein Gedanke, der erfrischt; dazu die Lücke von der Pericykloide. Diese Art von Hülfe der „thatkräftigen geometrischen Forschung“ werden recht viele Leute, glaube ich, „thatsächlich ablehnen“.

Zu Abschnitt III und IV, Verzahnungen und Kapselräder betreffend, nur einige Bemerkungen. Ein weitschweifiger Vortrag, durchzogen von dem zähen Strome der unglücklichen Namengebung aus dem vorigen Abschnitt, macht auch hier das Buch schwer lesbar. Vielleicht gestatten mir die Geometer, welche dem Buche ferne stehen, bei dieser Gelegenheit die Anfrage, ob sie nicht zu einer einfacheren Bezeichnungsweise der Figuren greifen könnten. Da verwenden sie lateinische, griechische, gothische Buchstaben, grosse sowohl als kleine, römische und arabische Ziffern, Zeiger oben, Zeiger unten, und das alles dicht beieinander. Man spreche auch nur aus, was man druckt, z. B.: „Winkel gross Phi klein Zeta gross Eta gleich Winkel gross Phi klein deutsch q Zeiger w klein deutsch p Zeiger w“, und erst bei Vierecksbezeichnungen!! Diese Bezeichnungsweisen sind ja begründet, aber sprachlich sind sie Ungeheuerlichkeiten. Habe man doch wenigstens Erbarmen mit den Lesern aus der „Praxis“, auf die man rechnet. Ist es denn nicht wirklich grotesk, wenn Herr Burmester S. 192 von einer alten Mühlenbauerregel spricht, und in dieser die Dicke eines plumpen Holzstabes mit Γ_1 Γ_1 bezeichnet? Selbst für das höhere Studium sind solche, zwar gelahrte, aber doch recht hölzerne Bezeichnungen das Gegentheil von förderlich. Man kann so oft, da Figuren nun doch einmal da sein müssen, mit besonderen statt hochallgemeinen Bezeichnungen meist so viel rascher zum Ziele gelangen, dass die Angelegenheit mir sehr der Ueberlegung werth scheint.

Wir lernen in diesem Abschnitt Herrn Burmester wieder als sonderbaren Leser kennen, wie u. a. S. 195, wo er die von mir angegebenen Schild-

räder einem alten italiänischen Architekten zuschreibt, desgl. S. 196 mir zuspricht, gewisse Zahnräder (die Parallelräder), die ich zuerst angegeben, nur benamt zu haben; er behandelt dann gleich dabei diese Räder auch noch falsch. Die von mir angegebene Polbahnterme der Parallelräder findet sich ganz ohne Umstände angewandt. Mit den Namen geht Herr Burmester überhaupt kurios um. Ihm scheint bezüglich der wissenschaftlichen Kunstsprache jedes Verständniss zu fehlen; seinen Aeusserungen gemäss weiss er nicht, dass neue wissenschaftliche Kunstwörter meistens mit vorausgehenden Lehrsätzen oder Entwicklungen eng zusammenhängen. Diese Unkenntniss muss man bei ihm voraussetzen, da es doch völlig unzulässig ist, anzunehmen, dass er absichtlich dieses Grundwesen der Namensgebung übersähe. Dieselbe Unkenntniss zeigt sich weiterhin bei den Kapselräderwerken in geradezu abentheuerlicher Weise. Die Erfinder Repsold, Fabry, Eve, Root, Eyrard, Dart, Behrens, Payton, der Mehrzahl nach hervorragende, zum Theil glänzende Namen, hatten in den, Wasser oder Luft befördernden oder von Dampf betriebenen Körpern in ihren Maschinen Kolben im älteren Sinne erblickt. Die von mir (1868) gegebene Zusammenfassung, die von kinematischer Grundlage ausging und darum sehr fruchtbar war, brachte die Erkenntniss, dass es sich um eingekapselte Zahnräderwerke handelte und wurde rasch von der mechanischen Technik aufgenommen. Herr Burmester, der meine bezüglichlichen Veröffentlichungen seinem Abschnitt zu Grunde legt, hat davon nichts gesehen, jedenfalls nicht verstanden. Er ist nur so gütig, mir die Benennung Kapselräderwerke zuzuschreiben. Doch nein, S. 249 gibt er einem ganzen Kapselräderwerke, dem Paytonschen, meinen Namen. Ich lehne diese freundliche Zuwendung hiermit ab, bin sogar unhöflich genug, *donum ferenti* gar nicht einmal dafür zu danken. Der Leser der Schenkszene könnte vielleicht auf die unschöne Vermuthung kommen, Herr Burmester habe mir mit der Zuwendung stehend bedeuten wollen, ich hätte den Paytonschen Wassermesser falsch dargestellt. Solch einer Handlungsweise halte ich indessen Herrn Burmester nicht für fähig. Er hat offenbar die Sache nicht verstanden und eine bei mir schon stehende, bei ihm wiederholte Anmerkung von dem Namen *epicycloidal water meter* nur falsch gedeutet.

