

www.e-rara.ch

**Vademecum des Mechanikers oder Praktisches Handbuch für
Mechaniker, Mühlbauer, Ingenieurs, Techniker und Gewerbsleute**

Bernoulli, Johann Gustav

Stuttgart und Tübingen, 1846

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 18531

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-51380>

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelinformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

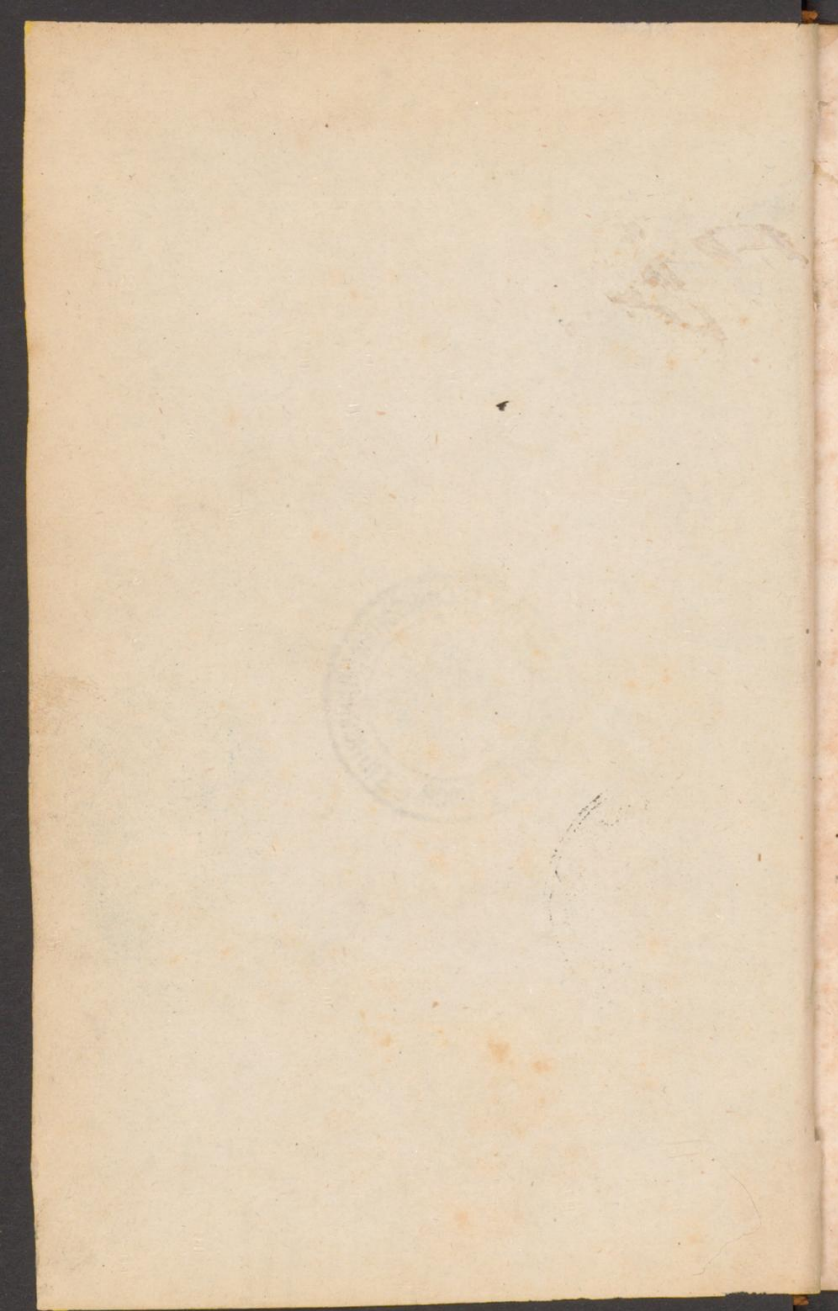
Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]



~~HH360~~

Rat 18531





~~Versteig. Nr. 508~~
Nademecum des Mechanikers

oder

Praktisches Handbuch

für

**Mechaniker, Mühlbauer, Ingenieurs, Techniker und
Gewerbsleute**

von

Joh. Gustav Bernoulli,

Maschinenfabrikant zu Immendingen



Fünfte Auflage.



Stuttgart und Tübingen.

J. G. Cotta'scher Verlag.

1846.

~~Vertrag~~

Handbuche des Buchhändlers

Handbuche des Buchhändlers

Handbuche des Buchhändlers

Handbuche des Buchhändlers



Handbuche des Buchhändlers

Handbuche des Buchhändlers

Buchdruckerei der J. G. Cotta'schen Buchhandlung in Stuttgart.

1846

Vorrede zur vierten Auflage.

Indem ich hier die vierte Auflage des im Jahre 1829 von meinem Vater herausgegebenen Bademecums dem industriellen Publikum übergebe, glaube ich über die Tendenz dieses Werckens nichts Weiteres bemerken zu dürfen, als daß sie namentlich dahin geht, sowohl dem angehenden Gewerbsmanne eine kurze und mit Beispielen erläuterte Anweisung zur Auflösung der ihm im praktischen Leben vorkommenden Fälle zu geben, als auch dem geübteren Techniker durch Zusammenstellung von numerischen Werthen, Formeln und Tabellen Erleichterung und Zeitersparniß in seinen Berechnungen zu verschaffen. Ich habe der vorliegenden Ausgabe diese Tendenz, deren Nützlichkeit aus dem Erfolge hervorgeht, welcher sowohl den früheren Auflagen dieses Werckens, als auch dem in England herausgegebenen

Compendium von Robert Brunton, das jenem zur Grundlage diente, geworden ist, gänzlich beibehalten und bloß gesucht durch sorgfältige Revision, durch Beseitigung der vielfachen Rechnungsfehler und sonstigen Unrichtigkeiten und durch nützliche Zusätze den Werth desselben zu erhöhen.

Wie früher, habe ich die Formeln und sonstigen Angaben hauptsächlich in metrischem Maaße ausgedrückt, weil dasselbe sowohl die größte Einfachheit und Leichtigkeit in den Berechnungen gewährt, als auch am häufigsten im Gebrauche steht. Die in den früheren Auflagen enthaltenen Formeln in altem französischem Maaße habe ich dagegen größtentheils weggelassen, weil dasselbe ausschließlich nur in Frankreich gebraucht und sogar dorten seit längerer Zeit durch den neuen französischen Fuß ($\frac{1}{3}$ Meter) ersetzt ist, und habe mich statt dessen vorzugsweise des badischen oder neuen Schweizermaaßes bedient, indem solches nach und nach in Deutschland allgemein eingeführt werden dürfte und sich sehr leicht auf das metrische Maaß reduciren läßt.

Bei dem gegenwärtigen Stand der Elementarschulen läßt sich voraussetzen, daß auch der ungeübtere Techniker hinreichende Kenntnisse in der Algebra und Geometrie besitze, um die Aufstellung einfacher Formeln zu rechtfertigen, welche demjenigen, der sie anzuwenden weiß, unstreitig weit mehr

Leichtigkeit und klarere Uebersicht darbieten, als bloße praktische Regeln, wie solche das englische Compendium ausschließlich enthält. Uebrigens habe ich, um deren Gebrauch zugänglicher zu machen, und namentlich auch, weil in der Auflösung complicirter Formeln bei nur einigem Mangel an Aufmerksamkeit sich leicht Nachtheil bringende Rechnungsfehler einschleichen können, es vorgezogen, schwierigere Aufgaben durch verschiedene auf einander folgende Rechnungsoperationen zu lösen, welches Verfahren noch den Vortheil darbietet, eine leichtere Beurtheilung über die Richtigkeit der Berechnungen zuzulassen.

Unter Berücksichtigung der bedeutenden Ausdehnung, welche die Dampsschiffahrt, sowie das Eisenbahnwesen in neuerer Zeit auch in den deutschen Staaten erhalten hat und noch erhalten wird, habe ich schon in den früheren Ausgaben einige darauf Bezug habende Berechnungen über den Inhalt, die Oberfläche und den Schwerpunkt unregelmäßiger Körper angegeben und denselben nun in der neuen Ausgabe noch das wesentlichste über die Construction der Dampsschiffe und Locomotiven selbst beigelegt.

Was diese und andere neue Zusätze anbetrifft, so habe ich nicht ermangelt, die seitdem erschienenen Werke von Morin, Taffe, Armengaud, Pechtl, Verdam u. sowohl

als auch meine eigenen im Maschinenbaufache gemachten Erfahrungen dabei zu benützen, und es passend gefunden, zu Beispielen unter Anderem Berechnungen anzunehmen, auf welche sich verschiedene Maschinenanlagen begründen, welche die hiesige Gesellschaft, bei der ich einer der funktionirenden Theilhaber bin, ausgeführt hat.

Die geringe Zeit, welche ich der vorliegenden Arbeit widmen konnte, und die Reichhaltigkeit der Materien, welche derselben zu Grunde liegen, mögen mich bei dem Leser entschuldigen, wenn auch in dieser Auflage noch Manches zu oberflächlich behandelt und überhaupt noch Vieles zu wünschen übrig gelassen ist.

Immendingen bei Donaueschingen (Großh. Baden),
im Januar 1844.

Joh. Gustav Bernoulli.

I n h a l t.

	Seite
Nr. 1. Angabe und Vergleichung der gebräuchlichsten Maaße und Gewichte. Tabelle I und II	1
Numerotirsysteme für Baumwoll- und Leingarne	16
„ 2. Berechnungen von Flächen mit geradlinigter Be- grenzung. Tabelle III	19
„ 3. Berechnung von Kreisflächen	24
Tabelle IV	29
„ 4. Berechnung von Flächen, welche von krummen Linien eingeschlossen sind	32
Tragbarkeit der Schiffe	35
Straßenverebnung	38
„ 5. Berechnung der Oberfläche und des Inhaltes von Körpern	40
Diverse Verhältnisse. Tabelle V	44
„ 6. Inhalt und Gewicht des Wassers in cylindrischen Röhren	47
Tabelle VI	49
Inhalt von Fässern	50
„ 7. Von der Reibung	52
„ 8. Ueber die Steifigkeit der Seile. Tabelle VII	59
„ 9. Von dem dynamischen Effekte der Kräfte	62
Tabellen VIII und IX	68
Tabelle X	71
Messung des Nutzeffektes vermittelst des Dynamo- meters von Prony	74

	Seite
Nr. 10. Von den mechanischen Potenzen	79
Vom Hebel	81
Vom Rad an der Welle	84
Von der Rolle	86
Von der schiefen Fläche	87
Vom Keile	89
Von der Schraube	89
„ 11. Auffindung des Schwerpunktes	94
Schwerpunkt bei Schiffen	99
„ 12. Berechnung fallender Körper	101
Tabelle XI über die Geschwindigkeiten bei ver- schiedenen Fallhöhen	107
Regeln für geworfene Körper	108
„ 13. Berechnung der Rammaschinen	109
„ 14. Berechnung der Pendelbewegungen	112
„ 15. Vom spezifischen Gewichte	115
Tabelle XII	118
„ 16. Berechnung des Gewichtes eines Körpers	122
Tabelle XIII Gewicht von Eisenblech	123
„ XIV „ „ Metallplatten	124
„ XV „ „ Eisenstrangen	125
„ XVI „ „ von Blei- und Zinn- röhren	126
„ 17. Zur Berechnung der Luftballons	127
„ 18. Von der Stärke der Materialien	130
„ 19. Von dem senkrechten Widerstande der Körper	133
„ 20. Longitudinaler Widerstand	140
Stärke der Seile. Tabelle XVII	146
Patentketten von Brunton	149
„ 21. Transversalstärke der Körper	150
„ 22. Resultate verschiedener Versuche über die Trans- versalfestigkeit	161

	Seite
Tabelle XVIII über frumme Hölzer	163
Nr. 23. Dicke der Wellzapfen	168
Tabelle XIX für die Wellzapfen zu Wasserrädern	171
Tabelle XX für die Wellzapfen zu Schwungrädern	175
„ 24. Von Räderwerken	177
Tabelle XXI über die Raddurchmesser	182
„ 25. Dimensionen der verschiedenen Theile an Rädern	189
Tabelle XXII	192
„ 26. Transmission vermittelt endloser Riemen	199
„ 27. Berechnung des Wasserdruckes	202
Dicke von Wassermanern	204
„ 28. Ueber einige andere Gesetze der Hydrostatik	206
Druck der atmosphärischen Luft	208
„ 29. Berechnung der hydraulischen Pressen	209
„ 30. Wassermenge, die aus Oeffnungen fließt bei konstanter Druckhöhe	212
Wassermenge bei nicht vollständiger Contraktion	217
Wassermenge bei Ueberfällen	218
Tabelle XXIII	219
„ 31. Ausfluß des Wassers aus Behältern, die keinen Zufluß erhalten	221
„ 32. Von der Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen und Kanälen	226
„ 33. Bewegung des Wassers in Kanälen und Röhren und Bestimmung der Neigung derselben	230
Bestimmung der Dicke der Röhren	235
„ 34. Von der Benützung der Wasserkräfte	237
„ 35. Von den Wasserrädern	239
Von dem Nuhesefte der verschiedenen Arten Wasserräder	240
Tabelle XXIV zur Bestimmung der Anzahl Umgänge	247

	Seite
Nr. 36. Von den verschiedenen Theilen der Wasserräder . . .	248
„ 37. Beispiele zur Berechnung der Wasserräder . . .	254
Poncelet'sches Wasserrad in der fürstlich fürsten- berg'schen Mahlmühle zu Donaueschingen . . .	256
„ 38. Berechnung der Turbinen . . .	258
„ 39. Berechnungen über Mahlmühlen . . .	269
Kunstmühle zu Neustadt (auf dem Schwarzwald) . . .	273
„ 40. Windmühlen . . .	275
„ 41. Berechnung von Wasserpumpen . . .	279
Von der Kolbenreibung . . .	280
Nusseffekt bei einer Handpumpe . . .	285
Berechnung größerer Pumpen . . .	285
Druckpumpwerk zu Mahlstätten (würt. Oberamt Spaichingen) . . .	287
„ 42. Von den Feuersprizen . . .	290
„ 43. Von den Schwungrädern . . .	293
Schwungrad für das großherz. badische Walzwerk zu Tiefenstein bei Waldshut . . .	298
id. für das Walzwerk des Hrn. Carl Schedl zu Kleinzell bei Wien . . .	299
„ 44. Ausdehnung der Körper durch die Wärme . . .	301
„ 45. Von den Schornsteinen . . .	308
„ 46. Von der spezifischen Wärme der Körper . . .	314
„ 47. Heizkraft verschiedener Brennmaterialien . . .	317
„ 48. Uebergang der Körper vom festen Zustande in den flüssigen . . .	319
Schmelzgrade verschiedener Körper . . .	320
Andere bemerkenswerthe Hitzgrade . . .	321
„ 49. Data zur Berechnung von Dampfmaschinen . . .	323
Tabelle XXV über den Dampfdruck . . .	325
Wärmegehalt des Dampfes . . .	328
„ 50. Berechnung der verschiedenen Theile des Dampf- erzeugungsapparates . . .	329

	Seite
Heizfläche	333
Tabelle XXVI der Kesseldicken	335
id. XXVII über Dimensionen und Gewicht von Kesseln	337
Nr. 51. Bestimmung der Dimensionen der hauptsächlichsten Theile der Dampfmaschinen	340
Bestimmung der erforderlichen Quantität von Brennmaterial	348
Bestimmung des Nutzeffektes von Dampfmaschinen ohne Expansion	350
„ 52. Berechnung des Nutzeffektes bei Expansionsmaschinen	353
Tabelle XXVIII	355
Von den Cornwaller Maschinen	357
„ 53. Tabellen XXIX über Dampfmaschinen	359
„ 54. Dampfschiffe	362
„ 55. Von den Dampfwägen	367
Berechnung der Locomotive Jackson	371
Dimensionen einiger Locomotiven	374
„ 56. Cylindergebläse	375
Tabelle XXX über Druck und Geschwindigkeit des Windes	378
Dampfmaschinengebläse auf dem fürstlich fürsten- berg'schen Eisenwerke zu Amalienhütte bei Donaueschingen	379
„ 57. Von den Ventilatoren	386
Anhang. Von der praktischen Anwendung des Dampfes zum Forttreiben der Projectile	389
Geschwindigkeit abgeschossener Kugeln	392
id. des Schalles	394
Regeln für das Bohren und Abdrehen	394
Geschwindigkeiten der Hülfsmaschinen in den mecha- nischen Werkstätten zu Immendingen	395

Nr. 1.

Angabe und Vergleichung der gebräuchlichsten Maaße und Gewichte.

A. Französische Maaße.

1) Metrisches System.

Ein Meter ist der zehn = millionste Theil des Erdquadrants.

Jedes der folgenden Maaße ist zehnmal größer als das vorhergehende.

Millimeter = $\frac{1}{1000}$ Meter; Centimeter, Dezimeter, Meter, Dekameter, Hektometer, Kilometer, Myriameter = 10,000 Meter.

Die neue Elle ist = 12 Dezimeter.

1 Are = 100 □Meter.

1 Hektare = 100 Aren = 10,000 □Meter.

1 Stere = 1 Cubikmeter.

1 Dekastere = 10 Cubikmeter.

* Detaillirtere Angaben finden sich in J. G. Neffenbrecher's Taschenbuch für Münz-, Maaß- und Gewichtskunde. Berlin 1832.

1 Liter = 1 Cubikdezimeter.

1 Dekaliter = 10 Liter.

1 Hektoliter = 100 Liter.

1 Gramm ist das Gewicht von 1 Cubiccentimeter des stillirten Wassers bei der Temperatur von 4° C. (bei welcher das Wasser am meisten Dichtigkeit hat).

1 Kilogramm ist dasjenige eines Cubikdezimeters Wassers.

2) Altes französisches System.

Einheit: der Pariser-Fuß.

Toise.	Fuß.	Zoll.	Linien.	
1	— 6	— 72	— 864	= 1,9490363 Meter.
	1	— 12	— 144	= 0,3248394 "
		1	— 12	= 2,706995 Centim.
			1	= 0,225583 "

Die alte Pariser Elle = 43'' . 10¹/₂''' = 1,187694 Meter.

1 Meter = 3' . 0'' . 11,'''296 = 3,07844 Fuß.

Sehr annähernd hat man:

76 Meter = 39 Toisen.

19 Meter = 16 alte Ellen.

81 Centimeter = 2¹/₂'.

13 Dezimeter = 4'.

3 Dezimeter = 11''.

97 Millimeter = 43'''.

3) Oberflächenmaasse.

Einheit: die Suchart (arpent).

1 Suchart = 100 □ Ruthen (perches carrées).

1 Suchart von 900 □ Toisen = 34,18867 Aren.

1 Hektare = 2,924944 Suchart.

1 □ Toise = 3,798743 □ Meter.

1 □' = 10,552 □ Dezimeter.

1 □'' = 7,32782 □Centimeter.

1 □Meter = 9,4768 □Fuß.

Durch Approximation hat man:

40 Hektaren = 117 Juchart.

19 □Meter = 5 □Toisen.

21 □Dezimeter = 2 □'.

22 □Centimeter = 3 □''.

Seit mehreren Jahren ist in Frankreich der neue französische Fuß eingeführt, welcher genau den 3ten Theil eines Meters beträgt und eine Dezimaleintheilung hat.

Derselbe ist also gleich 1,0261 altfranz. Fuß.

1 altfranz. Fuß = 0,9746 neue franz. Fuß.

4) C a p a c i t ä t s m a a ß e.

Das Holz wird beim Klasten verkauft, doch dieses Maaß ist zu sehr verschieden, als daß es hier anzugeben wäre.

Für Korn, Salz, Kohle, Wein u. braucht man folgendes:

Muid	Septier	Mines	Minos	Boisseaux	Litrons
1	— 12	— 24	— 48	— 144	— 2304
	1	— 2	— 4	— 12	— 192
		1	— 2	— 6	— 96
			1	— 3	— 48
				1	— 16

1 Boisseau = 655,78 Cubikzoll.

1 Pinte = 0,9313 Liter.

1 Wette = 8 Pinten = 7,45 Liter.

1 Cubikfuß = 34,277255 Liter.

1 Cubikmeter = 29,174 Cubikfuß.

1 Sester (sétier) = 4,554 Cubikfuß.

Der neue Boisseau = $\frac{1}{8}$ Hektoliter.

5) G e w i c h t m a a ß e (Markgewicht).

℥	Mark	Unzen	Gros	Scrupeln	Grains
1	— 2 —	16 —	128 —	384 —	9216
	1 —	8 —	64 —	192 —	4608
		1 —	8 —	24 —	576
			1 —	3 —	72
				1 —	24

1 Tonne = 1000 Kilogramm = 10 metrische Centner.

1 Kilogramm = 2,042877 ℥ = 2 ℥ 5 Gros 10,715 Grains.

1 Gramm = 18,82715 Grains.

1 ℥ = 0,4895 Kilogr.

Durch Approximation hat man:

70 Kilogramm = 143 ℥

11 Hektogramm = 36 Unzen.

8 Decigramm = 15 Grains.

Anmerkung. Da der Durchmesser eines französischen Fünffrankenstückes 38 Millimeter und der eines französischen Zweifrankenstückes 28 Millimeter beträgt, so bilden 16 Fünffrankenstücke und 14 Zweifrankenstücke nebeneinandergelegt die Länge von 1 Meter, und 8 Fünffrankenstücke mit 1 Zweifrankenstück, die Länge von 1 neuen französischen Fuß.

40 Fünffrankenstücke wiegen 1 Kilogramm.

B. Englische Maaße.

1) H a n d e l s g e w i c h t (avoir du pois weight).

1 ton = 20 Centner (100 weight) = 1015,65 Kilogr.

1 Centner = 4 Quarter = 112 engl. Pfund (pounds)
= 50,7825 Kilogr.

1 Pfund = 16 Unzen (ounces) = 0,4534 Kilogr.

2) Troygewicht (Troy-weight).

1 Pfund = 12 Unzen = 0,3731 Kilogr.

1 Unze = 20 Penny-weight = 480 Grains = 0,0311
Kilogrammes.

Das Troygewicht dient nur, um Gold und Silber zu wägen,
in dem gewöhnlichen Handel bedient man sich hingegen des Han-
delsgewichts.

1 $\mathcal{A}$ avoir du pois = 14 ounces, 11 penny und
15½ grains = 7000 grains Troy-weight.

1 Kilogramm } = 2,68027 pounds Troy.
 } = 2,20548 pounds avoir du pois.

1 $\mathcal{A}$ frz. Markgewicht = 7561 grains Troy-weight.

1 Unze frz. Markgewicht = 472,56 grains Troy-weight.

1 gros frz. Markgewicht = 59,07 grains Troy-weight.

1 gramme = 15,438 grains.

3) Längenmaasse.

1 Mile = 8 Furlongs = 320 Poles = 880 Fathoms
= 5280 Fuß = 1609,315 Meter.

1 Fathom = 2 Yards (Ellen).

1 Yard = 3 engl. Fuß = 0,91438 Meter.

1 Fuß = 12 Zoll (inches) = 0,30479 Meter.

1 Zoll = 0,02540 Meter.

Wird gewöhnlich in acht oder sechszehn Theile eingetheilt,
welche keine besondere Benennung haben.

1 Meter = { 1,093633 engl. Ellen.
 { 3,2808992 „ Fuß.
 { 39,37079 „ Zoll.

1 Myriameter = 6,2138 Miles.

4) Flächenmaaße.

1 Acre = 4 Roods = 160 □Poles = 40,4671 frz. Ares.

1 □Pole = $30\frac{1}{4}$ □Yards.

1 □Yard = 9 □Fuß = 0,008361 frz. Ares.

1 □Fuß = 144 □Zoll.

1 □Meter = 1,196033 engl. □Ellen = 10,764297 engl. □Fuß.

1 frz. Are = 3,9538 □Ruthen (Poles).

1 Hektare = 2,473614 Acres.

5) Inhaltsmaaße.

1 Cubikfuß = 1728 Cubikzoll = 0,0283 Cubikmeter.

1 Cubikmeter = 35,316 engl. Cubikfuß.

1 Litre = 61,026 engl. Cubikzoll.

1 engl. Cubikzoll = 0,016386 Litres.

1 Schiffstonne = 42 engl. Cubikfuß = 1,1892 Cubikmeter.

6) Getreidemaasse (Dry-measures).

1 Last = 2 Weyes = 10 Quarters = 20 Cooms = 99,555 engl. Cubikfuß = 2818,97 Litres.

1 Coom = 4 Bushels = 15 Pecks = 32 Gallons = 140,9486 Litres.

1 Gallon = 8 Pints = 4,4046 Litres.

7) Bier- oder Alemaasse.

1 Butt = 2 Hogsheads = 108 Gallons = 499,0628 Litres.

1 Gallon = 8 Pints = 4,6209 Litres.

= 282 engl. Cubikzoll = 1,01704 imperial gallons.

8) Weinmaasse.

1 Tun = 2 Pipes = 4 Hogsheads = 252 Gallons
= 953,8832 Litres.

1 Gallon = 8 Pints = 3,7853 Litres = 231 engl.
Cubifzoll = 0,83311 imp. gallons.

9) Imperialmaasse.

1 Chaldron = $4\frac{1}{2}$ Quarters = 12 Sacks = 36
Bushels = 46,210 engl. Cubiffuß = 1308,516 Litres.

1 Bushel = 4 Pecks = 8 Gallons = 36,3477 Litres.
= 1,284 engl. Cubiffuß.

1 Gallon = 4 Quarts = 8 Pints = 4,54364 Litres.
= 277,274 engl. Cubifzoll.

1 Liter = 0,02751 Bushels.

1 Hektoliter = 0,0764 Chaldrons = 2,751 Bushels.

10) Steinkohlenmaasse.

Ehemals wurden die Steinkohlen nach dem Chaldron
verkauft.

1 Chaldron = 4 Bats (Tonnen) = 12 Sacks =
36 Bushels = 144 Pecks (Viertel).

Das Steinkohlen-Bushel hält ein Viertel mehr als
das Winchester Bushel oder 2217,62 Cubifinches.

Gegenwärtig werden die Steinkohlen fast allgemein
nach dem Gewicht verkauft. (1 Bushel wiegt circa 94 Pf.
= 43 Kil.)

C. Schweizer Maasse.

Seit neuerer Zeit ist in dem größten Theile der Schweiz
Dezimal-Maß und Gewicht eingeführt und es beträgt:

Der neue Schweizerfuß = 10 Zoll = 100 Linien
= 3 Dezimeter.

1 Zoll = 3 Centimeter.

1 Linie = 3 Millimeter.

Das neue Schweizerpfund = $\frac{1}{2}$ Kilogramm.

1 Fuß = 0,9000 neu frz. Fuß.

1 neu frz. Fuß = 1,1111 Schweizerfuß.

1) Canton Waadt.

Dezimalsystem.

1 Elle = 4 Fuß = 12 Dezimeter.

1 Toise = 10 Fuß = 3 Meter.

1 Fossorier = 50 □ Toisen.

1 Cubiktoise = 1000 Cubikfuß = 27 Steren.

1 Sack = 10 Viertel (quarterons) = 5 Cubikfuß = 135 Liter.

1 Muid = 10 Säcke.

1 Viertel = $\frac{1}{2}$ Cubikfuß.

1 Unze = $\frac{1}{16}$ ℔ = $31\frac{1}{4}$ Gramme.

2) Canton Bern.

1 Berner Fuß = 0,29385 Meter = 130 frz. Linien.

1 Berner Elle = $240\frac{1}{2}$ frz. Linien.

1 Ruthe = 10 Fuß.

1 Klasten = 8 Fuß.

1 Saum = 4 Eimer = 100 Maaß = 4,87 franz. Cubikfuß.

1 Berner ℔ = 0,47987 Kilogr.

3) Canton Genf.

1 Elle = 507 Linien französisch.

1 ℔ = 18 Unzen Markgewicht = 0,550718 Kilogramm.

D. Maaße in den Großherzogthümern Baden und Hessen.

Gleiches Maaß und Gewicht, wie das neue schweizerische Dezimalsystem, also:

1 badischer Fuß = 10 Zoll = 100 Linien = 3 Dezimeter = 0,9235 alt frz. Fuß.

1 badisches $\mathcal{R}$ = $\frac{1}{2}$ Kilogr.

1 Stunde = 14815 Fuß.

1 Ruthe = 10 Fuß.

1 Klafter = 6 Fuß.

1 Elle = 2 Fuß.

1 Morgen oder Zuchart = 400 □ Ruthen = 40000 □ Fuß = 0,36 Hektaren.

1 badisches Malter = 10 Sester = circa $5\frac{1}{2}$ bad.

Cubikfuß = $1\frac{1}{2}$ Hektoliter = 0,6746 baierische Scheffel.

1 Zuber = 2 Malter = $11\frac{1}{9}$ Cubikfuß.

E. Württembergische Maaße.

1 Fuß = 10 Zoll = 100 Linien = 0,882 alt frz. Fuß = 0,28649 Meter (und ist dem Hamburger Fuß gleich).

1 Cubikfuß = 0,6862 frz. Cubikfuß = 0,0235 Cub. Meter.

1 Ruthe = 10 Fuß.

1 Klafter = 12 Cubikfuß.

1 Zuchart = 576 □ Ruthen.

1 Elle = 0,6143 Meter.

1 Handelscentner = 104 würtemb. Pfund = 43,63 Kilogramm.

1 Pfund = 0,4677 Kil. = 1 Kölner $\mathcal{R}$.

1 badischer Centner = 107 würtemb. $\mathcal{R}$.

1 Scheffel = 8 Simri = 7,54 würt. Cubikfuß = 1,182 badische Malter = 0,797 baier. Scheffel = 1,772 Hektoliter.

F. Baietische Maaße.

- 1 Fuß = 12 Zoll = 0,8985 frz. Fuß = 0,29186 Meter.
- 1 Elle = 0,8330 Meter.
- 1 Pfund = 32 Loth = 0,56 Kilogr.
- 1 Centner = 5 Stein = 100 $\mathfrak{A}$.
- 1 baier. Scheffel = 6 Megen = 2,223 Hektoliter.

G. Oesterreichische Maaße.

- 1 Wiener Fuß = 0,316103 Meter.
- 1 Meter = 3,1635 Wiener Fuß.
- 1 Zoll = 2,63 Centimeter.
- 1 österreichische Meile = 4000 Klafter = 24000 Fuß.
- 1 Kilometer = 527 Klafter = 3163 Fuß.
- 1 Faust = 4 Zoll.
- 1 Pfund = 0,560011 Kilogr.
- 1 Centner = 5 Stein = 100 $\mathfrak{A}$ = 56 Kilogr.
- 1 Kilogr. = 1,7857 $\mathfrak{A}$.

H. Preussische Maaße.

- 1 Preussischer oder rheinländischer Fuß = 12 Zoll = 0,3139 Meter.
- 1 Meter = 3 Fuß 2 Zoll 3 Linien = 3,1868 rheinl. Fuß.
- 1 □Fuß = 0,0985 □Meter.
- 1 Cubikfuß = 0,0309 Cubikmeter.
- 1 Pr. Scheffel = 16 Megen = 3072 pr. Cubikzoll.
= 54,96 Viter = 4,047 baier. Scheffel.
- 1 Centner = 110 Pfund.
- 1 Pfund = 32 Loth = $\frac{1}{66}$ des Gewichts eines pr. Cubikfußes Wasser = 0,4677 Kilogr. = 0,8352 Wiener $\mathfrak{A}$.
- 1 Cölner $\mathfrak{A}$ ist nur unbedeutend kleiner als das preuß. $\mathfrak{A}$.

I. Sächsische Maaße.

1 Fuß = 0,8720 frz. Fuß = 0,28326 Meter.

1 Meter = 3,5303 sächs. Fuß.

1 □Fuß = 0,0802 □Meter.

1 Cubikfuß = 0,02273 Cubikmeter.

1 sächs. $\mathfrak{z}$ = 0,4674 Kilogr.

1 Kilogr. = 2,1393 sächsische Pfund.

K. Holländische oder niederländische Maaße.

1 Amsterdamer Fuß (voet) hat bloß 11 Zoll (duimen) oder 132 Linien (streepen) = 125,48 franz. Linien = $11\frac{1}{4}$ engl. Zoll.

1 Ruthe = 13 Fuß.

1 Faden = 6 Fuß.

1 Meile = 20692 Fuß.

1 Zuchart = 600 □Ruthen.

1 Schiffspfund = 3 Centner = 300 $\mathfrak{z}$.

1 Last = 4000 $\mathfrak{z}$ = 2 englische Tonnen.

Seit 1820 bedient man sich jedoch fast allgemein in Holland der französischen metrischen Maaße. Die Benennungen Meter, Dezimeter, Centimeter, Kilogramm, werden indessen gewöhnlich durch die von Nederlandsche Elle, Palm, Ned. Duim, Ned. Pond. ersetzt.

1 Ned. pond. = 10 Onces = 100 Looden = 1000 Wigtjes = 10000 Korrels = 20812,8 holland. As.

Die gebräuchlichsten Inhaltsmaaße für nasse Waaren sind folgende:

Kan (litre), maatje (Décilitre), vingerhoed (Centilitre),

Vat (Hectolitre),

und für trockene Waaren:

Kop (litre), mattje (Décilitre), Schepel (Decalitre),
Mudde oder Zak (Hectolitre).

1 Last = 3000 Koppen = 30 Mudden.

Steinkohlen werden per Hoed verkauft.

9 Hoeden geben 5 Newcastlester und } Chaldrons.
6 Hoeden geben 5 Londoner }

1 Hoed = $10\frac{2}{3}$ Zakken.

100 Kil. = 100 Ned. Ponden = $202\frac{3}{4}$ alte Ant-
werpener Pfunde.

I. Vergleichung verschiedener Maaße und Gewichte.

I. Längenmaaße.		Meter.	Frantzösische Fuß.	Englische Fuß.	Wiener Fuß.	Rheinländ. Fuß.	Badische oder Schweizer Fuß.	Württemberg. Fuß.
1	Meter	1	3,07844	3,2809	3,1635	3,1868	3,3333	3,4903
1	Alt-Frantzösischer Fuß	0,3248	1	1,0656	1,0275	1,0352	1,0827	1,1337
1	Englischer Fuß	0,3048	0,9384	1	0,9642	0,9715	1,0160	1,0639
1	Wiener Fuß	0,3161	0,9731	1,0371	1	1,0073	1,0537	1,1033
1	Rheinl. Fuß	0,3139	0,966	1,0299	0,9930	1	1,0463	1,0956
1	Badischer od. Schweizer Fuß	0,30	0,9235	0,9843	0,9490	0,9560	1	1,0471
1	Württemberg. Fuß	0,2865		0,9400	0,9063	0,9128	0,955	1
II. Oberflächenmaaße.								
1	Meter	1	9,4768	10,7643	10,0112	10,1557	11,1111	12,1822
1	Frantz. Fuß	0,1055	1	1,1355	1,0562	1,0716	1,1722	1,2854
1	Engl. Fuß	0,0929	0,8806	1	0,9297	0,9438	1,0322	1,1319
1	Wiener Fuß	0,0999	0,9469	1,0756	1	1,0143	1,1103	1,2173
1	Rheinl. Fuß	0,0985	0,9332	1,0607	0,9861	1	1,0947	1,2003
1	Badischer Fuß	0,09	0,8528	0,9688	0,9006	0,9139	1	1,0962
1	Württemberg. Fuß	0,0821	0,7778	0,8837	0,8214	0,8332	0,9122	1

Vergleichung verschiedener Maaße und Gewichte.

III. Inhaltsmaaße.		Meter.	Französische Fuß.	Englische Fuß.	Wiener Fuß.	Rheinländ. Fuß.	Badische Fuß.	Württemb. Fuß.
1 Cub.-Meter . . .	=	1	29,1738	35,3160	31,6590	32,3642	37,0360	42,5351
1 " Franz. Fuß . . .	=	0,0343	1	1,2100	1,0848	1,1094	1,2692	1,4577
1 " Engl. Fuß . . .	=	0,0283	0,8263	1	0,8964	0,9169	1,0488	1,2038
1 " Wiener Fuß . . .	=	0,0316	0,9214	1,1155	1	1,0220	1,1699	1,3432
1 " Rheinl. Fuß . . .	=	0,0309	0,9014	1,0924	0,9791	1	1,1454	1,3147
1 " Bad. Fuß . . .	=	0,0270	0,7876	0,9536	0,8547	0,8737	1	1,1480
1 " Würt. Fuß . . .	=	0,0235	0,6860	0,8307	0,7445	0,7606	0,8711	1
		Kilogr.	Französische Pfund.	Englische Pfund.	Wiener Pfund.	Preussische Pfund.	Würtemberger Pfund.	
1 Kilogramm . . .	=	1	2,0429	2,2055	1,7857	2,1381	1,9642	
1 Französische " . . .	=	0,4895	1	1,0796	0,8741	1,0466	0,9615	
1 Englische " . . .	=	0,4534	0,9228	1	0,8096	0,9694	0,8906	
1 Wiener " . . .	=	0,5600	1,1440	1,2351	1	1,1973	1,1018	
1 Preussische " . . .	=	0,4677	0,9555	1,0315	0,8352	1	0,9187	

II. Vergleichung verschiedener Stundenmaasse.

	Meter.	Französische Fuß.	Rheinl. Fuß.	Englische Fuß.	Geograph. Meilen.	Französische Lieues.	Englische Miles.
1 geographische Meile	7427	22857	23661	24370	1	1,66	4,61
1 Berner Stunde .	5279	16247	16819	17320	0,71	1,19	3,28
1 Franz. Lieue . .	4457	13714	14197	14623	0,60	1	2,77
1 Engl. Seemeile .	1857	5714	5915	6093	0,25	0,42	1,15
1 Engl. Meile . .	1609	4953	5128	5280	0,22	0,36	1
1 Russische Werste .	1068	3286	3402	3504	0,14	0,24	0,66
1 Kilometer . . .	1000	3075	3183	3048	0,13	0,23	0,62

1 Grad ($\frac{1}{360}$) = 111111 Meter = 342050 franz. Fuß = 353.644 rheinl. Fuß = 364.544 engl. Fuß.

1 neuer französischer Grad ($\frac{1}{400}$) = 100000 Meter = 51.307,40 Toisen = 307844 franz. Fuß.

Auf einen Grad ($\frac{1}{360}$) gehen ferner:

$10\frac{2}{3}$ schwedische Stunden.

$13\frac{1}{2}$ dänische Stunden.

$14\frac{2}{3}$ österreichische Meilen.

15 geographische Meilen.

$15\frac{3}{4}$ polnische Meilen.

$17\frac{1}{2}$ spanische oder portugiesische Stunden.

20 französische Seemeilen oder niederländische Stunden.

$20\frac{2}{3}$ Schweizerstunden.

$13\frac{3}{10}$ Schweizermeilen oder Bernerstunden.

25 französische Lieues.

$28\frac{1}{2}$ französische Poststunden.

60 englische Seemeilen oder italienische Meilen.

$66\frac{2}{3}$ türkische Berryes.

$69\frac{1}{2}$ englische Meilen.

87 griechische Meilen.

104 russische Wersten.

111,11 Kilometer.

Anmerkung. Die Geschwindigkeit eines Schiffes auf der See wird gewöhnlich in geographischen Meilen angegeben und durch die Länge eines Bindfadens bestimmt, welcher sich abwickelt, sobald das Schiff vorwärts geht, und an seinem Ende ein mit Blei besetztes Brettchen (Log) trägt, das etwa $\frac{9}{10}$ in das Wasser eintaucht. Die Zeit wird durch eine Sanduhr gemessen, welche genau in einer halben Minute ausläuft.

Da nun 1 geogr. Meile = 23664 rheinl. Fuß, 4 Stunden aber = 480 halbe Minuten ausmachen, so folgt hieraus, daß das Schiff für jede Länge von 49' 3'', um welche sich der Bindfaden während einer halben Minute abwickelt, in 4 Stunden 1 geographische Meile durchläuft.

Da nun aber das Brettchen immer ein wenig der Bewegung des Schiffes folgt, so wird die wirkliche Geschwindigkeit des Schiffes immer etwas größer seyn, als die, welche man auf diese Weise findet. Um diesen Unterschied einigermaßen auszugleichen, wird der Bindfaden gewöhnlich durch Knoten in Längen von 48 Fuß (statt 49' 3'') eingetheilt, welche unter dem Namen Knoten verstanden werden. Läuft z. B. ein Schiff mit einer Geschwindigkeit von 6 Knoten, so macht dasselbe in einer halben Minute einen Weg von $6 \times 48 = 288$ rheinl. Fuß und in 4 Stunden 6 geographische Meilen.

Numerotirsysteme für Baumwollgarne.

a) Englisches System.

Der Haspel, der zum Abwinden des Garnes dient, hat einen Umfang von $1\frac{1}{2}$ Yards = $4\frac{1}{2}$ engl. Fuß.

Die Anzahl der Hanks oder Schneller, welche auf 1 engl. $\mathcal{H}$ (avoir du pois) gehen, bezeichnet die Nummer des Garnes. Bei Garnen von Nr. 50 gehen also z. B. 50 Schneller = 42000 Yards auf's Pfund.

Hank (Schneller)	Leys (Gebinde)	Haspelumgänge oder Fäden	Yards (Ellen)	Meter
1	—	7	—	560
		80	—	120
		1	—	1½
				1,3714.

b) Französisches oder metrisches System.

Der Haspel hat einen Umfang von $1428\frac{4}{7}$ Millimeter, da nämlich 70 Haspelumgänge = 1 Gebinde (échevette) = 100 Meter ausmachen. Die Garnnummer wird nach der Anzahl von metr. Schnellern (écheveaux) bestimmt, welche auf $\frac{1}{2}$ Kilogr. gehen.

écheveau	échevettes	Fäden	Meter
1	—	10	—
		700	—
		70	—
		1	—
			1,4286.

1 Hank = 0,768 écheveaux.

1 Ley = 1,0971 échevettes.

Da $\frac{1}{2}$ Kil. = 1,10275 engl. $\mathcal{R}$ ist, so findet man die der nämlichen Feinheit entsprechende franz. Nummer, wenn man die englische mit $0,768 \times 1,10275 = 0,847$ vervielfacht, und die englische findet man, wenn man die französische mit 1,18 vervielfacht.

In den Spinnereien des deutschen Zollvereins und der Schweiz ist das englische System allgemein eingeführt; in Oesterreich dagegen wird die Nummer oft nach der Anzahl Schneller bestimmt, welche auf das Wiener $\mathcal{R}$ gehen, und es ist:

1 österr. Schneller = 7 Gebinde = 700 Fäden.

à $2\frac{1}{8}$ Wiener Ellen Länge = 1165 Meter.

Da nun 1 engl. $\mathcal{R}$ = 0,8096 Wiener $\mathcal{R}$, so erhält man die Wiener Nummern, wenn man die englischen mit 0,814 vervielfacht.

Beispiel. Nr. 54 englisch = $54 \times 0,847$ = Nr. 45,74 franz.
= Nr. 43,96 österr.

Numerotirsysteme für Feinengarne.

In Großbritannien und den meisten Spinnereien des Continents ist das englische System eingeführt.

Der Haspel hat $2\frac{1}{2}$ Yards Umfang, und 120 Fäden machen 1 Schneller.

(Bisweilen werden Häspel von 3 Yards Umfang angewendet, wonach 100 Fäden 1 Schneller ausmachen.)

Die Anzahl Schneller, welche 1 engl. $\mathcal{R}$ ausmachen, gibt die Garnnummer an.

Paket	Bündel	Hanks (Strangen)	Leas (Schneller)	Yards	Meter
1	— 6	— 120	— 1200	— 360.000	— 329.187
	1	— 20	— 200	— 60.000	— 55.260
		1	— 10	— 3000	— 2.743
			1	— 300	— 274

1 bayer. Schneller = 4,34 engl. Schneller,

1 engl. Bündel = 46 bayer. Schneller,

1 österr. Bündel = 5 Stück = 20 Strangen

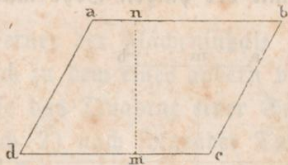
= 72.000 Wiener Ellen = 61.670 Yards.

Nr. 2.

Berechnung von Flächen mit geradlinigter Begrenzung.

1) Der Flächeninhalt eines jeden Parallelogramms findet sich, wenn man die Länge mit der Höhe (d. h. irgend eine Seite mit der von der gegenüberstehenden, darauf gezogenen, Perpendikulare) multipliziert. ($S = L \times h$.)

Beispiel. Wie groß ist der Flächeninhalt oder die Area eines Rhomboids, wenn $c d = 15''$ und $n m = 7''$ ist?



Antwort. 7×15 oder $105 \square''$.

Anmerkung. Eine quadratische Fläche hat einen größeren Inhalt als irgend ein Rechteck von gleichem Umfange.

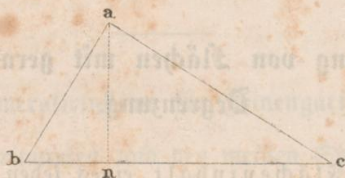
Beweis. Nennt man die Seite des Quadrats a , so ist der Umfang $4 a$ und der Inhalt a^2 .

Damit nun irgend ein Rechteck ebenfalls einen Umfang von $4 a$ habe, muß nothwendig eine längere gerade um so viel größer als a seyn, als eine kürzere kleiner ist; daher wenn die längeren $a + x$ sind, so sind die kürzeren $a - x$ lang. In diesem Falle ist aber der Inhalt $a^2 - x^2$.

Ein vierseitiger Raum erfordert also z. B. um so weniger Mauern zur Einschließung, je mehr er sich einem Quadrate nähert.

2) Der Flächeninhalt eines Dreiecks wird gefunden, wenn man die Basis mit der halben Höhe multipliziert.
 $(S = L \times \frac{1}{2}h.)$

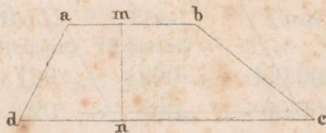
Beispiel. Wie groß ist der Inhalt des Dreiecks a b c



wenn b c = 16'' und a n = 7''?

