

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Die Gesetze des Lokomotiv-Baues

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1855

Vorrede

[urn:nbn:de:bsz:31-266507](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-266507)

Vorrede.

Die Praxis des Lokomotivbaues hat nicht nur in England und Frankreich, sondern sie hat auch in Deutschland eine Stufe erreicht, die der Vollendung nahe kommt. Die Fertigkeit, die Theile einer Lokomotive in einer oder in anderer Weise zu disponiren, und in einen geordneten Zusammenhang zu bringen, ist vorhanden, Missverhältnisse in den Abmessungen der einzelnen Theile, oder unpassende, wie unschöne Formen derselben kommen nicht mehr vor, und in der Durchführung aller Arbeitsprozesse der Ausführung hat man es zu einer wahren Virtuosität gebracht.

Allein, wenn man nach den Grundsätzen forscht, nach welchen die Lokomotiven angeordnet werden, so begegnet man den verschiedensten, oftmals sich ganz widersprechenden Ansichten und Meinungen. In der Regel denkt man gar nicht an allgemeine Grundsätze, oder hält es geradezu für unmöglich, dass man allgemeine Grundsätze aufstellen könne, die unter allen Umständen die richtige Bauart einer für spezielle Zwecke bestimmten Lokomotive festzustellen im Stande wären. Entweder copiren die Constructeurs bereits bestehende Anordnungen, wobei sie gewöhnlich annehmen, dass das Neueste auch das Bessere sei, oder sie überlassen sich ihrem Gefühle und folgen ihren eigenen Anschauungen und Erfahrungen. Auf diese Weise sind die vielen theils guten, theils fehlerhaften Konstruktionen entstanden, welche nun auf allen Bahnen umherlaufen. Fast auf jeder Eisenbahn findet man Lokomotive von anderer Bauart; ja es gibt Eisenbahnen, die mit einer wahren Modellkammer von allen bereits erfundenen Lokomotiv-Construktionen versehen sind.

Mit diesen Aeusserungen will ich keinen Tadel, sondern nur eine geschichtliche Thatsache aussprechen. In der Geschichte der Entstehung und Entwicklung jeder bedeutendern Erfindung wiederholen sich ähnliche Erscheinungen. Zuerst geht immer die Praxis mit ihrem gesunden Triebe und Gefühle voran, und bringt eine Menge Dinge hervor, über deren Beschaffenheit sie sich selbst nicht ganz Rechenschaft zu geben weiss; dann tritt das Bedürfniss ein, sich in der vorhandenen Mannigfaltigkeit zurecht zu finden; dies gelingt ihr aber in der Regel nicht, weil es gar nicht die Aufgabe der Praxis, sondern vielmehr die Aufgabe der Wissenschaft ist, aus einer Mannigfaltigkeit von Vorhandenem die Regeln und das Gesetz ausfindig zu machen.

Dieses Stadium hat nach meiner Ansicht der Lokomotivbau jetzt erreicht.

Es handelt sich jetzt nicht so sehr um neue Erfindungen, als vielmehr um ein richtiges Verständniss der bereits erfundenen Anordnungen. Des Guten und Rechten gibt es bereits sehr viel, man muss es nur aus der Masse des Vorhandenen herauszufinden, und in einen gehörigen Zusammenhang zu bringen wissen.

Erst dann, wenn man zu einer vollständigen Einsicht und Würdigung des bereits Geschaffenen gelangt sein wird, darf man ein weiteres und geregelteres Fortschreiten erwarten. Ich habe jedoch nichts dagegen einzuwenden, wenn uns ein Erfindungstalent, bevor noch die Kritik ihre Aufgabe gelöst haben wird, mit einer ganz neuen Erfindung erfreut, die alle bisherigen an Zweckmässigkeit und Leistungsfähigkeit übertrifft.