Auf S. 219 gibt Herr Burmester mit gesperrter Schrift den „Satz“: Alle Räder mit Evolventenzähnen greifen richtig in einander (und sind Satzräder), wenn sie auf den Grundkreisen gleiche Theilung besitzen (und wenn die Zahnlücken so umgrenzt sind, dass ein freier Durchgang der eingreifenden Zähne stattfindet). Die Einklammerungen rühren von mir her; die erste betrifft eine Tautologie, die zweite eine Bedingung, welche weit vorausgeschickt sein musste, weil sie für alle Zahnräder, auch solche, die nicht Satzräder sind, gilt. Der ganze Satz ist falsch, weil die Bedingung fehlt, dass die Halbmesser der Grundkreise sich gleichzeitig verhalten müssen, wie die Zähnezahlen der Räder.

Ich rüge nicht etwa diesen groben Fehler, um ihn aufzustechen. Ein Fehler kann dem sorgfältigsten Schriftsteller durchschlüpfen und dieser verdient billige Nachsicht. Aber gerade der hier in Betracht kommende Fehler hat schon so viel materiellen Schaden angerichtet und ist schon so

oft eindringlich gerügt worden, dass eine unglaubliche Oberflächlichkeit dazu gehört, ihn wieder zu machen, namentlich wenn mit so rasselndem Rüstzeug von Theorie an die Aufgaben sechsspännig herangefahren wird, wie in dem Burmester'schen Buche. Herr Burmester gesteht in seinem erwähnten Flugblatt den Fehler nicht einfach zu, wie er hätte ruhig thun dürfen, sondern beruft sich auf eine dem „Satze“ bald nachfolgende Stelle: . . . „aber es ist nicht möglich, allgemein unabhängig voneinander vollkommen richtige Satzräder in allen Fällen zu konstruiren“. Er liest sich selbst unaufmerksam, abgesehen davon, dass der Bau des letzten Ausspruches logisch wieder höchst bedenklich ist; in demselben ist nicht mehr von Rädern mit Evolventenverzahnung die Rede, sondern wird von allen Fällen gesprochen. Der gesperrt gedruckte Satz steht wie er steht und enthält Herrn Burmesters ganze Vorschrift. Dem Leser kann nicht zugemuthet gewesen sein, aus dem dunkelsinnigen Nachsatze die zweite Hauptbedingung herauszulesen.

Abschnitt V behandelt zu Anfang die „Stützung“ der kinematischen Elemente (Satz 20). Herr Burmester, der in der geometrischen Behandlung der Aufgabe (trotzdem ich ja solche „verschmäht“ haben soll) mir einfach folgt, wird mir untreu in einem Hauptpunkte, darin nämlich, dass er statt der (mechanischen) Widerstandsfähigkeit die „Undurchdringlichkeit“ der Körper einführt. Das entsprach nun zwar seinem „Läuterungs“-Verfahren, war aber nicht glücklich, wie ihm schon eine Kritik in der Z. D. Ingenieure eingehend nachgewiesen hat; er gelangt dadurch zu widersinnigen, werthlosen Ergebnissen. Woher mochte er es haben? Der Erste, der da geglaubt hatte, die Undurchdringlichkeit an die Stelle der von mir eingesetzten Widerstandsfähigkeit setzen zu sollen, war ein sehr strebsamer Gewerbe-Akademiker, Herr N., dem dieser Versuch, als eigenem Denken entsprossen, zweifellos alle Ehre machte; er hat ihn auch in einer Broschüre bekannt gemacht. Ob nun Herr Burmester dem jugendlichen Herrn N., oder Herrn Beck im Civ.-Ingenieur gefolgt, weiss ich nicht; genug: das Pflänzlein ist nicht in seinem eigenen Garten gewachsen. Unlieb aber war mir, dass er in der oben, S. XXXV, erwähnten Stelle mir zuschreibt, den Begriff der Undurchdringlichkeit auf das Stützungsproblem angewandt zu haben. Dies war mir wegen der Gröblichkeit des damit begangenen Fehlers nicht gleichgültig, und ich machte deshalb Herrn Burmester alsbald brieflich auf die Unrichtigkeit seiner Mittheilung aufmerksam, indem ich ihm bemerkte, dass ich weder bei der Stützung, noch überhaupt in meinem Buche der Undurchdringlichkeit erwähnt habe. Seine Antwort lautete, er wisse wohl, dass ich das nicht gethan, aber es passe ihm besser! — — —