Antwort. $\frac{16 \times 7}{2} = 56 \square''$.

3) Der Flächeninhalt eines Trapezoids wird gefunden, wenn man die Längen der parallelen Seiten addirt und die Summe mit der halben Höhe multipliziert.



$$S = (a + b) \times \frac{1}{2}h.$$

Beispiel. Wie groß ist die Fläche von a b c d, wenn a b = 6'',
 c d = 10'' und m n = 8''?

Antwort. $6 + 10 = 16; \frac{16 \times 8}{2} = 64 \square''$.

4) Der Flächeninhalt eines Trapezes, oder einer vierseitigen Fläche, die keine parallele Seite hat, wird gefunden, wenn man sie in 2 Dreiecke theilt, und den Inhalt jedes Dreiecks dann nach Nr. 2. berechnet.

5) Eben so findet man den Inhalt jedes unregelmäßigen Vielecks oder Polygons.

6) Wie der Flächeninhalt eines regulären Polygons gefunden wird.

Reguläre Polygone heißen nur solche, deren Seiten und Winkel alle einander gleich sind. Solche Polygone lassen sich in und um Kreise beschreiben; und der Mittelpunkt der Kreise ist auch das Centrum des Polygons, das von jeder Seite wie von jedem Winkel gleich weit absteht.

Der Inhalt wird daher 1) gefunden, wenn man den ganzen Umfang des Polygons mit der halben Entfernung des Centrums von der Mitte einer Seite multipliziert.

Gesetzt, die Seite eines Neunecks sey = 5" und der Abstand derselben vom Centrum 6,87", so ist

$$\text{der Umfang} = 9 \times 5 = 45''$$

$$\text{und der Inhalt} = \frac{45 \times 6,87}{2} = 154,57 \square''.$$

Da aber ferner der Flächeninhalt jedes ganz regulären Polygons sich zu dem eines andern von gleicher Seitenzahl verhält wie das Quadrat einer Seitenlänge, so läßt sich derselbe auch 2) nach folgender Tafel durch eine einfache Rechnung finden.

III. Ist nämlich die Seite 1" oder 1' lang, so hat:

das regul. Zeck einen Inhalt von 0,433 $\square''$ oder $\square'$

"	"	4	"	"	"	1,000	"	"	"
"	"	5	"	"	"	1,720	"	"	"
"	"	6	"	"	"	2,598	"	"	"
"	"	7	"	"	"	3,634	"	"	"
"	"	8	"	"	"	4,828	"	"	"
"	"	9	"	"	"	6,182	"	"	"
"	"	10	"	"	"	7,694	"	"	"
"	"	11	"	"	"	9,366	"	"	"
"	"	12	"	"	"	11,196	"	"	"

Um also den Inhalt irgend eines regulären Polygons zu finden, multiplizire man nur das Quadrat einer Seite mit der in der Tafel berechneten Area.

Beispiel. Welches ist der Inhalt eines regul. Secks, oder Octogons, dessen Seite 4' lang ist.

Antwort. $4 \times 4 = 16$, $16 \times 4,828 \square' = 77,248 \square'$.

Ebenso wird man leicht die Größe einer Seite (und hiemit den Umfang auch) für ein reguläres Vieleck von einem gegebenen Flächeninhalt berechnen können. Man dividirt denselben durch die Area in der Tafel, und zieht aus dem Quotienten die Quadratwurzel.

Beispiel. Wie groß wird die Seite und der Umfang eines regul. Secks oder Hexagons seyn, von 100 $\square'$ Inhalt?

Antwort. $\frac{100}{2,598} = 38,49$ und $\sqrt{38,49} = 6,2'$.

der ganze Umfang also $= 6 \times 6,2 = 37,2'$.

Der Flächeninhalt eines regulären Polygons kann übrigens auch gefunden werden, wenn bloß dessen Radius oder die Entfernung vom Mittelpunkte bis zum Eck bekannt ist.

Ist derselbe nämlich $= r$, so ist der Flächeninhalt

des regulären Secks $= 1,2990 r^2$

" " 4 " $= 2,0000 r^2$

" " 5 " $= 2,3776 r^2$

" " 6 " $= 2,5980 r^2$

" " 7 " $= 2,7366 r^2$

" " 8 " $= 2,8286 r^2$

" " 9 " $= 2,8924 r^2$

" " 10 " $= 2,9389 r^2$

" " 11 " $= 2,9731 r^2$

" " 12 " $= 3,0008 r^2$

Beispiel. Welches ist der Inhalt eines regul. 10ecks, dessen Radius $3\frac{1}{2}$ Fuß beträgt?

Antwort. $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} = 12,25'$.

$12,25 \times 2,9389 = 36,0015 \square \text{ Fuß.}$

Ebenso findet man den Radius, wenn der Flächeninhalt gegeben ist, indem man denselben durch die Zahl vorstehender Tabelle dividirt und aus dem Quotienten die Quadratwurzel zieht. In vorigem Beispiele

$$\text{ist der Radius } r = \sqrt{\frac{36,0015}{2,9389}} = \sqrt{12,25} = 3,5.$$

Aus Obigem geht hervor:

- 1) Der Inhalt des reg. Dreiecks ist gerade die Hälfte des reg. Sechsecks von gleichem Radius.
- 2) Der Inhalt des reg. Zwölfecks ist um die Hälfte größer als der des Quadrats von gleichem Radius.
- 3) Der Inhalt des Quadrates, dessen Seite = 1' ist, ist gerade das Doppelte von dem, dessen Radius 1' beträgt.

Nr. 3.

Berechnung von Kreisflächen.

Ein Kreis ist als ein reguläres Polygon von unendlich vielen Seiten zu betrachten.

Bei allen Kreisen hat dasselbe Verhältniß zwischen dem Radius oder Diameter zum Umfange (oder der Peripherie) statt. Dieses wird allgemein mit dem griechischen Buchstaben π bezeichnet.

Nach dem einfachsten Ausdrücke verhält sich:

der Durchmesser zum Umfange wie 7 : 22
 genauer und in Dezimalen wie . 1 : 3,1416
 noch genauer 113 : 355

1) Darnach läßt sich leicht der Umfang jedes Kreises berechnen, wenn der Radius oder Diameter bestimmt ist; und eben so umgekehrt.

Beisp. 1) Wie groß ist der Umfang, wenn der Diam. = 6'?

Antw. 7 : 22 = 6 : 18',857 Umfang.

1 : 3,1416 = 6 : 18,8496 "

113 : 355 = 6 : 18,8495 "

2) Wie groß ist der Diameter, wenn der Umkreis = 124''?

Antw. 22 : 7 = 124 : 39,45 Diam.

3,1416 : 1 = 124 : 39,47 "

355 : 113 = 124 : 39,46 "

2) Wie man die Länge eines Bogens findet, wenn der Radius bekannt ist.

Ist der Radius = r , so ist der Umfang = $\frac{2 \times 22}{7} r$ oder =

6,2832 r und $1^\circ = \frac{6,2832}{360} r = 0,01745 r$.

Man multiplicirt also diesen Dezimalbruch mit der Anzahl Grade und mit dem Radius.

Beisp. Wie lang ist ein Bogen von 25° , wenn der Radius = 7' ist?

Antw. $0,01745 \times 25^{\circ} \times 7, = 3,05375'.$ —

Wie man den Inhalt des Kreises findet.

Dieser findet sich auf mehrfache Weise:

1. Wenn man den Umfang mit dem halben Radius multiplicirt.
2. Wenn man das Quadrat des Diameters mit 0,7854 multiplicirt (oder mit $\frac{11}{14}$).
3. Wenn man das Quadrat des Umfangs mit 0,07958 multiplicirt.

Erklärung. Die erste Regel gründet sich auf die Ansicht, daß ein Kreis als ein Polygon von unendlich vielen Seiten zu betrachten ist; der Radius ist hiemit der Abstand des Centrums von der Seite des Polygons.

Die zweite ergibt sich aus folgendem: Wenn C (die Circumferenz) = 3,1416 D (Diameter), so ist $\frac{3,1416 D^2}{4} = \text{Inhalt}$. Nun ist $\frac{3,1416}{4} = 0,7854$. Also der Inhalt = $0,7854 D^2$.

Die 3te erhellt aus folgendem: $D = \frac{C}{3,1416}$ und Inhalt = $D \times \frac{C}{4}$. Also ist der Inhalt auch = $\frac{C}{3,1416} \times \frac{C}{4} = \frac{C^2}{12,5664} = 0,07958. C^2$.

Beisp. Wie groß ist die Fläche eines Kreises, der 9' Diameter hat?

Antw. Der Umfang ist = 28,27, der Radius 4,5.

Nach der ersten Regel erhält man nun $28,27 \times 4,5 = 63,6075 \square'$.

Nach der zweiten Regel: $9^2 \times 0,7854 = 63,717 \square'$.

Nach der dritten Regel: $28,27^2 \times 0,07958 = 63,599 \square'$.

4) Wie man den Flächeninhalt eines Ringes oder des zwischen zwei Kreisen eingeschlossenen Raumes findet.

Offenbar erhält man denselben dadurch, daß man die Area des kleineren Kreises von der des größeren subtrahirt.

Beisp. Hat der größere einen Diameter von 7', der kleinere von 5', so ist

$$\begin{array}{l} \text{die Area des größeren} = 7^2 \times 0,7854 = 38,4846 \\ \text{und " " " kleineren} = 5^2 \times 0,7854 = 19,6350 \\ \text{hiemit die des Ringes} \quad \quad \quad = 18,8496 \end{array}$$

Man findet ihn also auch, indem man zuerst die Quadrate der Diameter subtrahirt und die Differenz mit 0,7854 multipliziert. ($S = 0,7854 (D^2 - d^2)$)

Beisp. Wie groß ist die Fläche eines Ringes, wenn der Diameter des äußeren Kreises = 8' 5" und der des innern = 6' 3" 12theiliges Maaß beträgt?

Antw. 8' 5" = 101"; das $\square$ = 10201

6' 3" = 75"; das $\square$ = 5625

die Diff. = 4576 $\square$ "

$$4576 \times 0,7854 = 3594 \square'' \text{ oder } 20 \square' 138 \square''.$$

Endlich wird der Flächeninhalt eines Ringes auch gefunden, wenn man die Summe der Durchmesser mit der Differenz derselben und ferner noch mit 0,7854 vervielfacht ($S = 0,7854 \times (D + d) (D - d)$).

Beisp. Ist der äußere Durchmesser eines Ringes 16½ Zoll, der innere 11½ Zoll, so ist

$$D + d = 16\frac{1}{2} + 11\frac{1}{2} = 28 \text{ Zoll}$$

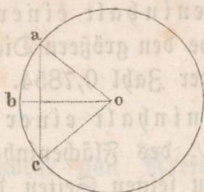
$$D - d = 16\frac{1}{2} - 11\frac{1}{2} = 5 \quad "$$

$$S = 0,7854 \times 28 \times 5 = 109,96 \square \text{ Zoll.}$$

5) Berechnung der Fläche eines Sectors.

Kennt man die Länge des Bogens a b und den Radius a o, so ist

$$\text{der Inhalt} = a b \times \frac{1}{2} a o \text{ oder } \frac{a b \times a o}{2}$$



Ist der Bogen in Graden bestimmt und der Radius gegeben, so berechnet man vorerst den Inhalt des ganzen Kreises, und wie sich der Bogen: 360 verhält, so der Inhalt des Sectors zur Kreisfläche.

Beisp. Wie groß ist die Area (oder der Flächenraum) eines Sectors von $15^{\circ} 20'$, wenn der Diam. = 8'?

Antw. $8^2 \times 0,7854 = 50,2656$ □" Inhalt des Kreises.

$360 : 15\frac{1}{3} = 50,2656 : 2,1409$ Inhalt des Sectors.

6) Flächeninhalt eines Kreissegmentes.

Man berechne den Flächeninhalt des ganzen Sectors, ferner den des Dreiecks, welches aus der Sehne und den zwei Radien des Sectors gebildet ist. Ist das Segment größer als ein Halbkreis, so zähle man die beiden Flächeninhalte zu einander, ist es hingegen kleiner, so zähle man sie von einander ab.

Beisp. Man sucht den Flächeninhalt eines Kreissegmentes a b c, dessen Radius c o = 10, dessen Chorde a c = 12 und dessen Bogen a b c = $73^{\circ} 45'$.

$d^2 \times 0,7854 = 314,16$ Flächeninhalt des Kreises

$360^{\circ} : 73^{\circ} 45' : 314,16 : x.$

$x = 64,34054$ Flächeninhalt des Sectors.

$y = \sqrt{10^2 - 6^2} = \sqrt{64} = 8$ Senkrechte oder Höhe des Dreiecks.

$\frac{8 \times 12}{2} = 48$ Flächeninhalt derselben.

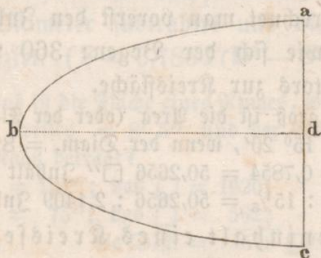
folglich: $64,3405 - 48 = 16,3405$ Inhalt des Segmentes.

7) Flächeninhalt einer Ellipse.

Man vervielfache den größern Diameter mit dem kleinern und noch mit der Zahl 0,7854.

8) Flächeninhalt einer Parabel.

Dieser ist $= \frac{2}{3}$ des Flächeninhaltes des Parallelogrammes, welches zu seinen Seiten die Abscisse $b d$ und die Ordinate $a c$ der Parabel hat, oder $S = \frac{2}{3} \times y$.



Beisp. Man sucht den Flächeninhalt der Parabel $a b c$, dessen Abscisse $b d = 12''$ und dessen Ordinate $a c = 10''$ ist.

Antw. $\frac{2 \times 12 \times 10}{3} = 80 \square''$.

Anmerkung. Man erhält eine Ellipse, wenn man einen Kegel in schiefer Richtung zu seiner Achse durchschneidet, eine Parabel, wenn man denselben in paralleler Richtung mit seiner Seite, und eine Hyperbel, wenn man ihn in paralleler Richtung mit seiner Achse durchschneidet. Der Kreis bildet sich endlich, wenn man den Kegel senkrecht zur Achse durchschneidet. Diese vier Figuren oder Linien bezeichnet man gewöhnlich mit dem Namen Kegelschnitte.

IV. Tabelle von Kreisflächen.

Diameter in Zollen.	Oberfläche in □Zollen.	Diameter in Zollen.	Oberfläche in □Zollen.	Diameter in Zollen.	Oberfläche in □Zollen.
$\frac{1}{8}$	0,0022	$3\frac{1}{8}$	7,6699	$6\frac{1}{8}$	29,4648
$\frac{1}{4}$	0,0491	$3\frac{1}{4}$	8,2958	$6\frac{1}{4}$	30,6797
$\frac{3}{8}$	0,1104	$3\frac{3}{8}$	8,9462	$6\frac{3}{8}$	31,9191
$\frac{1}{2}$	0,1963	$3\frac{1}{2}$	9,6211	$6\frac{1}{2}$	33,1831
$\frac{5}{8}$	0,3068	$3\frac{5}{8}$	10,3206	$6\frac{5}{8}$	34,4717
$\frac{3}{4}$	0,4118	$3\frac{3}{4}$	11,0447	$6\frac{3}{4}$	35,7848
$\frac{7}{8}$	0,6013	$3\frac{7}{8}$	11,7933	$6\frac{7}{8}$	37,1224
1	0,7854	4	12,5664	7	38,4846
$1\frac{1}{8}$	0,9940	$4\frac{1}{8}$	13,3641	$7\frac{1}{8}$	39,8713
$1\frac{1}{4}$	1,2270	$4\frac{1}{4}$	14,1863	$7\frac{1}{4}$	41,2826
$1\frac{3}{8}$	1,4849	$4\frac{3}{8}$	15,1330	$7\frac{3}{8}$	42,7184
$1\frac{1}{2}$	1,7671	$4\frac{1}{2}$	15,9043	$7\frac{1}{2}$	44,1787
$1\frac{5}{8}$	2,0739	$4\frac{5}{8}$	16,8002	$7\frac{5}{8}$	45,6636
$1\frac{3}{4}$	2,4053	$4\frac{3}{4}$	17,7206	$7\frac{3}{4}$	47,1731
$1\frac{7}{8}$	2,7612	$4\frac{7}{8}$	18,6655	$7\frac{7}{8}$	48,7071
2	3,1614	5	19,6350	8	50,2656
$2\frac{1}{8}$	3,5466	$5\frac{1}{8}$	20,6290	$8\frac{1}{8}$	51,8487
$2\frac{1}{4}$	3,9761	$5\frac{1}{4}$	21,6476	$8\frac{1}{4}$	53,4563
$2\frac{3}{8}$	4,4301	$5\frac{3}{8}$	22,6907	$8\frac{3}{8}$	55,0884
$2\frac{1}{2}$	4,9087	$5\frac{1}{2}$	23,7583	$8\frac{1}{2}$	56,7451
$2\frac{5}{8}$	5,4119	$5\frac{5}{8}$	24,8505	$8\frac{5}{8}$	58,4264
$2\frac{3}{4}$	5,9396	$5\frac{3}{4}$	25,9673	$8\frac{3}{4}$	60,1322
$2\frac{7}{8}$	6,4918	$5\frac{7}{8}$	27,1086	$8\frac{7}{8}$	61,8625
3	7,0686	6	28,2744	9	63,6174

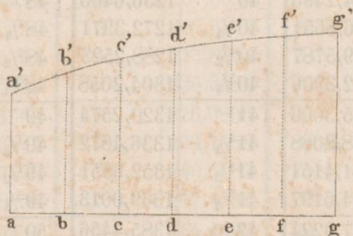
Diameter in Zollen.	Oberfläche in □Zollen.	Diameter in Zollen.	Oberfläche in □Zollen.	Diameter in Zollen.	Oberfläche in □Zollen.
$9\frac{1}{8}$	65,3968	$14\frac{1}{4}$	159,4853	$22\frac{1}{4}$	388,8221
$9\frac{1}{4}$	67,0207	$14\frac{1}{2}$	165,1303	$22\frac{1}{2}$	397,6087
$9\frac{5}{8}$	69,2092	$14\frac{3}{4}$	170,8736	$22\frac{3}{4}$	406,4936
$9\frac{1}{2}$	70,8823	15	176,7150	23	415,4766
$9\frac{5}{8}$	72,7599	$15\frac{1}{4}$	182,6546	$23\frac{1}{4}$	424,5578
$9\frac{3}{4}$	74,6621	$15\frac{1}{2}$	188,6923	$23\frac{1}{2}$	433,7271
$9\frac{7}{8}$	76,5888	$15\frac{3}{4}$	194,8283	$23\frac{3}{4}$	443,1047
10	78,5400	16	201,0624	24	452,3904
$10\frac{1}{8}$	80,5158	$16\frac{1}{4}$	207,3947	$24\frac{1}{4}$	461,8643
$10\frac{1}{4}$	82,5161	$16\frac{1}{2}$	213,8251	$24\frac{1}{2}$	471,4763
$10\frac{5}{8}$	84,5409	$16\frac{3}{4}$	220,3538	$24\frac{3}{4}$	481,1066
$10\frac{1}{2}$	86,5903	17	226,9806	25	490,8750
$10\frac{5}{8}$	88,6643	$17\frac{1}{4}$	233,7056	$25\frac{1}{4}$	500,7416
$10\frac{3}{4}$	90,7628	$17\frac{1}{2}$	240,5087	$25\frac{1}{2}$	510,7063
$10\frac{7}{8}$	92,8858	$17\frac{3}{4}$	247,4501	$25\frac{3}{4}$	520,7692
11	95,0334	18	254,4696	26	530,9304
$11\frac{1}{8}$	97,2055	$18\frac{1}{4}$	261,5873	$26\frac{1}{4}$	541,1897
$11\frac{1}{4}$	99,4022	$18\frac{1}{2}$	268,8031	$26\frac{1}{2}$	551,5471
$11\frac{5}{8}$	101,6234	$18\frac{3}{4}$	276,1172	$26\frac{3}{4}$	562,0028
$11\frac{1}{2}$	103,6891	19	283,5294	27	572,5566
$11\frac{5}{8}$	106,1394	$19\frac{1}{4}$	291,6398	$27\frac{1}{4}$	583,2085
$11\frac{3}{4}$	108,4363	$19\frac{1}{2}$	298,6483	$27\frac{1}{2}$	593,9587
$11\frac{7}{8}$	110,7537	$19\frac{3}{4}$	306,3551	$27\frac{3}{4}$	604,8071
12	113,0976	20	314,1600	28	615,7536
$12\frac{1}{4}$	117,8591	$20\frac{1}{4}$	322,0631	$28\frac{1}{4}$	626,7983
$12\frac{1}{2}$	122,7187	$20\frac{1}{2}$	330,0643	$28\frac{1}{2}$	637,9411
$12\frac{3}{4}$	127,6766	$20\frac{3}{4}$	338,1638	$28\frac{3}{4}$	649,1822
13	132,7326	21	346,3614	29	660,5240
$13\frac{1}{4}$	137,8868	$21\frac{1}{4}$	354,6572	$29\frac{1}{4}$	671,9588
$13\frac{1}{2}$	143,1351	$21\frac{1}{2}$	363,0511	$29\frac{1}{2}$	683,4943
$13\frac{3}{4}$	148,4897	$21\frac{3}{4}$	371,5433	$29\frac{3}{4}$	695,1281
14	153,9384	22	380,1336	30	706,8600

Diameter in Zollen.	Oberfläche in □Zollen.	Diameter in Zollen.	Oberfläche in □Zollen.	Diameter in Zollen.	Oberfläche in □Zollen.
30 ¹ / ₄	718,6900	38 ¹ / ₄	1149,0893	46 ¹ / ₄	1680,0197
30 ¹ / ₂	730,6183	38 ¹ / ₂	1164,1591	46 ¹ / ₂	1698,2311
30 ³ / ₄	742,6448	38 ³ / ₄	1179,3272	46 ³ / ₄	1716,5408
31	754,7694	39	1194,5934	47	1734,9486
31 ¹ / ₄	766,9922	39 ¹ / ₄	1209,9578	47 ¹ / ₄	1753,4545
31 ¹ / ₂	779,3131	39 ¹ / ₂	1225,4203	47 ¹ / ₂	1772,0587
31 ³ / ₄	791,7323	39 ³ / ₄	1240,9811	47 ³ / ₄	1790,7610
32	804,2496	40	1256,6400	48	1809,5616
32 ¹ / ₄	816,8651	40 ¹ / ₄	1272,3971	48 ¹ / ₄	1828,4603
32 ¹ / ₂	829,5787	40 ¹ / ₂	1288,2523	48 ¹ / ₂	1847,4571
32 ³ / ₄	842,3906	40 ³ / ₄	1304,2058	48 ³ / ₄	1866,5513
33	855,3006	41	1320,2574	49	1885,7454
33 ¹ / ₄	868,3088	41 ¹ / ₄	1336,4072	49 ¹ / ₄	1905,0368
33 ¹ / ₂	881,4151	41 ¹ / ₂	1352,6551	49 ¹ / ₂	1924,4263
33 ³ / ₄	894,6197	41 ³ / ₄	1369,0013	49 ³ / ₄	1943,9141
34	907,9224	42	1385,4456	50	1963,5000
34 ¹ / ₄	921,3233	42 ¹ / ₄	1401,9881		
34 ¹ / ₂	934,8223	42 ¹ / ₂	1418,6287		
34 ³ / ₄	948,4196	42 ³ / ₄	1435,3676		
35	962,1150	43	1452,2046		
35 ¹ / ₄	975,9086	43 ¹ / ₄	1469,1398		
35 ¹ / ₂	989,8003	43 ¹ / ₂	1486,1731		
35 ³ / ₄	1003,7903	43 ³ / ₄	1503,3047		
36	1017,8784	44	1520,5344		
36 ¹ / ₄	1032,0647	44 ¹ / ₄	1537,8623		
36 ¹ / ₂	1046,3491	44 ¹ / ₂	1565,2883		
36 ³ / ₄	1060,7318	44 ³ / ₄	1572,8126		
37	1075,2126	45	1590,4350		
37 ¹ / ₄	1089,7916	45 ¹ / ₄	1608,1556		
37 ¹ / ₂	1104,4687	45 ¹ / ₂	1625,9743		
37 ³ / ₄	1119,2441	45 ³ / ₄	1643,8913		
38	1134,1176	46	1661,9064		

Nr. 4.

Berechnung von Flächen, welche von krummen Linien eingeschlossen sind. *

Der Flächeninhalt einer Ebene $a a' d' f' g' g a$



welche von einer Curve, und drei geraden zu einander senkrecht stehenden Linien aa' , ag und gg' gebildet ist, findet sich durch folgende Regeln:

1ste Regel. Man theile die Seite oder Abscisse ag , welche der Curve gegenübersteht, in eine beliebige Anzahl gleicher Theile und ziehe aus den Theilungspunkten b , c , d , e , f die Ordinaten bb' , cc' , dd' etc.

Man halbire dann die Summe der zwei äußersten Ordinaten aa' , gg' , zähle dazu die Summe aller übrigen und vervielfache die Totalsumme mit der Distanz ab zwischen je zwei Ordinaten oder Area $aa' d' f' g' g a =$

$$ab \left(\frac{aa' + gg'}{2} + bb' + cc' + dd' + ee' + ff' \right)$$

* S. Chapman, Treatise on ship building und Poncelet, Mécanique industrielle, 1r Theil.

Anmerkung. Diese Regel erhält man, wenn man die durch die Ordinaten gebildeten Oberflächen als Trapeze berechnet und zu einander zählt. Sie ist zwar die einfachste, jedoch auch, da sie die kleinen durch die Curve und die verschiedenen Sehnen gebildeten Räume gar nicht in Betracht zieht, die oberflächlichste. Weit genauer sind die zwei folgenden Regeln.

2te Regel. Man theile die Seite ag in eine gerade Anzahl gleicher Theile ein, und addire zu der Summe der beiden äußersten Ordinaten aa' und gg' die doppelte Summe der übrigen Ordinaten cc' , ee' von ungeradem Range und die vierfache Summe aller Ordinaten bb' , dd' , ff' von geradem Range und vervielfache die Totalsumme mit dem Drittel der Entfernung ab zwischen je zwei Ordinaten oder: $\text{Area } aa', d' f' g' ga$

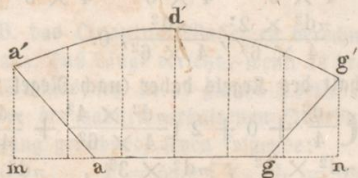
$$= \frac{1}{3} ab (aa' + gg' + 2(cc' + ee') + 4(bb' + dd' + ff'))$$

3te Regel. Man theile die Seite ag in eine beliebige Anzahl gleicher Theile, zähle zu der Summe der ersten und letzten Ordinate die doppelte Summe der 4ten, 7ten, 10ten, 13ten *ic.* und die dreifache Summe der 2ten, 3ten, 5ten, 6ten, 8ten, 9ten, 11ten, 12ten *ic.* und vervielfache die Totalsumme mit $\frac{3}{8}$ der Entfernung ab zwischen je zwei Ordinaten.

Oder wenn die Linie ag bloß in 7 Theile getheilt wird, so ist der Flächeninhalt

$$= \frac{3}{8} ab (a + h + 2(d + g) + 3(b + c + e + f))$$

Anmerkung. Sind die beiden geraden Seiten aa' und gg' weder zu einander parallel, noch senkrecht auf die Abscisse ag ,



so verlängere man die Abscisse und ziehe von den beiden äußersten Punkten der Curve die Ordinaten $a'm$ und $g'n$, theile die erhaltene Abscisse mn in eine gerade Anzahl gleicher Theile ein, und verfare wie vorhin. Man erhält auf diese Weise den Flächeninhalt der

Ebene ma'd'g'n. Fallen nun die beiden Ordinaten a'm und g'n innerhalb des gegebenen Raumes, so sind die Flächeninhalte der durch die Seiten desselben und die Hilfsordinaten gebildeten Dreiecke aa'm und gg'n zu dem erhaltenen Flächeninhalte zu addiren; fallen diese Ordinaten aber außerhalb des gegebenen Raumes (wie es die Figur zeigt), so sind die Flächeninhalte der gebildeten Dreiecke davon abzuzählen, und man erhält alsdann den wirklichen Inhalt der gegebenen Fläche.

Ist die gegebene Fläche von lauter Curven eingeschlossen, so theile man dieselbe durch irgend eine Linie in zwei Theile und berechne dann jeden dieser Theile besonders.

Dieselben Regeln dienen auch, um den Cubikinhalte aller und sogar der unregelmäßigsten Körper zu berechnen. Man hat in diesem Falle nur nöthig, den Körper nach einer Richtung durch eine gewisse Anzahl paralleler und gleich weit von einander entfernter Ebenen zu zerschneiden, die dadurch entstandenen Durchschnittsflächen zu berechnen und dieselben in den obigen Formeln als Ordinaten zu betrachten.

Beispiel I.

Den Cubikinhalte eines geraden Kegels zu berechnen.

Ist der Diameter seiner Basis = d, seiner Höhe bis zum Scheitel = h, und theilt man dieselbe in 6 gleiche Theile, läßt durch die Theilungspunkte eben so viele Ebenen, parallel mit der Basis laufen, so werden die Durchschnittsflächen derselben folgende seyn:

$$\frac{\pi d^2}{4}, \frac{\pi d^2 \times 5^2}{4 \times 6^2}, \frac{\pi d^2 \times 4^2}{4 \times 6^2}, \frac{\pi d^2 \times 3^2}{4 \times 6^2},$$

$$\frac{\pi d^2 \times 2^2}{4 \times 6^2}, \frac{\pi d^2}{4 \times 6^2}, 0.$$

und der Cubikinhalte des Kegels daher (nach Regel 2):

$$= \frac{1}{3} \times \frac{h}{6} \left(\frac{\pi d^2}{4} + 0 + 2 \left(\frac{\pi d^2 \times 4^2}{4 \times 6^2} + \frac{\pi d^2 \times 2^2}{4 \times 6^2} \right) \right.$$

$$\left. + 4 \left(\frac{\pi d^2 \times 5^2}{4 \times 6^2} + \frac{\pi d^2 \times 3^2}{4 \times 6^2} + \frac{\pi d^2}{4 \times 6^2} \right) \right)$$

$$= \frac{1}{3} h \times \frac{\pi d^2}{4} = \frac{1}{3} h \times 0,7854 d^2$$

gleiches Resultat wie in Nr. 5.

Auf ähnliche Weise könnte auch der Cubikinhalte einer Kugel, einer Halbkugel, und überhaupt aller cylindrischen Figuren, wie z. B. der eines Paraboloids, einer Ellipsoide ic. gefunden werden.

Beispiel II.

Die Tragbarkeit eines Schiffes zu berechnen.

Wie in Nr. 27 gesagt wird, wird ein jeder Körper, welcher in Wasser gesetzt wird, so weit darin eintauchen, daß das Wassergewicht, welches der eingesenkte Theil des Körpers verdrängt, an Gewicht demjenigen des ganzen Körpers selbst gleich kommt. Um also im Voraus berechnen zu können, wie tief ein gewisses Schiff geht, muß man nicht nur wissen, wie viel das ganze Schiff mit allen seinen Theilen wiegt, sondern auch ganz genau die äußere Gestalt des untern Schiffstheiles kennen. Dies geschieht, indem man die Länge des Schiffes in eine beliebige Anzahl gleicher Theile theilt, die verschiedenen durch die Theilungspunkte gezogenen Querdurchschnitte aufmißt, und die Flächeninhalte derselben bis zu einem gewissen Tiefgange durch obige Regeln berechnet. Da die Querdurchschnitte der Schiffe gewöhnlich bloß im Vorder- und Hinterschiffe sehr von einander verschieden, diejenigen des mittlern Schiffstheiles einander hingegen beinahe gleich sind, so theilt man, um die Rechnung so viel als möglich zu erleichtern, und um doch zu einem genauen Resultate zu kommen, das Schiff seiner Länge nach in drei oder mehrere Portionen, berechnet jede derselben besonders, und nimmt bei den an den Vorder- und Hintersteven angrenzenden eine größere Anzahl von Querdurchschnitten als bei den übrigen an.

Es sey z. B. das Quantum Wasser zu berechnen, welches ein Schiff von 96 franz. Fuß Länge versetzt, wenn es drei Fuß tief geht. Die Länge des Schiffes sey in 12 gleiche Theile eingetheilt, und die Flächeninhalte der dadurch erhaltenen Querdurchschnitte, bis auf diesen Tiefgang gerechnet, seyen folgende:

A = 0	F = 58,9 □'	L = 63,8 □'
B = 11,2 □'	G = 63,1 □'	M = 55,6 □'
C = 27,7 □'	H = 69,3 □'	N = 0
D = 42,9 □'	I = 66,4 □'	
E = 53,4 □'	K = 64,5 □'	

Da die Entfernung zwischen je zwei Querdurchschnitten $\frac{96}{12} = 8'$ beträgt, so ist der Cubikinhalte des verdrängten Wassers bei drei Fuß Tiefgang =

$\frac{1}{3} \times 8' (0 + 0 + 2 (27,7 + 53,4 + 63,1 + 66,4 + 63,8) + 4 (11,2 + 42,9 + 58,9 + 69,3 + 64,5 + 55,6)) = 4689$ Cubikfuß, und da ein Cubikfuß (franz.) = 34,28 Kil. wiegt, so ist das Gewicht des verdrängten Wassers

$$= 4689 \times 34,28 = 160.740 \text{ Kilogr.}$$

Ein genaueres Resultat würde man jedoch erhalten, wenn man bloß den zwischen den Querdurchschnitten B und M enthaltenen Theil auf diese Weise berechnete, und die auf andere Weise gefundenen Cubikinhalte der zwischen B und dem Vordersteven A und zwischen M und dem Hintersteven N enthaltenen Schiffstheile nachher dazu zählte.

Um nun die Wasserversehung dieses Schiffes für einen größern Tiefgang auch zu bestimmen, kann man entweder alle Querdurchschnitte von neuem auf dieselbe Weise, oder hingegen bloß die Flächeninhalte einiger der ganzen Länge des Schiffes nach gezogenen Horizontaldurchschnitten berechnen. Ist z. B. der Flächeninhalt des Horizontaldurchschnittes bei 3 Fuß Tiefgang = 2300 □Fuß, derjenige bei $3\frac{1}{2}$ Fuß Tiefgang = 2380 □Fuß und der bei 4 Fuß Tiefgang = 2440 □Fuß, so wird der zwischen den Horizontaldurchschnitten von 3 und $3\frac{1}{2}$ Fuß Tiefgang enthaltene Cubikinhalte

$$= \frac{2300 + 2380}{2} \times 6'' = 1170 \text{ Cubikfuß,}$$

und der zwischen den Horizontaldurchschnitten von 3 und 4 Fuß Tiefgang sich befindende

$$= \frac{2300 + 2 \times 2380 + 2440}{2} \times 6''$$

= 2375 Cubikfuß, daher die totale Wasserversehung auf $3\frac{1}{2}$ Fuß Tiefgang = 4689 + 1170 = 5859 Cubikfuß = 200846 Kilogr. und diejenige auf 4 Fuß Tiefgang = 7064 Cubikfuß = 242154 Kilogr. betragen.

Ferner wird das Gewicht seyn, welches den Tiefgang des Schiffes um 1 franz. Zoll vergrößert

$$\text{bei 3 Fuß Tiefgang} = 2300 \times \frac{1}{12} \times 34,28 = 6570 \text{ Kil.}$$

$$,, 3\frac{1}{2} ,, ,, = 2380 \times \frac{1}{12} \times 34,28 = 6798 ,,$$

$$,, 4 ,, ,, = 2440 \times \frac{1}{12} \times 34,28 = 6970 ,,$$

Frage. Das nämliche Schiff gehe leer 3' 6". Wie tief wird es gehen, wenn es mit 18 Tonnen Gütern beladen wird?

Antwort. 18 Tonnen = 18000 Kilogramm. Auf diesem Tiefgang sinkt das Schiff mit 6798 Kil. um 1 Zoll, folglich mit 18000 Kil. um $2\frac{2}{3}$ Zoll. Es wird daher das Schiff beladen einen Tiefgang von 3' $8\frac{2}{3}$ Zoll haben.

Die Regel, nach welcher von den englischen Beamten zur Bestimmung des zu entrichtenden Tonnengeldes die Tonnennlast (tonnage) eines Schiffes berechnet wird, ist folgende:

Man vervielfache seine größte Breite mit sich selbst, und ferner noch mit der halben Länge seines Rieles, und theile das Produkt durch 94, so erhält man die Anzahl von Tonnen, welche das Schiff tragen kann.

Man sieht jedoch, daß zufolge dieser Regel alle Schiffe von gleicher Länge und Breite, welche Konstruktion sie auch haben mögen, das nämliche Tonnengeld bezahlen müssen, obschon die vollgebauten Schiffe weit mehr Güter laden können als die scharfgebauten.

Eine viel genauere Regel ist folgende von Chapman:

Man messe den Tiefgang des Schiffes auf, wenn dasselbe unbeladen, und ferner, wenn es beladen ist, vervielfache den Unterschied dieser zwei Tiefgänge mit der größten Breite des Schiffes und noch mit seiner doppelten Länge und theile das Produkt durch

105, wenn das Schiff überall fast den nämlichen Querdurchschnitt hat,

110, wenn das Schiff vollgebaut, und durch

115, wenn es scharf gebaut ist.

Beispiel. Es sey der Tiefgang eines vollgebauten Schiffes in unbeladenem Zustande = 6 Fuß vorne und 6' 4" hinten, in beladenem Zustande 9' 8" vorne, 9' 10" hinten; die Länge des Schiffes = 92 Fuß und seine größte Breite = 28 Fuß. Der Unterschied der Tiefgänge wird seyn:

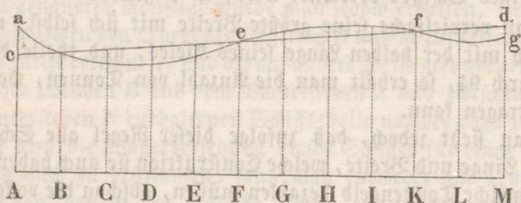
$$= \frac{9' 8'' + 9' 10''}{2} - \frac{6' + 6' 4''}{2} = 3' 7''$$

Daher die Anzahl von Tonnen, welche das Schiff geladen hat:

$$= \frac{3' 7'' \times 28' \times 2 \times 92'}{110} = 168 \text{ tons.}$$

Beispiel III.

Eine Straße von 330 Meter Länge und 10 Meter Breite, welche in allen Richtungen Unebenheiten besitzt, durch Austiefung und Erhöhung gewisser Theile in eine Straße umzuändern, welche eine Ebene bildet, deren Neigung = $\frac{1}{150}$ oder auf 150 Meter Länge 1 Meter beträgt, und zwar so, daß das Quantum der einzutragenden Erde (Remblais) gleich ist dem Quantum der auszugrabenden Erde (Deblais).



Man theile die Länge des Weges in eine gewisse Anzahl gleicher Theile, z. B. in 11, messe die durch die Theilungspunkte gehenden Querschnitte von einer angenommenen Horizontalebene A M auf, und berechne deren Inhalt.

Es seyen die Flächeninhalte dieser Sektionen, in $\square$ Metern ausgedrückt folgende:

A = 10,75	G = 10,57
B = 13,53	H = 15,39
C = 18,67	I = 20,76
D = 11,34	K = 26,05
E = 5,15	L = 30,75
F = 7,36	M = 36,85

Der Cubikinhalte des ganzen Erdkörpers zwischen der Horizontalebene A M und der jetzigen Erdoberfläche wird daher (nach Regel III.) seyn:

$$\begin{aligned}
 A a e f g M A &= \frac{3}{8} \times \frac{330}{11} (10,75 + 36,85 + 2 (11,34 + 10,57 \\
 &+ 26,05) + 3 (13,53 + 18,67 + 5,15 + 7,36 + 15,39 + 20,76 \\
 &+ 30,75)) = \frac{90}{8} (47,60 + 2 \times 47,96 + 3 \times 111,61) = 5381,44 \\
 &\text{Cubikmeter.}
 \end{aligned}$$

Da nun zum Bau der neuen Straße weder Erde hinzugeführt, noch Erde wegtransportirt werden darf, so muß das Volum des zwischen der Horizontalebene A M und der zu errichtenden schiefen Ebene c d enthaltenen Erde dem so eben gefundenen Volume von 5381,44 Cubikmeter gleich seyn.

Da ferner die Neigung $= \frac{1}{150}$, die Länge der Bahn = 330 Meter ist, so muß der Punkt C um 2,20 Meter tiefer stehen, als der Punkt d, und folglich wenn die Distanz $Ac = x$ gesetzt wird, $Md = x + 2,20$ seyn.

Es wird daher das Volum zwischen der Ebene AM und cd =

$$\frac{330}{2} Ac + Md \times 10^m.$$

$$= \frac{330}{2} (2x + 2,20) \times 10^m = 5381,44.$$

und daher $Ac = x = 0^m53$

und $Md = 0,53 + 2,20 = 2,73$

betragen.

Des nämlichen Verfahrens kann man sich bedienen, wenn entweder die frühere Bahn oder die veränderte Bahn nicht zwischen zwei Parallellinien eingeschlossen ist, oder nicht auf allen Punkten ihrer Länge die nämliche Breite besitzt.

Nr. 5.

Berechnung der Oberfläche und des Inhalts von Körpern.

Die Oberfläche eines Körpers wird, so wie jede Fläche, durch eine quadratische Fläche, als Maaßeinheit, gemessen; der Inhalt hingegen durch Würfel oder ein cubisches Maaß, wie Cubikfuße, Cubikruthen u. s. w.

Wenn $1' = 12''$, so ist $1 \square' = 12 \cdot 12$ oder $144 \square''$ und $1 \text{ Cub.'} = 12^3$ oder $1728 \text{ Cub.}''$

Eben so ist:

1 Cub.-Yard = 27 Cub.' (3 . 3 . 3).

1 „ Toise = 216 „ (6 . 6 . 6).

1) Wie man die Seitenfläche eines geraden Prismas oder Cylinders findet.

Man multiplizire den Umfang mit der Höhe (oder Länge).

Anmerk. In diesem, so wie in den folgenden Beispielen, ist 12theiliges Fußmaaß angenommen.

Beisp. Wie groß ist die Seitenfläche einer kreisrunden Säule, die überall $4' 2''$ Durchmesser hat und $18'$ hoch ist?

$$4\frac{1}{6} \times 3,1416 \times 18 = 233,62 \square'.$$

Will man die ganze Oberfläche kennen, so addirt man noch die beiden Grundflächen, nämlich:

$$2 \cdot \frac{25}{6} \cdot \frac{25}{6} \cdot 0,7854 = 27,2708 \square'.$$

2) Wie man die Seitenfläche eines Kegels oder einer senkrechten Pyramide berechnet.

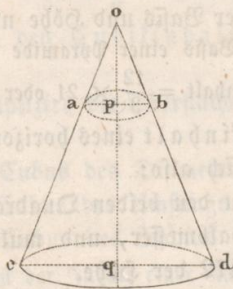
Man multipliziert den Umfang der Basis mit der halben Seitenlänge.

Beisp. Ist der Umfang der Basis einer Pyramide = 15' und die Seitenhöhe = 20', so ist die Oberfläche derselben (ohne die Basis) = $15 \times 10 = 150 \square'$.

Anmerk. Kennt man bei einem Kegel nur die senkrechte Höhe und den Radius der Basis, so findet sich die Seitenhöhe, wenn man die Quadrate der senkrechten Höhe und des Radius addirt und aus der Summe die Wurzel zieht.

Beisp. Wie groß ist die Seitenfläche des Kegels cod, wenn die Höhe oq = 16', der Radius qd = 5'?

Antw. $16 \cdot 16 = 256$; $5 \cdot 5 = 25$; $256 + 25 = 281$; also $\sqrt{281} = 16\frac{3}{4} = o d$. Der Umfang = $2 \times 5' \times 3,1416 = 31,416$ und hiemit die Fläche = $31,416 \times 8\frac{3}{8} = 263,07 \square'$.



3) Die Seitenfläche einer oben parallel mit der Basis abgeschnittenen Pyramide oder eines solchen abgestuften Kegels findet sich, wenn man den unteren und oberen Umfang addirt und die Hälfte dieser Summe mit der Seitenlänge multipliziert.

Beisp. Beträgt der obere Umkreis des abgeschnittenen Kegels c a b d 7' und der untere 12', die Linie b d aber 10', so wird $\frac{7 + 12}{2}$ oder $9\frac{1}{2} \times 10 = 95 \square'$ die Seitenfläche seyn.

4) Wie der körperliche Inhalt eines Prismas oder Cylinders berechnet wird.

Man multiplizirt den Inhalt der Basis mit der Höhe.
Beisp. a) Enthält die Basis einer mehrseitigen Säule 18 $\square$,
und ist sie 11' hoch, so ist der Cubikinhalte derselben 11×18
oder 198 Cub.-Fuß.

b) Welches ist der Inhalt eines Cylinders, der 3' 3" Diameter
hat und 8' hoch ist?

Antw. Die Basis ist $3,25 \times 3,25 \times 0,7854 = 8,3138 \square$,
und diese, mit 8 multiplizirt, geben 66,5125 Cub.' als Inhalt
des Cylinders.

5) Der cubische Inhalt eines Kegels oder einer
Pyramide ist genau dreimal kleiner als der eines Cylinders
oder Prismas von gleich großer Basis und Höhe.

Man findet ihn also auf dieselbe Weise, indem man
bloß das Produkt der Basis und Höhe noch durch 3 dividirt.

Beisp. Hat die Basis einer Pyramide 12 $\square$ und die Höhe
21', so ist der Inhalt = $\frac{12}{3} \times 21$ oder 84 Cub.-Fuß.