Allein die allgemeinen Gesetze des Lokomotivbaues sind nicht nur von der Praxis, sie sind auch von der Wissenschaft bis jetzt noch nicht ausfindig gemacht worden.

Es gibt zwar manche sehr schätzbare Werke, die von den Lokomotiven im Allgemeinen handeln, oder die Lokomotiven von einem gewissen Gesichtspunkt aus betrachten; auch fehlt es nicht an trefflichen einzelnen Abhandlungen über spezielle Theile der Lokomotive, allein die Grundbedingungen, welchen jede Lokomotive genügen muss, wenn sie ihrem Zwecke entsprechen soll, sind, meines Wissens, in keinem dieser Werke festgestellt worden, daher kommt es auch theilweise, dass die bisherigen wissenschaftlichen Leistungen von der Praxis grösstentheils nicht beachtet wurden.

Es ist nicht meine Absicht, die bis jetzt erschienenen, die Lokomotiven betreffenden, wissenschaftlichen Werke und Abhandlungen einer Kritik zu unterwerfen, aber ich muss doch, um meine Behauptung über die bisherigen Leistungen der Wissenschaft zu rechtfertigen, einige der vorzüglicheren dieser Werke, wenigstens nach ihrem Inhalt, berühren.

Obenan steht das bekannte Werk von *Pambour*: *Traité des Machines Locomotive*. *Pambour* hat das grosse Verdienst, zuerst die Grundgedanken mit Bewusstsein ausgesprochen und analytisch durchgeführt zu haben, auf welchen der Beharrungszustand der Bewegung einer Lokomotive beruht. Diese Grundgedanken sind, streng genommen, keine neuen Erfindungen oder Entdeckungen, sie sind weiter nichts, als die schon längst bekannten Gesetze der Mechanik, dass im Beharrungszustand einer jeden Maschine die Kräfte und Widerstände sich, im Mittel genommen, das Gleichgewicht halten, und dass die Quantität der disponibeln motorischen Substanz eben so gross ist, als diejenige Quantität, welche die Maschine verlässt, nachdem sie in derselben ihre Wirkung hervorgebracht hat. Diese Grundsätze geben die wesentlichsten Aufschlüsse über Alles, was den mittleren Fortlauf einer Lokomotive betrifft; allein für den Bau einer Lokomotive leisten diese Grundsätze nicht das Geringste, und können es auch nicht, weil dieser Bau nicht von den Gesetzen des mittleren Fortlaufes, sondern wie wir sehen werden, von der Kenntniss der Gesetze der störenden Bewegungen abhängt.

Diese von *Pambour* zuerst aufgestellten Grundgedanken über die Bewegung einer Lokomotive im Beharrungszustand werden unbegreiflicher Weise von *Morin*, *Lechatelier* und von andern, um die technischen Wissenschaften verdienten Männern, nicht anerkannt. *Morin* hat sogar durch Versuche nachweisen wollen, dass diese Grundsätze unrichtig seien und *Lechatelier* sagt in seinem Werke: *Recherches Expérimentales sur les machines locomotives* Pag. 13:

„Ce n'est pas la pression de la vapeur qui se règle sur la résistance du train; ce sont, au contraire, les résistances de toute sorte qui croissent par suite de l'accélération de vitesse, jusqu'à ce qu'elles fassent équilibre à la pression de la vapeur.“

Es gereicht diesen Herren nicht zur Ehre, dass sie die Grundsätze verläugnen, welche vorzugsweise die französische Schule aus dem Gebiete der Wissenschaft in das Gebiet der Praxis eingeführt hat.