Damit ward mir nun freilich ein ganz unerwarteter Aufschluss über Herrn Burmesters Methode! Eine Entschuldigung der unrichtigen Mittheilung ist mir weder brieflich, noch auch in den weiteren Lieferungen des Buches geworden; so muss ich sie denn hier selbst berichtigen.

Bei der nun folgenden Behandlung der „zwangläufigen Bewegung der Gebilde in der Ebene“ folgt Herr Burmester durchweg mir, vergisst indessen dabei, die Urheberschaft der Sätze anzuführen. Vom Kraftschluss gehört nach ihm mir nur der Name, nicht die Begriffsaufstellung an; die höheren Paare (Satz 21 und 22), von welchen so zu sagen beinahe jeder Strich bei mir neu war, führt Herr Burmester wie altes Gemeingut auf

mit der gefälligen Bemerkung, dass ich „Bewegungen dieser Art“ in meinem Buche ausführlich behandelt habe. Im Ganzen kommen vor die Anwendungen meiner Sätze 5, 6, 7, 9, 10 bis 31, ganze 26 Sätze; die 41 Figuren zu dem Abschnitt tragen alle den Stempel der Herkunft aus meinem Buche mehr oder weniger deutlich an sich.

Herr Burmester hat aber auch Abweichungen. Er sagt statt Cylinder- oder Drehkörperpaar „Drehpaarung“! (wörtlich, obwohl fast unglücklich: „ein aus Rotationsflächen oder aus Theilen derselben bestehendes zwangläufiges Elementenpaar nennen wir eine Drehpaarung“). Ein Paar ist nach Herrn Burmesters Logik eine Paarung, ein Paar Stiefel eine Stiefelpaarung. Ebenso sagt er statt Prismenpaar „Richtpaarung“ (S. 266 und 267), endlich auch statt Schraubenpaar „Schraubenpaarung“. Dass ich die überaus wichtige Darlegung der drei Umschlusspaare gemacht und ihre aprioristische Bestimmbarkeit gezeigt (Satz 19), scheint ihm unbekannt. Sodann setzt er sich aber sogar in Gegensatz zu mir mit einer Bemerkung, welche alle seine bisherigen Urtheile über meine Arbeiten in Schatten stellt; sie lautet (S. 265): „Die von Reuleaux in seiner Kinematik gewählte Benennung, kinematisches Element für Glied oder Körper, ist unzulässig, weil die Unterscheidung zwischen kinematisches Element und Glied unentbehrlich ist.“ Der Kessel, an den sich Herr Burmester hier reiben will, ist nicht mehr jung; er setzt Russ ab.

Einen Augenblick muss ich bei einer Aeusserlichkeit dieses Satzes stehen bleiben. Es heisst in demselben buchstäblich: „zwischen kinematisches Element und Glied“, ein Sprachfehler, eine sprachliche Rohheit, welche gleichsam die Krönung einer Anzahl verwandter Vorkommnisse in dem Buche ist. Wer das letztere auf dessen Deutsch untersuchen wollte, sei es in Stil, sei es in Logik, oder auch nur Grammatik, würde oftmals staunen, nicht selten starren. Herr Burmester setzt die Präposition an gleich „auf oder in“; das geht durch den ganzen zweiten Abschnitt, wie: „Rollt ein Kreis an einem festen Kreise“, „rollt die logarithmische Spirale q_0 an dem Kreise p_0 “ u. s. w. Eine Kurve, die an einer anderen rollt, rollt noch lange nicht darauf oder darin. S. 229 heisst es: „die . . . Berührung der Zähne, sowie die . . . anliegenden Cylinderflächen . . . verhindern“ das und das, was ungefähr ebenso berechtigt ist, wie zu sagen: die Achsendrehung der Erde und grüne Erbsen erhalten den Menschen gesund. Hervorragende Logikmuster zeigten schon die obigen Auszüge aus dem Flugblatt. Auch das Latinität geht es traurig; so sagt Herr Burmester statt konplan stets barbarisch „konplan“. Ich habe mich beim nothgedrungenen Lesen dieser Sachen oft gefragt, ob denn bei der Z. f. math. u. naturw. Unterricht, welche Herrn Burmesters Buch so viel besprochen hat, nicht der Sprachnerv eine Reizung erfahren habe. Bei ihr steht doch auch wohl angeschlagen: „In diesen Räumen darf die deutsche Sprache nicht verunglimpft werden.“ Auch könnte daselbst, glaube ich, noch eine andere Bekanntmachung angeheftet oder durch einen Menippus ausgerufen werden, des Wortlautes: „Fremde Lehrsätze, welchen nicht ein beglaubigtes Ursprungszeugniss beigelegt ist, sind in der Garderobe abzulegen.“