6) Der Cubikinhalte eines horizontal abgeschnittenen
Kegels berechnet sich also:

Man addire zu den beiden Quadraten der Halbmesser
das Produkt der Halbmesser, und multiplizire die gefun-
dene Zahl mit 1,0472 der Höhe.

Beisp. Welches ist der Cubikinhalte eines abgestumpften Kegels,
wenn der untere Radius = 7', der obere 4' und die Höhe
p q = 9' ist?

Antw. Die beiden Quadr. der Halbmesser sind

$$\text{hier} = 49 + 16 \dots = 65$$

$$\text{Das Produkt derselben} = 4 \times 7 \dots = 28$$

$$\text{Summe} \dots 93$$

$$\text{Die Höhe} = 9, \text{ multiplizirt mit } 1,0472 = 9,4248.$$

$$9,4248 \times 93 = 876,5 \text{ Cub.-Fuß} - \text{als Inhalt.}$$

7) Wie die Oberfläche einer Kugel zu berech-
nen ist.

a) Man multiplizire den Durchmesser mit dem Umfange.

b) Oder das Quadrat des Durchmessers mit 3,1416.

c) Oder das Quadrat des Umfangs mit 0,3183.

Beisp. 1) Wie groß ist die Oberfläche, wenn der Diam. = 7' ist (und der Umfang also = 22')?

Nach a erhält man $7 \times 22 = 154 \square'$

" b $7 \times 7 \times 3,1416 = 153,94 \square'$

" c $22 \times 22 \times 0,3183 = 154,06 \square'$.

2) Welches ist die Oberfläche einer Kugel, deren Umfang 8' 5'' beträgt?

$8' 5'' = 101''$.

$101 \times 101 \times 0,3183 = 3247 \square''$ oder $22 \square' 79 \square''$.

3) Welches ist die Oberfläche, wenn der Diam. 3' 8''?

$3\frac{2}{3} \times 3\frac{2}{3}$ oder $\frac{11}{3} \times \frac{11}{3} \times 3,1416 = 4224 \square'$.

8) Wie man den Cubikinhalt einer Kugel berechnet.

a) Man multiplizire die Oberfläche mit $\frac{1}{6}$ des Durchmessers.

b) Oder den Cubus des Diameters mit 0,5236.

c) Oder den Cubus des Umfangs mit 0,01688.

d) Oder den Cubus des Radius mit 4,1888.

Beisp. Welches ist der Inhalt einer Kugel von 7' Diam.?

Nach a beträgt er $154 \times \frac{7}{6} = . . 179\frac{2}{3}$ Cub.'

" b $7^3 \times 0,5236 = 179,6$ "

" c $22^3 \times 0,01688 = 179,74$ "

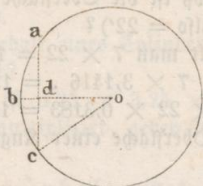
Alle drei Regeln geben also sehr wenig abweichende Resultate.

9) Wie berechnet man die krumme Fläche und den körperlichen Inhalt eines sphärischen Segments?

Die Fläche findet man, wenn man den größten Umfang der Kugel mit der Höhe des Segments (Calotte) multipliziert.

Um den Inhalt zu finden, multiplizire man das Quadrat des Radius der Basis mit 3 und addire das

Quadrat der Höhe. Diese Summe mit 0,5236 der Höhe multipliziert, gibt den Inhalt.



Beisp. a) Wie groß ist die Fläche des Kugelabschnitts $a b c$, wenn die Höhe $b d = 2'$ und der Diam. der Kugel $= 8'$?

Antw. $8 \times 3,1416 = 25,1328$ der Umfang,
und $25,1328 \times 2' = 50,2656$ □' die Fläche.

b) Wie groß ist der Inhalt desselben?

Um diesen zu finden, muß man vorerst den Radius der Basis oder $c d$ kennen, oder dessen Quadrat.

Da nun $\overline{cd}^2 = \overline{co}^2 - \overline{do}^2 = 4^2 - 2^2 = 12$, so berechnet sich obiger Inhalt also:

$$12 \times 3 + 2^2 = 40.$$

$$40 \times 2 \times 0,5236 = 41,888 \text{ Cub.}' \text{ als Inhalt des Abschnitts.}$$

Verhältnisse.

Bei völlig ähnlichen Körpern, d. h. bei allen solchen, deren respektive Seitenlinien einander durchaus proportional sind, stehen die homologen Flächen im quadratischen Verhältnisse der Linien, und die körperlichen Räume im cubischen.

Ist hiemit der Durchmesser einer Kugel 3mal größer, als der einer Kugel b , so ist auch der Umfang 3mal größer; die Oberfläche aber ist 9mal größer, und der Inhalt 27mal größer.

Dasselbe gilt von Würfeln u. a., und namentlich auch von Modellen, die nach einem verjüngten Maassstabe in allen Theilen ausgeführt sind. Sind 6" z. B. auf 1 reducirt, so ist jede Fläche im Modelle 36mal kleiner, und der körperliche Inhalt eines jeden Theils 6 . 6 . 6 oder 216mal kleiner.

Es verhält sich ferner:

Die Seite eines Quadrats zu seiner Diagonale wie

$$1 : \sqrt{2} \text{ oder } 1 : 1,4142.$$

und die Seite eines Würfels zu seiner größten Diagonale wie

$$1 : \sqrt{3} \text{ oder } 1 : 1,73205.$$

V. Verhältnisse der Sehne und des Bogens regulärer Polygone zu ihrem Radius.

	Sehne.	Bogen.
Regul. 3eck	1,7320	2,0944
" 4 "	1,4142	1,5708
" 5 "	1,1756	1,2566
" 6 "	1.	1,0472
" 7 "	0,8678	0,8976
" 8 "	0,7654	0,7854
" 9 "	0,6840	0,6981
" 10 "	0,6180	0,6283
" 11 "	0,5636	0,5712
" 12 "	0,5178	0,5236
" 13 "	0,4788	0,4833
" 14 "	0,4448	0,4488
" 15 "	0,4158	0,4189
" 16 "	0,3902	0,3927

Beisp. Ist der Radius eines regulären Secks = 9 Fuß, so ist jede Seite derselben

$$= 9' \times 0,7654 = 6',8886$$

und die Länge des respektiven Bogens ($\frac{1}{6}$ der Circumferenz)

$$= 9' \times 0,7854 = 7',0686.$$

Diese Tabelle findet ihre öftere Anwendung bei Eintheilung von Kreisen und Berechnung der Segmente zur Ausfertigung von Zahnrädern, Wasserrädern etc.

In Bezug auf Oberflächen und Inhalte von Körpern sind noch folgende Verhältnisse bemerkenswerth:

1. Daß die Oberfläche einer Kugel gerade 4mal so groß ist, als die des größten Kreisdurchschnitts.
2. Daß die Oberfläche einer Kugel genau so groß ist, als die Seitenfläche eines Cylinders von demselben Durchmesser und gleicher Höhe.
3. Daß der Inhalt eines solchen Cylinders gerade um die Hälfte größer ist, als der einer Kugel von gleichem Diameter; oder daß sich dieser zu jenem verhält wie 2 : 3.
4. Daß der Inhalt einer Kugel sich zu dem des Würfels von gleicher Höhe verhält (ziemlich genau) wie 11 : 22; oder daß dieser beinahe doppelt so groß ist.

Nr. 6.

Inhalt und Gewicht des Wassers in cylindrischen Röhren.

Ist der innere Durchmesser einer cylindrischen Röhre = 1'', so ist die Sektion = 0,7854 □'', und sie faßt daher bei 1 Fuß Länge

Duodezimalmaaß $0,7854 \times 12'' = 9,4248 \text{ Cub.}'' = 9^{17/40} \text{ Cub.}''$

Dezimalmaaß $0,7854 \times 10'' = 7,8540 \text{ Cub.}''$

Bei gleicher Länge verhält sich der Inhalt wie das Quadrat der Durchmesser. Eine Röhre also

von 1' Länge und 2'' Diam. faßt $4 \times 9^{17/40} = 37^{7/10} \text{ Cub.}''$

" 1' " 3'' " " $9 \times 9^{17/40} = 84^{53/60} \text{ "}$

Es läßt sich hiemit leicht der cubische Inhalt jeder Röhre finden, wenn Länge und Weite gegeben sind.

($v = l \cdot d^2 \cdot 9,4248$ und $v = l \cdot d^2 \cdot 7,8540$.)

Beisp. Wie groß ist der cubische Inhalt, wenn die Röhre $81\frac{1}{2}$ lang (oder hoch) und $3\frac{1}{4}''$ englisch Maaß weit ist?

1' faßt $\frac{13}{4} \times \frac{13}{4} \times 9,4248 \text{ Cub.}''$

oder 99,55 Cub. ''

Diese mit $81\frac{1}{2}$ multipliziert geben 8113 Cub. '' oder (durch 1728 dividirt) 4 Cub. ' und 1201 Cub. ''

Hiemit: $\frac{8113}{231} = 35 \frac{4}{33}$ Gallonen (engl. Weinmaaß).

Eben so leicht findet man die Länge (L), wenn Inhalt (V) und Weite (d) gegeben sind.

$L = \frac{V}{d^2 \times 9,4248}$ 12theilig und $L = \frac{V}{d^2 \times 7,854}$ 10theilig.

Etwas schwieriger ist die Berechnung der Weite oder des Durchmessers. Wie man zu verfahren hat, ergibt sich indessen aus folgendem Beispiel.

Ein $5\frac{1}{4}'$ hoher Cylinder soll $8\frac{1}{2}$ Cub.' enthalten, wie groß muß der innere Durchmesser desselben seyn?

Man reduziere obige Maaße in Zoll. Die Höhe findet sich $= 5\frac{1}{4} \times 12 = 63''$ und der Inhalt $= 8\frac{1}{2} \times 1728 = 14688$ C."

Dividirt man diese Zahl durch 63, so erhält man die Durchschnitts- oder Bodenfläche des Cylinders in □Zollen $= 233\frac{15}{63}$ □".

Jede Kreisfläche ist aber $= 0,7854 \text{ mal } d^2$ oder $\frac{11}{14}$ mal d^2 . Man findet also den verlangten Durchmesser, wenn man die Fläche durch jene Bruchzahl dividirt und aus dem Quotienten die Quadratwurzel auszieht.

Dividirt man $233\frac{15}{63}$ durch $\frac{11}{14}$, so erhält man 297; und zieht man daraus die □Wurzel, so findet man $17,2$ als Durchmesser des obigen Cylinders.

Leichter findet er sich durch Verwandlung der obigen Formel in folgende:

$$d = \sqrt{\frac{V}{L \times 9,4248}} \text{ für 12theilige Maaße.}$$

$$\text{und } d = \sqrt{\frac{V}{L \times 7,854}} \text{ für 10theilige Maaße.}$$

D. h. man multiplizire die Länge oder Höhe des Cylinders in Fuß mit 9,4248 oder 7,854, dividire durch das Produkt den Inhalt in Cub.=Zollen und ziehe aus dem Quotienten die Wurzel, so erhält man den Diameter.

Zur Bestimmung des Gewichts des Wasservolums, welches eine Röhre fassen kann, ist erforderlich, zuerst den Cubikinhalte derselben nach vorstehenden Regeln auszurechnen. Dieser wird dann mit der entsprechenden Zahl in nachfolgender Tabelle vervielfacht.

VI. Gewicht des reinen Flußwassers, ausgedrückt in folgenden Maaßen.

	Kilogramm.	Wiener Pfund.	Münberger Pfund.	Frankenische Pfund.	Preussische Pfund.	Englische Pfund.
1 Cub. Meter wiegt	1000	1785,71	1960,32	2042,88	2138,07	2205,48
1 Frankenischer Cub. Fuß	34,28	61,21	67,20	70,02	73,29	57,60
1 Wiener Cub. Fuß	31,57	56,37	61,87	64,49	67,49	69,62
1 Rheinl. Cub. Fuß	30,92	55,21	60,50	62,93	66,11	68,19
1 Berliner Cub. Fuß	29,69	53,01	58,20	60,64	63,47	65,47
1 Englischer Cub. Fuß	28,32	50,07	55,55	57,86	60,55	62,46
1 Badischer oder Schweizer Cub. Fuß	27,00	48,21	52,93	55,16	57,73	59,55
1 Württembergischer Cub. Fuß	23,50	41,96	46,07	48,01	50,24	51,83

Gewicht des Seewassers.

1 Cub. Meter wiegt	1022	—	—	—	—	63,83
1 Frankenischer Cub. Fuß	35,03	—	—	71,56	—	—
1 Englischer Cub. Fuß	28,94	—	—	—	—	—

= ca. $\frac{1}{55}$ engl. Tonne.

Beisp. Wieviel wiegt das Wasser, welches in einer 3'' weiten und 40' hohen Röhre (rheinl. Maaß) enthalten ist?

Antw. Der Inhalt dieser Röhre

$$= 3 \times 3 \times 377 = 3393 \text{ Cub.-Zoll} = 1,9635 \text{ Cub.-Fuß,}$$

und das Gewicht des darin enthaltenen Wassers

$$= 1,9635 \times 68,19 = 234 \text{ engl. Pfund.}$$

2. Beisp. Wie lang muß eine Röhre seyn von 18 Schweizer Zoll innerer Weite, um 20 Centner Wasser zu fassen?

Antw. Ein Schweizer Cub.-Fuß Wasser wiegt
27 Kilogr. = 54 Schweizer Pfund,
der Inhalt der Röhre muß also

$$= \frac{2000}{54} = 37,037 \text{ Cub.' seyn.}$$

und die Länge derselben

$$= \frac{37 \cdot 0,37}{1,8^2 \times 7,854} = 1',06.$$

Inhalt von Fässern.

Betrachtet man das Faß als zusammengesetzt aus zwei abgekürzten Kegeln, so ist, da der Inhalt eines horizontal abgeschnittenen Kegels $= (r^2 + r'^2 + rr') \times 1,0472 \text{ H.}$ ist, derjenige eines Fasses $= (d^2 + d'^2 + dd') \times 0,2618 \text{ L.}$ wo d und d' die beiden Diameter des Fasses in der Mitte und am Boden, und L die ganze Länge desselben bedeuten.

Gewöhnlich betrachtet man aber das Faß in der Praxis als einen Cylinder, dessen Diameter ein arithmetisches Mittel zwischen dem größten und kleinsten Diameter des Fasses ist; und bedient sich alsdann der Formel:

$$v = 0,7854 \times d^2 \times L.$$

Für d werden alsdann folgende Werthe gesetzt:

Bei Fässchen von bedeutender Wölbung:

$$d = d'' + \frac{2}{3} (d' - d'').$$

Bei minder gewölbten:

$$d = d'' + \frac{3}{5} (d' - d'').$$

Bei fast cylindrischen:

$$d = d'' + \frac{55}{100} (d' - d'').$$

d' bedeutet den Diam. in der Mitte, und d'' den des Bodens.

Beisp. Welchen Inhalt hat ein stark gewölbtes Faß, dessen Durchmesser an dem Boden = 4', und in der Mitte = 4' 6'', und dessen Länge = 5' ist?

Antw. Der mittlere Durchmesser $d = 4' + \frac{2}{3} (4' 6'' - 4') = 4' 4''$.

Daher der Inhalt = $5' \times 0,7854 \times (4' 4'')^2 = 76,027 \text{ C.-F.}$

Nr. 7.

Von der Reibung. *

Der Widerstand, den die Reibung der Bewegung entgegensetzt, entspringt aus den Rauigkeiten der sich berührenden Flächen, und dieses noch insbesondere zu überwindende Hinderniß ist nach verschiedenen Umständen bald größer bald kleiner.

Es gibt zweierlei Reibung, die gleitende und die drehende oder rollende. Die erstere erzeugt sich, wenn sich zwei Flächen auf einander bewegen; die letztere, wenn sich ein runder Körper auf einer Fläche oder irgend einem andern Körper bewegt. Erstere ist weit beträchtlicher als letztere.

Für beide Arten von Reibung lehrt die Erfahrung folgendes:

1) Die Reibung ist desto geringer, je härter und je glätter oder polirter die reibenden Flächen sind. Man vermindert dieselbe aus diesem Grunde durch Einschmieren der reibenden Körper mit Fett, Del, Graphit &c.

Unter großen Pressionen sind die weichsten Fette die schlechtesten und, sind die Berührungsflächen auf abgerundete Winkel reduziert, so wird die Reibung durch Fette sehr wenig vermindert. Je kleiner der Druck übrigens ist, desto feiner und flüssiger müssen die Fette seyn.

* Siehe Coulombs *Traité des machines simples*.

2) Die Reibung ist im Anfange der Bewegung weit größer, als während derselben. In der Praktik kommt indessen nur letztere in Betracht, da erstere nur während eines Augenblickes eine größere Kraft zur Ueberwindung derselben erfordert.

Nach Coulomb ist bei Eichenholz das Verhältniß der Reibung im Anfange der Bewegung zu der während derselben wie 9,5 : 2,2. Bei den Metallen sind hingegen diese beiden Reibungen einander ziemlich gleich, besonders wenn sie nicht geschmiert sind.

3) Die Reibung nimmt in direkter Proportion mit dem Drucke zu, der auf die reibenden Körper ausgeübt wird. Das Verhältniß dieses Druckes zu der daraus entspringenden Reibung ist für einen und denselben Fall, und unter ganz gleichen Umständen konstant, hängt aber in den verschiedenen Fällen ganz von der Natur der reibenden Körper und dem Fette ab, mit welchem der Körper eingeschmiert wird. Dieses Verhältniß wird Reibungskoeffizient genannt und mit f bezeichnet.

Bezeichnet R die Reibung, P den Druck, so ist

$$R = \frac{P}{f} \text{ und } P = f R.$$

Um also die Reibung zu bestimmen, welche zwischen zwei Körpern Statt hat, darf man nur den Druck, mit welchem der eine Körper auf den andern drückt, durch den Reibungskoeffizienten theilen, der durch Versuche für jeden besondern Fall schon bestimmt worden ist und weiter unten angezeigt wird.

Beisp. Ist a 100 Z schwer, und beträgt die Reibung bei dieser

Pression 25 Z , so ist der Reibungskoeffizient oder $f = \frac{100}{25} = 4$,

und bei sonst gleichen Bedingungen würde die Reibung 50 Z betragen, wenn a 200 Z schwer wäre.

4) Die Reibung ist desto geringer, je kleiner die Berührungsflächen sind. Bei zwei auf einander rollenden

Cylindern besteht die Berührungsfläche nur aus einer geraden Linie, und die Reibung ist daher sehr gering.

5) Die Reibung verändert sich mit der Geschwindigkeit der reibenden Körper.

Bei großen Berührungsflächen nimmt die Reibung mit der Geschwindigkeit zu, bei sehr kleinen nimmt dieselbe hingegen ab, während die Geschwindigkeit zunimmt.

Zwischen zwei mit Fett geschmierten Metallflächen und unter großen Pressionen nimmt die Reibung bedeutend ab, wenn die Geschwindigkeit zunimmt. Dieß hat nicht statt, wenn die Flächen mit Olivenöl geschmiert sind.

6) Die Reibung ist zwischen homogenen Körpern unter sonst gleichen Umständen größer, als zwischen heterogenen Körpern.

7) Zwischen zwei Metallen erreicht die Reibung ihr Maximum in einem Augenblicke; zwischen Metall und Holz braucht es dazu einige Minuten, und zwischen zwei Hölzern braucht es dazu wohl einige Tage Ruhe.

Anmerkung. Aus Obigem ist zu entnehmen, daß die Reibung nur sehr oberflächlich durch bloße Berechnung ermittelt werden kann, und daß also, um zu einem genauen Resultate zu gelangen, für jeden einzelnen Fall sorgfältige Versuche angestellt werden müssen.

Gewöhnlich zieht man bei Maschinen, je nachdem sich mehr oder weniger treibende Theile an derselben befinden, und je nachdem sie mehr oder weniger gut gearbeitet ist und unterhalten wird, $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{10}$ ihrer Kraft für die Reibung ab.

I. Gleitende Reibung.

Nach Coulombs immer noch vorzüglich schätzbaren Versuchen beträgt der Reibungskoeffizient:

Während der Bewegung.		Am Anfange der Bewegung.		
	trocken.	mit Fett.	trocken.	mit Fett.
Eichen auf Eichen . .	9—10	20	2,3	2,5
Tannen auf Tannen . .	6	—	1,8	—
Ulmen auf Ulmen . . .	10	—	2,2	—
Eichen auf Tannen	6,2—6,5	—	1,5	—
Eisen auf Eisen } *	11,8—13	23	5,08	—
**	5,5—4,3	35,1		
Kupfer auf Eisen		47,1	5,5	—
Eisen auf Eisen . . .	3,5—3,6	6—10 ***	3,5	—
Eisen auf Kupfer . . .	4—4,2	8—11 ***		
		7,9—7,1 †	3,8	—
id. bei kleinen Berührungs-				
flächen	6	—	5,95	—

Nach Muschenbroeck ist der Reibungskoeffizient:

	trocken.	geölt.
Bei Stahl auf Stahl	3,64	4,16.
" " Kupfer	5	5,7.
" " Zinn	3,33	4,7.
" " Blei	3,33	4,6.
" " Messing	4,4	7,5.
Ferner: bei Gußeisen auf Gußeisen . . .	6,12.	
" " Schmiedeeisen . . .	5,67.	
" " Stahl	7,20.	

Reibung der faserigten Substanzen, wie Leinwand, Wolle u.

Aus Rennies Versuchen ergibt sich folgendes:

- * Bei einer sehr kleinen Geschwindigkeit.
- ** Bei einer Geschwindigkeit von 1' pr. Sekunde.
- *** Bei jedem Versuche wieder eingeschmiert.
- † Die Schmiermittel nicht erneuert.

1) Die Reibung nimmt ab, so wie der Druck zunimmt. Bei 60 $\mathcal{R}$ ist die Reibung $\frac{1}{3}$ des Druckes, bei 1 $\mathcal{R}$ ist dieselbe größer als der Druck selbst.

2) Die Reibung ist geringer bei grober Leinwand als bei feiner.

3) Die Reibung nimmt bedeutend zu mit der Dauer der Berührung.

Aus Kennies Versuchen über die Reibung des Eises geht hervor, daß sie sich beträchtlich mit der Vermehrung des Druckes vermindert; jedoch ist noch kein Gesetz dafür aufgefunden worden. Zwischen Eis und Eis ist die Reibung während der Bewegung bei $1\frac{1}{2}$ $\mathcal{R}$ Druck $\frac{1}{8}$ desselben, bei 144 $\mathcal{R}$ Druck hingegen nur $\frac{1}{56}$ desselben. Zwischen Eisen und Eis ist die erstere Reibung $\frac{1}{24}$, die letztere $\frac{1}{70}$.

Die Reibung des nassen Leders nimmt beträchtlich mit dem Drucke und mit der Dauer der Berührung zu. Dieses erklärt die große Reibung, welche immer bei ledernen Pumpenkolben im Anfange der Bewegung Statt hat.

Bei trockenem Leder ist die Reibung $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$ des Druckes und nimmt mit der Größe der Berührungsfläche ab.

Bei ledernen Riemen auf Rollen von Gußeisen oder Eichenholz ohne Schmiere beträgt der Reibungskoeffizient 3,6.

Reibung der Steine.

Nach Rondelet sollen gut zugerichtete Steine erst bei einem Winkel von 28—36° anfangen zu gleiten. Die Reibung, welche hier Statt hat, ist bei allen Bauten sehr nützlich, indem durch dieselbe das Gleichgewicht von Brückenbogen, Jochen u. erhalten wird.

II. Drehende Reibung oder Achsenreibung.

- Zapfen von Schmiedeisen oder Gußeisen auf
 Lagern von Gußeisen oder Metall mit Oli-
 venöl, Schweinefett, Talg oder Schweine-
 fett mit Graphit $f = 12,5 \text{ à } 14,3$.
 id. auf Lagern von hartem Holze mit Del oder
 Schweinefett $f = 9$.

Der Nutzeffekt, welcher bei irgend einer gleitenden oder drehenden Bewegung durch die dadurch entstehende Reibung verloren geht, wird gefunden, wenn man die GröÙe der Reibung mit der Geschwindigkeit des reibenden Körpers multipliziert.

1stes Beispiel. Wie viel Kraft geht bei einem Sägegatter verloren, welches $1\frac{1}{2}$ Fuß Hub hat, 120 Hübe per Minute macht und 90 Kilogr. wiegt, wenn sich dessen Bahnen Eisen auf Eisen bewegen und fleißig geschmiert werden?

Antw. Hier kann der Reibungskoeffizient $f = 13$ angenommen werden, wonach also

$$\text{die Reibung} = \frac{90}{13} = 6,92 \text{ Kilogr.}$$

$$\text{die Geschwindigkeit des Gatters} = \frac{120 \times 1\frac{1}{2}'}{60} = 3' \text{ per Se-} \\ \text{kunde} = 0,^m9,$$

$$\text{Daher der verlorene Nutzeffekt} = 3' \times 0,^m9 \times 6,92 = 6,228 \\ K \times m.$$

$$= \text{circa } \frac{1}{12} \text{ Pferdekraft.}$$

2tes Beispiel. Wie groß ist der verlorene Nutzeffekt eines Schwungrades, welches sammt dessen Achse 90 Centner wiegt und 100 Umgänge per Minute macht, wenn die Zapfen derselben 7 Zoll Dicke haben und in bronzenen Anrissen mit Talg geschmiert laufen?

Antwort. $f = 12$,

$$\text{also die Reibung} = \frac{9000}{12} = 750 \pi.$$

$$\begin{aligned} \text{die Geschwindigkeit der Zapfen} &= 7'' \times 3,14 \times \frac{100}{60} \\ &= 3\frac{2}{3}, \text{ per Sekunde.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Der verlorene Nußeffect} &= 3\frac{2}{3} \times 750 = 2750 \text{ } \mathfrak{H} \text{ Fuß} \\ &= 5\frac{1}{2} \text{ Pferdekrafte.} \end{aligned}$$

Anmerkung. Würde außer der Last des Schwungrades noch ein verticaler Druck durch das an demselben angehängte Räderwerk von 30 Centnern auf die Zapfen ausgeübt werden,

$$\text{so wäre die Reibung} = \frac{9000 + 3000}{12} = 1000 \text{ } \mathfrak{H}$$

$$\begin{aligned} \text{und der absorbirte Nußeffect} &= 3\frac{2}{3} \times 1000 \text{ } \mathfrak{H} = 3667 \text{ } \mathfrak{H} \text{ Fuß} \\ &= 7\frac{1}{3} \text{ Pferdekraft.} \end{aligned}$$

Bei stehenden Zapfen soll die Reibung um $\frac{1}{3}$ geringer seyn als bei liegenden.

Nr. 8.

Ueber die Steifigkeit der Seile. *

VII. Tabellen zur Bestimmung der Steifigkeit von nicht getheerten Seilen von 3 Eizen (Torons)

in alt franz. Fußmaaß.

1) Seile von $12\frac{1}{2}'''$ Circ. und 6 Caretfäden.

Gewicht, welches die Seile spannt.	Trockenes Seil.			Benetztes Seil.	
	Diameter der Rollen, um welche das Seil gewickelt wird.			Diameter der Rollen, um welche das Seil gewickelt wird.	
	1"	2"	4"	2"	4"
25 $\mathcal{E}$	2	—	—	—	0,5
125 "	11	4	—	4,5	2,2
225 "	17	6,5	—	7	3
425 "	31	12	5,7	11	5,1
625 "	43	15	7,2	14	6,5
1025 "	—	—	11	—	—

2) Seile von $20'''$ Circ. und 15 Caretfäden.

25 "	7	3,2	1,7	5	2
125 "	22	9	5	11	4,5
225 "	30	17	7	17	—
425 "	65	31	13	28	10
625 "	92	41	16,7	38	15
1025 "	—	—	27	—	23

3) Seile von $28'''$ Circ. und 30 Caretfäden.

25 "	—	11	5	25	9
125 "	—	21	8,5	35	13
225 "	—	29	14	45	17
425 "	—	47	23	64	26
625 "	—	67	31	82	35
1025 "	—	—	50	—	54

* Siehe Coulombs Traité des machines simples.

Aus diesen Tabellen geht hervor, daß die Steifigkeit eines Seiles ungefähr in direktem Verhältnisse mit dem Gewichte, welches dasselbe spannt, und in umgekehrtem Verhältnisse mit dem Diameter der Rollen ist. Ferner kann angenommen werden, daß sich die Steifigkeit zweier Seile wie die Quadrate ihrer Diameter (Dicken) verhalten.

Durch folgende Gleichung läßt sich leicht die Steifigkeit eines jeden Seiles und für irgend eine Tension Q berechnen.

$$R = \frac{1}{D} (a + b Q)$$

D ist hier der Diameter der Rolle in Metern, b die Steifigkeit des Seiles für jedes Kilogramm Tension und a eine konstante GröÙe, welche, um mit der Wirklichkeit übereinzustimmen, in allen Fällen hinzugerechnet werden muß.

Die Werthe von a und b sind aus folgender Tabelle zu nehmen:

	Gewicht des Seiles für 1 Meter Länge.	Werthe von a in Kil.	Werthe von b in Kil.
Für nicht getheerte Seile von			
30 Caretfäden	0,288	0,2225	0,0097
15 " 	0,145	0,0635	0,0055
6 " 	0,052	0,0106	0,0024
Für getheerte Seile von			
30 Caretfäden	0,333	0,3496	0,01255
15 " 	0,163	0,1059	0,00606
6 " 	0,069	0,0212	0,0026

Beisp. Wie groß ist die Steifigkeit eines getheerten Seiles von 45 Caretfäden, welches über eine Rolle von 54 Centimeter geht und eine Last von 3916 Kilogrammen trägt?

Für ein Seil von 30 Caretfäden hätte man:

$$R = \frac{1}{0,54} (0,35 + 0,01255 \times 3916) = 91,65 \text{ Kilogr.}$$

Da sich nun die Steifigkeiten zweier Seile wie die Quadrate ihrer Diameter verhalten, so ist die Steifigkeit für ein Seil von 45 Caretfäden oder:

$$\begin{aligned} R &= 91,65 \text{ K.} \times \left(\frac{45}{30}\right)^2 \\ &= 91,65 \times \frac{9}{4} \\ &= 206,21 \text{ Kilogramm.} \end{aligned}$$

Nr. 9.

Von dem dynamischen Effekte der Kräfte.

Unter Kraft versteht man allgemein irgend eine Ursache, welche den Zustand und die Lage eines Körpers mehr oder weniger verändert oder es thun würde, wenn nicht andere Kräfte den Effekt der erstern aufheben würden.

Diese Kräfte können sehr verschiedenartig auf den Körper wirken; immerhin bringen sie aber auf denselben eine wirkliche Pression oder Traktion hervor und können daher schicklicher Weise mit dem Effekte von Gewichten verglichen und auf diese Weise leicht durch Zahlen ausgedrückt werden. So z. B. versteht man unter einer Kraft von 50 Kilogrammen eine Pression, welche derjenigen eines Gewichtes von 50 Kilogrammen gleichkommt.

Um aber einen mechanischen Effekt hervorzubringen, muß eine Kraft nicht nur ein- für allemal den Widerstand eines Körpers überwinden, sondern fortwährend auf denselben wirken und hiemit eine gewisse Geschwindigkeit damit verbunden seyn. Diese Geschwindigkeit wird durch die Länge des Raumes gemessen, welchen der Körper in einer gewissen Zeit vermöge der auf ihn angewendeten Kraft durchläuft.

Das Produkt dieser Geschwindigkeit V in die Pression P oder PV nennt man den dynamischen Effekt oder

die mechanische Arbeit (quantité de travail ou d'action) eines Motors. Bei der Berechnung des dynamischen Effectes der belebten Motoren, nämlich der Menschen und Thiere, muß jedoch noch ein drittes Element in Betracht gezogen werden, nämlich die Zeitdauer, während welcher dieselben im Stande sind, ihre Arbeit zu verrichten. Diese Dauer wird gewöhnlich durch die Anzahl Stunden, während welchen der Motor täglich arbeiten kann, ausgedrückt. Multipliziert man diese Zeitdauer (T), in Sekunden ausgedrückt, durch das Produkt PV oder den dynamischen Effect in einer Sekunde, so erhält man das Produkt PVT oder den Effect des Motors in einem Tage.

Das einfachste Mittel, den dynamischen Effect irgend eines Motors anzugeben, ist, die Vergleichung desselben mit der vertikalen Erhebung eines Gewichtes auf eine gewisse Höhe und in einer bestimmten Zeit.

Man sieht z. B. leicht ein, daß, um 1 $\mathcal{R}$ auf 1' Höhe zu heben, es nur halb so viel Kraft braucht, als um in der nämlichen Zeit 2 $\mathcal{R}$ auf 1' oder 1 $\mathcal{R}$ auf 2' Höhe zu heben, und daß überhaupt die anzuwendende Kraft konstant seyn muß, wenn das Produkt des zu hebenden Gewichtes mit seiner Geschwindigkeit oder Höhe konstant bleibt. Die dynamischen Effecte zweier Kräfte stehen hiermit in direkter Proportion mit den Gewichten (Pressionen) und Höhen oder Geschwindigkeiten.

Es muß indessen bemerkt werden, daß sowohl bei den leblosen, als auch bei den lebenden Motoren der mechanische Effect nicht immer gleich ist, wenn das Produkt der Pression, der Geschwindigkeit und der Zeitdauer gleich ist, sondern daß es gewisse Werthe für diese Elemente gibt, bei welchen ein Maximum des mechanischen Effectes erzeugt wird.

Diese Werthe hängen ganz von der Natur des Motors und der Art ab, wie derselbe angewendet wird, und sind für jeden besondern Fall durch zahlreiche Versuche zu bestimmen.

Nimmt man z. B. die Pression unendlich groß an, so müßte alsdann für eine und dieselbe Kraft die Geschwindigkeit unendlich klein seyn und alsdann ist der dynamische Effekt derselben = 0. Dasselbe hat ebenfalls Statt, wenn die Geschwindigkeit unendlich groß und hiemit die Pression unendlich klein ist.

Man weiß ferner, daß es am passendsten ist, ein Pferd täglich 8 Stunden arbeiten zu lassen. Würde man diese Arbeitszeit bis auf 10 oder 12 Stunden verlängern, so würde es nicht hinreichend seyn, die Pression oder Geschwindigkeit so zu vermindern, daß das Produkt der drei Elemente das gleiche bliebe und nicht vermehrt würde; der Effekt würde alsdann dennoch geringer seyn, denn das Pferd würde sich außerdem dabei zu sehr ermüden, und seine Gesundheit gefährdet werden.

Die Menschen und Thiere haben indessen die Fähigkeit, auf eine kurze Zeit hin den mechanischen Effekt PV etwas zu vergrößern, was in vielen Fällen sehr vortheilhaft ist und aus welcher Ursache dieselben oft den leblosen Motoren vorgezogen werden. Doch geschieht dies immer nur mit Aufopferung einer Portion des totalen dynamischen Effectes des Motors, indem alsdann die Arbeitsdauer bedeutend vermindert werden muß.

Gewöhnlich ist die vortheilhafteste Pression bei einem jeden Motor ungefähr $\frac{4}{9}$ derjenigen, welche er hervorbringen könnte, wenn keine Geschwindigkeit damit verbunden wäre. Es ist z. B. das Gewicht von 300 $\mathcal{L}$ das Beträchtlichste, das ein Mann zu tragen im Stande ist; das Vortheilhafteste oder dasjenige, mit

welchem er den größtmöglichen Effekt hervorbringen kann, wird hiemit $= \frac{1}{9} \times 300 = 133 \text{ } \mathcal{H}$ seyn.

Die zuträglichste Geschwindigkeit ist ferner gewöhnlich ungefähr ein Drittel derjenigen, welche der Motor ohne Pression hervorbringen könnte. Da z. B. ein Mensch, wenn er keine Last trägt, etwa $4\frac{1}{2}'$ per Sekunde zurücklegen kann, so muß seine Geschwindigkeit bei einer Last von $133 \text{ } \mathcal{H} = 1\frac{1}{2}'$ per Sekunde seyn. Diese beiden Werthe correspondiren für diesen Fall mit dem Maximum des dynamischen Effectes.

Die vortheilhafteste Ausdauer ist ungefähr die Hälfte oder das Drittel derjenigen, welche ein animirter Motor im Nothfalle aushalten könnte, oder etwa 6 — 9 Stunden täglich.

Um die verschiedenen Factoren des dynamischen Effectes in Zahlen auszudrücken, kann man sich natürlicher Weise beliebiger Einheiten, wie z. B. des Pfundes, des Fußes und der Sekunde bedienen. Um aber wo möglich große Zahlen in dem Ausdrücke des dynamischen Effectes zu vermeiden, werden wir vorzugsweise das Kilogramm zur Gewichtseinheit, den Meter zur Geschwindigkeitseinheit und die Sekunde zur Zeiteinheit annehmen, wie dieß nun auch seit neuerer Zeit allgemein geschieht.

Das Produkt, welches aus diesen Einheiten gebildet wird und die Einheit des dynamischen Effectes ausmacht, wird Kilogrammeter genannt und mit Km. bezeichnet.

So z. B. heißt ein Effect von 20 Km. per Sekunde ein solcher, welcher ein Gewicht von 20 Kilogrammen 1 Meter hoch in einer Sekunde zu heben im Stande wäre. Dieser Effect kann, wie wir schon gesehen haben, auch durch irgend ein anderes Gewicht, z. B. durch ein Gewicht von 16 Kilogrammen, ausgedrückt werden. Um aber den Effect von 20 Km. beizubehalten, muß alsdann eine Geschwindigkeit von $\frac{20}{16} = 1,25$ Meter damit verbunden seyn.

Der dynamische Effekt einer Kraft wird ferner oft durch folgende Einheiten ausgedrückt:

Montgolfier, Hachete, Element &c. nehmen für Einheit die *Dynamie* an, welche ein Cubikmeter Wasser oder 1000 Kilogramm 1 Meter hoch hebt und also = 1000 Km. ist.

Bénoit gibt dem Effekte, den wir durch Kilogrammeter ausdrücken, den Namen *Metroliter*.

D'Evans nennt den Effekt von 1 englischen Cubikfuß Wasser, welcher auf die Höhe von 1 Fuß erhoben wird, *Cuboch*. Derselbe ist = 8,63 Km.

Zur Estimation der verschiedenen Motoren bedient man sich endlich noch am häufigsten einer andern Einheit, nämlich der *Pferdekraft* (*cheval-vapeur*, *horse-power*). Die Anwendung dieser Einheit ist deshalb nicht sehr vortheilhaft und empfehlenswerth, weil der Werth derselben sehr unbestimmt ist und wirklich sehr verschieden angenommen wird.

Nach Desaguillier läuft ein Pferd $2\frac{1}{2}$ Meilen in einer Stunde gegen einen Widerstand von 200 $\mathcal{A}$, wenn es 8 Stunden im Tage arbeitet. Es hebt also in einer Minute 44,000 $\mathcal{A}$ 1 Fuß hoch, welche Arbeit einem Effekte von 102 Km. pr. Sekunde gleich kommt.

Dasselbe nimmt Emerson an.

Watt und Evans hingegen nur 33,000 $\mathcal{A}$ 1 Fuß hoch pr. Minute = 78 Km. pr. Sekunde.

Smeaton sogar nur 22,916 $\mathcal{A}$ = 53 Km. pr. Sekunde.

Poncelet versteht unter *Pferdekraft* einen Effekt von 75 Km. pr. Sekunde oder 4500 Km. pr. Minute, und da diese Einheit ungefähr das Mittel ist von allen andern, so ist dieser Werth hier überall zu verstehen, wo nichts besonders darunter angedeutet ist. Derselbe ist in andern Maassen ausgedrückt:

= 424	≈ 1' hoch per Sek.	= 25420	≈ Fuß per Min. in Wiener Maaß.
= 472	" " " " " "	= 28300	" " " " " Franz. "
= 500	" " " " " "	= 30000	" " " " " Schweizer oder Badisch Maaß.
= 542	" " " " " "	= 32550	" " " " " Engl. Maaß.
= 560	" " " " " "	= 33600	" " " " " Würtemb. "

Der auf diese Weise bestimmte Ausdruck des Produktes PV ist sehr angemessen, um den dynamischen Effekt irgend einer Kraft ziemlich genau durch Berechnung anzugeben. (Siehe Berechnung des Effekts bei Wasserrädern und Dampfmaschinen.) Ist derselbe bekannt, wie auch derjenige, welchen die Betreibung einer Maschine oder irgend einer Operation in einer gewissen Zeit erheischt (was nur durch Versuche ausgemittelt werden kann), so kann man mit größter Leichtigkeit die Menge Arbeit finden, welche in einer gewissen Zeit mit einer gegebenen Kraft hervorgebracht werden kann. Auf ähnliche Weise läßt sich die Intensität der Kraft, die Stärke einer Dampfmaschine, eines Wassersfalles u. berechnen, welche zu irgend einem technischen Zwecke benützt werden soll.

Immerhin muß wegen der vielen Hindernisse, die bei jeder Bewegung Statt finden, ein bedeutender Abzug in dem Werthe des hervorgebrachten Effekts gemacht werden. Der dynamische Effekt eines Motors muß also immer in zwei Portionen getheilt werden, in diejenige, welche durch die verschiedenen Hindernisse absorbiert wird und durchaus keinen Nutzen gewährt, und in diejenige, welche gänzlich zum verlangten Zwecke angewendet werden kann und aus diesem Grunde auch nützlicher Effekt genannt wird.

Da der Letztere in der That den eigentlichen Nutzen,

den man aus einem Motor zieht, bestimmt, so muß bei der Konstruktion einer jeden Maschine hauptsächlich darauf gesehen werden, das Maximum desselben wo möglichst zu erhalten, und man muß daher die verschiedenen Hindernisse der Bewegung, wie die Reibung, die Steifigkeit der Seile, den Widerstand der Luft, die Zerlegung der Kräfte u. möglichst zu vermindern suchen. Das beste Mittel, um zu diesem Zwecke zu gelangen, ist Einfachheit des Mechanismus und Vermeidung aller Arten Stöße, so wie jeder plötzlichen Abänderung der Bewegung.

Folgende Angaben sind durch zahlreiche Versuche erhalten worden:

		einen dyn. Effekt von
Um 1 Hekt. (75 Kil.) Getreide	} auf der Achse des Mühlsteins	419 Dyn.
in gewöhnlichen Mühlen zu mahlen, braucht es		
	} id. des Wasserrades	611 "
Um 1 Hekt. Getreide ziemlich	} auf der Achse der Windmühl	
grob in einer Windmühle zu mahlen		300 "
Um 1 Hektoliter in englischen	} auf der Achse des Schwun-	
Dampfsmühlen zu mahlen		808 "
Um 1 Hekt. Getreide zu dreschen		40 "
Um 1 Kil. Del in einem Poch-	} auf dem ersten Wellbaum	146 "
werke zu pressen		
id. in einer Walzmühle	id.	30 "
Um 1 □ Meter Tannenholz zu sägen	id.	60 "
Um 1 □ Meter nasses Eichen-	} auf der Säge	43 "
holz von Hand zu sägen		
id. trockenes Eichenholz	id.	63 "
id. Ulmenholz	id.	71 "
id. Marmor	id.	295 "
Um 100 Kil. Lohe zu zerstoßen auf dem Wellbaum		466 "
Um 1 Kil. zerrissene Lumpen auf Holländern zu Zeug		
zu mahlen		60 "

	einen dyn. Effekt von
Um 1 Kil. Baumwolle zu spin- nen von No. 40 von Mule- jennys	id. 200 Dyn.
id. mit Drostlestühlen	id. 410 „
Um 1 Kil. Wolle zu öffnen und zu kardinieren	auf dem Wellbaum . . . 350 „
Um 1 Kil. Wolle zu spinnen	 30 „
Um 100 Kil. Eisen bis auf 3 C.Met. Seite zu laminieren	 446 „
Um eine Kugel von 8 Kil. Ge- wicht mit einer Geschwin- digkeit von 417 Meter per Sekunde zu werfen	 53 „

Nach den von Morin und Tasse auf französischen Werken angestellten Versuchen beträgt der Nuzeffekt der erforderlichen Triebkraft, wie folgt:

	Pferdekraft.
1 alter franz. Mahlgang mit Steinen von 1 ^m 78 Diam.	3,4
1 engl. Mahlgang mit Steinen von 1 ^m 30 Diam.	2,8 à 4,2
1 Sägmühle mit 1 Sägblatt	2 à 3,5
1 id. mit 4 Sägblättern	3,7 à 4,5
1 Cirkularsäge	3 à 7,3
1 Fourniersäge	0,7
1 Lohmühle	1,4
1 Holländer	2,3 à 5,4
1 Stampfwerk für Papierzeug mit 16 Stampfern	2,4 à 2,7
1 endlose Papiermaschine	1,4 à 4,1
1 vertikaler Delmühlstein	2,7
1 Walkmühle mit 2 Hämmern	1,6
1 Raubmaschine	0,4
1 Waschmaschine in Cattunfabriken von 2 ^m Diam.	1,6
1 Schleifstein von 2 ^m Diam.	10,4
1 Stirnhammer von 56 Centr. Gewicht	30
id. 100 id.	37
1 Aufwerfhammer von 14 Centr. Gewicht	10 à 12

	Pferdekräfte.
Schwanzhammer von 10 Centr. Gewicht	6,4 à 7,5
1 kleiner Hammer für Maschinentheile	4 à 7,5
1 Walzwerk mit 1 Assortiment für Grobeisen und 1 id. für Kleineisen	50 — 60
1 id. für schwaches Eisenblech	15 — 20
mittleres	25 — 30
starkes	40 — 45
1 id. für Kupfer-, Zink- oder Bleiblech	30

Früher rechnete man 6 — 700 Mulespindeln (nebst Präparationsmaschinen) auf 1 Pferdekraft und 4 — 500 Drosseln; jetzt, wo die Spindeln viel schneller laufen, erfordern meist 4 — 500 Mulespindeln die Kraft von 1 Pferd.