Ein zweites Werk, welches ich berühren will, ist das von *Lechatelier*, *Flachat*, *Petiet* et *Polonceau*, *Guide du mecanicien, Constructeur et Conducteur de Machines Locomotives*. In diesem schätzbaren Werk werden wohl alle den Lokomotivbau betreffenden Einzelheiten mit Sachkenntniss besprochen, aber feste, allgemein gültige Regeln werden nicht aufgestellt. Die Verfasser sagen selbst, Pag. 367, dass sie, statt allgemeiner Regeln, eine tabellarische Zusammenstellung der wesentlichsten Abmessungen einer grösseren Anzahl von Lokomotiven geben wollen, weil sie die Aufstellung allgemeiner Regeln nicht für möglich halten, dann heisst es: *En effet chaque ingénieur, chaque constructeur s'est posé des règles, s'est fait un système pour son propre usage, sans qu'une discussion générale soit venue jusqu'ici poser une ou plusieurs formules pratiques appropriées aux différents cas que l'on peut rencontrer; nous n'élevons donc pas la prétention d'avoir résolu la question*

In andern Werken und namentlich in dem früher angegebenen von *Lechatelier* werden Versuchs-Resultate über den Widerstand der Bahnwägen und Lokomotive, über die Verdampfungsfähigkeit der Lokomotivkessel, über die Spannungen des Dampfes in den verschiedenen Gefässen und Röhren, welche der Dampf durchströmt, mitgetheilt. Dadurch ist Manches aufgeheilt worden, allein bleibende Gesetze hat man auch auf diesem Wege nicht gefunden, und wird sie auch auf diesem Wege nicht finden, denn die Lokomotive ist ein viel zu komplizirter Versuchsapparat, in welchem gleichzeitig so mannigfaltige Erscheinungen und Wirkungen, die sich wechselseitig modifiziren, vorkommen. Dazu kommt noch, dass man nicht wissen will, was in einer Lokomotive vorgeht, wenn sie ganz gemächlich über die Bahn hinrollt, sondern dass für die praktischen Zwecke nur allein die Kenntniss derjenigen Erscheinungen und Wirkungen, die im hastigen Laufe der Lokomotive vorkommen, einen realen Werth haben kann. Unter solchen Umständen gibt jedes Dynamometer und gibt überhaupt jedes Messinstrument fehlerhafte Resultate; denn jedes Instrument, das die Intensitäten von Zuständen messen soll, muss mit einem beweg-

lichen Theil versehen sein, dessen Bewegungen ganz prompt den Aenderungen der Zustände folgen sollte. Diess wird aber nie der Fall sein, wenn sich die Zustände plötzlich und hastig ändern. Noch andere Werke geben Beschreibungen und Abbildungen von den vielen bereits bestehenden Lokomotiven. Es ist recht gut, dass man solche Sammelwerke hat, aber Gesetze kann man von derartigen Werken nicht erwarten.

Ich habe schon seit Jahren über die Lokomotive theoretische Studien gemacht, die zunächst blos zu meiner eigenen Belehrung dienen sollten. Die Sache wurde aber allmählig ernstlich; ich kam zu entscheidenden Resultaten, und diess veranlasste mich, den Gegenstand im Zusammenhang und in allen wesentlichsten Punkten vollständig zu behandeln. Auf diese Weise ist das vorliegende Werk entstanden. Ich habe mich dabei grösstentheils so benommen, wie wenn praktische Erfahrungen über den Lokomotivbau gar noch nicht gemacht worden wären, habe mich ganz und gar den Grundsätzen der Mechanik überlassen, und wollte einmal sehen, was dabei herauskommen werde. Man wird es daher an diesem Werke direkt nicht merken, ob mir die Erfahrungen bekannt sind oder nicht.

Ich bereue es nicht, diesen Weg eingeschlagen zu haben. Aus den Formeln, zu welchen ich gekommen bin, haben sich die Grundbedingungen, denen jeder Lokomotivbau entsprechen soll, mit vollkommener Klarheit herausgestellt; auch bin ich zu gewissen Resultaten gekommen, die mich selbst zunächst sehr überrascht haben, und an welche bis jetzt noch Niemand gedacht hat. Kurz ich bin so weit gekommen, dass ich mich für berechtigt hielt, dem Buch den Titel: „Die Gesetze des Lokomotivbaues“ zu geben, womit ich sagen will, dass alle wesentlichen Grundbedingungen, worauf es beim Lokomotivbau ankommt, ausfindig gemacht und für alle Zeiten festgestellt sind.