Doch zurück zu unserer Bemerkung. Ich bin es, der die kinematischen Elemente und Ketten zuerst nachgewiesen; der unzweideutigen Unterscheidung

von Kettenglied und Element ist mein halbes Buch und mehr gewidmet, und nun sagt mir Herr Burmester, noch dazu in grausigem Deutsch, ich hätte die beiden Begriffe verwechselt. Was soll man, was sollte ich dazu sagen?

Zum Glück kommt uns Herr Burmester in seinem oft erwähnten Flugblatt zu Hülfe. Nicht mit einem Beweis, sondern wieder mit einer bei mir abgelösten kleinen Stelle: „Die Maschine besteht aus lauter solchen zusammengehörigen Körpern. Dieselben sind die eigentlichen kinematischen oder getrieblichen Elemente der Maschine.“ Herrn Burmester kann ich nur auf sein Rezept S. XXXVII verweisen: „Es ist nicht wohlgethan“ u. s. w. und brauche nur zu bemerken, dass in dem streng richtigen Satze nicht steht, dass die Elemente gegebener Paare nicht mit solchen aus anderen Paaren verbunden würden. Warum Herr Burmester sich bei der Gelegenheit auf Schadwill beruft, während er doch angeblich ein eigenes „System“ führt, aus dem er doch wissenschaftliche Beweise müsste holen können, ist eine Frage, die er selbst herrorruft. Soll ich ihm nun über die unrichtige Behauptung zürnen? Es geht nicht an; er selbst entwarfnet jeden Zorn; denn auf derselben Seite, zu welcher die Bemerkung gehört — enträthsele das, wer kann —, macht er selbst den Fehler, den er mir ohne die leiseste Berechtigung vorwirft. Man höre nur, da sagt er: „Sind zwei Körper, die auch (!?) als Glieder bezeichnet werden“ — hier und auf solche Weise wird mein Kunstwort „Glied“ eingeführt! — „durch“ (soll heissen vermöge) „Stützung zwangläufig gegeneinander beweglich, bewegen sich also die Punkte des einen Gliedes in Bezug auf das andere in bestimmten krummen oder geraden Linien, so wird das betreffende kinematische Elementenpaar ein **zwangläufiges** genannt, und die beiden Körper heissen ein **zwangläufiges Körperpaar** oder **Gliederpaar**.“ Die logische Kraft in der von mir unterstrichenen Satzhälfte wäre zu bewundern, indem sie herausbringt, dass etwas so heisst, wie es genannt wird; indessen haben wir dazu jetzt keine Zeit. Wir haben vielmehr zu beachten, dass nach Herrn Burmesters eigenen Worten ein Elementenpaar ein Gliederpaar wäre. Er also wählt für kinematisches Element die Benennung Glied oder Körper, genau das, was er mir in seiner Bemerkung mit Unrecht vorwirft ——. Diese seine falsche Benennungsweise führt er denn auch durch! Dass er an dieser Hauptstelle kinematisches (Ketten-) Glied falsch definiert, lehrt ein Blick auf Satz 9, wonach ein solches Glied aus Elementen verschiedener Paare besteht, also in seinem obigen Elementenpaar überhaupt nicht vorkommt.

Eine noch stärkere Bemerkung als die besprochene folgt S. 278. Sie lautet: „Wir haben die Benennung Mechanismus der von Reuleaux gebrauchten Benennung kinematische Kette vorgezogen; denn es zeigte sich keine Veranlassung, jene ältere Benennung durch eine neuere zu verdecken.“ Das ist nun eine förmliche und schwere Anschuldigung. Ich soll seit einem Vierteljahrhundert Zuhörer und Leser durch meine Namengebung getäuscht haben!