Ein Assortiment von 60 Webstühlen, 5 Schlichtmaschinen und 1 Zettelmaschine erfordern die Kraft von 5 Pferden.

In mechanischen Feinspinnereien wird zum Betriebe von je 100 Feinspindeln nebst Vorbereitungsmaschinen 1 Pferdekraft gerechnet.

Folgende Tabelle von Belidor, welche von Poncelet verbessert worden ist, gibt den dynamischen Effect belebter Motoren von gewöhnlicher Stärke an. Die Pressionen und Geschwindigkeiten, welche hier angezeigt sind, scheinen die vortheilhaftesten zu seyn, welche man anwenden kann. Indessen kann man dieselben um etwas wenigere verändern, ohne deshalb einen merklichen Unterschied in dem dynamischen Effecte befürchten zu müssen.

	Mittel. Pression.	Mittel. Geschw. pr. Sek.	Effekt pr. Sek.	Dauer der Ar- beit in 1 Tag.	Effekt in 1 Tag.
	Kil.	Meter.	Km.	St.	Km.
1) Ein Mensch, welcher ohne Last auf einer ebenen Straße marschirt .	65	1,50	97,5	10	3510000
2) Ein Handlanger, welcher Steine in einem zweirädrigen Karren führt und leer zurückgeht .	100	0,50	50	10	1800000
3) id. in einem Schubkarren	60	0,50	30	10	1080000
4) Ein Reisender mit Gepäck auf dem Rücken .	40	0,75	30	7	756000
5) Ein Mensch, welcher eine Leiter hinaufsteigt, und keine andere Last trägt, als das Gewicht seines Körpers	65	0,15	9,75	8	2808000
6) Ein Handlanger, welcher Gewichte mit der Hand hebt	20	0,17	3,40	6	73440
7) Ein Handlanger, welcher Gewichte mit einem Seil hinaufzieht und das Seil leer heruntergehen läßt	18	0,20	3,60	6	77760
8) Ein Arbeiter, welcher eine Last auf seinem Rücken eine Leiter hinaufträgt und leer zurückkehrt	65	0,04	2,60	6	56160
9) Ein Handlanger, welcher Steine in einem Stoßkarren auf einer $\frac{1}{12}$ Steigung hat und der leer zurückgeht . .	60	0,02	1,20	10	43200

	Mittl. Pression.	Mittl. Geschw. pr. Sek.	Effekt pr. Sek.	Dauer der Ar- beit in 1 Tag.	Effekt in 1 Tag
	Kil.	Meter.	Km.	St.	Km.
10) Ein Arbeiter, welcher Erde mit einer Schaufel auf die Höhe von 1,60 Meter (5') wirft . . .	2,7	0,40	1,08	10	38880
11) Ein Arbeiter, welcher auf ein Tretrad von außen wirkt					
1 ^o im Niveau mit der Achse des Rades . .	60	0,15	9	8	259200
2 ^o Unter demselben unter einem Winkel von 25 ^o	12	0,70	8,4	8	251120
12) Ein Arbeiter, welcher an einer Kurbel treibt	8	0,75	6	8	172800
13) Ein Pferd, welches einen Wagen im Schritte führt	70	0,90	63	10	2168000
14) Ein Pferd, welches einen Öpel bewegt und im Schritte geht . .	45	0,9	40,5	8	1166400
15) id. wenn es im Trotte geht	30	2,0	60	4,5	972400
16) Ein Ochse, welcher einen Öpel im Schreiten bewegt	65	0,6	39	8	1123200
17) Ein Maulesel id. .	30	0,90	27	8	777600
18) Ein Esel id. . . .	14	0,80	11,6	8	334080
19) Ein Pferd, welches Lasten auf einem kleinen Karren transportirt und leer zurückgeht . . .	700	0,60	420	10	15120000
20) Ein Pferd, welches die Last auf seinem Rücken trägt und im Schritte geht . . .	120	1,1	132	10	4752000
im Trabe	80	2,2	176	7	4435000

Anmerk. Drei Arbeiter können von Hand $3\frac{1}{2}$ □' Eichenholz sägen, und ein Sägeblatt führen mit einer Geschwindigkeit von 50 Zügen per Minute. Die Zuglinie beträgt 8 Dezimeter, und der Druck, welchen sie zusammen ausüben, 39 Kilogr. Daher der dynamische Effekt eines jeden derselben bei dieser Arbeit $= 13 \times 50 \times 0^m,8 = 520 \text{ Km. per Min.}$ ist. Eine gewöhnliche Sägemühle, welche durch Wasser (oder Wind) getrieben wird, liefert nach Velidor ungefähr 3mal soviel als eine Handsäge, oder soviel als 9 Arbeiter, daher der erforderliche Effekt $= 9 \times 520 = 4680 \text{ Km. per Minute}$ ist. Ferner braucht es zur Fortbewegung des Wagens einen Effekt von 420 Km., daher zusammen 5100 Km., und da überdieß noch die Hälfte dieses Effectes zu Ueberwindung der Reibung, welche zwischen den beweglichen Theilen Statt hat, gerechnet werden kann, so ist der Totaleffect, welcher nöthig ist, um eine solche Sägemühle im Gange zu erhalten:

$$= \frac{3}{2} \times 5100 = 7650 \text{ Km. per Min.} = 1,7 \text{ Pferdekkräfte.}$$

Velidor gibt denselben jedoch auf 10,320 Km. $= 2\frac{1}{3}$ Pferdekkräfte an.

Bei neuern und besser eingerichteten Sägemühlen ist hingegen die Fläche, welche mit diesem Effecte gesägt werden kann, weit größer, wie aus den Resultaten pag. 66 erschen werden kann.

Obige Angaben geben den nughbaren Effect eines Pferdes auf gewöhnlichen Wegen an, für sehr gute Wege würde derselbe beträchtlicher, für schlechte Wege hingegen weit geringer seyn.

Ist der Weg horizontal, fest und eben, so ist die erforderliche Ziehkraft der Pferde, welche im Schritte gehen, $\frac{1}{20} - \frac{1}{30}$ der Totallast, $\frac{1}{12}$ für einen Wagen, der im Trotte auf einer gepflasterten Straße geht, und $\frac{1}{8}$ auf einem sandigen Wege oder auf neu gelegten Kieselsteinen.

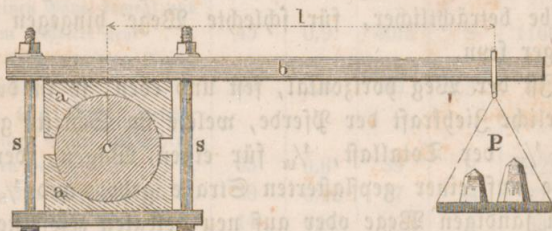
Auf Eisenbahnen ist dieselbe nur $\frac{1}{160} - \frac{1}{240}$ der Totallast.

Der Widerstand hängt übrigens noch von den Dimensionen und der Beschaffenheit der Wagenräder, von der mehr oder minder regelmäßigen Vertheilung der Last auf dem Wagen und von noch andern Umständen ab.

Messung des Nutzeffektes vermittelt des Dynamometers von Prony.

Mit diesem einfachen Apparate kann nicht nur mit hinreichender Genauigkeit der Nutzeffekt eines Wasserrades, einer Dampfmaschine &c. gemessen und dadurch eine Vergleichung dieses Nutzeffektes mit dem theoretischen Effekte dieser Motoren angestellt werden, sondern er dient ebenso gut, um den Nutzeffekt kennen zu lernen, welcher erfordert wird, um gewisse Maschinen in Gang zu bringen, gewisse Arbeiten zu verrichten oder welcher durch die Transmission der Bewegung, durch die verschiedenen Reibungen und andere Widerstände absorbiert wird.

Derselbe beruht auf dem Principe, die zu messende Kraft einer arbeitenden Welle durch Reibung zu absorbiren, und das Moment der letztern zu bestimmen.



Er besteht daher bloß aus zwei halbkreisförmig ausgeschnittenen Sätteln aa, welche einen gut abgedrehten Theil der Achse c eines Triebwerkes umfaßt, und wovon die eine einen Hebelarm b trägt, an dessen Ende eine Waagschaale zur Aufnahme von Gewichten angebracht ist.

Werden die zwei Sättel vermittelt Schraubenbolzen ss fest an diese Achse angeedrückt, und ist der Hebel mit keinem

Gewichte beschwert, so wird die Achse mit ihrer gewöhnlichen Geschwindigkeit den Hebel im Kreise herumführen.

Wird aber der Hebel mit einem Gewichte P beschwert, welches gerade so groß ist, um, indem es in entgegengesetzter Richtung der Bewegung der Achse wirkt, den Hebel in einer horizontalen Lage zu erhalten, so daß die Achse in den Sätteln herumgleiten muß, so wird der Nugeffekt, welchen diese Achse leistet, gemessen werden können durch dieses Gewicht P , vervielfacht mit der Geschwindigkeit, welche dasselbe haben würde, wenn es der Bewegung der Achse folgen könnte. Ist daher l die horizontale Entfernung des Aufhängepunktes der Wagschaale von dem Mittelpunkte der Achse, und n die Anzahl von Umdrehungen, welche die Achse in diesem Falle per Minute macht, so ist der Nugeffekt derselben $= 2 \pi l n P$.

Beisp. Es sey der Hebelarm des Dynamometers $= 4^m$.

Die Welle, an welcher derselbe angebracht ist, laufe ganz leer, d. h. ohne irgend eine Maschine in Bewegung zu setzen, und mache 15 Umgänge per Minute, und das erforderliche Gewicht, um den Hebel bei dieser Geschwindigkeit in horizontaler Lage zu erhalten, mit Einschuß der Wagschaale $= 150$ Kil.

Es wird daher der Nugeffekt dieser Achse

$$\begin{aligned} &= 2 \times 3,1416 \times 4^m \times 15 \times 150 \\ &= 56549 \text{ Km. per Minute} \\ &= 12\frac{1}{2} \text{ Pferdekkräfte seyn.} \end{aligned}$$

Indem man durch stärkeres oder schwächeres Andrücken der Sättel an die Achse das Gewicht vermehrt oder vermindert, welches erfordert wird, um den Hebel in horizontaler Lage zu erhalten, die Anzahl von Umdrehungen der Achse jedesmal bemerkt und daraus den Nugeffekt nach obiger Formel berechnet, wird man erfahren, welche

Geschwindigkeit der Achse die vortheilhafteste sey, d. h. den größten Nugeffekt darbietet.

Durch stärkeres Andrücken der Sättel, als in obigem Versuche, wird z. B. das Gewicht von 150 Kilogr. durch ein stärkeres von 162 Kilogr. ersetzt werden müssen, indem ersteres der Bewegung der Achse folgen würde.

Die Achse mache alsdann nur 13 Umgänge per Min. Es wird daher der Nugeffekt der Achse in diesem Falle

$$= 2 \times 3,1416 \times 4^m \times 13 \times 162 \\ = 52930 \text{ Km.} = 11\frac{3}{4} \text{ Pferdekkräfte}$$

sey, und daher die erstere Geschwindigkeit von 15 Umgängen per Minute einen größeren Nugeffekt der Triebkraft darbieten als letztere.

Es werde nun durch dieselbe Achse die Transmission, oder das große Triebwerk, welches zur Betreibung der verschiedenen Maschinen einer Fabrik nöthig ist, in Gang gebracht, jedoch ohne daß die Maschinen arbeiten.

Ist in diesem Falle das Gewicht $P = 170$ Kil. und macht die Achse bloß 11 Umdrehungen per Minute, so beträgt der Nugeffekt, welchen die Achse noch außerdem besitzt,

$$2 \times 3,1416 \times 4^m \times 11 \times 170 = 46.998 \text{ Km.} = 10,44 \text{ Pferdekkräfte.}$$

Werden nun außerdem noch durch diese Transmission z. B. 100 Webstühle nebst ihren Zubereitungsmaschinen in Bewegung gesetzt, beträgt alsdann das Gewicht P 43 Kil. und macht die Achse noch 10 Umdrehungen per Min., so ist der Nugeffekt, welcher noch zu fernerer Benutzung disponibel ist:

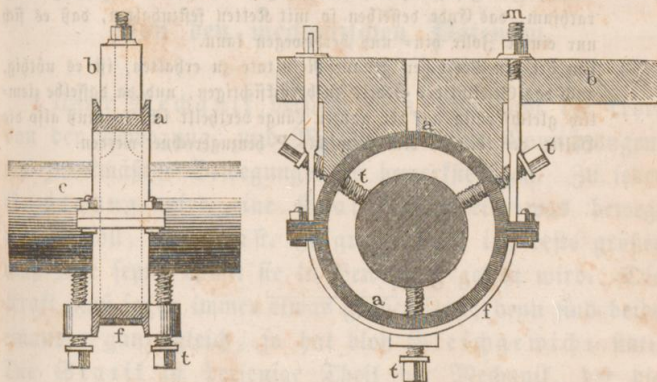
$$= 2 \times 3,1416 \times 4 \times 10 \times 43 = 2,40 \text{ Pferdekkräfte.}$$

Nehmen wir nun an, daß das Maximum des Nugeffektes, welches der Motor liefern kann, $= 12,60$ Pferdekkräfte ist, so ist daher derjenige, welcher zur Bewegung des Triebwerkes erfordert wird, $= 12,60 - 10,44 = 2,16$ Pferdekkräfte, und derjenige, welcher zur Bewegung der Webstühle dient,

$$= 10,44 - 2,40 = 8,04 \text{ Pferdekkräfte.}$$

Egen hat diesen Dynameter so verbessert, daß derselbe auf unabgedrehten Wellbäumen von verschiedenen Dicken angebracht werden kann.

Die Construction desselben ist aus folgender Figur ersichtlich:



aa ist ein unten genau abgedrehter gußeiserner Ring mit Rändern, welcher aus zwei zusammengeschraubten Hälften besteht, damit er ohne Herausnehmen des Wellbaumes c um denselben angelegt werden kann. Mittelft der 6 Stellschrauben tt, welche durch die an dem Ringe angegossenen Lappen gehen, kann letzterer so auf dem Wellbaume befestigt werden, daß er vollkommen rund mit demselben läuft. Die untere Hälfte des Ringes wird durch ein schmiedeeisernes, mit Charnieren versehenes Band f umschlungen, welches mittelst der Mutter m mehr oder weniger gegen die abgedrehte Fläche des Ringes angeedrückt wird. b ist der Hebel (nebst dem oberen Sattel), an dessen Ende die Wagschaale angehängt wird.

Anmerk. 1. Die Wagschaale kann auch durch ein an dem Hebel verschiebares Gewicht ersetzt werden; in diesem Falle ist die in Rechnung zu bringende Entfernung l veränderlich und kann leicht durch eine am Ende des Hebels angebrachte Scale, wie bei den römischen Waagen, bestimmt werden.

2. Um bei zufälligen momentanen Vergrößerungen der Kraft den daraus entstehenden gefährlichen Schwanfungen des Hebels vorzubeugen, ist rathsam, das Ende desselben so mit Ketten festzuhalten, daß es sich nur einige Zolle hin- und herbewegen kann.
3. Um bei den Versuchen genaue Resultate zu erhalten, ist es nöthig, auch das Gewicht des Hebels zu berücksichtigen, und da dasselbe ziemlich gleichförmig auf der ganzen Länge vertheilt ist, so muß also die Hälfte desselben zu dem Gewichte P hinzugerechnet werden.

Nr. 10.

Von den mechanischen Potenzen.

Unter Mechanik versteht man überhaupt die Lehre von der Bewegung, und Maschinen sind Vorrichtungen, um zweckmäßige Bewegungen zu bewerkstelligen. Zu jeder Bewegung wird eine Kraft erfordert; was bewegt werden soll, heißt Last. Je größer diese ist, desto größer muß jene seyn, damit sie in Bewegung gesetzt wird. Die Kraft muß sogar immer etwas größer seyn; denn sind beide einander ganz gleich, so hat bloß Gleichgewicht statt. Die Statik ist derjenige Theil der Mechanik, der die Bedingungen untersucht, unter welchen Kraft und Last sich das Gleichgewicht halten.

Das Verhältniß der Kraft zur Last wird nicht bloß durch das Gewicht (oder den Druck) bedingt, sondern auch durch die Geschwindigkeit. Ein Körper von 4 $\mathcal{R}$, der 3' weit in 1 Sek. gehen soll, ist eine eben so große Last als ein anderer von 12 $\mathcal{R}$, der nur 1' in 1 Sek. durchlaufen soll. Und dasselbe gilt von der Kraft. Ein Körper muß um so mehr Bewegungskraft erhalten, je mehr er wiegt und je geschwinde er sich bewegen soll. Das wirkliche Verhältniß der Kraft oder der Last findet sich daher, wenn man die Gewichte mit den Geschwindigkeiten multipliziert. Dieses Produkt heißt man in der reinen Mechanik die Größe der Bewegung oder das Moment. Wenn der

Körper a 8 $\mathcal{A}$ wiegt und 5' durchläuft, während b, der 10 $\mathcal{A}$ wiegt, 6' durchläuft, so verhalten sich die Momente von a und b wie 40 : 60.

Das Grundgesetz aller Mechanik heißt, daß Bewegung nur dann möglich ist, wenn das Moment der Kraft dasjenige der Last übertrifft. Es ist demnach, so oft auch wenig Unterrichtete Aehnliches versuchen, rein unmöglich, durch irgend eine Maschine wirklich an Kraft zu gewinnen, d. h. mit einer Kraft von einem gegebenen Moment eine Last von größerem Moment zu bewegen.

Freilich denkt man sich oft unter der Kraft bloß die Intensität derselben, oder das Gewicht ohne Rücksicht auf die Geschwindigkeit. In diesem Sinn ist man allerdings im Stande, mittelst einer kleinen Kraft eine weit schwerere Last zu bewegen, so wie man mittelst einer langsam wirkenden Kraft einer kleineren Last eine schnellere Bewegung geben kann. So ist es daher zu verstehen, wenn man sagt, daß durch eine gewisse Vorrichtung an Kraft oder an Geschwindigkeit gewonnen wird. Der Gewinn an Kraft setzt aber dann immer eine Einbuße an Geschwindigkeit — so wie der Gewinn an dieser eine Einbuße an Kraft voraus. So kann man also z. B. mit 10 $\mathcal{A}$ eine Last von 100 $\mathcal{A}$ bewegen, wenn diese 10mal weniger Weg durchlaufen darf.

Wirklich ist aber auch dieser Vortheil in unzähligen Fällen sehr groß; und obschon alle Maschinen nur diesen verschaffen, so leisten sie doch dadurch schon überaus nützliche Dienste. Es ist daher sehr wichtig, zu berechnen, wie viel in obigem Sinne unter gegebenen Verhältnissen durch eine Maschine an Kraft oder Geschwindigkeit gewonnen wird.

Da sich nun alle Maschinen als mannichfaltige Verbindungen mehrerer einfachen Maschinen betrachten lassen, so muß man hauptsächlich berechnen lernen, was jede dieser letzteren zu leisten vermag.

Diese einfachen Elementarmaschinen heißt man gewöhnlich mechanische Potenzen, und ihre Zahl kann auf 6 reducirt werden: der Hebel; das Rad an der Welle; die Rolle; die schiefe Fläche; der Keil; und die Schraube.

Was jede dieser Potenzen zu leisten vermag, läßt sich mit mathematischer Genauigkeit bestimmen, wenn man von allen zufälligen Hindernissen abstrahirt, und unter dieser Voraussetzung müssen auch vorerst die allgemeinen Regeln aufgestellt werden. Es ist indessen ja nicht zu übersehen, daß verschiedene solcher Hindernisse, die zugleich überwunden werden müssen, stets und unvermeidlich vorhanden und in Anschlag zu bringen sind; und daraus erhellt um so mehr, wie thöricht die Hoffnung Mancher ist, durch irgend eine Maschine eine immer fortgehende Bewegung oder ein sogenanntes Perpetuum mobile erzielen zu können, geschweige denn damit wohl gar einen Nutzeffekt oder fortdauernd die Ueberwindung irgend einer auch noch so kleinen Last zu erhalten. Jeder Mechaniker hüte sich also, auf diese Grille Zeit und Geld zu verwenden, da die Aufgabe zu den rein unmöglichen gehört, und thörichter noch ist, als das Bestreben der Alchymisten, Gold zu machen.

Die Wirkungen der einfachen Potenzen berechnen sich aus folgenden Regeln:

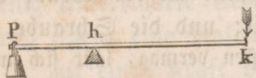
Vom Hebel.

Der Hebel ist eine unbiegsame um einen Punkt bewegliche Stange, auf welche zwei Kräfte wirken. Bringt man das Gewicht der Hebelstange nicht in Anschlag, so sind beide Kräfte, oder Kraft und Last, im Gleichgewicht, wenn die Produkte der Kräfte (oder Gewichte) in ihre Entfernungen vom Stütz- oder Drehpunkte für einander gleich sind:

Beisp. Ist an dem kürzern Hebelarm eine Last von 20 π 1' vom Drehpunkte entfernt, und an dem längern eine Kraft von 4 π in einer Entfernung von 5', so sind beide im Gleichgewicht, denn $20 \times 1 = 4 \times 5$, d. h. die Momente sind sich gleich.

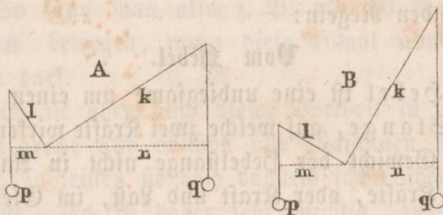
Ist die Kraft etwas größer, so wird die Last wirklich bewegt.

- Anmerk. 1. Diese Regel ist richtig, wenn der Stützpunkt zwischen Kraft und Last liegt, oder wenn er am Ende des Hebels liegt.



Bei allen hier gezeichneten Hebeln ist h der Stützpunkt, hk der Hebelarm der Kraft, hp der Hebelarm der Last.

2. Sie ist ebenfalls wahr, wenn der Hebel eine krumme Stange ist; nur muß man dann von den Punkten, auf welche die Kraft wirkt, gerade Linien nach dem Stützpunkte ziehen, und diese als Entfernung ansehen.
3. Ebenso gilt sie auch für Winkelhebel; nur muß man eine senkrechte Linie von dem Drehpunkte auf die Richtungslinie der Kräfte ziehen, und jene senkrechte Linie als wirkliche Entfernung betrachten.



Sind l und k die beiden Arme eines Winkelhebels, so hat Gleichgewicht der Kräfte p und q statt, wenn diese sich verhalten umgekehrt wie die Linien m und n. Wenn nun auch das Verhältniß

von $l : k$ unveränderlich bleibt, so kann doch das von $p : q$ sich auf vielerlei Art verändern, weil, nimmt der Hebel eine andere Stellung an, auch das Verhältniß von $m : n$ ein anderes wird.

In beiden Lagen A und B sind die Kräfte im Gleichgewicht, wenn $p \times m = q \times n$.

Auf dieser Eigenheit der Winkelhebel beruhen die sogenannten Zeiger- oder Sortirwaagen.

4. Sind beide Arme eines Hebels gleich lang, so kann weder an Kraft noch an Geschwindigkeit gewonnen werden; der Hebel verändert nur die Richtung der Bewegung in eine entgegengesetzte, und dient (wie bei der gemeinen Waage), um die Gleichheit von Kraft und Last oder von zwei Gewichten zu erkennen.
5. Ist der Arm der Kraft länger, so wird an Kraft gewonnen; und zwar kann die Last um so vielmal größer seyn, als jener Arm länger ist als der kürzere.

Beisp. Drückt ein Mann an dem längeren Arme mit (etwas mehr als) 50 $\mathcal{Z}$, und ist dieser 9mal länger als der andere, so kann er eine Last von 9×50 oder 450 $\mathcal{Z}$ bewegen. (Die Last macht indessen auch einen 9mal kleineren Weg, als die Kraft machen muß.)

Anmerk. 6. Alles Obige ist jedoch nur genau wahr, wenn der Hebel als gewichtlos gedacht wird. Wiegt die Stange selbst z. B. 10 $\mathcal{Z}$, und liegt der Schwerpunkt in der Mitte, so kommt diese Schwere der Kraft selbst zu Hülfe; sie wirkt, als wenn eine zweite Kraft von 10 $\mathcal{Z}$ in der Mitte drückte.

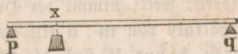
7. Wirkte die Kraft am 9mal kürzern Arme, so müßte diese 9mal größer seyn als die Last; diese würde aber eine 9mal schnellere Bewegung erhalten. Doch auch dieß nur unter Voraussetzung, daß die Stange nichts wöge.

- 8) Ebenso berechnen sich zusammengesetzte Hebel.



Ist der Hebelarm fd 6mal länger als fe ; und $ac = 5eb$, so kann die Walze e , die gehoben werden soll, 30mal schwerer seyn als das Gewicht an a .

9. Ruht eine Stange auf den zwei Unterlagen p und q ,



so hat jede die Hälfte ihres Gewichts zu tragen, und ebenso die Hälfte einer in der Mitte aufgehängten Last. Hängt diese aber nicht in der Mitte, sondern bei x, so vertheilt sich die Last im Verhältniß von qx zu px ; und zwar hat p den größern, q den kleinern Theil zu tragen.

Beisp. Es sey $x = 144$ $\mathcal{Z}$ und $px = 2'$; $qx = 7'$, so hat p $\frac{7}{9}$ und q $\frac{2}{9}$ der Last zu tragen; oder p 112 $\mathcal{Z}$ und q 32 $\mathcal{Z}$.

Gleiches gilt von Balken u. a., und eben so berechnet man die Vertheilung der Last eines Wagens auf die Achsen der Räder u.

Aufg. Mit einem 10' langen Hebel und einer Kraft von 50 $\mathcal{Z}$ will man 350 $\mathcal{Z}$ heben, wo muß die Unterlage angebracht werden?

Antw. Da die Last 7mal größer ist als die Kraft, so muß der längere Arm $\frac{7}{8}$ und der kürzer $\frac{1}{8}$ betragen; die Unterlage muß also, wenn sie zwischen Kraft und Last kommen soll, $\frac{1}{4}'$ von der Last entfernt werden, wenn das Gewicht des Hebels selbst nicht in Anschlag kommt.

Vom Rad an der Welle.

Für das Rad an der Welle gilt die Regel des zweiar-
migen Hebels. Wie sich der Halbmesser der Welle zum
Halbmesser des Rades verhält, so verhält sich die Kraft
zur Last, wenn die Kraft am Umfange des Rades wirkt,
und die Last an dem der Welle. Ist die Kraft etwas größer,
so wird die Last aufgewunden; sie muß indessen merklich
größer seyn, um die Reibung, wovon namentlich die der
Zapfen in ihrem Lager bedeutend ist, zu überwinden.
(S. Nr. 7.)

Was von einem eigentlichen Rade gilt, gilt auch von allen
Häspeln, Winden u.

Wird die Last an einem Seile aufgewunden, so absorbirt, da das Seil sich fortwährend um die Rolle herumbiegen muß, die Steifheit desselben einen Theil der Kraft; ferner ist noch das Gewicht des Seiles zu überwinden. Dieses wird aber immer kleiner, je höher man die Last hebt. Am Anfange muß also die Kraft bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit am größten seyn, am Ende der Bewegung am kleinsten.

Soll dessen ungeachtet die nöthige Kraft dieselbe bleiben, so ist dieß erhältlich, wenn man die Geschwindigkeit der Last und hiemit den Diameter der Welle in dem Maasse vermindert, als die Last durch das Seil größer wird. Man gibt der Welle eine konische Gestalt und verzünkt den Durchmesser so, daß der kleinste dem Anfang, der größte dem Ende des Aufzugs entspricht.

Nennt man R den Diameter des Rades,
 Q das Gewicht der Last,
 p das Totalgewicht des Seiles,
 P die Kraft,

so ist der kleinste Diameter der Welle oder $r = \frac{PR}{p + Q}$

und der größte Diameter oder $r' = \frac{PR}{Q}$

Aus diesen beiden Diametern bildet man die abgestumpfte Kegelfläche der Welle. Zu bemerken ist indessen, daß, indem sich das Seil auf der Welle aufwindet, der Diameter um eine Seildicke größer wird. Es muß also diese Seildicke von den gefundenen Diametern der ganzen Länge der Welle hindurch abgezählt werden.

Windet sich das Seil in mehreren Lagen auf, so wächst auch der Diameter um mehrere Seildicken und die Geschwindigkeit der Last wächst in diesem Falle, je mehr sich das Seil aufwickelt, und in eben dem Maasse muß sich daher auch die Kraft vermehren.

Immerhin bewegt sich die Last genau um so langsamer, als der Durchmesser der Welle nebst der Seildicke kleiner ist als der des Rades.

Beisp. Wie viel Kraft wird erfordert, um eine Last von 1200 $\mathcal{Z}$ in 6 Minuten 90' hoch zu heben, wenn das $11\frac{1}{2}$ Fuß hohe Rad des Haspels mit einer Geschwindigkeit von 5 Umgängen per Minute bewegt werden soll?

Das Haspelrad von $11\frac{1}{2}'$ Diameter hat ungefähr $36'$ Umfang.
 5 Umgänge an demselben geben eine Umfangsgeschwindigkeit von
 $36 \times 5 = 180'$ in 1 Minute
 und $= 1080'$ in 6 Minuten.

Nehmen wir die Reibung und die Steifigkeit des Seiles zu $\frac{1}{3}$
 der Last an, so ist letztere $= 1200 \times \frac{4}{3} = 1600 \text{ Z}$.

Da ihre Geschwindigkeit in 6 Minuten $= 90'$ seyn muß, so ver-
 hält sie sich zu derjenigen der Kraft wie $90 : 1080 = 1 : 12$;

folglich muß die Kraft $= \frac{1600}{12} = 134 \text{ Z}$ ungefähr seyn.

Für den größern Diameter der Welle hat man:

$$r' = \frac{PR}{Q} = \frac{134 \times 11\frac{1}{2}}{1600} = 0',963.$$

Für den kleinern hat man:

$$r = \frac{Q + P}{PR} = \frac{134 \times 11\frac{1}{2}}{1600 + 270} = 0',824.$$

wenn $10'$ Seil (bei einer solchen Last) 3 Z und also $90' 270 \text{ Z}$
 wiegen.

Von der Rolle.

Es gibt zweierlei Rollen, feste und bewegliche.

Durch feste gewinnt man nichts an Kraft; auch
 steigt offenbar die Last gerade um eben so viel als die
 Kraft hinuntergeht. Es muß sogar diese bedeutend größer
 seyn, weil die Steifheit des Seiles, das beständig gebogen
 werden muß, und die Achsenreibung noch einen beträch-
 tlichen Widerstand erzeugen. Ihr Nutzen beschränkt sich also
 darauf, daß sie die Richtung, in welcher eine Kraft wirkt,
 verändern. Dieser Vorthail ist indessen oft sehr wesentlich,
 und ihr Gebrauch (als Leitrolle) daher sehr häufig.

Durch eine bewegliche Rolle gewinnt man hingegen
 immer die Hälfte an Kraft.

Gewöhnlich werden bewegliche mit festen verbunden; und zwar mehrere. Bei den Flaschenzügen, wie die gebräuchlichsten dieser Verbindungen heißen, gewinnt man (theoretisch) an Kraft so viel, als tragende Seilstücke sind, oder doppelt so viel, als bewegliche Rollen sind. Oder steigt die Last um 1', während das Zugseil um 7 oder 8' hinunter zieht, so kann die Last 7- oder 8mal größer seyn, als die Kraft.

In der Praxis muß indessen wohl um $\frac{1}{3}$ weniger gerechnet werden, weil die Reibung und der Widerstand der Seile stark entgegen wirken, und die Seile oft nicht ganz parallel laufen. Flaschenzüge sind jedoch, weil sie einen kleinen Raum einnehmen und sich sehr leicht anbringen lassen, von großem Nutzen.

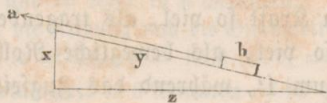
Von der schiefen Fläche.

Zieht man eine Last längs einer senkrechten Fläche in die Höhe, so muß die Kraft der Last gleich seyn.

Zieht man sie hingegen auf einer ganz horizontalen Fläche, so trägt diese das Gewicht der Last, und es wird nur in so weit Kraft erfordert, als mehr oder weniger Reibung zugleich zu überwinden ist. Die Kraft richtet sich daher auf solchen Flächen bloß nach der Reibung; wird diese so viel als möglich vermindert, wie dieß bei gut geschmierten Rädern der Fall ist, die auf glatten Eisenbahnen laufen, so kann eine sehr große Last mit einer sehr geringen Kraft vorwärts gezogen werden. (S. Nr. 9.)

Ist die Fläche aber weder senkrecht noch wagerecht, sondern schief, so trägt dieselbe nur einen Theil der

Last, und einen um so größeren, je mehr sie sich der horizontalen nähert, d. h. je größer das Verhältniß der Länge zur Höhe ist.



Die Regel ist also die: Die Kraft a verhält sich zur Last b , wie die Höhe x zur Länge y .

- Anmerk. 1. Die Regel ist indessen nur genau, wenn die Kraft a parallel mit der schiefen Fläche y zieht; wirkte sie parallel mit der horizontalen z , so verhielte sich die Kraft wie $x : z$.
2. Die Regel gibt, streng genommen, nur die Kraft, um den Körper b im Gleichgewichte zu halten, oder das Herabgleiten zu hindern, um sie aufwärts zu bewegen, muß sie etwas größer seyn.
3. Hauptsächlich ist aber zu beachten, daß bei dieser Regel von aller Reibung abstrahirt ist. In der Praxis, wo die Reibung nie ganz wegfällt, wird eine größere Kraft erfordert, um die Last hinaufzuziehen, und eine geringere, um sie vor dem Fallen zu hindern, als sie die Regel angibt.
4. Je bedeutender die Reibung ist, desto größer ist der Unterschied. Die Reibung allein kann daher oft das Hinabgleiten verhindern oder zum Herabführen sogar noch einige Kraft erfordert werden.

Beisp. Eine Last von 600 $\mathfrak{z}$ könnte also auf einer schiefen Fläche, die auf 12' Länge nur um 1' steigt, mit 50 $\mathfrak{z}$ gezogen werden, wenn keine Reibung vorhanden wäre. Beträgt diese aber $\frac{1}{8}$ oder 75 $\mathfrak{z}$, so erfordert es eine Kraft von $75 + 50 = 125 \mathfrak{z}$ zum Hinaufziehen und $75 - 50 = 25 \mathfrak{z}$ zum Herunterziehen. Würde die Reibung hingegen bloß $\frac{1}{15} = 40 \mathfrak{z}$ betragen, so würde die Last von selbst heruntergleiten, und zwar mit einer Kraft von $50 - 40 = 10 \mathfrak{z}$.

Nennen wir P die Last, r das Reibungs- und g das Steigungsverhältniß, so ist die erforderliche Kraft
aufwärts $= rP + gP$ und abwärts $rP - gP$.

Je vollkommener Bahn und Wagen sind, desto kleiner wird r , und desto mehr Einfluß hat jede Veränderung der Neigung auf die nöthige Zugkraft.

Bei guten Landstraßen und gewöhnlichen Frachtwagen ist r zu $\frac{1}{25}$ oder $\frac{1}{30}$ anzunehmen. Bei einer Steigung von 4% wird aufwärts also schon die doppelte, abwärts keine Zugkraft nöthig.

Auf Eisenbahnen ist r $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{250}$, oder nur $\frac{1}{280}$. Auf völlig horizontalen kann 1 Pferd, wenn dessen Zugkraft 1 Etnr. an 250 Etnr. ziehen; bei $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ % Steigung aber schon nur halb so viel.

Vom Keil.

Der Keil wird nur selten als eigentliche Maschine (wie z. B. bei den holländischen Delpressen) angewandt, wiewohl manche Werkzeuge im Grunde als Keile zu betrachten sind, wie z. B. Messer, Beile, Nägel u. a. Es wird hier also nur bemerkt, daß der Keil aus zwei schiefen Flächen besteht, und daß gegen beide der Widerstand als Last drückt, während die Kraft gegen denselben senkrecht wirkt.

Von der Schraube.

Wickelt man eine Schnur spiralförmig um einen Cylinder, so erhält man Schraubengänge; ein Schraubengang kann auch als eine um einen Cylinder gelegte schiefe Fläche angesehen werden.

Jede Schraube bewegt sich in analogen hohlen Gängen, oder einer Mutter; und man dreht entweder die Schraubenspindel selbst oder die Mutter. In beiden Fällen wird bei jeder einmaligen Umdrehung der Widerstand oder die Last um so viel verrückt (gehoben oder zusammengepreßt), als ein Schraubengang von dem andern absteht, und daraus erhellt schon die Regel, daß man durch die Schraube so vielmal an Kraft gewinnt, als der Umfang der Spindel größer ist, als die Höhe eines Schraubenganges.

- Anmerk. 1. Fast immer wird die Schraube (oder die Mutter) noch mittelst eines Hebels gedreht; dadurch wird also der Umkreis der Kraft noch viel größer und hiemit noch weit mehr gewonnen.
2. Unter dem Umfange, der hier in Rechnung kommt, versteht man den des mittlern Kreises, oder desjenigen, der durch die Mitte des Vorsprunges des Schraubenganges gezogen wird.

Beisp. Ist der Umfang der Schraube = 7" und die Höhe 1", so wird die Pression um das Siebenfache verstärkt; ist die Schraube aber mit einem Hebel versehen, so daß die Kraft in einem Abstände von 12" von der Axenlinie der Schraube wirkt, so ist der Weg, den dieselbe für jede Umdrehung der Schraube machen muß, nicht 7", sondern $2 \times 3,14 \times 12" = 75,36$, und die erzeugte Pression beträgt daher in diesem Falle das 75fache der angewandten Kraft.

- Anmerk. 3. Die Schrauben sind nicht nur in Hinsicht des Materials und der Gestalt der Gänge verschieden (so gibt es Schrauben aus Holz und Metall, und Schrauben mit scharfen, runden und flachen Gewinden), sondern man verfertigt auch, um die Last besser zu vertheilen, mehrgängige Schrauben. Hat eine solche drei Gänge (sils), die parallel laufen, so sind bei der Berechnung drei nur für einen zu zählen. Wirklich steigt auch bei jeder Drehung die Schraube um einen dreifachen Abstand, und also weit mehr als bei einfachen. Daher treibt denn auch die senkrecht wirkende Last solche viel steiler gewundene Schrauben weit leichter wieder zurück.
4. In der Praxis muß mehr als bei irgend einer andern Potenz abgerechnet werden, weil bei keiner die Reibung so groß ist. Daraus entspringt jedoch oft der Vortheil, daß die Last nicht leicht die Schraube wieder rückwärts treibt, wenn auch die Kraft zu wirken aufhört.

Poncelet gibt für Schrauben mit rektangulären Gängen Folgendes an:

Damit die Schraube eine hinreichende Festigkeit habe, um der Torsion zu widerstehen, soll der innere Radius der Schraube 3mal größer als die Breite des Vorsprunges seyn, und letztere gleich der Höhe desselben oder der halben

Höhe des Schraubenganges. Bezeichnet man also die Höhe oder Schrift eines ganzen Ganges durch h , so wird der äußere Radius $= \frac{4h}{2}$, der innere Radius $= \frac{3h}{2}$, folglich

der mittlere Radius $\frac{(4 + 3) h}{2 \times 2} = \frac{7}{4}h$ seyn.

Führt man diesen Werth in die Gleichung:

$$R = \frac{fQ (h^2 + 4 \pi^2 r^2)}{2 \pi r - fh}$$

welche Poncelet für die Reibung angibt, die bei der Bewegung einer Schraube mit rektangulären Gängen statt hat, und wo f den Rapport der Reibung zur Pression Q bezeichnet, so erhält man folgenden Werth für die Reibung:

$$R = \frac{122 f \times Qh}{11 - f}$$

Ist die Schraube aus Eisen, die Mutter aus Messing, so hat man $f = 0,17$ und man erhält alsdann:

$$R = 1,92 Qh.$$

Da mittelst der Schraube nur ein nützlicher Effekt von Qh hervorgebracht wird, so folgt hieraus, daß die Reibung beinahe doppelt so viel Kraft absorbiert, und daß also der Effekt der anzuwendenden Kraft wohl dreimal so groß seyn muß, als der Effekt der Last.

In dem oben angegebenen Beispiele (p. 90.) würde also der Reibung wegen die angewandte Kraft nur eine $\frac{75}{3} = 25$ mal größere Last heben können, obschon die Geschwindigkeit der letzteren nicht vermehrt würde, sondern immer 75mal kleiner als diejenige der Last bleiben würde.

Die angegebene Reibung setzt indessen den Fall voraus,

wo beide Theile, die Schraubenspindel und die Schraubemutter, frei sind; da aber immer der eine dieser Theile fix bleiben muß, so wird die Reibung noch mehr vergrößert. Im Falle, wo die Spindel fix bleibt und die Mutter bewegt wird, kommt selbst die Reibung dieser letztern gegen ihre Unterlage hinzu, welche sehr beträchtlich ist, jedoch durch Friktionsrollen vermindert werden kann. Es ist also der Fall, wo die Mutter fix bleibt und die Spindel herumbewegt wird, immer vortheilhafter.

Bei Schrauben mit dreieckigten Schraubengängen ist die Reibung noch etwas größer als bei rektangulären.

Gewöhnlich gibt man der Sektion des Schraubenganges bei Schrauben aus nicht gar hartem Holze die Form eines gleichschenkligen Rektangels. Bei Schrauben aus härterem Holze, Eisen oder Metall hingegen die Form eines gleichseitigen Dreiecks. Je höher die Mutter ist, d. h. je mehr Schraubengänge dieselbe faßt, desto größere Solidität besitzt sie; dagegen sind auch die Reibungsflächen und somit die Reibung um so größer.

Die Schrauben dienen nicht nur, um einen Druck hervorzubringen wie bei Pressen, sondern werden noch viel häufiger angewendet, um zwei Körper an einander zu befestigen. Dieselben werden entweder zwischen dem Kopfe der Schraube und einer Mutter zusammengedrückt, oder es bildet einer dieser Körper selbst die Mutter, wie z. B. bei Holzschrauben. Im erstern Falle sollte die Höhe der Mutter wenigstens so viel als die Dicke der Schraube betragen.

Ferner werden Schrauben angewendet, um langsame und sehr genaue Bewegungen hervorzubringen, wie bei

Stellschrauben, Mikrometerschrauben, Leitspindeln von Drehbänken und Supportfixen etc.

Eine weitere Anwendung der Schrauben findet sich endlich bei der Schnecke oder Schraube ohne Ende, welche durch Eingreifen in ein Zahnrad die Bewegung einer Achse auf eine andere fortpflanzt. (S. Nr. 24.)

In sämtlichen Fällen, wo die Schrauben keinen großen Druck zu erleiden haben, kann der Vorsprung der Schraubengänge viel größer gemacht werden, als es obige Regeln angeben.

Nr. 11.

Auffindung des Schwerpunktes.

In jedem festen Körper befindet sich ein Punkt, dessen Unterstüßung allein den ganzen Körper zu fallen hindert. Dieser Punkt heißt der Schwerpunkt oder der Mittelpunkt der Schwere (*centre de gravité*).

Ist derselbe unterstüßt, so äußern alle übrigen Theile der Körper keine Schwere; alle Schwere scheint hiemit in jenem Punkte vereinigt zu seyn. Dem Mechaniker muß es demnach oft sehr wichtig seyn, zu wissen, wo der Schwerpunkt eines Körpers liegt.

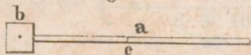
Häufig trifft der Mittelpunkt der Größe nicht mit dem der Schwere zusammen. Bei einer überall gleich schweren Stange hat allerdings dieß Statt, und es liegt der Schwerpunkt in der Mitte. Wird das eine Ende aber etwas leichter gemacht, so bleibt der Mittelpunkt der Größe zwar derselbe, aber der Schwerpunkt wird dabei dem schwere- ren Ende näher gerückt.

Der Schwerpunkt ist nämlich offenbar der Punkt, gegen den, als Stüßpunkt betrachtet, alle gewichtigen Theile des Körpers nach den Gesetzen des Hebels im Gleichgewicht sind; außer dem Gewicht kommt also nicht minder die Entfernung der Theile von jenem Punkte in Betracht.

Für einige symmetrische Körper ist dieser Punkt sehr leicht zu bestimmen. Bei der Kugel ist er im Centrum derselben; eben so bei einer freisrunden oder elliptischen,

überall gleich dicken Platte. Bei einer parallelepipedalischen oder rhomboidalischen liegt er im Durchschneidungspunkte der Diagonalen; bei überall gleich dicken Stangen in der Mitte u. s. w.

Ist an dem einen Ende einer solchen Stange ein Gewicht befestigt, so läßt sich der Schwerpunkt also berechnen: Gesezt, die Stange a



sey 12' lang und 80 Pfund schwer, und das Gewicht b 100 Pfund, so bedenke man, daß der Schwerpunkt der Stange allein in der Mitte c liegt, also 6' vom Schwerpunkte des Gewichts. Man kann sich hiemit vorstellen, man habe eine 6' lange Stange ohne Gewicht; an dem einen Ende c lasten 80, am andern b 100 Pfund, und es frage sich, wo der Stützpunkt zwischen beiden seyn wird?

Dieser findet sich nun durch die Proportion:

Wie beide Gewichte zur ganzen Länge, so das kleinere Gewicht zur Entfernung des größern vom Stützpunkte, oder $180 : 6$ wie $80 : ?$ oder $2\frac{2}{3}$.

Der gesuchte Schwerpunkt findet sich also $2\frac{2}{3}'$ vom Gewichte b und $3\frac{1}{3}'$ von der Mitte der Stange entfernt.

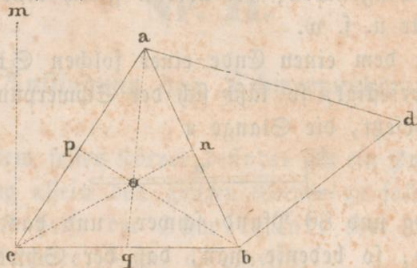
Umgekehrt wird man die Schwere der Stange berechnen können, wenn unter ähnlichen Verhältnissen der Schwerpunkt bekannt ist.