Die Hauptergebnisse meiner Untersuchungen sind mit dem Entwicklungsgang des Lokomotivbaues in keinem Widerspruch, sondern es wird nur alles erklärt, und es zeigt sich, dass man allmählig auf den rechten Weg gekommen ist. Der eigentliche Schlüssel zur Entwirrung der Sache hat sich rein aus den Endresultaten analytischer Rechnungen ergeben, welche zu dem Zwecke unternommen wurden, mit Hilfe der allgemeinen Grundsätze der Mechanik alle Bewegungen, die in einer Lokomotive vorkommen und insbesondere die mannigfaltigen störenden Bewegungen zu untersuchen, um auf diese Weise wo möglich die Bedingungen kennen zu lernen, die erfüllt werden müssen, damit diese störenden Bewegungen entweder gar nicht, oder nur in einem sehr schwachen Maasse eintreten. Da zeigte es sich denn, was mich selbst anfangs überraschte, und mir längere Zeit naturwidrig zu sein schien, später aber ganz evident wurde, dass es im Allgemeinen für jede Lokomotive sechs Fahrgeschwindigkeiten gibt, bei welchen die störenden Bewegungen sehr heftig werden, ja sogar jedes beliebige Maass überschreiten können, dass man aber durch gewisse Dispositionen und Constructionsverhältnisse bewirken kann, dass diese gefährlichen Geschwindigkeiten alle grösser ausfallen, als die grösste Geschwindigkeit ist

mit der man eine Lokomotive laufen lassen will. Dadurch haben sich die wichtigsten und interessantesten Gesetze des Lokomotivbaues ergeben, nach denen man die bestehenden Konstruktionen richtig beurtheilen und neu zu erbauende Lokomotive zweckmässig anordnen kann.

Diese Untersuchung hat auch gezeigt, welche Bedingungen erfüllt werden müssten, um eine hinsichtlich der störenden Bewegungen absolut fehlerfreie Konstruktion zu erhalten. Diese Bedingungen sind so einfach, dass sie sich leicht mit Worten ausdrücken lassen; der praktischen Verwirklichung derselben stehen aber Hindernisse im Wege, die ich bis jetzt noch nicht zu beseitigen im Stande war. Jedenfalls wird man zugeben, dass man um einen guten Schritt vorwärts gekommen ist, wenn man einmal mit Sicherheit und mit voller Bestimmtheit sagen kann, was eigentlich zu thun wäre, um das absolut Beste zu erzielen.

Die Rechnungen, durch welche die Resultate gewonnen wurden, sind allerdings nicht für Jedermann zugänglich, denn in der Störungstheorie handelt es sich um die Integration dreier gleichzeitig bestehenden Differenzialgleichungen der zweiten Ordnung, allein die Rechnungsergebnisse sind zuletzt alle so einfach, dass sie sich mit Worten, die für Jedermann verständlich sind, interpretiren lassen.

Nach diesen allgemeinen Andeutungen über die Tendenz dieses Buches lasse ich noch einige Erläuterungen über den Inhalt der einzelnen Abschnitte folgen.

Im ersten kurzen Abschnitt werden die gebräuchlichsten Lokomotive hinsichtlich ihrer Bauart beschrieben. Das Detail wird nicht berührt, denn es ist ja Jedermann, der diess Buch zur Hand nimmt, hinlänglich bekannt.

Der zweite Abschnitt handelt von der Bahn, von den Wägen und ihren Bewegungen in geraden und gekrümmten Strecken. Es sind mehr nur Fragmente und nicht ein organisches Ganzes. Ich wollte ein solches zu Stande bringen, stiess aber auf Schwierigkeiten, die ich nicht zu bewältigen vermochte, und begnügte mich zuletzt mit Stückwerk.