Obleich hiernach der Bemerkung die Form einer persönlichen Beleidigung zu geben versucht ist, erlangt sie damit doch keinen wissenschaftlichen Werth, schliesst sich vielmehr an das soeben Besprochene ebenbürtig an. Herr Burmester hat uns dort bewiesen, dass ihm nicht klar geworden war, was ein Glied einer kinematischen Kette ist; hier beweist er, was ja auch folgen

musste, dass ihm nicht klar geworden ist, was eine kinematische Kette ist. Denn er hält sie hier mit dem Mechanismus „der älteren Benennung“ für identisch. — Den Abschnitt noch weiter durchzusprechen, lohnt nicht der Mühe; nur des Schlusses sei noch Erwähnung gethan. Denselben bildet die Heranholung der von mir in den Sätzen 25 und 28 systematisch zugeführten Zug- und Druckorgane, wiederum ohne Ursprungszeugniss. Dabei ersetzt Herr Burmester das von mir für die beiden Organe auf Grund wissenschaftlicher Vergleichung ihrer wesentlichen Eigenschaften gebildete Sammelwort duktäl oder bildsam, ohne dass er eine Begründung gäbe, durch „fügsam“, was zwar von dem meinigen abweicht, aber auch ganz und gar nicht ausdrückt, was auszudrücken ist.

Abschnitt VI schliesst mit seiner ersten Abtheilung, „Kurbelmechanismus und Kurbelgetriebe“, sich meinen Sätzen 26 und 33 an, ohne dass dies ersichtlich gemacht wäre. Nachdem Herr Burmester auf S. 277 mittelst des einfachen Wörtleins „auch“ mein Wort nebst Begriff „Getriebe“ in seine Dienste gezogen, braucht er nun diesen Namen für Mechanismus und das dadurch frei werdende „Mechanismus“ für kinematische Kette. Dann folgt er mir sogar in einem Bruchstück der Zeichensprache, indem er die Benennung der Glieder mit a, b, c, d annimmt, jedoch mit einer, seinem „System“ offenbar angehörigen, feinen Abweichung, wonach er die Reihenfolge d, a, b, c wählt. Von den 107 Figuren der Abhandlung sind 77 theils in meiner Kinematik, theils in den erwähnten Wiedergaben meiner Vorträge schon enthalten. In den Namen für die Getriebe, welche ich unter Berücksichtigung der Vorschläge der Vorgänger sorgfältig systematisch gewählt, macht er allerlei Abänderungen, die sich indessen ausnahmslos als das Gegentheil von Verbesserungen erweisen.

Was nun noch kommt, ist ein buntes, wechselndes Gemisch von Aufgaben der Leitung und der Treibung (s. oben Satz 42), sodann des Maschinenbaues, der reinen Mechanik (Abschnitt XI) und wieder der Bewegungsgeometrie. Die Mechanismen sind höchst unvollständig im Verhältniss zu dem, was zu behandeln wäre, vorgeführt, die Ordnung höchst seltsam, die Benennungsweise erstaunlich, meist barbarisch. Da hören wir vom Kurbelschwengel, vom Dreispänn, Zahnknie(!), von doppelwirkigen(!), übergeschlossenen, räderlenkigen(!) Mechanismen u. a. m. Beim „Bandbetrieb“ (Riementrieb) behandelt Herr Burmester Aufgaben des Maschinenbaues, dabei die Stufenscheiben, und nähert die von mir angegebene Kurve S. 767 dieses Buches durch einen Kreisbogen an, worauf er die erhaltene Figur für ein neues Diagramm hält. Auf S. 475 kommt er zum viertenmal auf die Zahnräder zu sprechen — dies wird er in seiner räumlichen Kinematik noch weitere dreimal zu thun haben — und bringt dabei u. a. die Brocot'sche Methode zur Ermittlung der Zähnezahlen zusammengesetzter Räderwerke vor, behauptend, er habe ihr erst ein würdiges mathematisches Gewand gegeben. Dieses Gewand trug sie aber schon in Wiedergaben meiner Vorträge vor vielen Jahren; auch gehört das Problem, das Brocot so trefflich gelöst hat, nicht der geometrischen Bewegungslehre, sondern der Kinematik an, insbesondere dem allgemeinen Grundgesetz S. 516 dieses Buches. —