Beisp. Die Stange a sey 10' lang; das Gewicht b = 80 Pf. und der Schwerpunkt liege 2' von b entfernt, wie schwer wird die Stange seyn?

Antw. Der Schwerpunkt der Stange allein liegt in der Mitte, also 3' vom gemeinschaftlichen Schwerpunkt c, hiermit wie 3:2, so $80 : ?$ oder $53\frac{1}{3}$ Pfund.

Folgende Regeln dienen ferner, um die Lage des Schwerpunktes in Flächen und Körpern zu bestimmen:

I. Den Schwerpunkt o eines Dreiecks a b c



findet man, wenn man zwei Seiten a c, b c desselben in zwei gleiche Theile theilt und durch die Theilungspunkte q und p Linien nach den gegenüberstehenden Scheiteln a und b zieht. Der Punkt o, wo sich diese zwei Linien begegnen, wird der Schwerpunkt des Dreiecks seyn. Da o p immer = $\frac{1}{3}$ b p und o q = $\frac{1}{3}$ a q, so genügt es auch, von einem einzigen Scheitel gegen die Mitte der gegenüberstehenden Seite eine Linie zu ziehen, und den Punkt o so auf derselben zu nehmen, daß dessen Entfernung zur Basis genau $\frac{1}{3}$ dieser Linie beträgt.

II. Den Schwerpunkt eines Trapezes oder Trapezoides a b c d findet man, wenn man dasselbe durch eine Diagonale in zwei Dreiecke vertheilt, den Schwerpunkt und den Inhalt eines jeden Dreiecks berechnet, und die Inhalte als Gewichte ansieht, welche in diesen Schwerpunkten angebracht sind.

Ist z. B. der Inhalt des Dreiecks a b c = 10 □Fuß, der des Dreiecks a b d = 12 □', die senkrechte Entfernung des Schwerpunktes des erstern Dreiecks von einer angenommenen Linie c m = 5', die des letztern = 9', so werden die Momente der beiden Dreiecke 5×10 und 9×12 und die Summe derselben = 158' seyn, und theilt man diese durch die Summe der Inhalte oder durch den Inhalt des Trapezoides, welcher = $10 + 12 = 22$ □' ist, so erhält man die Entfernung seines Schwerpunktes von der Linie

$$c m = \frac{158}{22} = 7,18 \text{ Fuß.}$$

III. Die Entfernung x des Schwerpunktes eines Trapezes von einer seiner parallelen Seiten $a b$ (Fig. p. 18) kann übrigens durch folgende Formel berechnet werden:

$$x = \frac{1}{3} m n \left(\frac{a b + 2 c d}{a b + c d} \right)$$

Bei sp. Es sey $a b = 6''$, $c d = 10''$ und $m n = 8''$, so ist x oder die Entfernung des Schwerpunktes von der Linie $a b$.

$$= \frac{1}{3} \times 8'' \left(\frac{6 + 2 \times 10}{6 + 10} \right)$$

$$= 4\frac{1}{3}'$$

und dieselbe von der Linie $c d$ an gerechnet

$$= \frac{1}{3} + 8'' \left(\frac{10 + 2 \times 6}{10 \times 6} \right)$$

$$= 3\frac{2}{3}'.$$

IV. Der Schwerpunkt einer Parabel befindet sich auf ihrer Achse und zwar auf $\frac{5}{8}$ derselben von ihrem Scheitel an gerechnet.

V. Der Schwerpunkt eines Kreissegmentes (Fig. p. 28.) befindet sich auf dessen Achse und zwar auf eine Entfernung $o m$, vom Centrum des Kreises, welchem derselbe zugehört,

$$= \frac{1}{12} \times \frac{(a c)^3}{\text{area } a b c}$$

Beisp. Der Inhalt des in p. 28 angegebenen Kreissegmentes $= 16,34 \square'$, die Sehne desselben $12'$. Es wird daher die Entfernung

$$o m = \frac{1}{12} \times \frac{12^3}{16,34} = 8',81 \text{ seyn.}$$

VI. Schwerpunkt der Fläche eines Halbzirkels. Die Entfernung derselben von ihrer Basis oder vom Centrum des Kreises findet man, wenn man den Radius derselben mit $0,4244$ oder mit $\frac{1}{3}$ vervielfacht.

VII. Schwerpunkt einer Fläche, welche von einer krummen Linie begrenzt ist. (Figur p. 33.)

Ist S der Inhalt derselben

a, b, c, d, e, f, g die verschiedenen Ordinaten, welche in einer Entfernung $= m$ von einander abstehen, so ist die Entfernung des Schwerpunktes von der Linie $a a'$

$$= \frac{1}{3} m^2 \left(\frac{0 \times a + 1 \times 4b + 2 \times 2c + 3 \times 4d + 4 \times 4e + 5 \times 4f + 6 \times g}{S} \right)$$

$$= m \left(\frac{4b + 4c + 12d + 8e + 20f + 6g}{a + g + 2(c + e) + 4(b + d + f)} \right)$$

Beispiel. Die Ordinaten einer Ebene seyen folgende:

$$\begin{array}{ll} a = 12' & e = 13' \\ b = 10' & f = 17' \\ c = 5' & g = 2' \\ d = 20' & \end{array}$$

die Entfernung m (zwischen je 2 Ordinaten) sey 21'.

Wie groß ist die Entfernung ihres Schwerpunktes von der Linie gg'?

Antwort.

$$21' \left(\frac{4 \times 17 + 4 \times 13 + 12 \times 20 + 8 \times 5 + 20 \times 10 + 6 \times 12}{12 + 2 + 2(5 + 13) + 4(10 + 20 + 17)} \right)$$

$$= 21' \times \frac{672}{239}$$

$$= 59',3.$$

VIII. Der Schwerpunkt eines Kegels oder einer Pyramide liegt auf $\frac{1}{4}$ ihrer Höhe von der Basis weg.

IX. Der Schwerpunkt einer Halbkugel liegt in einer Entfernung von der Basis = $\frac{3}{8}$ ihres Halbmessers.

X. Der Schwerpunkt eines Paraboloides ist von der Basis um $\frac{1}{3}$ seiner Höhe entfernt.

XI. Schwerpunkt eines Kugelabschnittes (Calotte). Ist R der Radius der Kugel,

h die Höhe des Segmentes,

so ist die Entfernung des Schwerpunktes von dem Centrum der Kugel

$$= R - h \left(\frac{8R - 3h}{12R - 4h} \right)$$

Ist ein Körper an irgend einem Punkte aufgehängt, so liegt der Schwerpunkt derselben stets in der Vertikale, welche aus dem Aufhängpunkte herunter gezogen wird.

Es kann daher der Schwerpunkt eines jeden Körpers noch durch folgendes praktische Verfahren bestimmt werden:

Man hänge den Körper an zwei verschiedenen Stellen auf, so daß er sich um den Aufhängungspunkt frei bewegen kann, und beobachte in beiden Fällen die von jenem Punkte abwärts gerichtete senkrechte Linie. Wo beide Senkrechten sich durchschneiden, liegt der Schwerpunkt des Körpers.

Der Schwerpunkt eines Schiffes, einer Maschine, oder irgend einer andern zusammengesetzten Vorrichtung wird gefunden, wenn man das Gewicht und den Schwerpunkt eines jeden einzelnen Theiles bestimmt und dann auf oben angegebene Art verfährt.

Anmerk. Die Lage des Schwerpunktes eines Körpers, so wie eines jeden Punktes im Allgemeinen ist nur dann genau bestimmt, wenn die Entfernungen von drei gegebenen Ebenen, welche gewöhnlich senkrecht zu einander stehen, angegeben sind. Oft aber hat man nur nöthig, die Lage des Schwerpunktes in einer einzigen Richtung oder in zweien zu wissen, und meistens findet sich dieselbe in einer Richtung mit Leichtigkeit, indem nämlich der Körper überall dieselbe Dicke hat, kreisförmig oder sonst symmetrisch ist.

An einem unbeladenen Schiffe liegt z. B. der Schwerpunkt immer in der Achse desselben. Die Bestimmung der Lage des Schwerpunktes ist besonders bei der Konstruktion von Seeschiffen sehr nöthig.

Die Höhe des Schwerpunktes derselben führt zur Bestimmung ihrer Stabilität, oder der Kraft, welche es braucht, um das Schiff aus seiner senkrechten Lage in eine schiefe zu versetzen, und welche desto größer ist, je kleiner die Distanz zwischen dem Schwerpunkte des Schiffskörpers und des versetzten Wasserkörpers ist.

Die Lage des Schwerpunktes in der Länge des Schiffes muß hingegen bestimmt werden, um die verschiedenen Gewichte und Ladungen so in demselben zu vertheilen, daß das Schiff im Wasser horizontal zu liegen kommt, oder eher der Hintertheil desselben etwas tiefer eintaucht als der Vordertheil, indem nämlich erwiesen ist, daß der Widerstand des Wassers in diesem Falle geringer ist, als wenn der Vordertheil tiefer eintaucht als der Hintertheil. In Dampfschiffen kann diese Bedingung durch die Zusammenstellung der Maschinen, des Kessels, der Kohlenräume u. erfüllt werden.

Beispiel. Es sey A B

Nr. 12.

Berechnung fallender Körper.

Jeder fallende Körper fällt bekanntlich mit immer zunehmender, oder beschleunigter Geschwindigkeit.

Erfahrung und Theorie lehren darüber Folgendes:

1) Die Räume, welche der Körper durchläuft, wachsen für jeden folgenden Zeittheil, wie die ungeraden Zahlen, oder wie 1, 3, 5, 7, 9, u. s. w.

D. h., theilt man die ganze Zeit des Falles z. B. in vier gleiche Theile, und fällt er im ersten Zeittheil einen Raum = a herunter, so beträgt der Raum im zweiten $3a$, im dritten $5a$ und im vierten $7a$.

2) Die Totalräume verhalten sich wie die Quadrate der Fallzeiten; oder fällt ein Körper zwei- oder dreimal länger, so durchfällt er einen vier- oder neunmal größern Raum.

Anmerk. In der That ist der Raum im ersten Zeittheile = a , und im 2ten = $3a$, so beträgt er für beide zusammen $4a$; d. h. fällt er zweimal länger, so legt er viermal mehr Weg zurück. Eben so wird er in den drei ersten Zeittheilen zusammen $9a$, in allen vier Zeittheilen $16a$ durchfallen.

3) Ein senkrecht und freifallender Körper braucht gerade eine Sekunde, um

15,1 pariser Fuß.

oder 15,625 rheinl. Fuß ($15\frac{5}{8}$ '),
 „ 16,1 engl. „
 „ 17,277 leipz. „
 „ 16,348 Schweizerfuß,
 „ 17,116 würtemb. Fuß,
 „ 4,9044 Meter

zu durchfallen.

Fällt er 2 Sek. lang, so wird er also $4 \times 15'$ oder circa 60 franz. oder 64 engl. Fuß durchlaufen; fällt er dagegen nur $\frac{1}{2}$ Sek. lang, so fällt er nur $\frac{15}{4}$ franz. Fuß, oder $\frac{16}{4} = 4'$ engl. herab.

Jene Zahl (15,1 rc.) pflegt man die Gallileische zu nennen, und den doppelten Werth derselben in den Formeln mit g zu bezeichnen.

4) Die Geschwindigkeit, die der Körper am Ende des Falles erlangt hat, ist so groß, daß er mit derselben, wenn sie gleichförmig bliebe, in der nämlichen Zeit den doppelten Weg zurücklegen könnte. Am Ende der ersten Sekunde ist sie also $= g = 30$ par. Fuß $= 9^m,8088 = 31\frac{1}{4}$ rhein. Fuß $= 32$ engl. Fuß.

5) Die Endgeschwindigkeiten, oder die Geschwindigkeiten, die der Körper durch den Fall erlangt hat in dem Augenblick, wo er anschlägt, wachsen wie die Zeiten. Ist er $1\frac{1}{2}$ Sek. lang gefallen, so ist sie $= 1\frac{1}{2} \times 30$ oder 45 par. Fuß u. s. w. (oder $g \cdot t$, wenn t die Anzahl Sek. bezeichnet).

6) Diese Gesetze gelten auch für den Fall auf einer geneigten Ebene, nur sind die durchlaufenen Räume im Verhältnisse der senkrechten Höhe zur Länge des Weges kleiner.

Hat also die Ebene $\frac{1}{5}$ Fall, oder z. B. auf 30 Fuß Länge eine Steigung von 6 Fuß, so wird eine Kugel, die

auf derselben herabrollt, in der ersten Sek. nur $\frac{45}{5}$ oder 3'; in der zweiten 3×3 oder 9', in der dritten 5×3 oder 15' weit laufen.

In der Wirklichkeit entspricht der Erfolg nun freilich diesen Regeln gewöhnlich nicht vollkommen, da der Widerstand der Luft und die Reibung den freien Fall oft merklich hemmen.

Das erste Hinderniß wirkt indessen nur bedeutend, wenn Körper hoch herabfallen, wenn sie ein geringes spezifisches Gewicht haben, oder mit einer großen Fläche die Luft durchschneiden. Denn je mehr Luft sie im Fallen verdrängen müssen, desto mehr verlieren sie wieder von der durch den Fall erlangten Kraft.

Die Reibung kommt hingegen fast einzig bei Körpern, die auf geneigten Flächen herabgleiten, in Betracht.

Immerhin ist die Kenntniß jener Gesetze auch für den praktischen Mechaniker sehr nützlich; und besonders vielfache Anwendung finden obige Regeln bei der Berechnung der Wasserkräfte, obschon auch hier einerseits zufolge der Reibung die Geschwindigkeit merklich vermindert wird, und anderseits das fallende Wasser oft vor dem Fall schon eine gewisse Geschwindigkeit hat.

Verzögerter Fall.

Der Fall wird nicht nur auf einer schiefen Ebene langsamer, sondern auch so oft eine verzögernde Kraft entgegenwirkt. Hängen z. B. an beiden Enden der über eine feste Rolle geschlagenen Schnur Gewichte, aber ungleich, so wird (wenn von der Reibung u. abgesehen wird)

das größere sinken, jedoch natürlicher Weise langsamer, als wenn es frei herunterfiel. Der Fallraum verhält sich zum freien wie $\frac{P - p}{P + p} : 1$, wo P das größere und p das kleinere Gewicht bedeutet.

Beisp. Wie schnell fällt das Gewicht $P = 100 \text{ Z}$, wenn an dem andern Ende ein Gewicht von 50 Z hängt, das also heraufgezogen werden muß?

Antw. $\frac{P - p}{P + p} = \frac{50}{150} = \frac{1}{3}$.

Statt in der ersten Sekunde $15,09$ franz. Fuß zu durchfallen, fällt P nur durch einen Raum von $5,03'$, in der zweiten $15,09$ u. s. w. Auch die Endgeschwindigkeit ist nur $10,06'$, statt $30,18'$ u.

Anmerk. Außerdem wird aber der Fall durch die Reibung und die Steifigkeit des Seiles merklich gehindert.

Allgemeine Regeln zur Berechnung freifallender Körper.

Folgende Formeln dienen zur genauern Berechnung, wenn nämlich von dem Einfluß der Luft abgesehen wird, und wenn:

g den doppelten Fallraum in der ersten Sekunde,

h die Fallhöhe,

t die Zeit in Sekunden, und

v die Endgeschwindigkeit

bezeichnen.

1) $v = \frac{2h}{t}$

2) $v = gt$

3) $v = \sqrt{2gh}$

4) $h = \frac{vt}{2}$

5) $h = \frac{1}{2}gt^2$

6) $h = \frac{v^2}{2g}$

7) $t = \frac{2h}{v}$

8) $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

9) $t = \frac{v}{g}$

Und setzt man für g die obigen Werthe nämlich $g = 30,2$ par. Fuß, $31,25$ rheinl. Fuß u. s. w.), so findet man, wenn v gegeben ist (nach 6):

$$h = 0,0165 \times v^2 \text{ in pariser Fuß,}$$

$$h = 0,0155 \times v^2 \text{ in engl. "}$$

$$h = 0,016 \times v^2 \text{ in rheinl. "}$$

$$h = 0,0143 \times v^2 \text{ in leipziger "}$$

$$h = 0,0153 \times v^2 \text{ in schweizer "}$$

$$h = 0,0146 \times v^2 \text{ in würtemb. "}$$

$$h = 0,0509 \times v^2 \text{ in Metern.}$$

Wenn h gegeben ist (nach 3):

$$v = 7,772 \times \sqrt{h} \text{ in pariser Fuß, oder } \sqrt{60,4 h.}$$

$$v = 8,025 \times \sqrt{h} \text{ in engl. " " } \sqrt{64,3 h.}$$

$$v = 7,88 \times \sqrt{h} \text{ in rheinl. " " } \sqrt{61,5 h.}$$

$$v = 8,337 \times \sqrt{h} \text{ in leipziger " " } \sqrt{69,3 h.}$$

$$v = 8,086 \times \sqrt{h} \text{ in schweizer " " } \sqrt{65,40 h.}$$

$$v = 8,275 \times \sqrt{h} \text{ in würtemb. " " } \sqrt{68,47 h.}$$

$$v = 4,429 \times \sqrt{h} \text{ in Metern " } \sqrt{19,62 h.}$$

und wenn v gegeben ist (nach 9):

$$t = 0,0331 \times v \text{ in pariser Fuß,}$$

$$t = 0,031 \times v \text{ in engl. "}$$

$$t = 0,032 \times v \text{ in rheinl. "}$$

$$t = 0,0287 \times v \text{ in leipz. "}$$

$$t = 0,0309 \times v \text{ in schweiz. "}$$

$$t = 0,0302 \times v \text{ in würtemb. "}$$

$$t = 0,1020 \times v \text{ in Metern.}$$

Beisp. 1) Wenn ein Körper $4\frac{1}{2}$ Sekunden lang fällt, wie viel pariser Fuß durchfällt er?

Antw. (Nach 5) $4\frac{1}{2} \times 4\frac{1}{2} \times \frac{30',2}{2} = 305',775.$

2) Hat ein Körper am Ende seines Falles eine Geschwindigkeit von $48'$ (engl.), wie groß ist seine Fallhöhe?

Antw. $h = 0,0155 \times 48^2 = 0,0155 \times 2304 = 35',712.$

3) Wie groß muß die Fallhöhe (in rheinl. F.) seyn, damit ein Körper eine Geschwindigkeit von 11' erlange?

Antw. $h = 0,016 \times 11^2 = 1,936'$.

4) Welche Endgeschwindigkeit erlangt ein Körper (in rheinl. Fuß), der 180' hoch herunterfällt?

Antw. $v = 7,88 \cdot \sqrt{180} = 105',592$.

5) Welche erlangt er, wenn er $5\frac{1}{2}$ Sek. fällt in pariser Fuß?

Antw. $v = 30',2 \times 5\frac{1}{2} = 166'$.

6) Wie lange fällt ein Körper, der eine Geschwindigkeit von 19' (engl.) hat?

Antw. $0,031 \times 19 = 0,589$ Sek.

7) Wie viel Däumlinge können an einer Welle angebracht seyn, welche 19 Umgänge per Minute macht, um einen Pochstempel in Bewegung zu setzen, dessen Hub = 3' ist?

Antw. Um alle Stöße gegen den Stempel zu vermeiden, darf der Däumling nicht eher denselben angreifen, als bis derselbe seinen vorhergehenden Fall beendet hat. Es ist also die Zeit auszurechnen, welche derselbe braucht, um von der Höhe von 3' herunter zu fallen. Es ist $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 3}{30,2}}$$

$$= 0,45 \text{ Sekunden.}$$

In einer Minute können also $\frac{60}{0,45} = 133$ Stempelzüge gethan

werden, und also während eines Umgangs der Welle $= \frac{133}{19} = 7$

Stempelzüge, welches auch die Anzahl der Däumlinge an der Welle angibt. Da der Bogen zwischen zwei auf einander folgenden Däumlingen gerade so groß seyn muß als die Hubshöhe = 3', so muß die Circumferenz $3 \times 7 = 21'$ und folglich

der mittlere Durchmesser der Welle $= \frac{21}{3,14} = 6',6$ betragen.

Tabelle über die bei verschiedenen Fallhöhen erhaltenen Geschwindigkeiten.

Fallhöhe.	Geschwindigkeit.		Fallhöhe.	Geschwindigkeit.	
	Meter.	Schweizer oder badische Fuß.		Meter.	Schweizer oder badische Fuß.
0,5	3,132	5,72	4,2	9,077	16,57
0,6	3,403	6,26	4,4	9,290	16,96
0,7	3,705	6,76	4,6	9,501	17,34
0,8	3,961	7,23	4,8	9,704	17,72
0,9	4,208	7,67	5,0	9,904	18,08
1,0	4,430	8,09	5,2	10,100	18,44
1,1	4,645	8,48	5,4	10,293	18,78
1,2	4,852	8,86	5,6	10,482	19,12
1,3	5,050	9,22	5,8	10,667	19,45
1,4	5,241	9,56	6,0	10,850	19,81
1,5	5,425	9,90	7,0	11,720	21,39
1,6	5,603	10,23	8,0	12,528	22,86
1,7	5,775	10,55	9,0	13,290	24,27
1,8	5,943	10,85	10,0	14,006	25,56
1,9	6,105	11,14	11	14,690	26,82
2,0	6,264	11,43	12	15,344	28,14
2,1	6,419	11,72	13	15,971	29,15
2,2	6,570	11,99	14	16,573	30,26
2,3	6,718	12,26	15	17,155	31,32
2,4	6,862	12,52	16	17,718	32,34
2,5	7,003	12,78	17	18,263	33,34
2,6	7,143	13,04	18	18,792	34,29
2,7	7,279	13,28	19	19,308	35,25
2,8	7,412	13,52	20	19,809	36,17
2,9	7,542	13,77	25	22,147	40,43
3,0	7,672	14,07	30	24,261	44,29
3,2	7,922	14,46	35	26,205	47,81
3,4	8,167	14,91	40	28,012	51,12
3,6	8,416	15,34	45	29,698	54,25
3,8	8,634	15,76	50	31,329	57,18
4,0	8,859	16,17			

Regeln für geworfene Körper.

Wirft man einen Körper in die Höhe, so braucht derselbe gerade so viel Zeit zum Steigen, als zum Wiederherunterfallen; er muß dieselbe Anfangsgeschwindigkeit haben, die er am Ende durch den Fall erlangt; seine Geschwindigkeit nimmt auf dieselbe Weise ab, wie sie beim Falle zunimmt. Die obigen Formeln sind daher auch auf den Wurf anzuwenden, in so fern man auch hier von der Einwirkung der Luft abstrahirt.

Beisp. 1) Wie hoch stieg ein Körper, der nach 6 Sek. wieder niederfällt?

Antw. Zum Niederfallen braucht er so viel Zeit, als zum Steigen, also 3 Sek. Die Frage ist also die: Wie hoch fällt ein Körper innerhalb 3 Sek. Man findet (nach 5) $\frac{g \cdot 3^2}{2} = 15,1 \times 9$ franz. Fuß = 135,9.

2) Wie hoch steigt ein Körper, der im Anfang eine Geschwindigkeit von 80' (rheinh.) hat?

Antw. Dieselbe wird beim Niederfallen seine Endgeschwindigkeit seyn. Also haben wir

$$0,016 \times 80^2 = 0,016 \times 6400 = 102,4.$$

3) Wie hoch mag ein Körper steigen, der senkrecht mit 600' Geschwindigkeit in die Höhe geschossen wird? (in franz. Fuß.)

Antw. $h = 0,0165 \times 600^2 = 5940'.$

4) Wie lange steigt eine Kugel, die mit 250' (rheinh.) Geschwindigkeit senkrecht in die Höhe geschossen wird, und wie hoch steigt sie?

Antw. $t = 0,032 \times 250 = 8$ Sek.

$$h = 0,016 \times 250^2 = 1000'.$$

Nr. 13.

Berechnung der Ramm-Maschinen.

Ist S das Gewicht, welches ein Pfahl zu tragen im Stande seyn muß, so muß derselbe so weit in die Erde eingetrieben werden, bis der Widerstand, welchen die Erde dem weitem Eindringen des Pfahles entgegensetzt, und von ihrer Natur abhängt, demselben gleich ist. Und ist alsdann h die Tiefe, um welche der Pfahl bei einem Schlage des Rammflozes eindringt, so ist der Effect, welchen derselbe bei jedem Schlage hervorbringen muß, = Sh. Dieser steht aber auch in einfachem Verhältnisse zu dem Gewichte P des Rammflozes, und zu der Höhe H, von welcher derselbe herunterfällt. Es ist daher

$$PH = SH$$

Hieraus folgt, daß es z. B. eben so vortheilhaft ist, einen Rammflog von 3 Centner Gewicht von einer Höhe von 10 Fuß, als einen von 2 Centner von einer Höhe von 15 Fuß fallen zu lassen. Da $H = \frac{v^2}{2g}$ ist, so wird die Endgeschwindigkeit, mit welcher der Rammflog auf den Pfahl fällt, im erstern Falle = 24,57 franz. Fuß, im zweiten Falle = 30,10 Fuß betragen.

Die Richtigkeit dieser Regeln beweisen unter andern folgende Resultate von Woltmanns Versuchen. *

Gewicht des Ramm- floßes in $\mathfrak{z} = \text{P.}$	Wider- stand der Erde in $\mathfrak{z} = \text{S.}$	Fallhöhen des Rammfloßes.				
		$H=1'$	$H=2'$	$H=3'$	$H=4'$	$H=6'$
		Eindringen des Pfahles in Fuß nach der Beobachtung.				
16	269	0,06	0,13	0,19	0,26	0,40
8	269	0,02	0,04	0,06	0,09	0,13
4	269	—	0,01	0,02	0,03	0,04
8	497	0,01	0,02	—	0,04	0,07
8	154	0,04	0,08	—	0,17	0,25

Uebrigens dürfen in der Ausführung die Pfähle bei weitem nicht mit den Gewichten belastet werden, welche durch diese Formel erhalten werden, sondern nach folgender Angabe von Cytelwein bloß mit ungefähr $\frac{1}{8}$ derselben.

Fallhöhe des Rammfloßes = 5 Fuß.		
Gewicht des Rammfloßes in Centnern.	Eindringen des Pfahles während 20 Schlägen in Zollen.	Last, welche der Pfahl tragen kann, in Centn.
6	11,5	100
8	6,2	200
10	5,7	300
12	4,7	400
15	5,1	500
18	4,6	600

* Siehe Recherches théoriques et expérimentales sur l'effet des machines et outils par Woltmann. 1804.

Beisp. Wie viel Etnr. ist ein Pfahl im Stande mit Sicherheit zu tragen, welcher mit einem Rammfloße von 550 $\mathfrak{z}$ Gewicht und bei einer Fallhöhe von 6 Fuß in den letzten 25 Schlägen nur $\frac{1}{4}$ Fuß tiefer in die Erde gedrungen ist.

Antw. $Sh = \frac{1}{8} PH$

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{8} \times \frac{PH}{h} \\ &= \frac{1}{8} \times 550 \times 6 \times 25 \times 4 \\ &= 412\frac{1}{2} \text{ Etnr.} \end{aligned}$$

Nr. 14.

Berechnung der Pendel-Bewegungen.

Pendel heißt ein an einem Faden aufgehängtes Gewicht, das, aus der lothrechten Richtung verrückt, um den Aufhängungspunkt schwingt.

Die Stelle des Fadens kann auch ein Draht oder eine dünne Stange vertreten, wenn das Gewicht derselben unbedeutend ist. Muß dieses in Betracht kommen, so gelten die folgenden Gesetze zwar auch für solche Pendel, nur sind sie als kürzer zu betrachten. Es ist daher hier nur von dem reinen Pendel die Rede.

Jeder weiß, daß ein längerer Pendel langsamere Schwingungen, oder in derselben Zeit, in 1 Min. z. B., weniger Schwingungen hat.

Erfahrung und Theorie lehren aber Folgendes:

1) Die Schwingungszeiten verhalten sich an einem und demselben Orte wie die Quadratwurzeln der Längen.

Heißt man L und l die Längen
und T und t die Schwingungszeiten } zweier Pendel,
so verhält sich $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$.

2) Die Anzahl der Schwingungen in derselben Zeit, z. B. 1 Min., verhalten sich umgekehrt wie die Schwingungszeiten, und also umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Längen.

Heißt man L und l die Längen
und N und n die Zahl der Schwingungen } zweier Pendel,
so verhält sich $N : n = \sqrt{l} : \sqrt{L}$.

3) Damit ein Pendel genau einen einfachen Schwung in einer Sekunde mache, oder 60 in einer Minute, muß es $3' 8\frac{1}{2}''$, oder $36\frac{2}{3}''$ franz. Maaß lang seyn, oder $39\frac{1}{8}''$ engl. oder 0,9936 Meter. Die Länge ändert sich übrigens etwas nach der geographischen Breite.

Unter dem Aequator oder

bei 0° Lat. ist die Länge des Sek.-Pendels = $439,2''$ franz.

" 30	"	"	"	439,8	"
" 45	"	"	"	440,4	"
" 60	"	"	"	441,0	"
" 90	"	"	"	441,8	"

4) Weder die Größe des Gewichts, noch die des Schwingungsbogens, hat einen merklichen Einfluß auf obige Geseze.

Es folgt demnach, daß die Länge eines Pendels:

für halbe Sekunden 0,2484 Meter oder $9\frac{1}{6}''$ franz. oder $9\frac{3}{4}''$ engl.

" Drittel = " 0,1104 " " $4\frac{2}{27}''$ " " $4\frac{1}{3}''$ "

" zwei " 3,9744 " " $12,2\frac{2}{3}''$ " " 13 "

betragen muß.

Für jede gegebene Länge in franz. Zollen findet man die Zeit eines einfachen Schwunges durch die Proportion:

$$\sqrt{36\frac{2}{3}} : \sqrt{1} = 1 \text{ Sek.} : x.$$

$$\text{oder } 6,05 : \sqrt{1} = 1 \text{ Sek.} : x \text{ Sek. oder } x = \frac{\sqrt{1}}{6,05}.$$

Für jede gegebene Länge findet man die Anzahl der Schwingungen in 1 Min. durch die folgende:

$$\sqrt{1} : 6,05 = 60 : x \text{ Schwingungen.}$$

$$\text{oder } x = \frac{363}{\sqrt{1}} \text{ in franz. und } \frac{375}{\sqrt{1}} \text{ in engl. Zollen.}$$

Für jede verlangte Anzahl einfacher Schwingungen n in 1 Min. die Länge in franz. Zollen durch die folgende:

oder $n : 60 = 6,05 : \sqrt{l}$
 oder $n^2 : 3600 = 36\frac{2}{5} : l$

oder $l = \frac{132000}{n^2}$ in franz. und $\frac{140850}{n^2}$ in engl. Zollen.

Beisp. 1) Wie lang muß ein Pendel in franz. Zollen seyn, damit es in 1 Minute 40 Schläge mache?

Antw. $\frac{132000}{40 \times 40} = \frac{132000}{1600} = 82\frac{1}{2}$ Zoll.

2) Wie lang muß ein Pendel in engl. Zollen seyn, damit es in 1 Min. 75 Schwingungen mache?

Antw. $\frac{140850}{75 \times 75} = \frac{140850}{5625} = 25''$.

3) Wie viel Schwingungen macht in 1 Minute ein Pendel, das 48'' franz. lang ist?

Antw. $\frac{363}{\sqrt{48}} = \frac{363}{6,96} = 52\frac{1}{6}$.

4) Wie viel Schwingungen macht ein Pendel von 64'' engl. in einer Minute?

Antw. $\frac{375}{\sqrt{64}} = \frac{375}{8} = 46\frac{7}{8}$.

Das Pendel kann auch als Geschwindigkeitsmesser dienen. Aus der Länge, bei welcher ein Pendel so viel Doppelschwingungen macht als ein Wellbaum Umgänge in derselben Zeit, kann die Anzahl dieser letztern leicht gefunden werden.

Bei einer Pendellänge von 994 Millimeter beträgt nämlich die Anzahl Doppelschwingungen oder Umgänge 30, bei 873 32, bei 773 34, bei 690 36, bei 619 38, bei 559 40; bei 507 42, bei 462 44, bei 423 46, bei 388 48, bei 358 50, bei 331 52, bei 307 54, bei 285 56, bei 266 58, bei 248 60.

Nr. 15.

Vom spezifischen Gewicht.

Unter spezifischem Gewicht versteht man das verhältnißmäßige Gewicht eines Körpers zu dem eines andern von gleichem Volum, oder von bekannter Dichtigkeit.

Es ist allgemein gebräuchlich, das Gewicht oder die Dichtigkeit des Wassers (wenn es rein und kalt ist) als Einheit anzunehmen, und damit die der andern Körper zu vergleichen, da man überall das Gewicht des Wassers bei gegebenem Volum gleichförmig und genau ausmitteln kann (siehe Nr. 6.) und überdieß leichte Mittel hat, um das Gewicht irgend eines Körpers mit demjenigen eines gleichen Volums dieser Flüssigkeit aufzufinden.

Anmerk. Bedient man sich metrischer Maße, so hat man den Vortheil, daß das spezifische Gewicht zugleich auch das absolute Gewicht eines Cubikmeters in Kilogrammen angibt; ebenso gibt dasselbe auch das absolute Gewicht eines englischen Cubikfußes in engl. Unzen an, da ein engl. Cub.=Fuß Wasser $62\frac{1}{2}$ $\mathcal{Z}$ oder 1000 Unzen (Handelsgewicht) wiegt.

Regeln zur Auffindung des spezifischen Gewichts.

1) Ist der Körper schwerer als das Wasser, d. h. sinkt er in demselben unter, so findet man das spezifische Gewicht also:

Man wäge ein beliebiges Stück desselben, an einen Faden gebunden, erst in der Luft, dann im Wasser ab, und dividire die Differenz in dem zuerst gefundenen (absoluten) Gewichte.

Anmerk. Jeder Körper ist nämlich in's Wasser getaucht leichter, weil das Wasser einen Theil seines Gewichtes trägt; und da es gerade so viel trägt, als eine Masse Wasser von gleichem Volum wiegt, so zeigt der Verlust, den der Körper erleidet, genau das Gewicht eines solchen Volums Wasser an.

Beisp. Ein Körper wäge außer dem Wasser $7\frac{1}{2}$ Loth, und in das Wasser gesenkt $6\frac{1}{4}$ Loth, wie groß ist sein spez. Gewicht?

Antw. Er verliert hiemit $7\frac{1}{2} - 6\frac{1}{4} = \frac{5}{4}$ Loth.

Das Verhältniß seines spezifischen Gewichtes zu demjenigen des Wassers ist daher wie $7\frac{1}{2} : \frac{5}{4} = 10 : 1$.

Das spezifische Gewicht dieses Körpers ist also = 10 und 1 Cub.-Fuß Schweizermaaß z. B. wiegt daher 540 Z.

2) Ist der Körper leichter als das Wasser, so daß er darauf schwimmt, so verbinde man einen schwereren mit demselben und verfahre also:

Man wäge sowohl den schweren allein, als auch beide zusammen in und außer dem Wasser, und berechne den Unterschied des Verlustes. Wie dieser sich zum absoluten Gewichte des zu bestimmenden Körpers verhält, so 1 zu dessen spezifischem Gewicht.

Beisp. Welches ist das spezifische Gewicht einer Holzart, die leichter als Wasser ist?

Man befestige an ein Stück derselben a ein Stückchen Metall b. Ergibt sich nun, daß

a + b außer dem Wasser $12\frac{1}{2}$ Loth wiegt,

in dem " 6 "

und b allein außer d. W. 8 "

und " " in demselben $7\frac{1}{4}$ "

so verliert b allein $\frac{3}{4}$ Loth; beide zusammen aber $6\frac{1}{2}$ Loth;

Die Wasser-Masse, welche a verdrängt, muß also $6\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$ oder $5\frac{3}{4}$ Loth wägen. Da nun a selbst $12\frac{1}{2} - 8 = 4\frac{1}{2}$ Loth wiegt, so findet sich das spezifische Gewicht durch die Proportion:

$$5\frac{3}{4} : 4\frac{1}{2} = 1 : x = 0,782.$$

Ein engl. Cub.-F. dieser Holzart würde hiemit 782 Unz. = 48,8 π und 1 Cubikmeter 782 Kil. wägen.

3). Das spezifische Gewicht von andern Flüssigkeiten findet man, wenn man irgend einen (die Flüssigkeit nicht einsaugenden) Körper erst in der Luft, dann im Wasser und endlich in jener Flüssigkeit abwägt. Wie sich der Verlust im Wasser zu dem in der Flüssigkeit verhält, so verhält sich das spez. Gewicht des Wassers oder 1,000 zu dem der Flüssigkeit.

Beispiel. Ein Körper wäge in der Luft 15 Loth, im Wasser 11 Loth und in einer zu untersuchenden Salzauflösung $9\frac{3}{4}$ L.; so verliert er im ersten 4, in der zweiten $5\frac{1}{4}$ Loth. Das gleiche Volum Wasser muß also 4, und dasselbe der Salzauflösung $5\frac{1}{4}$ Loth schwer seyn. Hiemit:

$$\text{wie } 4 : 5\frac{1}{4}, \text{ so } 1,000 : x = 1,457,$$

welches das spezifische Gewicht der Auflösung seyn wird.

Anmerk. Das spezifische Gewicht von Mischungen läßt sich nicht mit Sicherheit aus jenen der einzelnen Substanzen voraus berechnen, weil häufig eine chemische Durchdringung stattfindet. Es muß daher durch direkte Versuche gefunden werden. Mischt man z. B. einen Cub.-Zoll Blei mit einem Cub.-Zoll Zinn, oder 1 Maas Schwefelsäure mit einem Maas Wasser, so erhält das Gemisch nicht die mittlere Dichtigkeit, sondern eine größere, oder ein größeres spezifisches Gewicht; denn das Metallgemisch wird nicht völlig 2 Cub.-Zoll, und die vermischte Säure nicht völlig 2 Maas ausmachen. So geben gleiche Theile reiner Weingeist von 0,791 und Wasser von 1,900 spezif. Gew. ein Gewicht, dessen spezif. Gewicht nicht $\frac{1,791}{2}$ oder 0,895, sondern 0,914 beträgt.

Spezifisches Gewicht einiger Substanzen.

	Spezifisches Gewicht oder Gewicht von 1 Cub.=Meter in Kil.	Gewicht von 1 franz. Cub.= Fuß in Kil.	Gewicht von 1 Schweizer Cub.=Fuß in Z.
1) Metalle.			
Platina = Draht	21040	721,25	1136
gediegen	17332	594,48	936
Gold, rein gehämmert	19362	664,12	1046
gegossen	19258	660,55	1040
Silber, gegossen	10474	359,03	565
geschmiedet	10510	360,24	568
gemünzt	10408	356,74	562
Quecksilber	13598	466,01	734
Blei, rein	11330	388,62	612
gepreßt	11388	390,61	615
Zinn von Cornwallis	7291	249,93	394
Wismuth	9822	336,67	530
Zink, gegossen	6861	235,07	370
Kupfer = Draht	8878	304,53	479
gegossener	8788	301,23	475
Messing, gegossenes	8395	288,99	453
Draht	8544	292,87	461
Kanonengut	8800	301,84	475
Gusseisen	7207	247,03	389
Stabeisen	7788	266,95	420
Stahl, nicht gehärtet	7833	268,50	423
gehärtet	7816	267,92	422
Gußstahl	7920	271,66	428
2) Holzarten.			
Buchenholz, trocken	570	19,55	30,8
grün	965	33,10	52,1
Tannenholz	550	18,85	29,7
Rothes Tannenholz	657	22,52	35,5
Pappelholz	383	13,14	20,7

	Spezifisches Gewicht oder Gewicht von 1 Cub.-Meter in Kil.	Gewicht von 1 franz. Cub.- Fuß in Kil.	Gewicht von 1 Schweizer Cub.-Fuß in Z.
Eichenholz, Kern	1170	40,07	63,2
Stamm und trocken	715	24,52	38,6
Afrikanisches Eichenholz	1000	34,30	54
Kiefernholz, trocken	550	18,85	29,7
grün	912	31,28	49,2
Apfelbaumholz	793	27,18	42,8
Birnbäumholz	661	22,66	35,7
Mahagoniholz	1060	36,36	57,2
Burbaumholz	1328	45,52	71,7
Ebenholz	1200	41,12	64,8
Eschenholz, } trocken	550	18,85	29,7
} grün	912	31,28	49,2
Kirschbaumholz	715	24,51	38,6
Nußbaumholz	671	22,99	36,2
Weidenholz	585	20,05	31,6
Lindenholz	604	20,70	32,6
Ulmenholz	671	23,00	36,2
Korkholz	240	8,23	13,0
3) Brennmaterialien.			
Kohle von Buchenholz	150	5,14	8,1
" " Tannenholz	100-110	3,4-3,7	5,4-5,9
" " Eichenholz	194	6,65	10,5
" " Fichtenholz	157	5,39	8,5
Steinkohle, trockene	1290-1636	44-56	70-88
magere	1186-1512	40-52	64-82
fettene	1165-1465	40-50	63-79
Koke	420-515	14-18	22-28
4) Steine und mineralische Produkte.			
Porphyr	2452-2972	84-102	132-160
Basalt	2425-3000	83-103	131-162

	Spezifisches Gewicht oder Gewicht von 1 Cub.-Meter in Kil.	Gewicht von 1 franz. Cub.- Fuß in Kil.	Gewicht von 1 Schweizer Cub.-Fuß in Z.
Granit	2613-2936	90-100	141-159
Mühlstein	2483	85,13	134
Schiefer	2853	97,81	154
Sandstein	1933	66,26	104
Tuffstein	914	31,35	49
Gypsstein	2168	74,31	117
Kalkstein	2720	93,30	147
Kalk, ätzender	1842	63,18	99
Thonerde	2200	75,46	119
Backstein	2000	68,60	108
Weißes Glas	2892	99,14	156
Fensterglas	2642	90,57	143
Porzellan	2146-2495	73-86	116-135
Steinsalz	2143	73,50	116
Schießpulver	836-1745	29-60	45-94
5) Animalische Produkte.			
Elfenbein	1917	65,71	104
Wachs	965	33,05	52
Butter	942	32,30	52
Talg	942	32,30	52
Milch	1032	35,39	56
6) Vegetabilische Produkte.			
Gerste	1278	43,84	69
Weizen	1346	46,17	73
Zucker	1606	55,09	87
Essig	1013-1080	35-37	55-58
Wein	991-1081	34-37	53-58
Alkohol	797-835	27-29	43-45
Terpentinöl	870	29,81	47
Olivendöl	916	31,39	49

	Spezifisches Gewicht oder Gewicht von 1 Cub.=Meter in Kil.	Gewicht von 1 franz. Cub.= Fuß in Kil.	Gewicht von 1 Schweizer Cub.=Fuß in ℥.
Leinöl	940	32,23	52
Schwefelsäure	1841	63,10	99
Salpetersäure	1550	53,13	84
Salzsäure	1194	40,93	64
Ammoniak	896	30,75	48
Eis	930	31,36	51
Wasser	1000	34,2854	54
Seewasser	1026	35,18	55
Luft	1,30	0,0445	0,0702
Sauerstoff	1,435	0,049	0,0775
Stickstoff	1,27	0,043	0,0686
Kohlensäure, Luft	2,08	0,071	0,1123
Wasserstoff=Gas	0,089	0,003	0,0048

Anmerk. Die Angaben weichen in den vorhandenen Tabellen bedeutend von einander ab, obschon man oft in die Genauigkeit der Versuche keinen Zweifel setzen kann. Dieß hat aber leicht begreifliche Ursachen.

1) Ist die Dichtigkeit gleich benannter Substanzen oft sehr verschieden, wie z. B. eine Art Kalkstein, Marmor, Granit, Steinkohle u. a. m. merklich schwerer als eine andere ist.

2) Sind Metalle nicht nur nach dem Grade der Reinheit, sondern auch je nachdem sie gegossen, geschlagen, gewalzt oder geprägt sind, von sehr ungleicher Dichtigkeit; selbst aufrechter Guß ist dichter als anderer.

3) Verändert die Feuchtigkeit oft bedeutend die Schwere, besonders bei den Holzarten und einigen Steinen. Sandstein z. B. wird im Wasser um 3—4 Proc. schwerer.

4) Die größten Verschiedenheiten finden sich bei den Holzarten und den daraus gewonnenen Kohlen vor, und zwar übt außer der haltenden Feuchtigkeit die Natur des Bodens, auf welchem der Baum gewachsen ist, die Jahreszeit, in welcher er gefällt wird, der Grad der Verkohlung u. einen merklichen Einfluß auf das Gewicht aus.

Eben daher ist es nöthig, wenn man das spezifische Gewicht eines Körpers genau kennen will, dasselbe nach obigen Regeln durch besondere Versuche auszumitteln.

Nr. 16.

Berechnung des Gewichts eines Körpers.

Kennt man das spezifische Gewicht eines Materials, so läßt sich jede gegebene Masse davon berechnen, wenn man zuerst das Volum derselben ausmißt, dann berechnet, wie viel ein solches von Wasser wägen würde, und dieses Gewicht endlich mit dem spezifischen multipliziert.

Das Gewicht von 1 Cub.-Fuß Wasser nach den verschiedenen Fußmaassen findet sich in der Tabelle pag. 49.

Beisp. 1) Wie viel wiegt ein Sandstein von 2,23 spezif. Gew. in franz. Pf., dessen Volum $17\frac{3}{8}$ Cub.-Fuß (franz. Maas) beträgt?

Antw. $17\frac{3}{8} \times 70 \times 2,23 = 2714 \text{ } \pi$.

2) Wie viel wiegt ein eichener Balken von 1,12 spezif. Gewicht, der 9'' im Gevierte hat und 21' lang ist, rheinl. Maas?