Der dritte Abschnitt behandelt alles Wesentliche, was die Bildung des Wasserdampfes betrifft. Namentlich den Durchgang der Wärme durch ebene, cylindrische und sphärische Gefässwände, die Bestimmung der Wärmemenge, die in den Lokomotivkessel eindringt; ferner auch die Kesselfeuerung. Um die Wärmemenge zu bestimmen, die durch die Gefässwände geht, bin ich von dem Grundgedanken ausgegangen, auf welchen *Tourier* und *Poisson* ihre Wärmetheorien aufgebaut haben, und bin zu dem Ergebniss gekommen, dass dieser Wärmedurchgang genau nach dem Gesetz geschieht, welches *Ohm* für den elektrischen Strom gefunden hat. Dieses Ergebniss hat mich zwar im ersten Augenblick, später aber nicht mehr überrascht, denn *Ohm* ist ja auch von dem Grundgedanken *Tourier's* ausgegangen. Das Güteverhältniss eines Kessels, d. h. das Verhältniss zwischen der Wärmemenge, die in einer Zeiteinheit in einen Kessel eindringt, und der Wärmemenge des Brennstoffs, der in einer Sekunde verbrannt wird, habe ich bereits, jedoch ohne Herleitung der Formel in der

ersten Auflage der Resultate für den Maschinenbau, mitgetheilt. Es hat sich bis jetzt kein Mensch darum bekümmert, und kann doch alles Wesentliche so leicht und klar herausgelesen werden.

Der vierte Abschnitt behandelt den mittleren Fortlauf der Lokomotive und Wagen. Diese Untersuchungen beruhen im Wesentlichen auf den von *Pambour* zuerst ausgesprochenen einfachen Grundgedanken, dass im Beharrungszustand der Bewegung die Kräfte und Widerstände, im Mittel genommen, im Gleichgewicht sind, und dass die consumirte Dampfmenge der produzierten gleich ist. Besonderes Neues werden in diesem Abschnitt Diejenigen nicht finden, welche mit den Arbeiten von *Pambour* vertraut sind.

Im folgenden kurzen Abschnitt wird die Taschensteuerung untersucht. Ich habe die verschiedenen Steuerungsapparate, und insbesondere die expandirenden, schon vor Jahren zu meiner eigenen Belehrung untersucht. Die weitläufigen in diesen Untersuchungen vorkommenden Rechnungen einerseits, und der für Lokomotive geringe praktische Werth der Expansionssteuerungen andererseits, haben mich veranlasst, diese Arbeiten in dieses Werk nicht aufzunehmen; nur die für Lokomotive so nützliche Taschensteuerung wollte ich nicht unberücksichtigt lassen. Da jedoch dieser Gegenstand bereits von *Phillipps* (*Théorie de la Coulissee etc. Annales des mines, Tome III*) behandelt wurde, und zwar in einer Weise, welcher von Seite der Pariser Akademie eine sehr ehrende Anerkennung zu Theil wurde, so schien es mir am angemessensten zu sein, von dieser Abhandlung eine Uebersetzung im Auszug aufzunehmen. Allein als ich an die Arbeit ging, machte ich die Entdeckung, dass *Phillipps* auf einem ganz entsetzlichen Umweg zu einem schliesslich ganz einfachen Resultat gelangt, das man unmittelbar aus der den Apparat darstellenden Figur herauslesen kann; ich zog es daher vor, die Arbeit von *Phillipps* auf sich beruhen zu lassen und einen gerade zum Ziel führenden Weg einzuschlagen.