Das Vorstehende wird ausreichen, Herrn Burmesters Verfahren zu kennzeichnen, obwohl ich zahlreiche Einzelheiten der Kürze halber übergangen musste;

sein Buch stellt eine in unserer Literatur wohl noch nicht vorgekommene Erscheinung dar. Als Hauptergebniss meiner Untersuchung muss ich nämlich zusammenfassend hervorheben, dass das Buch in dem Lehrstoff, dessen Namen es auf dem Titel führt, nicht einen neuen Gedanken aufweist, auch nicht einen einzigen, noch so kleinen, denselben fördernden Beitrag bringt; ja, um der Wahrheit die Ehre zu geben, muss ich sagen, dass ich auch nicht einmal eines der Gesetze der Kinematik als ganz einwandfrei darin vorgetragen bezeichnen könnte. Herr Burmester erweist sich einfach als Dilettant in dem Lehrstoff. Dies vergessen zu machen, helfen auch die Artigkeiten, mit denen er die „Praxis“ überhäuft, nichts. Diese „Praxis“ darf man nicht zu leicht beurtheilen. Sie verlangt nichts von dem Theoretiker, als Theorie, recht gesunde, wels auch schwierige Theorie, keine Praxis; für diese sorgt sie, die „Praxis“, nachher schon selbst. Sie wünscht nur, dass das Theoretische von

Vernunft und rechtem Sinn

mit wenig Kunst sich selber vortrage.

In der „Praxis“ sitzt manch scharfer Mann — dafür haben wir unsere Hochschulen —, der auch gewandten Theoretikern mitunter zu rathen aufgeben kann, bei dem aber die honigtriefenden Apostrophen von der „harmonischen Vereinigung von Theorie und Praxis“ gar nicht verfangen. Die theoretischen Sätze, wenn nur klar vorgetragen, nimmt er schon auf, auch ohne die süsse Zuspeise.

Die höheren geometrischen Theile des Buches habe ich unbesprochen gelassen; den Werth derselben mögen Andere beurtheilen; ich vermag dies ohne tieferes Eingehen nur bis zu einem gewissen Grade, will auch nicht an zweifeln, dass da, wo Herr Burmester sich in seinem eigenen Fach befindet, gute Körner liegen mögen, während auf die kinematische Seite nur Spreu gefallen ist. Eine Ausnahme habe ich mir nur gestattet bezüglich der einfacheren Aufgabe der Cykloiden, wo die ungründliche Methode des Herrn Burmester gar zu üppige Blüten getrieben hatte und schädliche Verwirrung herbeizuführen drohte.

Was Herr Burmester gewollt, glaube ich ganz sine ira dahin verstehen zu müssen, dass er die Arbeiten Anderer auf dem kinematischen Gebiete zusammenzufassen und mit geometrischen Sätzen fremder wie eigener Erzeugung zu beleuchten beabsichtigte, also etwa Anwendungen der Phoronomie auf kinematische Aufgaben behandeln wollte. So dürfen wir wohl die Stelle in seinem Vorwort (der III. Lief. beigegeben) deuten, wo es heisst: „Erfüllt von dem Bestreben, die Kinematik zu fördern und die praktische Anwendung derselben zu erweitern, habe ich mir die mühevollen Arbeit auferlegt, dieses Werk der systematischen Gestaltung der Kinematik selbstschöpferisch zu vollbringen.“ Die „mühevollen Arbeit“ hat ihn dann das Maass seiner Anstrengung beim „Vollbringen“ mit dem Werthe seiner Leistungen verwechseln lassen, wie es eben Dilettanten gewöhnlich geht. Daher denn seine, sonst geradezu unbegreiflichen Herausforderungen und Angriffe im Texte. Daher denn auch der anmaassliche Ton seiner Vor- und Nachreden, der übrigens meistens unfreiwillig komisch wirkt. Ist es doch gewiss schwer, bei dem soeben gehörten „selbstschöpferisch“ ernst zu bleiben. Es erinnert an den berühmten, schelmischen norddeutschen Reimverein, der Dichter und Selbstdichter unterscheidet. In seinem Dilettanteneifer ist

Herrn Burmester auch entgangen, dass er von der Summe der Aufgaben der Kinematik etwa nur den zehnten Theil in seinem Rahmen untergebracht hat.