Antw. $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times 21 \times 66 \times 1,12 = 870 \text{ preuß. Pf.}$

3) Wie viel wiegt 1 englischer $\square$ einer $\frac{7}{16}$ " dicken Kupferplatte, wenn das spezifische Gewicht des gewalzten Kupfers = 9,1 ist?

Antw. $\frac{1}{12} \times \frac{7}{16} \times 62\frac{1}{2} \times 9,1 = 20 \text{ Pfund } 11\frac{11}{22} \text{ Unzen.}$

Bei der Berechnung der Tonnenlast von Schiffen wird als durchschnittliches Gewicht von allem Holzwerke 50 Pfund und von den Masten und Segeln 40 engl. Pfund per engl. Cub.-Fuß angenommen. *

* Siehe J. Edie's calculations on ships of war.

Gewicht von gewalztem Eisenblech.

Französische Blechlehre.			Rheinländische Blechlehre.		
Nr.	Dicke in Linien.	Gewicht per □ Fuß in Z.	Dicke in 100tel preuß. Zoll.	Gewicht per □ Fuß in preuß. Z.	
				Pfund.	Loth.
			30	13	14
			28	12	17 ¹ / ₅
			26	11	20 ² / ₅
1	2 ¹ / ₂	10	24	10	24
2	2 ¹ / ₄	9	22	9	27 ¹ / ₃
3	2	8	20	8	30 ² / ₅
4	1 ⁷ / ₈	7 ¹ / ₂	19	8	16 ¹ / ₃
5	1 ³ / ₄	7	18	8	2
6	1 ⁵ / ₈	6 ¹ / ₂	17	7	19 ² / ₃
7	1 ¹ / ₂	6	16	7	5 ¹ / ₃
8	1 ⁵ / ₈	5 ¹ / ₂	15	6	23
9	1 ¹ / ₄	5	14	6	8 ² / ₅
10	1 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂	13	5	26 ¹ / ₅
12	1 ¹ / ₁₂	3 ² / ₃	11	4	29 ² / ₃
14	⁵ / ₄	3	9	4	1
16	⁵ / ₈	2 ¹ / ₂	7	3	4 ¹ / ₄
18	¹ / ₂	2	5	2	7 ² / ₅
20	³ / ₈	1 ¹ / ₂	3	1	11
22	¹ / ₄	1	2	—	28 ² / ₃
24	¹ / ₈	¹ / ₂	1	—	14 ¹ / ₃

Nr. 14 des engl. iron guage gibt eine Metalldicke von ¹/₁₆ engl. Zoll.

"	10	"	"	"	"	"	"	¹ / ₈	"	"
"	6	"	"	"	"	"	"	³ / ₁₆	"	"
"	3	"	"	"	"	"	"	¹ / ₄	"	"
"	1	etwas weniger als	.	.	.	.	.	⁵ / ₁₆	"	"

Gewichtstafel von gewalzten Metallplatten

per franz. □Fuß in Kilogramm ausgedrückt.

Dicke in Linien.	Kupfer- Blech.	Messing- Blech.	Blei.	Zinn.	Zinf.	Reines Silber.
$\frac{1}{12}$	0,166	0,170	0,250	0,145	—	0,209
$\frac{2}{12}$	0,364	0,339	0,500	0,290	—	0,418
$\frac{3}{12}$	0,530	0,509	0,750	0,435	0,408	0,627
$\frac{4}{12}$	0,795	0,678	1,000	0,580	0,544	0,836
$\frac{5}{12}$	0,894	0,848	1,250	0,725	0,631	1,045
$\frac{6}{12}$	1,059	1,017	1,500	0,870	0,817	1,254
$\frac{7}{12}$	1,225	1,187	1,750	1,015	0,953	1,464
$\frac{8}{12}$	1,423	1,356	2,000	1,160	1,089	1,673
$\frac{9}{12}$	1,589	1,526	2,250	1,305	1,225	1,882
$\frac{10}{12}$	1,754	1,695	2,500	1,450	1,371	2,091
$\frac{11}{12}$	1,954	1,865	2,750	1,595	1,497	2,300
1'''	2,118	2,034	3,000	1,740	1,633	2,509
1 $\frac{1}{4}$	2,647	2,542	3,750	2,175	2,041	3,136
1 $\frac{1}{2}$	3,177	3,051	4,500	2,610	2,449	3,763
1 $\frac{3}{4}$	3,706	3,560	5,250	3,045	2,857	4,390
2	4,236	4,069	6,000	3,480	3,266	5,018
2 $\frac{1}{4}$	4,766	4,578	6,750	3,915	3,674	5,645
2 $\frac{1}{2}$	5,296	5,087	7,500	4,350	4,082	6,272
2 $\frac{3}{4}$	5,826	5,596	8,250	4,785	4,490	6,899
3	6,356	6,115	9,000	5,220	4,899	7,527

Gewichtstafel von runden und quadratischen Eisenstangen.

Französisch Maaß. Von 10' Länge in Kilogrammen.			Neu Schweizer Maaß. Von 10' Länge in Pfunden.		
Seite der quadratischen oder Diamet. der runden Sektion.	Quadra- tische.	Runde.	Seite der quadratischen oder Diamet. der runden Sektion.	Quadra- tische.	Runde.
1'''	0,125	0,09	3'''	3,94	2,96
6'''	4,69	3,75	5'''	10,95	8,3
10'''	13,00	10,00	7'''	21,46	16,4
12'''=1''	18,75	14,69	9'''	35,48	27,5
18'''	42,19	32,28	10'''	43,8	33,9
19	47,00	36,13	11	46,0	35,6
20	52,06	40	12	54,7	43,0
21	57,41	44,06	13	64,2	50,4
22	63,00	48,22	14	74,5	58,5
23	68,38	52,91	15	85,5	67,1
24=2''	75,00	58,13	16	97,3	76,4
25	81,38	62,50	17	109,8	86,2
26	88,00	68,25	18	123,1	96,7
27	94,91	73,13	19	137,2	107,8
28	102	79,13	20	152,0	119,4
29	109,50	84,06	21	167,6	131,6
30	117,19	90,75	22	183,9	144,4
31	125,13	96,06	23	201,0	157,9
32	133,31	102,50	24	218,9	171,9
33	141,78	109,69	25	237,5	186,5
34	150,50	117,50	26	256,9	201,8
35	159,50	119,53	27	277,0	218,7
36=3''	168,75	132,69	28	297,9	234,0
3 1/4''	198,04	155,54	30	342,0	268,6
3 1/2''	229,64	176,24	32	389,1	305,6
3 3/4''	263,62	207,05	34	439,3	344,8
4''	300,00	232,52	36	492,5	386,8
4 1/4	338,85	266,13	38	548,7	431,2
4 1/2	379,64	292,52	40	608,0	477,5

Gewichtstabelle von gepreßten Blei- und Binnröhren

(aus der Fabrik von Fr. Hagen in Cöln)

in preussischem Maaß und Gewicht.

Nummer.	Innere Weite.		Wand-Dicke.	Gewicht per Fuß Länge.			
				Bleiröhren.		Zinnröhren.	
	Zoll.	Linien.	Linien.	Pfund.	Loth.	Pfund.	Loth.
1	—	3	$\frac{7}{10}$	—	7	—	$4\frac{1}{2}$
2	—	$3\frac{1}{2}$	$\frac{7}{10}$	—	9	—	$5\frac{1}{2}$
3	—	4	$\frac{7}{10}$	—	11	—	7
4	—	5	$\frac{7}{10}$	—	14	—	$8\frac{3}{4}$
5	—	6	$\frac{8}{10}$	—	17	—	$10\frac{1}{2}$
6	—	$7\frac{1}{2}$	$\frac{9}{10}$	—	22	—	14
7	—	9	$\frac{9}{10}$	—	30	—	$17\frac{3}{4}$
8	—	$10\frac{1}{2}$	1	1	6	—	$23\frac{1}{2}$
9	1	—	1	1	$14\frac{1}{2}$	—	$28\frac{1}{2}$
10	1	$1\frac{1}{2}$	1	1	24	1	2
11	1	3	1	1	30	1	$7\frac{1}{2}$
12	1	$4\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{10}$	2	—	1	9
13	1	6	$1\frac{2}{10}$	2	6	1	14
14	1	9	$1\frac{1}{4}$	2	26	2	—
15	2	—	$1\frac{1}{2}$	5	4	3	10
16	2	3	2	6	16		
17	2	6	2	7	8		
18	2	9	2	7	28		
19	3	—	$2\frac{2}{10}$	9	12		
20	3	6	$2\frac{2}{10}$	10	20		
21	4	—	$2\frac{2}{10}$	12	—		
22	4	6	$2\frac{1}{4}$	12	24		
23	5	—	$2\frac{1}{4}$	14	12		

Nr. 17.

Der Berechnung der Luftballons.

Ein Aërostat oder Luftballon steigt, wenn die eingeschlossene Luft sammt der Hülle u. leichter ist, als das Volum äußerer Luft, die er verdrängt.

Bei den einen, den Montgolfieren, ist der Ballon mit gewöhnlicher, aber erhitzter Luft erfüllt; bei den sogenannten Charlieren mit Wasserstoffgas, welches aus Eisen und verdünnter Schwefelsäure entwickelt wird.

1 pariser Cub.-Fuß atmosph. Luft wiegt circa 0,09 $\mathcal{R}$, 1 Cub.-Meter 1,3 Kil.

Die erwärmte Luft des Ballons circa $\frac{2}{3}$ davon, oder 0,06 $\mathcal{R}$, 1 Cub.-Meter 0,87 Kil.

Das gemeine Wasserstoffgas, welches stets mit etwas atmosph. Luft vermenget ist, circa $\frac{1}{9}$ der atmosph. Luft, oder 0,01 $\mathcal{R}$, 1 Cub.-Meter 0,15 Kil.

Die Steigkraft der Luft allein findet man also:

a) Für die Mongolfiere, wenn man das Volum in Cub.-Fuß mit 0,03 $\mathcal{R}$ multiplicirt (in Metern mit 0,43 Kil.)

b) Für die Charliere, wenn man das Volum in Cub.-Fuß mit 0,08 $\mathcal{R}$ multiplicirt (in Metern mit 1,15 Kil.).

Jenen verfertigt man gewöhnlich aus gesirnißter Leinwand, wovon circa 8 $\square'$ 1 $\mathcal{R}$ wiegen; diese aus Wachstafft, wovon circa 21 $\square'$ 1 $\mathcal{R}$ wiegen (1 $\square$ -Meter circa $\frac{1}{4}$ Kil.).

Ist der Ballon kugelförmig, so läßt sich bei gegebenem Durchmesser leicht Inhalt und Oberfläche, und hiemit die Steigkraft der Luft und das Gewicht der Hülle finden, und dieses von jener abgezogen, giebt die reine Steigkraft des Ballons.

Beispiel. Hat eine Chärliere 30' Diameter, so beträgt (nach früher gegebenen Regeln) die Oberfläche 2828 □' und der Inhalt 14142 Cub.-Fuß.

Die Steigkraft der innern Luft ist also:

$$14142 \times 0,08 = 1131 \text{ ℥.}$$

Die Hülle aber wiegt:

$$\frac{2828}{21} = 135 \text{ ℥.}$$

Die reine Steigkraft also = $1131 - 135 \text{ ℥} = 996 \text{ ℥.}$

Für eine Mongolfiere von 30' Diam. findet man:

Die Steigkraft der Luft $14142 \times 0,03 = 424 \text{ ℥.}$

Das Gewicht der Hülle $\frac{2828}{8} = 353 \text{ ℥.}$

Die Steigkraft also nur $424 - 353 = 71 \text{ ℥.}$

Ueberhaupt haben kugelförmige Ballons (in alt frz. Maas):

bei einem Durch- messer von	eine Oberfläche von	einen Inhalt von	eine Steigkraft von	
			bei Montg.	bei Charl.
Fuß.	Quadrat-Fuß.	Cub. Fuß.	Pfund.	Pfund.
5	78	65	— 7,8	1,5
10	314	523	— 23	27
20	1257	4190	— 31	275
30	2828	14142	+ 71	996
40	5028	33723	+ 383	2459
50	7857	65476	+ 982	4864
60	11314	113142	+ 1980	8511
70	15400	179666	+ 3463	13635
80	20114	268191	+ 6528	20500

Anmerk. Die Last, die ein Ballon mitnehmen kann, ist jedoch bei weitem nicht so groß, denn 1) ist zur Hülle noch das Gewicht der Seile u. zu addiren; 2) wird die Luft in einer Montgolfiere allmählig kälter; 3) darf eine Charliere lange nicht ganz gefüllt werden, weil sie sich, je höher sie steigt, immer mehr ausdehnt, da der äußere Luftdruck abnimmt.

In einer Höhe von 18000' ist die atmosphärische Luft, und also auch die im Ballon eingeschlossene, nur halb so dicht, daher die Steigkraft von 1 Cub.-Fuß Luft in einer Montgolfiere nur 0.015 $\mathcal{Z}$, und in einer Charliere bloß 0.04 $\mathcal{Z}$ beträgt. Eine Charliere von 30 Fuß Diameter hat daher in dieser Höhe eine Steigkraft von 566 $\mathcal{Z}$ und nach Abzug ihrer Hülle nur $566 - 135 = 431$ $\mathcal{Z}$ anstatt 996 $\mathcal{Z}$. Und nicht größer wird auch die Tragkraft gleich anfangs seyn können, weil man den Ballon nur zur Hälfte füllen darf, wenn man bis zu jener Höhe kein Gas entweichen lassen und keine zu große Spannung befürchten will. Immerhin muß die Last der Tragkraft stets ziemlich gleich kommen, damit das Steigen nicht mit zu großer Geschwindigkeit statt habe.

Nr. 18.

Von der Stärke der Materialien.

Für jeden Mechaniker ist die Kenntniß von der Stärke oder Festigkeit der Materialien, aus denen er die einzelnen Theile der Maschinen zu verfertigen hat, eine Sache von größter Wichtigkeit; und eben so nothwendig ist sie für den Baumeister und andere Künstler. Denn dadurch wird er in den Stand gesetzt, jedem Theile die erforderliche Stärke zu geben, und dennoch einen übermäßigen Aufwand von Material vermeiden zu können.

Viele Physiker und Mechaniker haben sich auch mit sorgfältigen Versuchen zur genauen Bestimmung dieser verschiedenen Festigkeit, Zähigkeit oder Stärke beschäftigt; und solche waren um so nöthiger, da sich dieselbe keineswegs aus andern Eigenschaften vorausbestimmen läßt. Sie richtet sich z. B. weder nach dem spezifischen Gewichte, noch nach der Schmelzbarkeit, noch nach der Ausdehnbarkeit der Körper durch die Wärme u. s. w. Sie gründet sich ohne Zweifel auf einen eigenthümlichen Zusammenhang der Körpertheilchen, oder eine verschiedene Kraft der Cohäsion, läßt sich aber nur durch Versuche ausmitteln. Zugleich scheinen so manche, oft unbekannte Umstände auf diese Cohäsion einzuwirken, daß deßhalb auch die sorgfältigsten Versuche bis dahin ziemlich abweichende Resultate gaben. Daraus folgt indessen nur, daß es in der Regel rathsam ist, in der

Anwendung auf einen weit geringern Grad der Stärke zu rechnen, als die Versuche angeben; diese bleiben aber nicht minder nützlich und verdienstlich.

Eine Kraft kann im Allgemeinen auf viererlei Art auf einen Körper wirken und ihn zu zerstören suchen:

1) Durch senkrechten Druck, indem die Kraft von irgend einer Seite her auf einen Körper drückt, welcher sich auf der entgegengesetzten Seite an eine Wand oder an einen sonstigen festen Gegenstand stützt. Ist diese Kraft groß im Verhältnisse mit dem Widerstande des Körpers, so biegen sich zuerst die Theile des Körpers und werden endlich ganz zerquetscht. Den Widerstand, den der Körper in diesem Falle darbietet, bezeichnet man durch das Wort senkrechten Widerstand oder rückwirkende Festigkeit (*résistance à l'écrasement*). Die Versuche zur Ermittlung desselben werden am leichtesten und genauesten vermittelt durch eine hydraulische Presse gemacht, da bei letzterer der hervorgebrachte Druck sich sehr genau berechnen läßt, was bei andern Pressen, wegen der dabei stattfindenden Reibung, nicht der Fall ist.

2) Durch Traktion, indem der Körper an einem Ende aufgehängt oder befestigt ist, während die Kraft an dem andern Ende desselben nach entgegengesetzter Richtung wirkt und dessen Theile zu zerreißen sucht. Den Widerstand, welcher diesem Zwecke entgegen arbeitet, nennt man longitudinalen Widerstand oder absolute Festigkeit (*R. à la traction*).

3) Durch lateralen Druck. Der Körper ist in diesem Falle in einer horizontalen Lage, und die Kraft wirkt senkrecht auf dieselbe und sucht ihn so lange zu biegen, bis er bricht. Den Widerstand, den der Körper darbietet,

nennt man transversalen Widerstand oder respective Festigkeit (R. à la rupture latérale).

4) Durch Torsion, indem die Kraft die Elemente des Körpers zu zerdrehen und demselben eine schraubenförmige Gestalt zu geben sucht, was am meisten bei Körpern vorkommt, welche einer Circularbewegung ausgesetzt sind. Man nennt diesen Widerstand Torsionswiderstand (R. à la torsion).

Der Widerstand, den ein und derselbe Körper leistet, ist sehr verschieden und hängt ganz von der Art ab, wie die Kraft auf ihn wirkt. Will man daher die Dimensionen eines Körpers berechnen, der einer gegebenen Kraft widerstehen soll, so muß man zuerst sorgfältig ausmitteln, auf welche Art die Kraft auf denselben wirkt. Senkrechte Pfeiler, Säulen ic. haben z. B. nur einen senkrechten Widerstand, Seile nur einen longitudinalen, Pumpenstangen abwechselnd einen senkrechten und einen longitudinalen Widerstand zu leisten, von welchen der erstere indessen weit größer ist. Senkrechte Wellbäume und Achsen haben nur einen Torsionswiderstand, horizontale aber außerdem wegen ihres Gewichtes noch einen transversalen Widerstand zu leisten. In diesem Falle erhält man zweierlei Dimensionen, wovon natürlicherweise immer die stärkere genommen werden muß.

Nr. 19.

Von dem senkrechten Widerstande der Körper.

Das Zerquetschen eines Körpers zufolge eines auf ihn ausgeübten Druckes besteht darin, daß die Theile desselben einander nach der Richtung des Druckes genähert, nach der andern Richtung dagegen, d. h. senkrecht auf die erstere, von einander entfernt werden.

Der Widerstand von Körpern von gleicher Form und gleicher Natur ist proportional mit der Sektion derselben. (Es versteht sich von selbst, daß hier wie überall die kleinste Sektion des Körpers in Betracht gezogen werden muß.)

Erträgt also z. B. ein Körper von 1 □" Durchschnittsfläche einen Druck von 200 π , so erträgt einer von gleicher Natur und von 15 □" Sektion einen Druck von $15 \times 200 = 3000 \pi$.

1) Rennie's Versuche:

a) über die Kraft, durch welche gußeiserne Würfel zerquetscht werden.

Ein $\frac{1}{8}$ ölliger Würfel (dessen Seite = $\frac{1}{4}$ ") wurde zerquetscht:

bei Eisen aus einem großen Guß 9774 π .

" " aus e. kleinen Stange von liegendem Guß 10114 "

" " aus stehendem Guß 11136 "

$\frac{1}{8}$ öllige Würfel (die also 8mal kleiner waren) erforderten etwas mehr als $\frac{1}{8}$ dieses Druckes.

b) über die Kraft, welche Würfel von 1" Seite zerquetschte.

Englisches Eichenholz 3860 π .

Weißtannenhholz 1928 "

Amerikanisches Fichtenholz .	1606	℥
Ulmenholz	1284	„

c) über die Kraft, welche es erfordert, um $1\frac{1}{2}$ öllige steinerne Würfel zu zerquetschen.

	Spezifisches Gewicht.	Zerdrückende Gewichte
Kreide		1127 ℥.
Blasrother Ziegelstein .	2,085	1265 „
Rother Backstein . . .	2,168	1818 „
Gebrannter Ziegel . . .		3243 „
Stourbridge Ziegel . . .		3864 „
Rother Sandstein	2,316	7070 „
Pflasterstein von Yorkshire	2,507	12856 „
Compakter Kalkstein . . .	2,584	17354 „
Weißer italien. Marmor	2,726	21783 „
Granit von Aberdeen . .	2,625	24556 „

Nach Rondelet hat der größte Widerstand bei einem Körper von konstanter Sektion dann statt, wenn seine Höhe gleich ist seiner Dicke. (Unter Dicke versteht man hier die kleinste Dimension des Körpers.) Wird dieses Maximum von Widerstand = 1 gesetzt, so ist bei Hölzern und geschmiedetem Eisen, wenn der Rapport des Diameters zur Höhe wie 1 zu:

24	ist,	der Widerstand	= $\frac{1}{2}$
54	„	„	= $\frac{1}{4}$
108	„	„	= $\frac{1}{16}$
135	„	„	= $\frac{1}{32}$
162	„	„	= $\frac{1}{64}$
180	„	„	= $\frac{1}{128}$

bei Gußeisen, wenn das Verhältniß wie 1 zu:

4 ist,	der Widerstand	=	$\frac{2}{3}$
8 " "	" "	=	$\frac{1}{2}$
36 " "	" "	=	$\frac{2}{15}$

Rondelet gibt Folgendes für die Bauhölzer an:

Ist die Höhe	=	1,	so ist der Widerstand	=	1
"	=	12	"	"	= $\frac{5}{6}$
"	=	24	"	"	= $\frac{1}{2}$
"	=	36	"	"	= $\frac{1}{3}$
"	=	48	"	"	= $\frac{1}{6}$
"	=	60	"	"	= $\frac{1}{12}$
"	=	72	"	"	= $\frac{1}{24}$

2) Stärke verschiedener Körper von 1 □^{mm} Sektion.

	Höhe	Maximum des Widerstandes.
Eichen- oder Tannenholz	1—2mal die Dicke	0 ^k ,30,
"	12mal	0 ^k ,25,
geschmiedetes Eisen	1—2mal	10 Kil.
"	12mal	6,25,
Gußeisen	1—2mal	20 Kil.
"	4mal	13 Kil.
"	8mal	10 Kil.
"	36mal	1 ^k ,33.

3) Stärke eines Cubikcentimeters.

von Basalt	2000 Kil.
" Porphyry	2450 "
" Granit	400— 880 "
" Marmor	300—1000 "
" Kalkstein	50— 147 "

von Backstein	40—150	Rtl.
„ Gyps	50— 72	„
„ Mörtel von 12 Monaten	30— 40	„
„ Mörtel, der vor dem Gebrauche stark geschlagen wird	60	„
„ geschmiedetem Eisen	5000	„
„ Gußeisen	9520—25200	„
„ Kupfer {	gegossenes	8360
	geschlagenes	6070
„ Messing	3090—23000	„
„ Zinn	606—980	„
„ Blei	147	„

4) Tabelle für die Stärke des geschmiedeten Eisens von 1 □''' Sektion. *

Verhältniß der Basis zur Höhe.	Gewicht, erforderlich, um die Stange zu biegen.	Rapport id.	Gewicht id.
1 zu 1	$\bar{w}$ 512=1	1 zu 51	$\bar{w}$ = 138
3	474	54	128= $\frac{1}{4}$
6	439	57	118 $\frac{1}{2}$
9	406	60	109 $\frac{3}{4}$
12	376	63	101 $\frac{1}{2}$
15	348	66	94
18	322	69	87
21	298	72	80 $\frac{1}{2}$
24	276	75	74 $\frac{1}{2}$
27	256= $\frac{1}{2}$	78	69
30	237	81	64= $\frac{1}{8}$
33	219 $\frac{1}{2}$	84	59 $\frac{1}{4}$
36	203	87	54 $\frac{3}{4}$
39	188	90	50 $\frac{3}{4}$
42	174	93	47
45	161	96	43 $\frac{1}{2}$
48	149	99	40 $\frac{1}{4}$

* Siehe Art de bâtir par Rondelet.

Alle die obigen Angaben zeigen allein das Gewicht an, welches fähig ist, den Körper zu zerquetschen oder zu brechen. Damit aber derselbe nicht in seiner Gestalt verändert werde und keinerlei Biegung zu erleiden habe, muß die Last, die man ihm zu tragen gibt, bedeutend kleiner seyn.

Nach Rondelet soll dieselbe bei Hölzern nie mehr als $\frac{1}{5}$, bei Bausteinen und bei geschmiedetem Eisen $\frac{1}{10}$ und bei Gußeisen höchstens $\frac{1}{4}$ der in den verschiedenen Tabellen angezeigten Last betragen.

Er rath ferner, für hölzerne Pfeiler, deren Höhe weniger als das Zehnfache ihres Diameters ist, nicht über 5 $\mathcal{R}$ per □''' Sektien; für solche, deren Höhe das 15fache beträgt, nicht über 4 $\mathcal{R}$, und für diejenigen, deren Höhe das 20fache beträgt, nicht über 3 $\mathcal{R}$ zu rechnen.

Bei Würfeln von Eichenholz vermindert sich ihre Höhe um $\frac{1}{5}$, ehe sie brechen; bei solchen von Tannenholz um $\frac{1}{2}$. Sobald ein Pfeiler 7—8mal so viel Höhe als Durchmesser hat, so biegt er sich unter der Last, ehe er bricht.

Nach Laplace hat bei einer runden Sektion der größte vertikale Widerstand statt. Doch ist dieß bis dahin nur sehr selten in der Praxis beachtet worden.

Es ist endlich noch zu bemerken, daß alle obigen Angaben allein für den Fall gelten, wo beide Enden des Körpers frei sind und wo dieselben von ihrer primitiven Richtung sich abneigen können. Ist hingegen das eine Ende desselben eingemauert



und das andere frei, so kann der Körper eine doppelte Last ertragen, als die, welche man durch obige Angaben erhält. Endlich kann diese Last das Vierfache seyn, wenn die beiden Enden des Körpers eingeschlossen sind, oder wenn solche frei sind, die Mitte desselben hingegen eingeschlossen ist. Ueberhaupt kann man sagen, daß der Widerstand eines Körpers proportional ist der Anzahl von Biegungen, welche durch die verschiedenen Dispositionen der Stützpunkte erzeugt werden können.

Beisp. Man verlangt den Durchmesser einer gußeisernen Säule zu wissen von 3^m Höhe, welche 20000 Kil. ertragen kann.

Antw. Nehmen wir das Verhältniß des Diameters zur Höhe der Säule wie 1 : 8 an, so ist die Resistenz des Gußeisens (nach Tab. 2) für 1 □^{mm} Sektion = 10 Kil. Nach angegebener Vorschrift soll indessen nur der vierte Theil oder 2½ Kil. genommen werden.

Aus diesem ergibt sich eine Sektion der Säule von

$$\frac{20000}{2,5} = 8000 \text{ □}^{\text{mm}}$$

welche, wenn wir sie kreisförmig annehmen, einen Durchmesser von 103^{mm} gibt.

Das Verhältniß des Durchmessers zur Höhe desselben ist alsdann wie 103^{mm} : 3000^{mm} oder wie 1 : 29.

Für ein Verhältniß von 1 : 36 gibt obige Tabelle für 1 □^{mm} Sektion nur eine Last von

$$\frac{1,33}{4} = \frac{1}{3} \text{ Kil.}$$

an, hiemit eine Sektion von

$$20000 \times \frac{3}{1} = 60000 \text{ □}^{\text{mm}}$$

und einen Durchmesser von 282^{mm} an.

Der Rapport des Durchmessers zur Höhe ist alsdann wie 282 : 3000 oder ungefähr wie 1 : 13. Da derselbe 1 : 36 seyn sollte und hiemit zu stark, der erstere hingegen zu schwach ist, so gibt das Mittel zwischen den beiden gefundenen Dia-

metern ziemlich genau denjenigen an, der hier angewendet werden muß, nämlich:

$$\frac{282 + 103}{2} = 192^{\text{mm}} \text{ Diameter der Säule.}$$

Beisp. Wie viel Pfähle von starkem Batholz müssen eingemrammt werden, um ein Gebäude von 200000 Etnr. Gewicht zu tragen, wenn dieselben 1 Fuß dick und 10 Fuß lang gemacht werden (Schweizer Maaß)?

Antw. Da die Pfähle als eingemauert betrachtet werden können, so beträgt das Maximum des Widerstandes $4 \times 25 \text{ Kil.} = 2 \text{ Etnr. per } \square \text{Em.}$ oder $18 \text{ Etnr. per } \square \text{Zoll}$, daher ein Widerstand von $3\frac{3}{5} \text{ Etnr.}$ anzunehmen ist.

Da nun die Sektion der Pfähle = $78,54 \square \text{Zoll}$ ist, so trägt ein jeder derselben

$$3\frac{3}{5} \times 78,54 = 282\frac{3}{4} \text{ Etnr.}$$

und es sind also $\frac{200000}{282\frac{3}{4}} = 707$ Pfähle dazu erforderlich.

Nr. 20.

Longitudinaler Widerstand.

Wird eine Stange der Wirkung einer Kraft ausgesetzt, welche ihre Theile von einander zu entfernen und also dieselbe der Länge nach auszudehnen sucht, so ist der Widerstand, den ihr die Stange entgegenbietet, ganz unabhängig von ihrer Länge, hingegen proportional zu ihrer Sektion (hängt übrigens ganz von der mehr oder minder großen Duktibilität des Körpers ab).

Um also den Widerstand irgend eines Körpers zu finden, hat man nur nöthig, seine Sektion in □Centimetern oder in □Zollen ausgedrückt, mit denjenigen Gewichten zu vervielfachen, welche durch angestellte Versuche als erforderlich gefunden worden sind, um Körper von gleicher Natur von 1 □Centimeter oder 1 □Zoll Sektion zu zerreißen.

Nach Telford's Versuchen wurden Eisenstangen von 1 engl. □Zoll Sektion durch ein Gewicht von 27—31 tons = 60000 — 70000 ℥ zerissen.

Beisp. Durch welches Gewicht wird eine Stange von 4 Zoll Durchmesser zerissen?

Antw. 4 Zoll Durchmesser = circa $12\frac{1}{2}$ □Zoll Sektion.

$$12\frac{1}{2} \times 27 = 337.$$

$$12\frac{1}{2} \times 31 = 387.$$

Das gesuchte Gewicht ist also zwischen 337 und 387 Tonnen.

Nach Brunel zerreißt das beste Stabeisen von 1 □" Sektion bei 32 tons = 71680 $\mathcal{R}$.

Nach Versuchen, die in Rußland angestellt worden sind, trägt das beste Stabeisen 26 tons = 58240 $\mathcal{R}$, das schlechteste bloß 14 tons = 31360 $\mathcal{R}$.

Kennie's Versuche über die Kraft, durch welche $\frac{1}{43}$ öllige (also $\frac{1}{16}$ □" dicke) Stangen zerrissen werden:

Gusseisen	riß durch	1894	$\mathcal{R}$.
Gußstahl	" "	8390	"
Schwedisches Stabeisen	" "	4500	"
Englisches	" "	3490	"
Gehämmertes Kupfer	" "	2270	"
Gegossenes	" "	1192	"
" Zinn	" "	296	"
" Blei	" "	114	"

Navier fand die absolute Festigkeit von Stangen von 1 □Millimeter nach vielen Versuchen durchschnittlich:

Für Eisenblech in der Richtung des Walzens	= 40,8 Kil.
id. senkrecht auf diese Richtung	= 36,4 "
Für gewalztes Kupferblech.	= 21,1 "
id. Blei	= 1,35 "
Für Glas	= 2,44 "

Das Eisen behält ferner nach Navier seine Elastizität beinahe bis auf $\frac{2}{3}$ des Gewichtes, welches dasselbe zerreißt, das Kupfer bis zur Hälfte und das Blei bis etwas über die Hälfte dieses Gewichtes.

Um also jede Ausdehnung zu vermeiden, darf das Eisen höchstens mit $\frac{2}{3}$, das Kupfer und das Blei mit der Hälfte der obigen Gewichte belastet werden.

Barlow's Versuche geben folgende durchschnittliche Resultate:

	Spezifische Gewichte.	Berreitende Gewichte per □inch. in engl. Pfunden.
Tannenholz	} 0,58	11550
	} 0,60	12915
Buchenholz	0,70	11466
Eichenholz	} 0,77	9177
	} 0,92	11590
Eschenholz	0,60	16947
Teak	0,86	15090

Stärke von Eisen- und Messingdrähten nach
Düfour,
aus den Fabriken von la Ferrière und St. Gingolf.

	Dicke in Mill.	Absolute Stärke.	Stärke auf 1 □Mill.
		Kil.	Kil.
Eisendraht Nr. 4. von F.	0,83	48	84,4
" G.	—	38,5	67,7
Nr. 13. F.	1,90	196	69,1
" G.	—	178	62,8
Nr. 17. F.	2,75	382	64,3
" G.	—	349	59,4
Nr. 19. F.	3,70	776	72,2
" G.	—	644	59,9
Messingdraht	0,89	48,5	85,2
" "	1,90	150	54,5

Durch Glühen verlieren sie über die Hälfte ihrer Stärke.

Nach Séguin's Versuchen sollen die Eisendrähte um $\frac{2}{5}$ derselben verlieren.

Aus den angeführten und andern Versuchen sind folgende Durchschnittswerthe auf 1 □Centimeter Sektion reduziert, durch Rechnung gefunden worden:

Longitudinaler Widerstand der Hölzer, wenn die Kraft parallel zu den Fibern wirkt.

	Spezifisches Gewicht.	Last, welche den Körper zerreißt, per 1 □ ^{cm} .
Tannenholz	600	840 Kil.
Buchenholz	700	800 "
Gewöhnliches Eichenholz	845	780 "
id. von Malaban	860	1050 "
Buchsbaumholz	980	1400 "
Birkenholz	600	1200 "
Birnbaumholz	646	690 "
Mahagoniholz	637	560 "

Widerstand der Hölzer, wenn die Kraft senkrecht auf ihre Fasern wirkt.

	per □ ^{cm} .
Eichenholz	162 Kil.
Pappelholz	125 "
Lerchenbaumholz	94 "
Tannenholz	42 "

Bei Hölzern von gleicher Natur ist die Stärke proportional mit ihrem spezifischen Gewicht. Für eine fortdauernde Last darf nicht mehr als die Hälfte der angezeigten Werthe genommen werden.

Longitudinalstärke der Metalle.

	per 1 □ ^{cm} Sektion.
Geschmiedetes Stangeneisen	2500—6000 Kil.
Eisenblech nach der Richtung der Streckung	4080 "
" senkrecht auf dieselbe	3640 "
Gehämmertes oder gezogenes Eisen	5500—6000 "
Eisendraht von 5 ^{mm} —1,3 Diameter, nicht geglüht	6000—6480 "
id. von 1 ^{mm} und weniger id.	7000—8400 "

		per 4 □ ^{om} Sektion.
Eisendraht von 1 ^{mm} —1½ ^{mm} , geglüht . . .		3600—3800 Kil.
Gußeisen	graues	1420 "
	weißes	1310 "
Cementstahl	nicht affinirter	2790 "
	affinirter	9160 "
Gußstahl		4400 "
Gehämmerter Stahl		9440 "
Bronze (Kanonenmetall)		2550 "
Kupfer	laminirtes	2100 "
	geschlagenes	2480 "
Gegossenes Zinn		333 "
Blei	gegossenes	128 "
	laminirtes	140 "
Messingdraht, weicher, von weniger als 2 ^{mm} Diam.		8520 "
" id. von 2 ^{mm} Diameter . . .		6610 "
" harter von 2 ^{mm} Diameter . . .		4140 "
Gegossenes Kupfer		1341 "
" Messing		1263 "
Glas		310 — 223 "

Für eine permanente Last muß nur $\frac{1}{3}$ der hier angezeigten Werthe als Widerstand angenommen werden.

Stärke einiger Steinarten.

Weißer Stein mit feinem Korne . . .	14 Kil.
Gut gebrannter Backstein . . .	18—20 "
Gypsstein	4 "
Mörtel aus hydraulischem Kalk . . .	10 "
Gewöhnlicher schlechter Mörtel . . .	1 "

Ueberhaupt ist der longitudinale Widerstand des Mörtels immer ungefähr $\frac{1}{8}$ seines senkrechten Widerstandes.

Uebersteigt die Kraft, welche auf einen Körper wirkt, die Gränze der Elastizität desselben nicht, so nimmt dieser wieder seine früheren Dimensionen an, wenn die Kraft nachläßt, und die Verlängerung des Körpers ist immer in direktem Verhältnisse mit der Kraft und mit seiner Länge, im umgekehrten Verhältnisse aber mit seiner Sektion.

Die Gränze der Dehnbarkeit des geschmiedeten Eisens hat statt, wenn es an Länge um $\frac{27}{100}$ zugenommen hat und seine Sektion noch $\frac{72}{100}$ der primitiven Sektion ist.

Beisp. Welche Sektion muß eine viereckigte Stange von Buchenholz haben, um eine permanente Last von 6000 Kil. ertragen zu können?

Antw. Dieselbe muß also wenigstens für eine doppelte Last oder 12000 Kilogr. berechnet werden, und da die Stärke des Buchenholzes 800 Kil. per □Centimeter beträgt, so ist die erforderliche Sektion

$$= \frac{12000}{800} = 15 \text{ □Centimeter,}$$

und die Dicke der Stange

$$= \sqrt{15} = 3,87 \text{ Centimeter.}$$

Beisp. Wie stark müssen die 4 runden schmiedeeisernen Säulen einer hydraulischen Presse seyn, welche einen Druck von 200000 Kil. auszuüben hat.

Antw. Der in Rechnung zu bringende Druck ist also = 600000 Kil. und wenn die Stärke des Schmiedeeisens zu 4000 Kil. per □Centimeter angenommen wird, so müssen die 4 Stangen zusammen eine Sektion von

$$\frac{600000}{4000} = 150 \text{ □Centimeter,}$$

und jede derselben $37\frac{1}{2}$ □Centim. Sektion oder circa 7 Centim. Dicke haben.

Stärke der Seile.

Die Longitudinalstärke der Seile hängt von der Natur derselben und der Art ab, wie dieselben fabrizirt worden sind.

Die besten sind die, welche nicht zu sehr gedreht sind. Stark genestete Seile haben $\frac{1}{3}$ weniger Stärke als trockene. Ein nicht getheertes Seil ist $\frac{1}{4}$ stärker als ein getheertes.

Die dicken Seile, welche aus mehreren Lizen zusammengesetzt sind, haben in ihrem Innern einen Docht, der nichts zu ihrer Stärke beiträgt. Es ist alsdann nicht der Diameter des Seiles, sondern vielmehr derjenige der verschiedenen Lizen, aus welchen es zusammengesetzt ist, in Rechnung zu bringen.

Nach Eytelwein riß ein gutes hänfenes Seil von 1 □ Zoll Sektion durch ein Gewicht von 10800 π , Emerson gibt 19000 π an, nach englischen Versuchen sollen starke Taue nur 5400 π tragen. Nach französischen Angaben ist die absolute Resistenz von gewöhnlichen Seilen 146 Kil., jene der Seile von Rochefort 367 Kil., wonach also durchschnittlich 200 Kil. per □ Centimeter angenommen werden können. Bei so abweichenden Angaben über die Festigkeit der Seile, welche überdies durch manche Umstände vermindert wird, läßt sich an keine genaue Berechnung denken, und um sicher zu gehen, darf daher bloß $\frac{1}{3}$ oder höchstens die Hälfte desjenigen Gewichtes, welches das Maximum der Festigkeit bezeichnet, einem Seile zugemuthet werden.

Tabelle über die mittlere absolute Stärke der Seile.

von verschiedenen Diametern und von 10' Länge.

Diameter in Linien.	Gewicht von 10' Länge (den Docht mit einbe- griffen).	Mittlere Stärke in Pfund.
	π	π
2'''	0,10	58
3	0,22	100
4	0,40	180
5	0,63	276
6	0,90	416
7	1,22	540
8	1,60	700
9	2,02	892
10	2,52	1112
11	3,03	1332
12	3,60	1588
13	4,83	1868
14	4,93	2160
15	5,62	2480
16	6,40	2820
17	7,20	3184
18	8,14	3312
19	9,05	3976
20	10	4408
21	11,07	4860
22	11,90	5340
23	13,33	5838
24	14,40	6348
25	15,62	6888
26	16,90	7448
27	18,22	8036
28	19,60	8640
29	21,02	9268
30	22,50	9920
31	24,02	10592
32	25,60	11284
33	27,22	12034
34	28,20	12740
35	30,62	13060
36	32,40	14280

Diese Tabelle ist für eine Resistenz von circa 200 Kil per $\square^{\text{cm}}$ berechnet worden.

Tabelle der mittlern absoluten Stärke der Eigen (torons) von 10' Länge.

Diameter.	Gewicht von 10' Länge.	Mittlere absolute Stärke.
	$\overline{H}$	$\overline{H}$
3'''	0,19	135
4 ² / ₇	0,599	275
6	1,171	540
7 ⁵ / ₇	1,933	893
9	2,629	1215
10 ² / ₇	3,433	1587
12	4,655	2160
13 ⁵ / ₇	6,080	2821
15	7,270	3375

Aus diesen Tabellen ergibt sich, daß man die Stärke der Seile proportional zu ihren Sektionen oder zu den Quadraten ihrer Durchmesser annehmen kann, obschon dieß streng genommen nicht der Fall ist.

Aus der Vergleichung des Gewichtes und der reduzirten Stärke der Seile ergibt sich, daß jedes Seil, von welchem Durchmesser es auch immer seyn mag, dessen Länge circa 4500 Fuß oder 1500 Meter beträgt, von seinem eigenen Gewichte zerrissen wird.

Nennt man L die Länge des Seiles in Metern oder die Höhe, auf welche eine Last P , in Kil. ausgedrückt, an dem Seile erhoben werden soll, und d der zu suchende Diameter des Seiles, so ist wenn man das Gewicht eines Cubikmeters Seile = $917^{\frac{1}{2}}$,36 setzt:

$$d = \sqrt[3]{\frac{1388 P}{1500 - L}}.$$

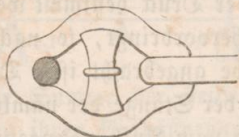
Drückt man d in Pariserlinien, L in Pariser Fuß und P in Pfunden aus, so hat man:

$$d = \sqrt[3]{\frac{411 P}{4500 - L}}.$$

Beisp. Es soll eine Last von 3500 Kil. aus einer Tiefe von 200 Meter hinaufgehoben werden. Wie groß muß der Durchmesser des Seiles seyn, mit welchem dieses geschehen soll?

Antw. $d = \sqrt[3]{\frac{1388 \times 3500}{1500 - 200}} = 6,23 \text{ Centimeter.}$

Vergleichung der absoluten Festigkeit der Patentketten von Brunton



mit hänfenen Seilen.*

Patentketten. Diam. $\frac{7}{8}$ "	Hänfene Seile. 9"	Gewichte. 12 tons.
" 1	10	18 "
" $1\frac{1}{8}$	11	26 "
" $1\frac{1}{4}$	11	32 "
" $1\frac{3}{8}$	14 à 15	38 "
" $1\frac{1}{2}$	16	44 "
" $1\frac{3}{4}$	18	60 "
" 2	22 à 24	80 "

Mit den Gewichten sind diese Ketten und Seile geprüft worden. Letztere zerreißen bei diesem Gewichte, erstere erfordern aber dazu eine doppelt so große Last.

Da jedoch die Festigkeit eines Körpers bei der geringsten bleibenden Ausdehnung leidet, so ist es vorthailhaft, diese Ketten bloß mit einer Last zu prüfen, welche dieselben bei ihrem Gebrauche auf Schiffen, Lagerplätzen u. zu erleiden haben. Zufolge dieser Tabelle werden daher Patentketten von $\frac{3}{4}$ " Diameter ungefähr $2\frac{1}{2}$ mal und solche von 2" Diameter ungefähr 2mal so viel wiegen als hänfene Seile von derselben Stärke.

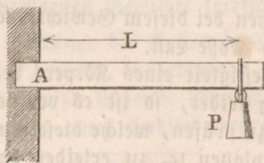
* Observations on chain cables by Brunton, Middleton and Ce. 1833.

Nr. 21.

Transversalstärke der Körper.

Um die verschiedenen Aufgaben darüber lösen zu können, muß zuerst der Druck bestimmt werden, den eine Last auf eine Stange hervorbringt, je nach den verschiedenen Fällen, wie dieselbe angebracht ist. Dieser Effect ist nicht auf allen Punkten der Stange der nämliche, sondern wächst mit der Entfernung vom Aufhängungspunkte der Last. Der Bruch der Stange, welche überall gleiche Resistenz leistet, geschieht natürlicherweise in dem Punkte, welcher den größten Druck zu erleiden hat. Es muß daher auch nur dieses Maximum von Druck berechnet werden. Es sey dasselbe $= F$, das angebrachte Gewicht $= P$.

Erster Fall. Ist das eine Ende der Stange eingemauert, das andere Ende belastet, und ist L die Länge der Stange oder die Entfernung des Punktes, wo die Last angebracht ist, von der Mauer,



so ist:

$$F = PL$$

$$\text{und } P = \frac{F}{L}$$

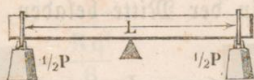
Der Bruch der Stange kann in diesem Falle nirgends statt haben, als im Punkt A, da der Druck des Gewichtes in

demselben am größten ist. Wäre das Gewicht auf der ganzen Länge der Stange gleichförmig vertheilt, so wäre

$$F = \frac{PL}{2}$$

und die Stange könnte das doppelte Gewicht tragen.