Der fünfte Abschnitt handelt von denjenigen störenden Bewegungen, die durch das Spiel der hin- und hergehenden Massen hervorgerufen werden, und von der Aufhebung dieser Störungen durch balanzirende Massen. Bekanntlich hat zuerst *Lechatelier* diesen Gegenstand in Anregung gebracht. In der zweiten Auflage der Resultate habe ich für spezielle Fälle die richtige Position und Grösse der Balanzierungsmassen bestimmt, ohne jedoch die Herleitung der Formeln mitzutheilen. In diesem Abschnitt findet man diesen Gegenstand allgemein und erschöpfend behandelt. Der praktische Werth einer richtigen Balanzierung der Massen ist bis jetzt meistens entweder zu hoch oder zu niedrig angeschlagen worden. In England hat man sich um diese Sache wenig bekümmert, in Frankreich hat man gemeint, dass mit einer richtigen Balanzierung alle störenden Bewegungen beseitiget werden könnten. So ist es nun allerdings nicht. Eine richtige Balanzierung der Massen ist in vielen Fällen eine gute Sache, allein die störenden Bewegungen entstehen nicht bloss durch die hin- und hergehenden Massen, sondern auch noch durch andere Wirkungen, sie können also durch Balanzierungsmassen nur theilweise aufgehoben werden.

Nun folgt der interessanteste und wichtigste Abschnitt, welcher die eigentlichen Gesetze des Lokomotivbaues geliefert hat. Dieser handelt von den verschiedenen störenden Bewegungen, welche theils durch den Linealdruck, d. h. durch den Druck der Gleitstücke gegen die Führungsliniale, theils durch den veränderlichen Druck der Axen gegen die Axenbüchsen und Axengabeln hervorgerufen werden.

Diese störenden Bewegungen sind aus drei Arten von Schwingungen zusammengesetzt, nämlich: 1) Vertikalschwingungen des Schwerpunktes des an den Federn hängenden Baues, 2) drehende Schwingungen dieses Baues um eine durch seinen Schwerpunkt gehende Längsaxe, 3) drehende Schwingungen um eine durch den Schwerpunkt gehende Queraxe. Ich nenne sie das Wogen, das Wanken und das Nicken. Jede einzelne dieser Schwingungsarten ist aber aus mehreren Elementarschwingungen zusammengesetzt. Die Totalität sämtlicher Elementarschwingungen lässt sich in zwei charakteristische Gruppen theilen, die ich Grundschiebungen und Kurbelschwingungen nenne, obgleich diese Benennungen nicht ganz bezeichnend sind. Die Grundschiebungen richten sich nach der Grösse und Vertheilung der Massen, und nach dem Starrheitsgrad der Federn, sind aber von der Laufgeschwindigkeit der Lokomotive unabhängig. Die Kurbelschwingungen dagegen richten sich nicht nur nach der Grösse und Vertheilung der Massen, sondern hängen auch von der Laufgeschwindigkeit der Lokomotive ab, und zwar in einer Weise, die eine merkwürdige und bedeutungsvolle genannt werden darf.

Denkt man sich, dass eine Lokomotive aus dem ruhigen Zustand allmählig in einen fort und fort rascher werdenden und zuletzt in einen ganz extravagant schnellen Bewegungszustand übergeht, so treten anfangs die störenden Bewegungen nur in einem schwachen Grade ein; sie wachsen jedoch mit der Geschwindigkeit und werden, wenn diese eine gewisse Grenze erreicht hat, maasslos. Diess geschieht aber nicht nur bei einer, sondern bei noch fünf andern, im Ganzen also bei sechs Geschwindigkeiten. Ist aber die Lokomotive glücklich über diese gefährlichen Geschwindigkeiten hinausgekommen, so wird ihr Schwingungszustand allmählig schwächer und schwächer und wird zuletzt, nachdem eine extravagante Geschwindigkeit eingetreten ist, verschwindend klein. So ist der Lauf jeder Lokomotive beschaffen. Die Erklärung dieser Erscheinung will ich hier nicht geben, sondern will nur hervorheben, dass die Kenntniss dieser Bewegungsgesetze von einer für die Praxis entscheidenden Wichtigkeit ist, denn es ist klar, dass es sich darum handeln muss, jede Lokomotive so zu bauen, dass überhaupt die störenden Bewegungen möglichst klein ausfallen, und dass die kleinste von den sechs gefährlichen Geschwindigkeiten grösser wird, als die grösste Geschwindigkeit, mit der man eine Lokomotive laufen lassen will, und wir werden sehen, dass das Eine wie das Andere die Erfüllung gewisser Bedingungen erfordert, wodurch die gegenseitige Lage und die Grösse aller wesentlichen Constructionstheile, wodurch namentlich der Rahmenbau, die Radstellung, die Position der Dampfeylinder,