Noch ein Wort über die zahlreichen Bemerkungen, die ich wegen Nichtnennung meiner Arbeiten als Quellen zu machen hatte. Was der Theoretiker, der Lehrer, für das praktische Fach schreibt, ist für die Verwendung in diesem bestimmt, und je mehr Benutzungen seine Sachen daselbst finden, desto erfreulicher ist es ihm. Mir ist solche Freude auch öfter zu Theil geworden. Der andere Theoretiker aber ist deshalb nicht befugt, Lehr- und Grundsätze des ersteren ohne ausdrückliche Anführung des Urhebers den Fachleuten oder auf dem Katheder vorzutragen, wie in dem Buche des Herrn Burmester so vielfach geschehen will. Dafür gibt es zwar kein gedrucktes, wohl aber ein klares ungeschriebenes Recht, und dieses ist es, welches ich im vorliegenden Falle in Anspruch nehme.

* * *

Die unter den Sätzen Nr. 40 bis 51 dargelegten Grundsätze werden geeignet sein, die Darstellungsweise, namentlich der ganzen zweiten Hälfte des Buches, zu erläutern. Die getriebliche Analysirung lieferte bereits bei den Gesperrwerken eine grosse Zahl von Ergebnissen. Die Haltung trat hier insbesondere in der Gestalt der Spannwerke auf; der Nachweis der Ordnung in den zusammengesetzten Gesperrwerken erwies sich, wie ich glaube, als sehr nützlich. Bei den Druckorganen, Kap. XXIII u. ff., tritt das Haltungswesen in höchste Entwicklung. Aber auch die Klassenbegriffe Leitung und Treibung leisten daselbst sehr weitgehende Dienste. Sodann konnten auch die bei den Gesperrwerken durch getriebliche Analysirung gefundenen Treibwerkgruppen auf einen grossen Theil der Druckorganmaschinen übertragen werden, wodurch Aufklärungen erhalten werden, zu denen man auf anderem Wege, soviel ich übersehe, nicht gelangen kann. Bei den „technologischen Verwendungen der Druckorgane“, §. 333, zeigt sich die grosse Anwendbarkeit der unter Nr. 46 skizzirten Werkzeugtheorie.

Da ich bei den starren Elementen auf die Reibung eingegangen war, konnte dieselbe bei den Druckorganen nicht unerwähnt und unbehandelt gelassen werden (§. 340), weshalb denn sowohl die Bewegungswiderstände der tropfbaren Flüssigkeiten in Röhren, als die Wärmeverluste bei langen Dampfleitungen

auch in Kürze besprochen werden mussten (§. 338). Bei den Dampfkesseln habe ich in §. 362 den allgemeinen jetzigen Stand und die im Gange befindliche Entwicklung dieses hochwichtigen Theils des Maschinenwesens in allgemeinen Zügen darzustellen gesucht.

Das Schlusskapitel behandelt die Ventile. Diese sind nunmehr vollständig als Gesperre dargestellt, haben aber, auch abgesehen von dieser ihrer theoretischen Seite, auch in Bezug auf die Ausführungsformen und Anwendungen eine weit eingehendere Behandlung als in den früheren Auflagen erfahren. Die noch in der dritten Auflage belassene Dürftigkeit, welche mit Recht gerügt worden war, konnte ich erst jetzt einer grösseren Ausführlichkeit weichen lassen, weil die zugehörige Behandlung der Gesperrwerke aus starren Elementen mir als Grundlage dienen sollte. Die Einführung des Begriffes der „flüssigen Ventile“, §. 377, scheint mir geeignet, den Ueberblick nicht unwesentlich zu erleichtern, weshalb ich sie der Aufmerksamkeit des Praktikers empfehlen möchte.

Zum Ganzen erlaube ich mir noch zweierlei zu bemerken. Schon lange Jahre hindurch war ich bestrebt, im Maschinenfach an der Beseitigung entbehrlicher Fremdwörter mitzuwirken. In der gegenwärtigen Auflage bin ich darin noch bedeutend weiter gegangen als früher, nachdem der Herr Bautenminister amtlich die bezüglichen Bestrebungen anerkannt und ermuthigt hat. Es ist nicht einzusehen, warum die Literatur des deutschen Maschinenwesens hinter allen anderen Gebieten des deutschen Schriftthums zurückbleiben sollte. Das scheinen freilich manche deutsche Ingenieure noch anzunehmen, indem sie die ihnen liebgewordenen Fremdwörter nicht aufgeben wollen. Indessen darf man doch hoffen, dass sie nicht auf die Dauer sich der Erkenntniss verschliessen werden, dass man damit eigentlich das Fach tiefer stellt als andere, auch als dasselbe Fach in anderen Ländern, wo Schönheit und Reinheit der Sprache als Pflicht auch der Fachliteratur angesehen werden. Ich glaube, in dem vorliegenden Bande gezeigt zu haben, dass man, ohne irgendwie schwerfällig zu werden, viele unnöthige Entlehnungen aus fremden Sprachen aufgeben kann. Pedantisch alle Fremdwörter ausnahmslos verbannen würde ein Fehler,