Zweiter Fall. Ist die Stange in der Mitte unterstützt und an beiden Enden belastet,



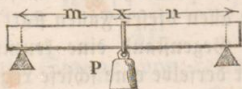
so ist, wenn P die Summe der beiden Gewichte und L die Distanz zwischen ihren Aufhängepunkten bedeutet:

$$F = \frac{PL}{2}$$

$$\text{und } P = \frac{2F}{L}$$

Es kann also in diesem Falle die nämliche Stange mit dem doppelten Gewichte belastet werden, als in dem ersten Falle.

Dritter Fall. Ist die Stange an beiden Enden unterstützt und in der Mitte belastet,



so hat man:

$$F = \frac{PL}{4}$$

$$\text{und } P = \frac{4F}{L}$$

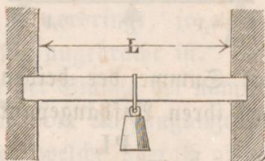
Ist das Gewicht nicht in der Mitte aufgelegt und die Entfernungen dieses Gewichtes von den Stützpunkten m und n , so daß $m + n = L$, so ist:

$$F = \frac{P \cdot m \cdot n}{L}$$

$$\text{und } P = \frac{LF}{m \cdot n}$$

(Es hat alsdann derjenige Stützpunkt am meisten zu tragen, der am nächsten bei dem Aufhängpunkte des Gewichts liegt.)

Vierter Fall. Ist die Stange an beiden Enden eingemauert und in der Mitte beladen,



so ist:

$$F = \frac{PL}{8}$$

$$\text{und } P = \frac{8F}{L}$$

Dies ist der günstigste Fall, da eine Stange von gleicher Resistenz ein 8mal größeres Gewicht tragen kann, als im ersten Falle.

Will man auch noch das Gewicht p der Stange selbst in Rechnung bringen, und ist die Dichtigkeit derselben in allen Punkten die nämliche, so ist in allen diesen Fällen statt P , $P + \frac{1}{2} p$ zu setzen.

Ist der belastete Gegenstand eine krumme Stange, oder ein Winkelhebel, oder hat derselbe eine schiefe Lage, so werden wie beim Hebel (p. 82) bloß die horizontalen Distanzen zwischen den Stützpunkten und Belastungspunkten in Berechnung gezogen.

Bestimmung der Resistenz der Körper.

Damit ein Körper keine nachtheilige Veränderung seiner Gestalt erleide, muß seine Transversalstärke bei weitem größer seyn, als der Druck des Gewichtes, welchem er ausgesetzt ist und welcher nach obigen Angaben berechnet wird.

Ist dieselbe diesem Drucke gleich oder sogar noch kleiner, so biegt sich zuerst der Körper und bricht endlich. Dieser Widerstand hängt ganz von der Form der Sektion des Körpers ab. Bezeichnet man diesen Widerstand mit F' , das erforderliche Gewicht in Kil., um eine Stange von 1 $\square^m$ Sektion zu brechen, mit R , so hat man

1) für eine Stange von quadratischer Sektion, deren Seite = q ist:

$$I. \quad F' = \frac{Rq^3}{6}$$

2) Für eine Stange von rektangulärer Sektion, wo a die Breite und b die Dicke * der Sektion bedeutet:

$$II. \quad F' = \frac{Rab^2}{6}$$

3) Für eine Stange von circularer Sektion, deren Radius = r ist:

$$III. \quad F' = \frac{R\pi r^3}{4}$$

4) für eine Stange von ringförmiger Sektion, wo r den äußern, r'' den innern Radius bedeutet:

$$IV. \quad F' = \frac{R\pi (r'^4 - r''^4)}{4r'}$$

5) für eine hohle Stange von rektangulärer Sektion, wo b die äußere und b' die innere Dicke, a die äußere, a' die innere Breite bedeutet:

$$V. \quad F' = \frac{R(ab^3 - a'b'^3)}{6b}$$

* Unter Dicke oder Höhe verstehen wir hier immer diejenige Dimension des Stückes, welche senkrecht zu stehen kommt, unter Breite hingegen diejenige, welche horizontal zu liegen kommt. Die nämliche Dimension kann also bald Dicke, bald Breite heißen, je nachdem das Stück auf diese oder auf jene Seite gelegt wird.

Aus zahlreichen Versuchen hat man folgende Werthe für R gefunden:

für das Eichenholz . . .	$R = 690$ Kil.
„ Tannenholz . . .	610 „
„ Gußeisen . . .	2800 „
„ geschmiedetes Eisen . . .	6000 „

Führt man diese Werthe für R in vorstehende Formeln ein, so erhält man F' oder das erforderliche Gewicht, um den Körper zu brechen.

Banks und Tretgold geben aber an, daß ein horizontaler Baum, um keine Gefahr zu leiden, nie mehr als mit dem Drittel, ein solcher hingegen, der zu einer Circularbewegung bestimmt ist und daher keine bedeutenden Biegungen erleiden darf, nie mehr als mit dem Fünftel desjenigen Gewichtes belastet werden muß, welches denselben brechen würde. Es sind also in der Praxis folgende Werthe für R in Rechnung zu bringen:

	für Balken	für Wellbäume und Achsen
von Eichenholz . .	230 Kil.	140 Kil.
„ Tannenholz . .	200 „	120 „
„ Gußeisen . .	930 „	560 „
„ geschmied. Eisen	2000 „	1200 „

Worin gibt für Gußeisen $R = 750$ Kil., für Schmiedeseisen dagegen bloß $R = 600$ Kil. an. Letzterer Werth dürfte jedoch bloß bei solchen Transmissionsachsen, welche nur eine sehr geringe Biegung gestatten, seine Anwendung finden.

Aus diesen Formeln gehen folgende praktische Regeln hervor:

- 1) Die Transversalfestigkeiten zweier Balken von gleicher Länge, aber von verschiedenen quadratischen oder runden

Sektionen verhalten sich zu einander wie die Kuben der Seiten oder Diameter ihrer Sektionen.

Eine Stange, deren quadratische Sektion eine zweimal größere Seite hat, kann ein achtmal größeres Gewicht ertragen. Weiß man also, wie viel Gewicht ein Körper von 1 $\square^{\text{cm}}$ Sektion tragen kann, so ist leicht dasjenige daraus zu berechnen, welches ein Körper von größerer oder kleinerer Sektion ertragen könnte.

2) Die Festigkeiten zweier Stangen von gleicher Länge, aber ungleichen rektangulären Sektionen, sind zu einander im einfachen Verhältnisse ihrer Breiten und im quadratischen Verhältnisse ihrer Höhen.

Beisp. Wenn ein Balken von 7' Länge, 1' Dicke und 8' Breite 1000 π trägt, wie viel trägt ein anderer von gleichem Material von 8' Länge und 12'' $\square$?

Antw.
$$\frac{1000 \pi \times 12'' \times (12'')^2 \times 7'}{(10'')^2 \times 8' \times 8'} = 1890 \pi.$$

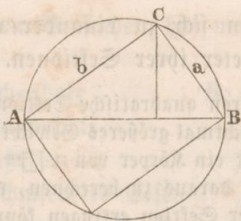
Eine Stange trägt also weit mehr, wenn die größere Seite ihrer Sektion senkrecht zu stehen kommt, als wenn dieselbe horizontal gelegt wird.

Je größer ferner die Dicke der Stange im Verhältniß zu ihrer Breite ist, desto mehr Stärke hat sie. Man macht jedoch die Dicke nie größer, als zwölfmal die Breite der Stange.

Tretgold gibt an, daß, um aus einem hölzernen Baume von gegebenem Diameter einen Pfeiler zu machen, der die größtmögliche Stärke besitze, die Quadrate der beiden Seiten der rektangulären Sektion und des Durchmessers sich zu einander verhalten müssen, wie 1 : 2 : 3 oder:

$$a^2 : b^2 : d^2 :: 1 : 2 : 3,$$

wo d der gegebene Diameter, a und b die zu suchenden Seiten der rektangulären Sektion bedeuten, wonach das Verhältniß zwischen der Breite a und der Dicke b wie 5 : 7 ist. Diese kann man leicht auf folgende geometrische Weise finden:



Man fälle auf den Drittel des Diameters AB eine Senkrechte und verbinde den Punkt C, wo derselbe den Kreis trifft, mit den Punkten A und B, so erhält man die zwei Seiten AC und CB, und zieht man die zwei andern Seiten diesen parallel, so hat man die Sektion der Stange, welche den größtmöglichen Widerstand leisten kann.

Bei Stangen von quadratischer und rektangulärer Sektion, welche auf ihre Kanten gestellt werden, so daß ihre Flächen schief zu liegen kommen, muß der Divisor in den Formeln I. und II. noch mit $\sqrt{2}$ vervielfacht werden.

3) Bei gleichem Volumen leistet eine hohle Stange weit mehr Widerstand als eine volle, und zwar ist ihre Stärke für ein und dasselbe Volumen desto größer, je größer der innere Diameter der hohlen Sektion im Verhältniß zu dem äußern Diameter derselben ist. Gewöhnlich macht man denselben aber nicht größer als $\frac{5}{6}$ des äußern Diameters.

Will man finden, wie dick ein hohler Cylinder b von gegebenem Durchmesser seyn muß, damit er so stark als ein massiver a sey, so dividire man die Cubikzahl des Diameters a durch die dreifache Quadratzahl des Diameters b.

Beisp. Wie dick muß ein hohler Cylinder von Eisen gegossen seyn, damit er so stark als ein massiver sey, wenn jener 6", dieser 3" Diameter hat?

Antw. $\frac{3^3}{3 \times 6^2} = \frac{27}{3 \times 36} = \frac{27}{108} = \frac{1}{4}^*$

Der hohle wäre aber viel leichter.

Aus Obigem folgt ferner, daß ähnliche und aus gleichem Material gebaute Maschinen relativ fester sind, je kleiner sie sind, denn das Gewicht der Theile verhält sich, wie die Kuben der Lineardimensionen, die Stärke wie die Quadrate derselben. Oder ist die Maschine A nach einem 3mal kleineren Maasstabe, als die Maschine B gebaut, so ist jeder Theil 27mal leichter, aber nur 9mal schwächer, da die Verkürzung der Stücke die transversale Stärke vermehrt.

Da nun die Resistenz eines Körpers wenigstens dem Drucke gleich seyn muß, den die Last auf ihn ausübt, so hat man also nur die beiden Werthe von F und F' einander gleich zu setzen, um die verschiedenen Aufgaben zu lösen.

Für den ersten Fall und eine runde Sektion hat man z. B.

$$PL = \frac{R \pi r^3}{4}$$

für eine hohle Sektion hätte man:

$$PL = \frac{R \pi (r'^4 - r''^4)}{4 r'}$$

Für den vierten Fall und eine rektanguläre Sektion hat man:

$$\frac{PL}{8} = \frac{R a b^2}{6} \text{ u. s. w.}$$

* Ein genaueres Resultat würde man durch die Vergleichung der Formeln III. und IV. pag. 150 erhalten. Hohle Eisenstangen liefert die Fabrik der Gebrüder Gandillot in Besançon.

Indem man nun aus diesen Gleichungen die unbekannten Werthe zieht, so erhält man die kleinstmöglichen Dimensionen (in Centimetern ausgedrückt) für eine gegebene Last, oder die größtmögliche Last für die gegebenen Dimensionen eines Körpers.

Beisp. 1. Wie viel Gewicht kann ein gußeiserner Baum ohne Gefahr tragen, welcher 11 Meter Länge und 30^{cm} im Quadrate hat, wenn derselbe auf beiden Seiten unterstützt ist und das Gewicht in der Mitte desselben angebracht ist?

Antw. $\frac{PL}{4} = \frac{Rq^3}{6}$.

folglich:

$$P = \frac{4 R q^3}{6 L} = \frac{4 \times 930^k \times (30^{cm})^3}{6 \times 1100^{cm}} = 15217 \text{ Kil.}$$

Wäre der Baum auf beiden Seiten eingemauert, so würde man das doppelte Gewicht oder 30434 Kil. erhalten, denn man hätte alsdann $\frac{PL}{8} = \frac{Rq^3}{6}$.

Will man noch das Gewicht des Baumes selbst in Betracht ziehen, so hat man:

$$\frac{(P + \frac{1}{2}p) \times L}{4} = \frac{R q^3}{6}$$

folglich:

$$P = \frac{4 R q^3}{6 L} - \frac{1}{2} p.$$

Da 1 Cub.^{cm} Gußeisen 0^k.0072 wiegt, so ist:

$$p = q^2 L = 7128 \text{ Kil.},$$

folglich:

$$P = 15217 - \frac{7128}{2} = 11653 \text{ Kilogr.}$$

Beisp. Wie groß muß der Durchmesser einer runden Stange von geschmiedetem Eisen und von 4^m Länge seyn, wenn dieselbe an einem Ende eingemauert, am andern Ende aber mit einem

Gewichte von 1000 Kil. belastet wird, in Betracht auf das Gewicht der Stange selbst?

Antw. $(P + \frac{1}{2}p) L = \frac{R \pi r^3}{4}$.

Das Gewicht p der Stange kennt man aber noch nicht, da der Diameter derselben noch unbekannt ist. Man hat indessen:

$$p = \pi r^2 L \times 0^k,0078$$

($0^k,0078$ ist das Gewicht eines Cubikcentimeters von geschmiedetem Eisen).

Führt man diesen Werth von p in vorstehende Gleichung ein, so erhält man eine Gleichung des dritten Grades.

In der Praxis kann man auf folgende Weise verfahren: Man sucht zuerst den Diameter der Stange ohne das Gewicht derselben in Rechnung zu bringen. Man erhält alsdann:

$$PL = \frac{R \pi r^3}{4}$$

$$\text{und } r^3 = \frac{4 PL}{R \pi}.$$

Hier ist: $R = 2000$ Kil. für das geschmiedete Eisen,

$L = 4^m = 400$ Centimeter und

$P = 1000$ Kil., folglich

$$r^3 = \frac{4 \times 1000 \times 400}{2000 \times 3,14} \text{ und } r = 6^{cm},34.$$

Das Gewicht der Stange ist alsdann für diesen Durchmesser:

$$p = \pi r^2 L \times 0,0078 = 394 \text{ Kil.}$$

$$\text{und } \frac{1}{2} p = 197 \text{ Kil.}$$

folglich:

$$P + \frac{1}{2} p = 1197 \text{ Kil.}$$

$$\text{und } r^3 = \frac{4 \times 1197 \times 400}{2000 \times 3,14} \text{ und } r = 6^{cm},73.$$

Dies ist noch ein zu kleiner Radius, da das eigentliche Gewicht der Stange mehr als 394 Kil. beträgt.

Setzt man nun an die Stelle von $P + \frac{1}{2}p$, $P + p$ und berechnet den Werth für r , zieht man aus demselben und dem zuletzt erhaltenen Werthe das arithmetische Mittel, so erhält man ziemlich genau den eigentlichen Radius der Stange. Es ist:

$$P + p = 1000 + 394 = 1394 \text{ Kil.}$$

folglich:

$$r^5 = \frac{4 \times 1394 \times 400}{2000 \times 3,14}$$

$$\text{und } r = 7^{\text{cm}},08.$$

Das arithmetische Mittel zwischen 7,08 und 6,73 ist:

$$r = 6^{\text{cm}},9.$$

Der gesuchte Diameter der Stange ist also

$$= 2 \times 6,9 = 13^{\text{cm}},8.$$

Nr. 22.

Resultate verschiedener Versuche über die Transversal-Festigkeit.

1) Versuche mit gußeisernen Stangen, welche in der Mitte ihrer Länge zwischen zwei Stützpunkten, deren Entfernung 2' 8" und 1' 4" beträgt, belastet werden.

Stange von 1 □", flach aufgelegt,
 bei 2' 8" Abstand riß durch 1086 ℥.
 " 1' 4" " " " 2320 "

Stange von 1 □", wie ◇ aufgelegt,
 bei 2' 8" Abstand riß durch 851 "
 " 1' 4" " " " 1587 "

Stange von 3" Höhe 1/3" Breite,
 bei 2' 8" Abstand riß durch 3588 "
 " 1' 4" " " " 6851 "

Dreiseitige Stange von 1 □" Sektion,
 Δ aufgelegt bei 2' 8" Abstand riß durch 1437 "
 ∇ " " 2' 8" " " " 840 "
 Δ " " 1' 4" " " " 3060 "
 ∇ " " 1' 4" " " " 1656 "

Schneidet man von der untern Kante prismatischer Stangen etwas ab, so tragen sie (sonderbar genug) etwas mehr. *

2) Versuche mit gußeisernen Stangen von 1 □" Sektion bei einer Entfernung zwischen den Stützpunkten von 5 engl. Fuß.

* S. Nicholson's prakt. Mechaniker pag. 209.

	Gewicht der Stange.	Gewicht, welches dieselbe zerbricht.
In einem Windofen gegossen	9 π	963 π
" " Cupuloofen gegossen	9 π	864 π
Eine Stange von denselben Dimensionen in der Mitte, deren Höhe aber nach den beiden Stützpunkten zu in Form einer Parabel vermindert	6 π	3 onz. 874 π

Sie bogen sich alle ungefähr 1 Zoll, bevor sie brachen.

3) Barlow's Versuche mit Ziegeln von 4 Zoll breit, 2 Zoll hoch und 8" Distanz zwischen den Stützpunkten (engl. Maasß.)

Ein alter Ziegel von gewöhnlicher Qualität brach durch	343 π
Ein neuer Ziegel brach durch	403 "
Ein Ziegel von bester Qualität brach durch	444 "

4) Barlow's Versuche mit verschiedenen krummen Hölzern. *

Die Sektion aller dieser Hölzer war 2 □ Zoll.

Die Distanz zwischen den beiden Stützpunkten war 5 Fuß, und die Gewichte wurden in der Mitte der Hölzer aufgesetzt.

* Diese werden in den englischen Dock-yards allgemein mit dem Namen Compass timber bezeichnet.

Tabelle XVIII.

	I. Ursprüng- liche Curve.		II. Spezifisches Gewicht.	III. Aufgelegte Gewichte.	IV. Letzte Biegung.	V. Relative Stärke.
	Zoll.		$\bar{w}$	$\bar{w}$	Zoll.	$\bar{w}$
1. Natürlich krumme Hölzer	a)	6	804	680	4	5250
	a)	8	820	764	8	6016
	b)	6	822	768	4	6400
	b)	8	874	762	5	6630
2. Krumm geschnitten mit der Säge	a)	7 $\frac{1}{2}$	960	585	4 $\frac{1}{2}$	4643
	a)	8 $\frac{1}{2}$	830	568	6 $\frac{1}{2}$	4489
	b)	7 $\frac{1}{2}$	938	546	2 $\frac{1}{2}$	4549
	b)	8 $\frac{1}{2}$	840	550	1 $\frac{1}{2}$	4583
3. Künstlich gebogen oder ohne Sägeschnitt	a)	7 $\frac{1}{2}$	798	667	6 $\frac{1}{2}$	5257
	b)	7 $\frac{1}{2}$	810	617	5 $\frac{1}{2}$	5413
4. Mit Sägeschnitt gebogen, aber ohne Keile	a)	8 $\frac{1}{2}$	886	517	10 $\frac{1}{2}$	—
	b)	8 $\frac{1}{2}$	856	517	6 $\frac{1}{2}$	—
5. Mit Sägeschnitt geb. mit quadrat. Keilen	a)	8 $\frac{1}{2}$	754	712	10 $\frac{1}{2}$	5698
	b)	8 $\frac{1}{2}$	732	665	5 $\frac{1}{2}$	5880
6. Mit Sägeschn. geb. und mit cylindr. Keilen	a)	6	873	717	11	5789
	b)	6	873	762	7	6629

Anmerk. 1. Die in Col. III. angegebenen Gewichte sind die, welche die verschiedenen Hölzer gebrochen haben.

2. Die mit a) bezeichneten Hölzer wurden so aufgelegt, daß die konkave Seite unten zu liegen kam, und die mit b) bezeichneten so, daß die konvexe Seite unten zu liegen kam. Aus der Colonne V. ersieht man, daß in den meisten Fällen die relative Stärke bei letztern größer ist, als bei erstern.

3. Die in Nr. 4, 5, 6 angeführten Hölzer wurden nach dem Plane von Hookey, Schiffsbaumeister in Woolwich, gebogen. Diese Methode besteht darin, daß man an einem Ende des zu biegenden Holzes, oder an beiden Enden senkrecht auf die Richtung, in welcher das Holz gebogen werden soll, ein oder mehrere feine Sägeschnitte macht, dasselbe dann kocht, und zwar so viel Stunden lang, als die Dicke des Holzes in Zollen beträgt, und endlich demselben vermittelt eines Apparats von Pressschrauben die erforderliche Krümmung gibt. Bei den in Nr. 5 angegebenen Hölzern werden die Theile, welche durch die Sägeschnitte entstanden sind, wieder fest mit einander durch viereckige Stückchen Eichenholz verschmolzen.



Bei den in Nr. 6 bezeichneten geschieht hingegen diese Vereinigung vermittelt runder kupferner Bolzen



Aus Col. V. ersieht man, daß die nach dieser einfachen Methode gebogenen Hölzer, und besonders die in Nr. 6 angegebenen, an Stärke wenig den Hölzern nachstehen, welche natürlich gebogen und meistens sehr kostbar sind.

Barlow * gibt ferner folgende Tafel für die relative Transversalstärke der Bauhölzer, in englischen Maassen ausgedrückt, an:

* Barlow on the Strength of Timber.

Englisches Eichenholz	1426
Canadisches Eichenholz	1766
Eichenholz	2026
Buchenholz	1556
Ulmenholz	1013
Pechtanne	1632
Föhre	1100
Lärche	1127
Nothtanne	1341

und es kann demnach die Stärke eines jeden Bauholzes nach folgender Regel aufgefunden werden:

Man multiplizire die Zahl der Tafel mit der Breite und dem Quadrat der Höhe des Balkens (in Zollen), und dividire das Produkt durch die Länge (in Zollen). Der Quotient ist das gesuchte Gewicht in Pfunden, für den Fall, daß dasselbe am einen Ende angebracht, das andere Ende eingemauert ist. Wie aus den vorigen Abschnitten hervorgeht, ist die Stärke doppelt so groß, wenn der Balken an beiden Enden belastet ist und in der Mitte aufliegt, oder wenn die Last auf der ganzen Länge gleichförmig vertheilt ist, 4fach, wenn der Balken an beiden Enden aufliegt, und 8fach, wenn derselbe auf beiden Seiten eingemauert und die Last in der Mitte angebracht ist.

Beisp. I. Welche Last wird einen Balken von Buchenholz brechen von 7" Breite, 9" Höhe und 30' Länge zwischen beiden Auflagen, wenn derselbe an beiden Enden aufliegt und sich die Last in der Mitte befindet.

Antw.
$$\frac{1556 \times 81 \times 7'' \times 4}{360} = 9803 \text{ P.}$$

Ein Balken von diesen Dimensionen an einem Ende eingemauert würde daher durch sein eigenes Gewicht brechen, wenn er 49 Etnr. wöge.

Beisp. II. Welche Last wird einen fohrenen auf einer Seite eingemauerten Balken von 2" Breite 6" Höhe und 20' Länge brechen?

Antw. $\frac{100 \times 36 \times 2''}{240} = 330 \text{ Z.}$

Tretgold gibt ferner das Gewicht, welches mit Sicherheit einem gußeisernen Baume zugemuthet werden darf, auf 850 Z an, woraus sich vermittlest der letzten Regel die erforderlichen Dimensionen von gußeisernen Stangen berechnen lassen.

$$P = \frac{850 \text{ a } b^2}{L}$$

und also $a = \frac{LP}{850 \text{ b}^2}$

und $P = \sqrt{\frac{LP}{850 \text{ a}}}$

Beisp. Wie breit muß ein gußeiserner Balken von 20' Länge und 15'' Dicke seyn, um 13 Tonnen zu tragen?

Antw. 13 Tonnen = 29120 Z.

$$a = \frac{20 \times 29120}{850 \times 15'' \times 15''} = 3'',045.$$

Beisp. Wie dick muß derselbe seyn, wenn die Breite 12'' beträgt?

Antw. $b = \sqrt{\frac{20' \times 29120}{850 \times 12}} = \sqrt{57,06} = 7'',55.$

Anmerkung. Diese Formeln gelten nur für den Fall, wo der Balken an einem Ende eingemauert, am andern Ende belastet ist; für die andern Fälle hat man die Zahl 850 mit 2, 4 oder 8 zu vervielfachen.

Für die Praxis rath Brunton, die durch die Regel gefundene mögliche Last auf $\frac{2}{3}$ derselben zu beschränken.*

Anmerk. Da der Druck, welchen eine Last auf einen gewissen Punkt eines Körpers ausübt, im Verhältnisse ist mit der Distanz zwischen demselben und dem Aufhängungspunkte des Gewichtes, so folgt

* S. Brunton's Compendium. S. 92.

hieraus, daß eine Stange, welche in allen Punkten ihrer Länge den nämlichen Widerstand leisten soll, nicht überall dieselbe Sektion zu haben braucht.

Die durch obige Regeln aufgefundenen Dimensionen beziehen sich auf die Sektion, welche den größten Widerstand zu leisten hat.

Die Sektion von 2" Breite und 6" Höhe hat z. B. der Balken in Beispiel II. pag. 165 bloß in dem Punkte zu haben nöthig, wo derselbe eingemauert ist, da derselbe am weitesten von dem Belastungspunkte entfernt ist. In der Mitte seiner Länge oder 10' von der Last entfernt braucht seine Sektion bloß halb so viel Widerstand zu leisten, oder bei 6" Höhe 1" Breite zu haben, und bei einer Entfernung von $15' = \frac{3}{4}$ seiner Länge bloß $\frac{1}{4}$ dieses Widerstandes, oder bei 6" Höhe $\frac{1}{2}$ " Breite, oder bei 3" Höhe 2" Breite zu haben. Bei gleicher Breite wird daher ein Körper, welcher überall denselben Widerstand leisten soll, in der Richtung der Höhe die Form einer Parabel, und bei gleicher Höhe hingegen in der Richtung der Breite die Form eines Dreieckes erhalten müssen, dessen Scheitel am Punkte ist, wo die Last angebracht wird.

Die Sektion von 9" Höhe und 7" Breite braucht ferner der Balken in Beispiel I. pag. 165 bloß in der Mitte seiner Länge oder in dem Punkte, wo das Gewicht aufgehängt wird, zu haben. Die beiden Enden des Balkens haben hingegen bloß die halbe Stärke zu leisten und daher eine Sektion von 9" Höhe und $3\frac{1}{2}$ " Breite, oder von $4\frac{1}{2}$ " Höhe und 14" Breite nöthig.

Im Falle die Last auf der ganzen Länge dieses Balkens gleichförmig vertheilt ist, würde die erforderliche Sektion in der Mitte

9" Höhe und $3\frac{1}{2}$ " Breite

und diejenige an den beiden Enden bloß

9" Höhe und $1\frac{3}{4}$ " Breite oder

$4\frac{1}{2}$ " Höhe und 7" Breite haben müssen.

Indem man auf diese Art einem Körper auf seiner ganzen Länge dieselbe Stärke gibt, vermindert man das Material und das Gewicht derselben bedeutend, wovon auch der Versuch 2. pag. 162 ein Beispiel gibt.

Nr. 23.

Dicke der Wellzapfen.

Da die Wellzapfen (Tourillons) gewöhnlich die dünnsten und schwächsten Theile eines Wellbaumes sind, so sind vorzüglich für diese die Dimensionen mit großer Sorgfalt zu bestimmen.

Die Wellzapfen haben im Allgemeinen Zweierlei auszuhalten. Erstens haben sie meistens ein ziemlich großes Gewicht zu tragen und zweitens haben sie eine gewisse Kraft fortzupflanzen und müssen daher der Drehung widerstehen können. Es ist also bei der Bestimmung des Diameters eines Zapfens wohl zu überlegen, welche dieser beiden Bedingungen einen größeren Diameter erfordert. Ist dieß zweifelhaft, so ist es rathsam, den Diameter für beide Fälle zu berechnen und dann den größeren in Anwendung zu bringen.

Dieß ist z. B. der Fall, wenn man den Zapfen eines Wellbaumes berechnen will, der ein Schwungrad trägt, da dasselbe meistens von einem großen Gewichte ist und dabei eine beträchtliche Geschwindigkeit hat.

Am Allgemeinen verhalten sich, wie schon gesagt worden ist, die Festigkeiten zweier Zapfen wie die Kuben ihrer Diameter.

Erste Bedingung.

Praktische Regel, um den Diameter des Zapfens für diese Bedingung zu finden.

Robert Buchanan gibt folgende einfache Regel (in englischen Maassen ausgedrückt), als in den meisten Fällen genügend, an:

Man ziehe aus dem doppelten Gewicht (in Centnern von 112 $\mathcal{Z}$), welches der Zapfen zu tragen hat, die Cubikwurzel, und nehme die erhaltene Zahl für den Diameter des Zapfens in Zoll an.

Ist P die Portion des Gewichtes des Wellbaumes, welches der Zapfen zu ertragen hat, so ist:

$$d = \sqrt[3]{2P}.$$

Hat jeder der beiden Zapfen eine Welle gleich viel zu tragen, d. h. ist die Last ungefähr in der Mitte der Welle angebracht, so ist, wenn Q die totale Last bedeutet,

$$D = \sqrt[3]{Q}.$$

Aus den Versuchen von Buchanan ergibt sich ferner, daß die Stärke des Gußeisens sich zu jener des geschmiedeten Eisens verhält wie 9 : 14. Der Diameter eines Zapfens von geschmiedetem Eisen wird also bloß 0,863 oder circa $\frac{13}{15}$ desjenigen eines gußeisernen Zapfens von gleicher Stärke betragen müssen. Nach Tretgold ist dagegen

* Da 1 Zoll = 2^{cm},54 und 1 Etr. = 50^{kg},785, so gehen diese Formeln in folgende über, in metrischen Maassen ausgedrückt:

1) für gußeiserne Zapfen:

$$d' = 4,032 \cdot \sqrt[3]{P}$$

und wenn beide Zapfen gleich viel tragen und Q' die Totallast bedeutet:

$$D' = 3,2 \cdot \sqrt[3]{Q'}$$

2) für schmiedeiserne Zapfen:

$$d' = 3,48 \cdot \sqrt[3]{P'}$$

$$\text{und } D' = 2,76 \cdot \sqrt[3]{Q'}.$$

wo P' und Q' in metrischen Centnern (100 Kil.), d' und D' in Centimetern ausgedrückt sind.

das Verhältniß der Stärke wie 1,3 : 1, und dasjenige der correspondirenden Durchmesser wie 1 : 0,963. Bei Anwendung eines guten Schmiedeeisens dürfte jedoch der nach Buchanan's Angabe gefundene Durchmesser wohl hinreichen.*

Beisp. Wie stark müssen die gußeisernen Zapfen einer Wasserradwelle seyn von 15000 Kil. Gewicht?

Antw. $D = 3,2 \times \sqrt[3]{150} = 17$ Centimeter.

Beisp. Es sey ein Wellbaum von 8' (engl.) Länge mit einem Rade belastet, dessen Gewicht 60 Centner ist, jedoch nicht auf der Mitte desselben, sondern 6' von dem einen Zapfen und hiermit 2' von dem andern Zapfen entfernt. Man sucht den Diameter der beiden Zapfen aus geschmiedetem Eisen zu bestimmen.

Antw. Es muß zuerst die Last bestimmt werden, welche auf jeden Zapfen drückt. Ist p die Last desjenigen, der dem Rade am nächsten ist, und p' die Last des entfernteren, so ist:

$$p = \frac{60 \times 6'}{8} = 45 \text{ Etnr.}$$

$$\text{und } p' = \frac{60 \times 2'}{8} = 15 \text{ Etnr.}$$

folglich der Diameter des näheren Zapfens:

$$d = 0,863 \times \sqrt[3]{2 \times 45} = 3,87 \text{ Zoll,}$$

und der Diameter des entferntern Zapfens:

$$d' = 0,863 \times \sqrt[3]{2 \times 15} = 2,68 \text{ Zoll.}$$

Aus der Formel $D' = 3,2 \times \sqrt[3]{Q'}$ folgt

$$Q' = \frac{100}{(3,2)^3} \times D'^3 = 3 D'^3,$$

wo Q' in Kilogr. angegeben ist, und man erhält daher die Totallast, welche die Zapfen tragen können (in Kilogr.), wenn man den Cubus des Durchmessers derselben (in Centimetern) mit 3 vervielfacht, nach welcher Regel folgende Tabelle berechnet ist.

* Tretgold schlägt vor, den Diametern gußeiserner und schmiedeiserner Zapfen, wie solche aus diesen Formeln gefunden werden, wegen der während der Bewegung stattfindenden Abnützung, noch $\frac{1}{8}$ hinzuzufügen.

Tabelle XIX. Zur Bestimmung der Dicke der Zapfen an Wasserradwellbäumen und sonstigen Achsen, welche schwere Lasten zu tragen haben.

Diameter der Zapfen in Centime- tern.	Totallast auf die Zapfen		Diameter der Zapfen in Centime- tern.	Totallast auf die Zapfen	
	bei Guß- eisen.	bei Schmied- eisen.		bei Guß- eisen.	bei Schmied- eisen.
	Kil.	Kil.		Kil.	Kil.
1	3	4.65	16	12.288	19.046
2	24	37	17	14.739	22.845
3	81	125	18	17.496	27.119
4	192	297	19	20.577	31.894
5	375	581	20	24.000	37.200
6	648	1004	21	27.783	43.064
7	1029	1595	22	31.944	49.513
8	1536	2381	23	36.501	56.577
9	2187	3390	24	41.472	64.282
10	3000	4650	25	46.875	72.656
11	3993	6190	26	52.728	81.728
12	5184	8035	27	59.049	91.526
13	6591	10.216	28	65.856	102.077
14	8232	12.760	29	73.167	113.409
15	10.125	15.694	30	81.000	125.550

Da die Summe der Reibung an den Zapfen immer dieselbe bleibt und gar nicht von der Länge derselben abhängt, so ist es vortheilhaft, dieselben so lang als möglich zu machen, da alsdann die Reibung auf der ganzen Länge vertheilt und die Abnutzung der Zapfen hiemit weit geringer ist.

Indessen werden auch hier wieder gewisse Limiten befolgt. Tretgold macht gußeiserne Zapfen $1\frac{1}{2}$ mal so lang als ihr Diameter, und Zapfen aus geschmiedetem Eisen $1\frac{1}{2}$ mal so lang als ihr Diameter ist.

Zweite Bedingung.

Soll der Wellbaum eine Kraft fortpflanzen, so muß derselbe so wie seine Zapfen eine hinreichende Dicke haben, um der Drehung zu widerstehen, und diese muß um so beträchtlicher seyn, je näher sie der bewegenden Kraft (dem Rade) liegen. Es müssen sich ferner die Kuben der Diameter der Zapfen zu einander verhalten wie die dynamischen Effekte während eines Umganges.

Ist daher:

A der dynamische Effekt des einen Wellbaumes per Minute,
n die Anzahl Umgänge, die er in 1 Minute macht, und
D der Durchmesser seiner Zapfen;

A' der dynamische Effekt eines andern Wellbaumes per Minute,
n' die Anzahl Umgänge per Minute, und

D' der Durchmesser seiner Zapfen, so hat man:

$$\frac{A}{n} : \frac{A'}{n'} :: D^3 : D'^3$$

$$\text{folglich: } D'^3 = \frac{A'}{n'} \times D^3 \times \frac{n}{A}.$$

Kennt man also den schicklichen Diameter der Zapfen eines Wellbaumes von einem bekannten dynamischen Effekte, so ist es leicht, denjenigen eines andern zu finden, der eine andere Kraft und Geschwindigkeit besitzt.

Nach den Versuchen von N. Buchanan muß der Durchmesser der Zapfen eines Wellbaumes, der eine Kraft von 50 Pferden besitzt und 50 Umgänge per Minute macht, $7\frac{1}{2}$ engl. Soll betragen, damit er keinen Schaden befürchten lasse. Es ist also hier

$$\frac{n}{A} \cdot D^3 = \frac{50}{50} \times (7\frac{1}{2})^3 = 422,$$

und hiemit:

$$D'^3 = 422 \times \frac{A'}{n'} *$$

Buchanan leitet dar aus folgende praktische Vorschriften ab:

Um den Durchmesser (D) der Wellbäume ersten Ranges (oder eigentlich ihrer Wellzapfen) zu finden, multiplizire man die Zahl der Pferdekkräfte (K) mit 400, dividire das Produkt durch die Zahl der Umgänge (n) in Minuten und ziehe aus dem Quotienten die Cubikwurzel. Diese gibt den nöthigen Durchmesser in (engl.) Zollen oder

$$D = \sqrt[3]{\frac{400 K}{n}}$$

Für Wellbäume zweiter Klasse (oder entferntere Motoren) multiplizire man K mit 200 oder nehme $\frac{2}{3}$ der ersteren als Durchmesser.

Und für die entferntesten Communicationsstangen nehme man 100 K oder $\frac{5}{8}$ der ersteren zum Durchmesser.

Beisp. 1. Wie stark muß ein Wellbaum erster Klasse (oder der eines Schwungrades) seyn, wenn er 90 Umgänge in einer Minute macht, und die Maschine eine Stärke von 45 Pferdekkräften hat?

Antw. $\frac{45 \times 400}{90} = 200$; $\sqrt[3]{200} = 5,8''$ Diameter.

Beisp. 2. Wie groß ist der nöthige Durchmesser eines Wellbaumes zweiter Klasse an derselben Maschine?

Antw. $\sqrt[3]{\frac{45 \times 200}{90}} = \sqrt[3]{100} = 4'',6$ Diameter.

* Für Zapfen von geschmiedetem Eisen hat man:

$$D^3 = 422 \times \frac{9}{14} \times \frac{A'}{n'}$$

Aus obiger Formel ergibt sich ferner:

$$n = \frac{400 K}{D^3}$$

$$\text{und } K = \frac{D^3 \times n}{400}$$

Beisp. 3. Welche Kraft kommt einem Schwungradwellbaume von 3" Dicke zu, der 80 Umgänge in einer Minute macht?

Antw. $D^3 = 27$. Also $\frac{27 \times 80}{400} = \frac{27}{5} = 5\frac{2}{5}$ Pferdekkräfte.

Obige Formel reduziert sich ferner auf:

$$D = \sqrt[3]{\frac{6560 K}{n}} \text{ in Centimetern,}$$

$$\text{daher } \frac{n}{K} = \frac{6560}{D^3}.$$

Man findet also das Verhältniß der Anzahl Umgänge zur Anzahl Pferdekkräfte, welche ein Wellbaum erster Klasse fortzupflanzen im Stande ist, wenn man die Zahl 6560 durch den Cubus des Diameters seiner Zapfen (in Centimetern) dividirt, nach welcher Regel folgende Tabelle berechnet ist:

Tabelle XX. Zur Bestimmung der Dicke von Wellzapfen an Schwungradachsen u. s. w.

Dicke in Centime- tern.	Werth von $\frac{n}{K}$		Dicke in Centime- tern.	Werth von $\frac{n}{K}$	
	bei Guß- eisen.	bei Schmied- eisen.		bei Guß- eisen.	bei Schmied- eisen.
1	6560	4220	16	1,60	1,03
2	820	527	17	1,33	0,855
3	243	157	18	1,12	0,724
4	102,5	65,9	19	0,96	0,617
5	52,48	33,74	20	0,82	0,527
6	30,37	19,60	21	0,708	0,455
7	19,12	12,29	22	0,616	0,396
8	12,81	8,24	23	0,539	0,347
9	9,00	5,79	24	0,475	0,306
10	6,56	4,22	25	0,420	0,270
11	4,93	3,17	26	0,372	0,240
12	3,80	2,45	27	0,333	0,214
13	2,98	1,92	28	0,299	0,192
14	2,39	1,54	29	0,269	0,173
15	1,94	1,25	30	0,242	0,156

Bermittelt dieser Tabelle läßt sich leicht die erforderliche Dicke eines Wellzapfens approximativ berechnen, und erspart dabei das zeitraubende Ausziehen der 3ten Wurzel.

In Beispiel I. ist z. B.

$$\frac{n}{K} = \frac{90}{45} = 2,$$

und nach der Tabelle muß daher ein gußeiserner Zapfen etwas weniger als 15 Centimeter, ein schmiedeiserner etwas weniger als 13 Centimeter Dicke haben.

Die Sektion des Baumes selbst macht man gewöhnlich um $\frac{1}{10}$ größer als die der Zapfen, und es ist unnöthig, dieselbe durch eine besondere Rechnung zu finden, wenn die Länge desselben nicht über 10—12mal den Diameter beträgt. Ist letzteres aber der Fall, so muß man dieselbe berechnen; doch ist es nicht nöthig, der ganzen Länge des Baumes die durch Rechnung gefundene Sektion zu geben.

Beisp. Es sey ein gußeiserner Baum von 4^m Länge mit einem Wasserrade belastet, welches 5000 Kil. wiegt, 25 Umgänge per Minute macht und eine Kraft von 15 Pferden fortpflanzt. Damit die Zapfen dem Drucke allein widerstehen können, muß, nach Tabelle XIX., der Durchmesser derselben etwas weniger als 12 Centimeter betragen.

Um der Drehung allein zu widerstehen, muß derselbe dagegen, nach Tabelle XX., da hier

$$\frac{n}{K} = \frac{25}{15} = 1,67 \text{ ist,}$$

etwas weniger als 16 Centimeter haben.

Letzterer ist also derjenige, der angewendet werden muß. Für den Diameter des Baumes selbst hat man:

$$r^3 = \frac{3}{2} \frac{P l}{R \pi}$$

und also wenn $R = 560$ Kilogr. angenommen wird,

$$r^3 = \frac{3}{2} \times \frac{5000 \text{ k} \times 400^{\text{cm}}}{560 \times 3,14}$$

$$r = 11,95 \text{ und } d = 23,90.$$

Dies ist der Durchmesser, welchen man dem Wellbaume in seiner Mitte gibt. An den beiden Enden gibt man ihm nur $\frac{1}{2}$ mehr als 16^{cm} oder circa 18^{cm} Diameter.

Nr. 24.

Von Räderwerken.

Unter Räderwerk begreift man eine Zusammenstellung von Rädern, welche sich an verschiedenen Achsen befinden, doch so mit einander in Verbindung stehen, daß durch die Umdrehung des einen Rades diejenige aller übrigen Räder ebenfalls geschieht. Diese Mittheilung der Bewegung kann noch durch andere Mittel, z. B. durch Seile oder Riemen ohne Ende, geschehen; indessen sind die Räderwerke ein besonderes sicheres und in vielen Fällen vortheilhaftes Mittel, und besonders da anzuwenden, wo eine genaue Bewegung statt haben (wie in Uhrwerken) oder wo eine große Kraft fortgepflanzt werden muß.

Unter dem Durchmesser eines Rades versteht man denjenigen des Berührungskreises $p n x$



oder Theilkreises, auf welchem die Zähne eingetheilt werden. Dieser Berührungskreis (cercele primitif, pitch line) liegt immer zwischen

dem äußersten Kreise des Rades und dem Kranze. Unter Schrift (engl. pitch, franz. denture) versteht man die Stärke o p eines Zahnes nebst dessen Lücke n o oder den Bogen x des Theilkreises von der Mitte eines Zahnes bis zur Mitte des nächstfolgenden.

Zwei an der gleichen Welle sitzende Räder machen in derselben Zeit gleich viel Umgänge, welchen Durchmesser sie auch haben mögen; die Umfangsgeschwindigkeiten verhalten sich aber wie ihre Halbmesser oder Durchmesser.

Zwei in einandergreifende Räder an verschiedenen Wellen haben hingegen gleiche Umfangsgeschwindigkeit; die Zahl der Umgänge verhält sich aber umgekehrt wie die Durchmesser, oder umgekehrt wie die Zahl der Zähne, da diese dem Durchmesser proportional seyn muß.

Hat das Rad A 24 Zähne und B 6, so macht dieses 4mal mehr Umgänge.

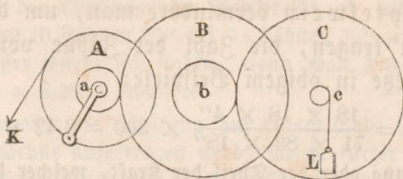
Haben beide gleich viel Zähne, so ist auch die Zahl der Umgänge gleich und nur die Bewegung derselben in entgegengesetzter Richtung.

Greift A in B und B in C, so hat B keinen Einfluß auf das Geschwindigkeitsverhältniß von A : C; d. h. hat A 8mal so viel Zähne als C, so macht C 8mal so viel Umgänge; B dient nur zur mittelbaren Verbindung, und macht außerdem, daß C sich nun in derselben Richtung wie A dreht.

Bei allen Räderwerken hat man die treibenden und die getriebenen Räder wohl zu unterscheiden, obschon man gewöhnlich die kleineren Getriebe nennt.

Bei den Räderwerken hat man vornehmlich das Verhältniß der Geschwindigkeiten und der Kraft zur Last zu bestimmen.

Bei dem Räderwerke



ist das Verhältniß der Kraft K zu L (für den Zustand der Ruhe und ohne Rücksicht auf Reibung) wie das Product der Halbmesser von a , b und c zu dem der Halbmesser A , B , C .

Bei den gezahnten Rädern a , b , c , A , B und C setze man die Zahl der Zähne statt der Halbmesser.

Man hat also:

$$K : L = a \cdot b \cdot c : A \cdot B \cdot C.$$

$$\text{und } K = \frac{a \cdot b \cdot c}{A \cdot B \cdot C} \times L.$$

$$L = \frac{A \cdot B \cdot C}{a \cdot b \cdot c} \times K.$$

Beisp. Eine Last L von 300 $\mathfrak{z}$ soll vermittlest der Welle c von 4'' Rad. gehoben werden. Die Getriebe a und b haben jedes 18 Zähne, B 72 und C 90 Zähne; wie viel Kraft muß an der Kurbel angebracht werden, deren Länge (Radius) 18'' ist?

Antw. $\frac{18 \times 18 \times 4''}{72 \times 90 \times 18''} \times 300 = 3,33 \mathfrak{z}.$

Die Umfangsgeschwindigkeiten verhalten sich umgekehrt wie $K : L$, d. h. während L $3\frac{1}{3}$ steigt, macht das äußere Ende der Kurbel einen Weg von 300'.