das System der Federung, die Grösse der Räder, Länge der Schubstangen und Bahnschienen bestimmt wird. Diese Bedingungen sind nichts anderes, als die wesentlichsten Gesetze des Lokomotivbaues, die man ungestraft nicht übertreten darf und wodurch der ganze Lokomotivbau zu einer vollkommenen Klarheit gebracht wird.

In dem nun folgenden fünften Abschnitt werden die wesentlichsten Festigkeitsverhältnisse der Lokomotivbestandtheile und werden namentlich die Federn, Zapfen, Axen, Rahmen und Kesseltheile behandelt.

In Betreff der Theorie der Federn muss ich mich durch eine Erklärung gegen mögliche Missverständnisse schützen. Als ich an die Bearbeitung dieses Gegenstandes ging, war mir das *Mémoire sur les ressorts en acier employés dans le matériel des chemins de fer par Phillips*. *Annales des mines*, cinquieme Série, 2^e livraison de 1852, nicht bekannt, sondern nur der Bericht, den die *comptes rendus* über dieses *Mémoire* gegeben haben. Dass ich nicht Nachahmer bin, werden Diejenigen, welche mit der Arbeit von *Phillips* vertraut sind, an zwei Dingen erkennen. Erstlich ist der Grundgedanke, von dem ich ausgehe, ein ganz anderer, als der, von dem *Phillips* ausgeht. *Phillips* untersucht den Gleichgewichtszustand eines Federwerkes, dessen Schienen ihrer ganzen Ausdehnung nach in wechselseitiger Berührung stehen; ich dagegen untersuche ein Federwerk, in welchem die Schienen in der Mitte und an den Enden etwas dicker sind, als in den übrigen Theilen. In diesem Federwerk berühren sich also die Schienen nur in der Mitte und an den Enden. Diese Verschiedenheit im Ausgangspunkt hat auch eine verschiedene Behandlungsweise des Gegenstandes zur Folge. Dann aber sind zweitens die Ergebnisse meiner Untersuchung von anderer Art, als jene, welche *Phillips* findet; zwischen beiden Resultaten besteht jedoch kein Widerspruch.

In dem folgenden sechsten Abschnitt werden alle in den vorhergehenden Abschnitten gewonnenen Ergebnisse zur Aufstellung von Regeln für alle wesentlichsten Grössenbestimmungen ausgebeutet. Den numerischen Rechnungen sind die französischen Maasse und Gewichte zu Grunde gelegt. In der Regel sind die Längen in Metern, die Flächen in Quadratmetern, die Volumen in Kubikmetern, die Gewichte und Kräfte in Kilogrammen ausgedrückt; ausnahmsweise werden kleinere Dimensionen in Centimetern und grössere Gewichte oder Kräfte in Tonnen ausgedrückt. In allen Fällen, in welchen die Maasseinheiten nicht ausdrücklich genannt sind, gilt der Meter und das Kilogramm.

Ich schliesse diese Worte mit dem Wunsche, dass diese Arbeit dazu beitragen möge, eine Uebereinstimmung in dem Bau der Lokomotiven zunächst in Deutschland in Anregung zu bringen!

Carlsruhe, den 1. August 1855.

Der Verfasser.