würde auch lächerlich sein; aber sich besinnen, ob man sich auch gut sprachlich ausgedrückt habe, ist gewiss kein Fehler. Wenn man z. B. sagt: diese (Dampf-) Maschine arbeitet im Dreiverbund, so ist das ganz verständlich und gutes Deutsch, während der Fremdwörterling sagen muss: diese Maschine ist eine dreicylindrige *Compound*-Maschine, oder, wie man ja oft findet, eine Dreifach-Expansions-Maschine, was beidemal sprachlich keineswegs schön, obendrein auch unnöthig lang ist. Auch im Einzelnen haben wir üble Gewohnheiten, so die der undeutschen Mehrheitsbildungen auf s, die man ernstlich bekämpfen sollte, dann auch die der unnöthigen Zeitwortformen mit iren, wie in reguliren statt regeln, ränderiren statt räteln, ganz abgesehen von den wirklichen Fremdlingen, wie montiren, adjustiren, adaptiren, zirkuliren, kommuniziren. Für letzteres habe ich überall verkehren gebraucht, wie denn Kommunikation ja auch Verkehr heisst und ist. Ein hässliches Sprachübel stellen die Wörter auf age vor, wie „Montage“, „Etagé“ u. s. w., in welchen nicht bloss das g fremdlich ausgesprochen wird, sondern die auch geradezu falsch sind, da die französischen Wörter auf age männlichen Geschlechts sind. Wollen die deutschen Ingenieure in der Sache etwas thun, so möchte ich nur eines zu rathen mir erlauben: nur keine Kommission! Die Sprache ist vom Einzelnen, von jedem der Betheiligten zu pflegen. Sie wächst, sie bessert, sie hebt sich einzig durch das Bemühen Aller; jeder, der schreibt, ist Mitarbeiter. Es ist ja auch keineswegs bloss das Fremdwörterunwesen, um was es sich handelt; dieses ist bloss ein Symptom, ein Zeichen von der Krankheit der Vernachlässigung, in die die Sprache verfallen ist. Wäre unsere Sprache gesund, so würden von selbst die unnöthigen fremden Behelfsmittel abfallen. Gut, dass man das Leiden erkannt hat. Langsam gehen die Verbesserungsbewegungen vor sich, schwer ist es, das gute Neue zu ermitteln. Aber gerade bei der Gemeinsamkeit der Arbeit, bei gemeinsamem Gefühl der Pflichten, welche wir gegen unsere Muttersprache haben, werden wir die eingerissenen, in der That schweren Fehler kennen und dann auch vermeiden lernen. Wolle man meine bescheidenen Bestrebungen als Beitrag hierzu annehmen.

Die zweite Bemerkung, die ich machen möchte, betrifft die Ausdehnung, die mein Buch erfahren hat. Trotz angestrengtestem Bemühen ist es mir nicht gelungen, eine grössere Kürze zu erzielen. Dass ich überall räumlich einzuschränken gesucht habe, wird man bei näherer Prüfung sicherlich finden. Das Fach ist es, was sich so bedeutend erweitert hat, deshalb nothwendig auch das Buch, das der Form des „Handbuches“ zu entwachsen schon mehr als angefangen hat. Bei rein technischen Mittheilungen konnte ich kurz sein; bei Entwicklung von Ansichten der Techniker und über die Technik musste ich nothgedrungen ausführlicher sein. Immer aber bin ich der Mahnung Boileau's gefolgt: *Un ouvrage ne doit point paraître trop travaillé, mais il ne saurait être trop travaillé!* Die Drucklegung der letzten Lieferung endlich hat leider eine neue Verzögerung dadurch erfahren, dass mich während derselben ärztliche Anordnung von der Heimath fernhielt.

Funchal, im Februar 1889

F. Reuleaux