Wirkt an der Welle c die Kraft und befände sich die Last an dem Rade A , so müßte sich die Kraft zur Last wie $300 : 3\frac{1}{3}$ verhalten, und die Last bewegte sich 90mal schneller.

Nach Eytelwein vermindere man, um der Friction Rechnung zu tragen, die Zahl der Zähne von B und C um 1 und setze in obigem Beispiele:

$$K = \frac{18 \times 18 \times 4''}{71 \times 89 \times 18''} \times 300 = 3,42 \text{ } \mathfrak{P}.$$

Die Reibung oder der Theil der Kraft, welcher bei dem Eingreifen von zwei Rädern verloren geht, kann durch

$\frac{f Q (r + r') a}{rr'}$ ausgedrückt werden, wo f den Reibungskoeffizienten,

Q die zu transmittirende Kraft, a die Schrift der beiden Räder und r und r' die Radien derselben bedeuten. Die anzuwendende

Kraft wird also $= Q + \frac{f Q (r + r') a}{rr'}$ seyn müssen. Aus diesem

ergibt sich, daß die Reibung desto größer ist, je größer die Schrift der Räder ist. Die kleinste Reibung wird statt haben, wenn die Räder gleichen Diameter haben oder $r = r'$ ist. Kann dieß nicht der Fall seyn und sollen sich die Räder mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegen, so ist es vortheilhaft, ihre Diameter so groß als möglich zu machen, damit möglichst viele Zähne in einander eingreifen.

Ist z. B. $f = 0,1$ und $a = 0,1$,

so ist für $r = r' = 1$ die anzuwendende Kraft

$$\text{oder } P = Q + \frac{0,01 \times 2 Q}{1} = Q + \frac{1}{50} Q.$$

$$\text{für } r = r' = 2 \quad \text{---} \quad \text{---} \quad P = Q + \frac{1}{100} Q.$$

$$\text{für } r = r' = 4 \quad \text{---} \quad \text{---} \quad P = Q + \frac{1}{200} Q.$$

$$\text{für } r = 2 \text{ und } r' = 6 \quad \text{---} \quad P = Q + \frac{1}{150} Q.$$

Gewöhnlich wird $P = Q + \frac{1}{75} Q$ oder die Reibung zu $\frac{1}{75}$ der zu transmittirenden Kraft angenommen.

Obgleich diese Reibung schon ziemlich beträchtlich ist, und man also darauf bedacht seyn muß, das Räderwerk so einfach als möglich zu machen, um den verlangten Zweck zu erreichen, so ist es doch bisweilen vortheilhaft, und besonders da, wo die Differenz der Diameter zweier Räder zu beträchtlich wäre, die Anzahl der Räder um etwas zu vergrößern, und so ein günstigeres Verhältniß in den Diametern zweier in einander eingreifender Räder hervorzubringen.

Beträgt die Theilung oder Schrift 2'', so sollte der Umfang des Rades bei 10 Zähnen 20'' bei 15 Zähnen 30'' u. betragen und der Halbmesser würde sich finden, wenn man den Umfang durch $2 \times 3,1416 = 6,2832$ dividirte.

Da nun aber die Theilung auf einem Rade mit dem Zirkel immer als Sehne aufgetragen wird, welche kürzer ist als der ihr correspondirende Kreisbogen, so folgt hieraus, daß man auf obige Art bloß den Umfang eines Vielecks und daher einen zu kleinen Werth für den Radius erhält, und daß, da das Verhältniß zwischen der Länge des Bogens und der Sehne mit dem Radius abnimmt, die Diameter der Räder der Anzahl ihrer Zähne nicht proportional seyn können; da ferner die Sehne sich desto mehr dem correspondirenden Kreisbogen nähert, je vielseitiger das Polygon ist, so folgt hieraus, daß der Durchmesser eines Getriebes etwas mehr als $\frac{1}{4}$ desjenigen eines Rades von gleicher Schrift seyn muß, welches 4mal so viel Zähne hat. * Dieser Umstand ist in folgender Tabelle von Donkin (siehe Buchanan's Millwork), welche den Halbmesser für jedes Rad von 10 bis 280 Zähnen bei einer Theilung von 2 Zoll oder Centimetern angibt, berücksichtigt worden.

* Diese Tabelle ist nach folgender Formel berechnet worden:

$$r = \frac{t}{2 \times \sin. \frac{180}{n}}$$

wo r den Radius, t die Schrift und n die Anzahl von Zähnen bedeutet.

Für ein Rad von 45 Zähnen wäre z. B.

$$\text{da } \sin. \frac{180}{n} = \sin. 4^\circ = 0,06977 \text{ ist,}$$

bei einer Theilung von 2''

$$r = \frac{2}{2 \times 0,06977} = 14'',336.$$

Tabelle XXI.

Zähne.	Radius in Zollen.	Zähne.	Radius in Zollen.	Zähne.	Radius in Zollen.
10	3,236	40	12,746	70	22,289
11	3,549	41	13,064	71	22,607
12	3,864	42	13,382	72	22,926
13	4,179	43	13,700	73	23,244
14	4,494	44	14,018	74	23,562
15	4,810	45	14,336	75	23,880
16	5,126	46	14,654	76	24,198
17	5,442	47	14,972	77	24,517
18	5,759	48	15,290	78	24,835
19	6,076	49	15,608	79	25,153
20	6,392	50	15,926	80	25,471
21	6,710	51	16,244	81	25,790
22	7,027	52	16,562	82	26,108
23	7,344	53	16,880	83	26,426
24	7,661	54	17,198	84	26,741
25	7,979	55	17,517	85	27,063
26	8,296	56	17,835	86	27,381
27	8,614	57	18,153	87	27,699
28	8,931	58	18,471	88	28,017
29	9,249	59	18,789	89	28,336
30	9,567	60	19,107	90	28,654
31	9,885	61	19,425	91	28,972
32	10,202	62	19,744	92	29,290
33	10,520	63	20,062	93	29,608
34	10,838	64	20,382	94	29,927
35	11,156	65	20,698	95	30,245
36	11,474	66	21,016	96	30,563
37	11,792	67	21,335	97	30,881
38	12,110	68	21,653	98	31,200
39	12,428	69	21,971	99	31,518

Zähne.	Radius in Zollen.	Zähne.	Radius in Zollen.	Zähne.	Radius in Zollen.
100	31,836	130	41,384	160	50,933
101	32,155	131	41,703	161	51,251
102	32,473	132	42,021	162	51,569
103	32,791	133	42,339	163	51,888
104	33,109	134	42,657	164	52,206
105	33,427	135	42,976	165	52,524
106	33,746	136	43,294	166	52,843
107	34,064	137	43,612	167	53,161
108	34,382	138	43,931	168	53,479
109	34,700	139	44,249	169	53,798
110	35,018	140	44,567	170	54,116
111	35,337	141	44,885	171	54,434
112	35,655	142	45,204	172	54,752
113	35,974	143	45,522	173	55,078
114	36,292	144	45,840	174	55,389
115	36,611	145	46,158	175	55,707
116	36,929	146	46,477	176	56,026
117	37,247	147	46,795	177	56,344
118	37,565	148	47,113	178	56,662
119	37,883	149	47,432	179	56,980
120	38,202	150	47,750	180	57,299
121	38,320	151	48,068	181	57,617
122	38,838	152	48,387	182	57,935
123	39,156	153	48,705	183	58,253
124	39,475	154	49,023	184	58,572
125	39,793	155	49,341	185	58,890
126	40,111	156	49,660	186	59,209
127	40,429	157	49,978	187	59,527
128	40,748	158	50,296	188	59,845
129	41,066	159	50,615	189	60,163

Zähne.	Radius in Zollen.	Zähne.	Radius in Zollen.	Zähne.	Radius in Zollen.
190	60,482	220	70,031	250	79,580
191	60,800	221	70,349	251	79,898
192	61,118	222	70,667	252	80,216
193	61,436	223	70,985	253	80,534
194	61,755	224	71,304	254	80,853
195	62,073	325	71,622	255	81,171
196	62,392	226	71,941	256	81,489
197	62,710	227	72,258	257	81,808
198	63,028	228	72,577	258	82,126
199	63,346	229	72,895	259	82,444
200	63,665	230	73,214	260	82,763
201	63,983	231	73,532	261	83,081
202	64,301	232	73,850	262	83,399
203	64,620	233	74,168	263	83,717
204	64,938	234	74,487	264	84,038
205	65,256	235	74,805	265	84,354
206	65,574	236	75,123	266	84,673
207	65,893	237	75,441	267	84,991
208	66,211	238	75,760	268	85,309
209	66,529	239	76,078	269	85,627
210	66,848	240	76,397	270	85,946
211	67,166	241	76,715	271	86,265
212	67,484	242	77,033	272	86,582
213	67,803	243	77,351	273	86,900
214	68,121	244	77,670	274	87,219
215	68,439	245	77,988	275	87,537
216	68,757	246	78,306	276	87,855
217	69,075	247	78,625	277	88,174
218	69,349	248	78,943	278	88,462
219	69,712	249	79,261	279	88,810

Es läßt sich daraus leicht der Halbmesser für jede andere Theilung berechnen.

Beisp. Wie groß ist der Radius eines Rades von 125 Zähnen bei einer Theilung von $3\frac{1}{4}''$?

Antw. Die Tafel gibt für eine 2zöllige 39,793'' an, man setze also:
 $2 : 3\frac{1}{4} = 39,793'' : x$ oder 64,664''.

Ist das Verhältniß $m : n$ der Geschwindigkeiten, welche zwei in einander eingreifende Räder haben sollen, und die Entfernung ihrer beiden Mittelpunkte oder die Summe ihrer Radien gegeben, so kann man die beiden Radien selbst durch folgende Proportion finden:

$$r + r' : r = m + n : m$$

$$\text{und } r = \frac{m(r + r')}{m + n}.$$

Auf geometrische Art kann man dieselben mit größter Leichtigkeit finden, indem man ein Dreieck construirt, wovon die eine Seite $= r + r'$, die andere Seite $m + n$ ist und aus dem Theilungspunkte zwischen m und n eine Parallellinie mit der dritten Seite des Dreiecks zieht.

In einer Reihe von Rädern, wovon immer zwei in einander greifen, ist es am vortheilhaftesten, wenn ihre Geschwindigkeiten Glieder einer arithmetischen Reihe sind.

Man findet den Unterschied der Geschwindigkeit einer Achse und der darauf folgenden, wenn man die kleinste Geschwindigkeit von der größeren abzieht und durch die Anzahl von Räderpaaren weniger 1 theilt.

Beisp. Eine Achse, welche 30 Umgänge per Minute macht, soll einer andern Achse ihre Bewegung vermittelt vier Räderpaare mittheilen, so daß letztere nur 3 Umgänge per Minute macht.

$$\text{Antw. } \frac{30 - 3}{4 - 1} = \frac{27}{3} = 9.$$

Die 2te Achse muß also $3 + 9 = 12$

und die 3te . . . $12 + 9 = 21$ Umgänge per Min. machen.

Aus diesen verschiedenen Geschwindigkeiten kann man leicht die Anzahl der Zähne an den Rädern berechnen, vermittlest welchen sie hervorgebracht werden können.

Diese Regel kann übrigens in vielen Fällen, namentlich da, wo die Zwischenachsen ebenfalls zur Bewegung von Maschinerien benützt werden, nicht befolgt werden.

Ebenso wird oft vorgezogen, den Zwischenachsen eine den Maschinenwellbäumen (d. h. denjenigen Achsen, welche direkt die Maschinerien zu betreiben haben) annähernde Geschwindigkeit zu geben, indem, wie der vorhergehende Abschnitt zeigt, Achsen um so leichter gebaut werden können, je schneller man sie laufen läßt.

Nach z. B. das Wasserrad einer mechanischen Weberei 5 Umgänge per Minute und sollen die Maschinenwellbäume in dieser Zeit 100 Umgänge machen, so kann an dem Umfange oder an den Armen des Wasserrades ein Zahnkranz befestigt werden, welcher z. B. zehnmal so groß ist, als das eingreifende Getriebe; die Achse dieses letzteren wird also schon 50 Umgänge machen, und diese Geschwindigkeit wird durch die übrigen noch anzubringenden Räder bloß noch verdoppelt werden müssen.

Bei Rädern, welche eine große Kraft fortzupflanzen haben, und bei welchen kein bestimmtes Verhältniß zwischen ihren Durchmesser und der Anzahl der Zähne stattfindet, muß man immer trachten, daß sich die nämlichen Zähne so selten als möglich begegnen. Um dieß zu bewirken, gibt man den Rädern eine Anzahl von Zähnen, welche sich durch keine Zahl theilen läßt, indem man die gefundene Anzahl von Zähnen eines Rades um 1 vermehrt oder vermindert, wodurch keine nachtheilige Veränderung in der Geschwindigkeit veranlaßt wird.

Um die Anzahl von Umgängen zu finden, nach welchen sich die nämlichen Zähne zweier Räder von neuem begegnen, verfahre man auf folgende Weise: *

Man theile die Anzahl der Zähne des großen Rades durch die des kleineren Rades. Bleibt kein Rest, so zeigt der Quotient die Anzahl von Umgängen des großen Rades an, nach welchen dieß geschieht.

Bleibt ein Rest, so theile man die Anzahl von Zähnen des kleinen Rades durch denselben. Bleibt alsdann kein Rest, so zeigt der Quotient wiederum diese Anzahl von Umgängen an. Bleibt hingegen ein Rest, so ist die Anzahl der Umgänge des großen Rades, nach welchem sich die nämlichen Zähne wieder begegnen, gleich der Anzahl von Zähnen des kleineren Rades.

Beisp. Es seyen zwei Räder von 36 und 48 Zähnen gegeben.

Nach wie viel Umgängen des größeren Rades werden sich die nämlichen Zähne wieder begegnen?

Antw. $\frac{48}{36}$ Rest = 12.

$$\frac{36}{12} = 3.$$

nach 3 Umgängen des großen Rades. Würde hingegen das kleinere Rad 37 Zähne haben, so würden die nämlichen Zähne erst nach 37 Umgängen des großen Rades wieder zusammen treffen.

Von der Schraube ohne Ende.

Die Schraube ohne Ende und das eingreifende Schneckenrad pflanzen die Bewegung unter rechtem Winkel fort, so daß deren Achsen immer senkrecht auf einander stehen, wie bei Winkelrädern.

Es gibt auch hier, wie bei den Schrauben, ein- und mehrgängige Schnecken. Bei den eingängigen wird während einem Umgange derselben das Rad bloß um einen Zahn fortgeschoben, und die Schnecke muß daher gerade so

* S. Guide du meunier par O. Evans.

viel Umgänge machen, um 1 Umgang des Rades hervor-
zubringen, als das letztere Zähne hat. Bei zweigängigen
Schnecken geht hingegen das Rad doppelt so schnell herum,
d. h. es braucht bloß 15 Umgänge der Schnecke zu einem
Umgange des Rades mit 30 Zähnen.

Die Zähne an dem Rade müssen die nämliche Neigung
besitzen, als die Schraubengänge der Schnecke.

Eine Rad, welches in eine zweigängige Schnecke ein-
greifen soll, muß daher doppelt so schief gestellte Zähne
haben, als das zu einer eingängigen Schnecke.

Das Verhältniß der Kraft zur Last stellt sich auch hier,
abgesehen von der Reibung, umgekehrt wie die Geschwindig-
keit, d. h. mit einer eingängigen Schnecke und einem Rad
von 20 Zähnen kann eine 20mal so große Last, jedoch mit
einer 20mal geringeren Geschwindigkeit, bewegt werden.
Die dabei stattfindende Reibung ist jedoch so groß, daß
man sie meistens nur in solchen Fällen verwendet, wo eine
geringe Kraft erheischt wird und die Bewegung einer Achse
in eine viel langsamere umzuwandeln ist. Um die Ab-
nützung der Zähne zu vermeiden, wird die Schnecke wenig-
stens bei kleineren Maschinen vorzugsweise von Schmiedeisen
oder Stahl ausgeschnitten und gehärtet.

Ist a die Schrift oder Höhe des Schraubenganges, n
die Anzahl Zähne vom Rade, so wird der Schriftdurchmesser
des Rades:

$$D = \frac{na}{3,14'}$$

derjenige der Schraube

$$d = 5,5 a$$

und der innere Durchmesser derselben

$$d' = 5 a$$

angenommen.

Nr. 25.

Dimensionen der verschiedenen Theile an Rädern.

Schrift. Da die Schrift immer gleich ist der Summe einer Zahndicke und einer Lücke, so läßt sie sich leicht bestimmen, sobald die erforderliche Dicke der Zähne gefunden ist.

Der Lücke zwischen je zwei neben einander liegenden Zähnen gibt man bei gußeisernen Zähnen, welche nicht ausgearbeitet werden, $\frac{1}{10} - \frac{1}{12}$, bei solchen, welche ausgearbeitet (gedreht und gefeilt) werden $\frac{1}{20}$ und bei hölzernen $\frac{1}{6} - \frac{1}{7}$ mehr als die Zahndicke beträgt, um den ineinandergreifenden Zähnen einigen Spielraum zu verschaffen.

Die Dimensionen der Zähne hängen ganz von der Natur des Materiales ab, aus welchem sie bestehen, und von dem Drucke (P), den dieselben auszuhalten haben, und können nach folgender Formel:

$$P = \frac{R a b^2}{6 L} \quad (\text{S. p. 150})$$

berechnet werden, wo a die Breite, b die Dicke und L die Höhe der Zähne in Zollen oder Centimetern ausgedrückt, R hingegen das erforderliche Gewicht in Pfunden oder Kilogrammen bedeutet, um eine Stange von 1 □" oder 1 Centimeter zu zerbrechen.

Man sieht aus dieser Formel, daß man einem Zahne, welcher einen gegebenen Druck auszuhalten soll, dennoch eine

beliebige Dicke geben kann, wenn man die andern Dimensionen derselben darnach bestimmt.

Je kleiner man die Dicke der Zähne und daher die Schrift annimmt, desto sanfter und regelmäßiger wird der Gang des Triebwerkes seyn, desto größer muß aber auch bei einem gegebenen Drucke die Breite der Zähne gemacht werden, und desto beträchtlicher wird das Gewicht des Rades seyn. Je höher ferner dieselben sind, desto größer ist die Anzahl derselben, welche zu gleicher Zeit ineinander eingreifen, desto stärker müssen sie jedoch gemacht werden.

Buchanan gibt daher für Transmissionsräder, d. h. für solche, welche eine große Kraft fortzupflanzen haben, folgende Verhältnisse zwischen der Dicke b , der Breite a und der Höhe L der Zähne an (wie aus nachstehender Tabelle zu erschen ist), welche jedoch nach Bedarf etwas verändert werden können:

$$a = 4 b$$

$$L = 1, 2 b.$$

Der Länge des Zahnes über dem Theilkreise gibt man ferner $0,54 b = 0,45 L$ und unter dem Theilkreise $0,66 b = 0,55 L$. Die Entfernung zwischen den Kränzen zweier ineinander greifender Räder ist daher $= 2 \times 0,66 b = 1,32 b$ und ist

D der Diameter des Theilkreises,
S der äußere Diameter des Rades
und S' der Diameter des Kranzes, so ist

$$S = D + 0,9 L$$

$$\text{und } S' = D - 1,1 L.$$

Für kleine Räder in Spinnereien, Webereien u., welche geschnitten oder wenigstens nach metallenen Modellen gegossen werden, beträgt die größte Höhe der Zähne $L = 1,8 b$.

In neuerer Zeit eingerichteten Triebwerken wird zur Erzielung einer sanfteren Bewegung $L = 1,5 b$ und $a = 5 b$ (bei Rädern, die der Masse ausgesetzt sind, sogar $= 6 b$) angenommen. Der Dicke des Kranzes muß bei Rädern mit eisernen Zähnen $\frac{2}{3}$ der Dicke derselben und bei Rädern mit hölzernen Rämmen die ganze Dicke derselben gegeben werden. Auch wird der Kranz sehr oft, namentlich bei Rädern mit eisernen Zähnen, mit einer inwendigen Rippe verstärkt.

1) Zähne von Gußeisen.

Durch eine Reihe von Wahrnehmungen, welche Buchanan an Rädern angestellt hat, die sich bei Wasserwerken und Dampfmühlen als sehr gut und dauerhaft bewiesen haben, ist derselbe auf folgende Regel zur Berechnung der Dimensionen der Zähne gekommen:

Bei einer Geschwindigkeit von 2,27 engl. Fuß per Sekunde (am Theilkreise gemessen) ist die angemessene Stärke in Pferdekraften gleich dem Produkte der Breite mit dem Quadrat der Dicke und getheilt durch die Höhe der Zähne (in engl. Zollen ausgedrückt) oder $k = \frac{a \times b^2}{L}$

und nach dieser Angabe ist folgende Tabelle berechnet worden:

Lage- ung in Zollen.	Dicke	Breite	Länge.	Pferdekraft bei einer Geschw. von			
	in Zollen			2,7'	3'	6'	11'
4,2	2,0	8,0	2,40	13,33	17,61	35,23	64,6
3,99	1,9	7,6	2,28	12,03	16,90	31,80	58,30
3,78	1,8	7,2	2,16	10,8	14,27	28,54	52,32
3,57	1,7	6,8	2,04	9,63	12,72	25,54	46,68
3,36	1,6	6,4	1,92	8,53	11,27	22,54	41,32
3,15	1,5	6,0	1,8	7,5	9,91	19,82	36,33
2,94	1,4	5,6	1,68	6,53	8,63	17,26	31,64
2,73	1,3	5,2	1,56	5,63	7,44	14,88	27,28
2,52	1,2	4,8	1,44	4,80	6,34	12,68	23,24
2,31	1,1	4,4	1,32	4,03	5,32	10,64	19,54
2,10	1,0	4,0	1,20	3,33	4,40	8,61	16,15
1,89	0,9	3,6	1,08	2,70	3,57	7,14	13,09
1,68	0,8	3,2	0,96	2,13	2,81	5,62	10,33
1,47	0,7	2,8	0,84	1,63	2,15	4,30	7,88
1,26	0,6	2,4	0,72	1,20	1,59	3,18	5,83
1,05	0,5	2,0	0,60	0,83	1,10	2,20	4,03

Buchanan nimmt hier eine Pferdekraft zu 200 $\mathfrak{z}$ $3\frac{2}{3}$ Fuß hoch per Sekunde gehoben oder zu 44000 $\mathfrak{z}$ 1 Fuß hoch per Minute an. Sie ist daher ungefähr = 100 K. $\times$ m und daher um $\frac{1}{4}$ größer, als nach unserer Annahme.

Demnach übt eine Pferdekraft bei 3 Fuß Geschwindigkeit per Sekunde auf jeden Zahn einen Druck = $\frac{44000}{3 \times 60}$ = 244,44 $\mathfrak{z}$ = 110^k,83 aus. Bei einer Geschwindigkeit von 6 Fuß ist derselbe hingegen = $\frac{110,83}{2}$ = 55^k,415.

Die Festigkeiten der Zähne verhalten sich daher bei gleicher Schrift umgekehrt, wie ihre Geschwindigkeiten. Haben z. B. die Zähne eines Rades 6'' Breite, 1,5'' Dicke und

1,8'' Höhe, so ist der Druck, welchen das Rad erleiden kann, bei einer Geschwindigkeit von 2,27 Fuß per Sekunde

$$= \frac{6 \times (1,5)^2}{1,8} = 7,5 \text{ Pferdefräfte} = \frac{7,5 \times 44000}{2,27 \times 60}$$

= 2426 $\mathcal{A}$, bei einer Geschwindigkeit von 6 Fuß per Sekunde

$$= \frac{6 \times 7,5}{2,27} = 19,82 \text{ Pferdefräfte} = \frac{1982 \times 44000}{6 \times 60}$$

= 2426 $\mathcal{A}$.

Aus dieser Regel kann folgender Werth für R gefunden werden:

$$\frac{R}{6} = 323 \text{ engl. } \mathcal{A}.$$

und man erhält daher den Druck, welchen die Zähne eines Rades erleiden können, in $\mathcal{A}$, wenn man die Breite der Zähne mit dem Quadrate der Dicke und mit der Zahl 323 vervielfacht oder durch ihre Höhe theilt, oder

$$P = \frac{323 \cdot a \cdot b^2}{L}$$

wo alle Maaße in engl. Zollen ausgedrückt werden müssen.

Bei Anwendung von Centimetern erhält man hingegen folgenden Druck in Kilogrammen:

$$\frac{R}{6} = 22,70$$

$$\text{und } P = \frac{22,70 \cdot a \cdot b^2}{L}$$

Vergleicht man diesen Werth von $\frac{R}{6} = 22,70$ oder

$R = 136,20$ mit dem Gewichte von 2800 Kil. (s. p. 154), welches erforderlich ist, um eine gußeiserne Stange von 1 □^{em} zu zerbrechen, so sieht man, daß derselbe etwa das Zwanzigfache desjenigen beträgt, welcher hier angewendet werden darf.

Hölzerne Zähne dürfen hingegen, da sie mit viel

größerer Leichtigkeit wieder ersetzt werden können, wenn sie brechen, und da die Fehler derselben sichtbarer sind als bei gußeisernen, mit dem zehnten Theil des Druckes belastet werden, welcher den wirklichen Bruch veranlassen würde.

Setzt man in die Formel

$$P = \frac{22,70 \ a \ b^2}{L}$$

die oben angegebenen Verhältnisse

$$\left. \begin{array}{l} a = 4 \ b \\ L = 1,2 \ b \end{array} \right\} \text{ oder } \left\{ \begin{array}{l} a = 5 \ b \\ L = 1,5 \ b \end{array} \right.$$

so erhält man:

$$P = \frac{22,70 \times 4 \ b^2}{1,2} = 76 \ b^2$$

$$\text{und daher } b = \frac{\sqrt{P}}{8,75} \text{ Centimeter.}$$

Beisp. 1) Es drücke auf die Zähne eines Rades eine Kraft von 1600 Kil., welche Dimensionen sind denselben zu geben?

$$\text{Antw. } b = \frac{\sqrt{1600}}{8,75} = 4,6 \text{ Centimeter.}$$

$$a = 4 \times 4,6 = 18,4 \text{ Cm.}$$

$$l = 1,2 \times 4,6 = 5,5.$$

2) Ein Rad, dessen Theilkreis einen Umfang von 6 Meter hat, habe eine Kraft von 12 Pferdekraften fortzupflanzen und 15 Umgänge per Minute zu machen. Wie stark müssen seine Zähne gemacht werden?

Antw. Die Geschwindigkeit der Zähne

$$= 6 \times 15 = 90^m \text{ per Minute}$$

$$= 1,50^m \text{ per Sekunde,}$$

$$\text{daher } P = \frac{12 \times 75}{1,50} = 600 \text{ Kil.}$$

$$b = \frac{\sqrt{600}}{8,75} = 2,8 \text{ Centimeter.}$$

$$a = 11,2$$

$$l = 3,36$$

$$\text{die Schrift} = 2 \times 2,8 + \frac{2,8}{12} = 5,84 \text{ Cm.}$$

2) Hölzerne Zähne.

Um sowohl die Reibung zu vermindern und eine ruhige Bewegung hervorzubringen, als auch die Reparation zu erleichtern, werden sehr oft, besonders bei großer Umfangsgeschwindigkeit, die Zähne des größeren Rades aus hartem Holz (meistens aus Hagebuchen oder Mehlbaumholz) gemacht, und sowohl die Zähne als auch die eisernen Zähne des kleinen Rades abgedreht und genau kalibriert.

Da dieses Holz gewöhnlich 4mal schwächer als das Gußeisen ist, dasselbe aber mit dem zehnten Theile des Gewichtes, welches seinen Bruch veranlassen würde, das Gußeisen aber bloß mit dem zwanzigsten Theile derselben beladen werden darf, so muß die Stärke hölzerner Zähne doppelt so groß seyn, als bei gußeisernen, und die Dicke derselben 1,4mal die Dicke der gußeisernen seyn. Erfordert ein Rad mit eisernen Zähnen z. B., daß dieselben eine Dicke von 1 Zoll haben, so müssen die hölzernen Kammern des eingreifenden Rades 1,4 Zoll Dicke haben, und die Schrift dieser Räder würde also, wenn der nöthige Spielraum zu $\frac{1}{20}$ dieser Dicke angenommen würde, 2,47 Zoll betragen.

Man erhält daher die Dicke in Centimetern durch folgende Formel:

$$b = 1,4 \times \frac{\sqrt{P}}{8,75} \\ = \frac{\sqrt{P}}{6,25}$$

Beisp. Welche Dimensionen müssen die hölzernen Kammern eines Rades von 2 Meter Durchmesser haben, welches 28 Umgänge per Minute macht und 15 Pferdekkräfte fortzupflanzen hat.

Antw. Die Umfangsgeschwindigkeit per Sekunde

$$= \frac{\pi \times 2^m \times 28}{60} = 2,93 \text{ Meter,}$$

der Druck auf die Zähne = $\frac{15 \times 75}{2,93} = 384 \text{ Kil.}$

also $b = \frac{\sqrt{384}}{6,25} = 3,12 \text{ Centimeter,}$

die Dicke der eisernen Zähne des eingreifenden Getriebes = $\frac{3,12}{1,4} = 2,23$

und die Schrift = $3,12 + 2,23 + 0,15 = 5,50 \text{ Centimeter,}$

die Breite der Zähne an beiden Rädern = $4 \times 3,12 = 12,48 \text{ Centimeter.}$

3) Von den Zähnen an Rädern, die ganz von Holz gebaut sind.

Die Räder, welche noch jetzt in älteren Mühlenwerken angetroffen werden, sind meistens ganz von Holz, und die Zähne des Getriebes bestehen gewöhnlich aus cylindrischen Stöcken, welche zwischen zwei Scheiben befestigt sind.

Neumann * gibt Folgendes über die Größe der Schrift an:

bei Mühlen mit Vorgelege und genug-

samem Wasser $4\frac{1}{2}'' - 5''$

id. bei häufigem Wassermangel . . . $3\frac{3}{4}'' - 4\frac{3}{4}''$

bei doppelter Verkämmung und breiten

Zähnen kann die Theilung $\frac{1}{2}''$ kleiner

seyn, also . . . $3\frac{3}{4}'' - 4\frac{1}{2}''$ und $3\frac{1}{4}'' - 4\frac{1}{4}''$

bei Rädern, welche häufigen Stößen

ausgesetzt sind, muß dieselbe . . . $5\frac{1}{2}'' - 6''$

betragen.

Nach ihm wird die Schrift in 7 gleiche Theile eingetheilt, wovon 3 für die Dicke und 4 für die Lücke genommen werden.

Die Stöcke des Getriebes erhalten hingegen $3\frac{1}{2}$ Theile, und der Spielraum beträgt daher $\frac{1}{14}$ der Schrift. Die

* S. Wasser-Mahl-Mühlenbau von R. Neumann. Berlin 1818.

Länge der Zähne beträgt $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ der Schrift und der Theilkreis befindet sich auf $\frac{2}{3}$ der Höhe des Zahnes.

Wegen ihrer mangelhaften Bewegung und geringen Dauerhaftigkeit werden dieselben in neuerer Zeit auch in gewöhnlichen Mühlwerken durch eiserne Stirn- und Winkelräder ersetzt.

Anzahl und Stärke der Arme eines Rades.

Die Anzahl der Arme hängt fast ganz von der Größe des Rades ab.

Räder unter 4' Durchmesser erhalten gewöhnlich 4 Arme

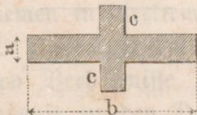
„ von 4' à 8' „ „ 6 „

„ von 8' à 12' „ „ 8 „

„ über 12' „ „ 10 à 12 „

Meistens sind sie aus Gußeisen. (Arme aus geschmiedetem Eisen können wegen ihrer geringen Steifigkeit fast nur bei Schwung- und Wasserrädern angewendet werden.)

Gewöhnlich ist die Breite der Arme an dem Umkreise $\frac{2}{3}$ derjenigen an der Krone, und um denselben mehr transversale Festigkeit zu geben, wird in der Mitte der Breite der Länge nach eine Rippe angebracht, so daß der Durchschnitt die Form eines Kreuzes hat.



Zur Bestimmung der Breite der Arme kann, wenn die in der Mitte angebrachten Rippen nicht berücksichtigt werden, die Formel (S. p. 154):

$$PL = \frac{930 ab^2}{6}$$

angewendet werden, wo b die Breite der Arme (da diese Dimension sich in der Richtung der Bewegung befindet) und a die Dicke derselben bezeichnet. Daraus folgt:

$$ab^2 = \frac{PL}{155 \text{ Kil.}}$$

und, da durchschnittlich $b = 6a$ genommen wird,

$$P = \sqrt[3]{\frac{PL}{26}}$$

Beisp. Wie stark müssen die Arme eines Rades von zwei Meter Durchmesser (= 100 Centim. Radius) genommen werden, um eine Kraft von acht Pferden fortzupflanzen, wenn dessen Umfangsgeschwindigkeit 1,2 Meter per Sekunde betragen soll?

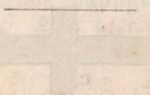
Antw. Der äußere Druck oder

$$P = \frac{8 \times 75}{1,2} = 500 \text{ Kil.}$$

$$\text{also: } b = \sqrt[3]{\frac{500 \times 100}{26}} = 12,42 \text{ Centimeter}$$

$$\text{und } a = \frac{12,42}{6} = 2,07 \text{ „}$$

Die so aufgefundenene Breite wird in der Mitte der Armlänge genommen.



Nr. 26.

Von der Transmission der Bewegung vermittelst endloser Riemen.

Die Transmission der Bewegung von einer Achse zu einer andern vermittelst ledderner Riemen beruht gänzlich auf der Reibung, welche durch die Tension derselben an den Rollen oder Tambours, über welche sie laufen, hervorgebracht wird. Je gespannter daher die Riemen sind, desto vollkommener wird die Bewegung fortgepflanzt, desto größer ist aber auch der Kraftverlust, welcher durch jene Reibung entsteht. Je größer die Kraft ist, welche durch die Riemen fortgepflanzt werden muß, desto größer muß die Reibung seyn, und desto größer daher, bei gleicher Tension der Riemen, die Reibungsfläche und hiemit auch die Breite der letzteren.

Da bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit der Rollen die Kräfte proportionell zu den Effekten sind, so folgt hieraus, daß die Breite der Riemen in direktem Verhältnisse zu den Effekten stehen muß. Da ferner bei gleichen Effekten die Kräfte im umgekehrten Verhältnisse zu den Umfangsgeschwindigkeiten und hiemit zu den Diametern der Rollen stehen, so müssen es auch die Breiten der Riemen seyn.

Die Erfahrung zeigt, * daß ein 3 Zoll (alt franz.) breiter Riemen die hinreichende Breite hat, um den Effekt einer Pferde-

* Siehe Bulletin de la société de Mulhouse Nr. 6.

kraft mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 500 Fuß per Minute fortzupflanzen.

Die Fortpflanzung von zwei Pferdekraften erfordert daher bei derselben Umfangsgeschwindigkeit einen 6 Zoll breiten, bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 750 Fuß bloß einen

$$\frac{6 \times 500}{750} = 4'' \text{ breiten Riemen.}$$

In Schweizermaaß erhält man daher für die erforderliche Breite eines Riemens:

$$L = \frac{24P}{v} \text{ in Zollen,}$$

wo P die Anzahl Pferdekraften, v die Geschwindigkeit in Fuß per Sekunde bedeutet.

Beisp. Wie groß muß die Breite eines Riemens seyn, welcher den Effekt von $3\frac{1}{2}$ Pferdekraften vermittelt eines Tambours von 6 Fuß Durchmesser einer Achse mittheilen muß, welche 75 Umgänge per Minute machen soll?

Antw. Die Umfangsgeschwindigkeit des Tambours
 $= 3,1416 \times 6' \times 75 = 1414'$ per Minute,
 $= 23,57$ per Sekunde,

hiemit die erforderliche Riemenbreite

$$= \frac{24 \times 3\frac{1}{2}}{23,57} = 3'',56.$$

Anmerk. I. Bei dieser Angabe ist vorauszusetzen, daß beide Rollen, welche der Riemen umfaßt, von gleichem Durchmesser seyen, oder daß der Riemen bei beiden die Hälfte ihres Umfanges umfaßt. Sind dieselben dagegen von ungleicher Größe (und keine Leitrolle angebracht), so wird der Riemen weniger als den halben Umfang der kleineren Rolle umfassen; und um also eine gleiche Berührungsfläche zu erhalten, muß die Breite des Riemens verhältnißmäßig vergrößert werden. Umfaßt z. B. im vorigen Beispiele der Riemen eine kleinere Rolle, und zwar (wie es durch Aufzeichnung der beiden Rollen in der richtigen Entfernung ihrer Achsen leicht gefunden werden kann) statt $\frac{1}{2}$ bloß $\frac{1}{3}$ ihres Umfanges, so beträgt die erforderliche Breite derselben statt $3'',56$,

$$\frac{3 \times 3'',56}{2} = 5'',34.$$

Hieraus geht hervor, daß unter gleichen Umständen ein gekreuzter Riemen etwas schmaler genommen werden darf, als ein offener.

Anmerk. II. Die Erfahrung zeigt, daß glatt abgedrehte Triebrollen bessere Dienste leisten als solche mit rauher Oberfläche oder mit eingedrehten Rinnen versehen, weil bei ersteren die Berührungsfläche größer ist. Ferner ist es gut, die Riemen von Zeit zu Zeit einzuschmieren, um sie biegsam zu erhalten.

Anmerk. III. Vermittelst obiger Regel wird man für geringe Effekte und große Geschwindigkeiten eine sehr geringe Breite der Riemen erhalten. Damit dieselben jedoch nicht von den Rollen ablaufen, sollte die Breite nicht weniger als 2 Zoll betragen. In diesem Falle hat indessen der Riemen keine so große Spannung nöthig, was die Dauer desselben verlängert, und es ferner möglich macht, schwächeres Leder dazu zu verwenden. Riemen von mehr als 10—12 Zoll Breite werden ferner nur selten angewendet und die erforderliche Breite dadurch vermindert, daß man durch Anwendung großer Rollen deren Geschwindigkeit vergrößert und ferner die Riemen aus einem starken Leder macht, welches eine größere Spannung zuläßt. Uebrigens werden zur Fortpflanzung bedeutender Kräfte bei langsamen Geschwindigkeiten statt Riemen meistens Räderwerke angewendet, weil diese letzteren eine sicherere Bewegung hervorbringen, weniger Kraft absorbiren und leichter zu unterhalten sind.

Anmerk. IV. Durch das Kreuzen der Riemen wird die Richtung der Bewegung verändert; gekreuzte Riemen verursachen jedoch mehr Kraftverlust als offene, und derselbe ist um so größer, je geringer die Entfernung zwischen den beiden Rollenachsen ist.

Nr. 27.

Berechnung des Wasserdrucks.

Befindet sich Wasser in irgend einem Gefäße oder Behälter, so erleiden sowohl die Seiten (oder Wände), als auch der Boden des Gefäßes einen Druck.

Dieser Druck richtet sich nicht nach der Menge oder dem Gewichte des im Gefäße überhaupt enthaltenen Wassers, sondern nach der Höhe des Wasserstandes, bei gleicher Boden- oder Seitenfläche.

a) Um den Gesamtdruck des Wassers auf die Bodenfläche zu finden, berechne man erst die Fläche in Quadrat-Fuß oder Zollen, multiplizire dieselbe mit der Höhe des Wasserstandes und dann mit dem Gewichte von 1 Cub.' oder Cub.'' Wasser. ($D = S \times h \times k.$)

Welche Gestalt die Wände haben, ob sie senkrecht sind oder nicht, ist dabei gleichgültig. Der Boden einer Flasche mit einem engen und langen Halse erleidet daher einen weit größeren Druck, wenn sie bis oben gefüllt ist, ob schon die Wassermenge dadurch nur um Weniges vermehrt wird.

Beisp. 1) Wie groß ist der Wasserdruck auf den Boden eines Behälters, wenn derselbe ein Rechteck bildet und $10\frac{1}{2}'$ lang und $4\frac{1}{3}'$ breit ist, und das Wasser 6' tief steht? (Schweiz. Maas.)

Antw. Die Bodenfläche beträgt $10\frac{1}{2} \times 4\frac{1}{3} = 45\frac{1}{2} \square'$. Diese mit 6 multipliziert geben 273 Cub.'

Da nun der Cubik-Fuß Wasser 54 π wiegt, so ist der Gesamtdruck $= 54 \times 273 = 14722 \pi$.

2) Wie groß ist der Druck auf einen kreisrunden Boden von 5' Diameter, wenn das Wasser 11' hoch ist? (franz. Maaß.)

Antw. Die Fläche ist $= 5^2 \times 0,7854 = 19 \square',64$.

Der Druck also $= 19,64 \times 70 \times 11 = 15120 \text{ Z.}$

b) Um den Druck des Wassers auf die ganze Seitenfläche zu finden, wenn diese senkrecht ist, multiplizire man diese Fläche mit der mittlern oder halben Höhe des Wasserstandes, und dann noch mit dem Gewicht des Wassers.

$$(D = S' \times \frac{h}{2} \times k). *$$

Beisp. 1) Wie groß ist der Seitendruck in einem rektangulären Behälter, wenn er 7' lang und 3' breit ist, und die Wasserhöhe $4\frac{1}{2}'$ beträgt?

Antw. Der Umfang ist $= 2 \times 7' + 2 \times 3' = 20'$.

Die benetzte Fläche $= 20 \times 4\frac{1}{2}' = 90 \square'$.

Der ganze Druck also $= 90 \times 2\frac{1}{4} \times 70 \text{ Z.} = 14157 \text{ Z.}$

Anmerk. In einem cubischen Gefäße ist jede der vier Seiten der Grundfläche gleich, und jede erleidet, wenn es voll ist, halb so viel Druck als die letztere; der Gesamtdruck, den das Wasser ausübt, beträgt also gerade das Dreifache seines Gewichtes, oder dreimal soviel als der Druck auf den Boden allein.

Beisp. 2) Wie groß ist der ganze Seitendruck in einem cylindrischen Wasserbehälter, der 5^m im Durchmesser hat und 8^m hoch Wasser enthält?

Antw. Die benetzte Seitenfläche $= 3,14 \times 5 \times 8 = 125,6 \square \text{ Meter.}$

Diese mit 4 (halbe Höhe) multipliziert $= 502,4$

und $502,4 \times 1000 \text{ K.} = 502400 \text{ Kil.}$

c) Jeder gleiche Theil des Bodens erleidet denselben Druck; jeder gleich große Theil der Wände aber einen um so größeren, je tiefer er liegt; man findet den Druck, wenn

* Dieselbe Regel hat ebenfalls statt, wenn die Seitenfläche schief ist. Man findet den Druck auf dieselbe, wenn man die benetzte Fläche mit der senkrechten Entfernung vom Wasserniveau bis zum Mittelpunkte der Fläche und ferner mit dem Gewichte des Wassers vervielfacht.

man jenen Theil der Fläche mit dem mittleren Abstände unter dem Wasserniveau und dem Gewicht des Wassers multipliziert.

Beisp. Wie stark ist der ganze Druck gegen ein 16' breites Schleußenthor, das 9' unter dem Wasser steht; und wie groß der Druck gegen einen Schieber, der $2\frac{1}{4}$ □' hält und dessen Centrum 2' vom Boden absteht? (engl. Maaß.)

Antw. Der ganze Druck ist $= 16 \times 9 \times 4\frac{1}{2} \times 62\frac{1}{2} = 40500 \text{ Z.}$
 Da die mittlere Druckhöhe auf die Fläche des Schiebers $9 - 2 = 7'$ ist, so ist der Druck gegen dieselbe $7 \times 2\frac{1}{4} \times 62\frac{1}{2} = 985 \text{ engl. Z.}$

Anmerk. Jeder sieht hieraus, wie sehr in hohen Pumpenröhren der Wasserdruck gegen dieselben mit der Tiefe zunimmt, und wie nöthig es wird, die unteren Röhrenstücke immer stärker zu machen. Hat eine solche einen Umfang von 1' und ist sie 80' hoch, so erleidet der unterste Fuß der Röhre einen Druck von $70 \times 79\frac{1}{2} = 5565 \text{ Z.}$, während der oberste nur von $(\frac{1}{2} \times 70)$ oder 35 Z gedrückt (franz. Maaß) wird. Eben deswegen werden Dämme und Mauern, die dem Wasser ausgesetzt sind, unten dicker gemacht. Ihr Profil soll, streng genommen, ein Dreieck bilden; allein es versteht sich von selbst, daß sie oben stets eine gewisse Stärke besitzen müssen.

Dasselbe hat statt, wenn ein hohles und zugeschlossenes Gefäß in ein Wasser hineingesenkt wird. Bei einer Tiefe von 30 Metern z. B. drückt auf jeden □^m ein Gewicht von 30.000 Kil.

Bestimmung der Dicke von Wassermauern.

(Batardeaux.)

Das Wasser wirkt zu gleicher Zeit auf zweierlei Art auf eine Wassermauer:

- 1) sucht es dieselbe fortzuschieben,
- 2) sucht es dieselbe um eine Kante herum zu drehen und hiemit umzustürzen.

Um das Erstere zu vermeiden, muß durchaus die Reibung, welche zwischen der Mauer und dem Boden, worauf

sie steht, statt hat, und welche ungefähr ein Drittel ihres Gewichtes ist, größer seyn, als die mittlere Pression des Wassers. (Unter mittlerer Pression versteht man diejenige, welche im Schwerpunkte der Mauer statt hat.) Um das Herunterstürzen der Mauer zu vermeiden, muß das Moment des Gewichtes derselben etwas größer seyn als das Moment der mittleren Pression des Wassers.

Poncelet findet durch Rechnung folgende Proportion zwischen der Dicke E der Mauer, welche er überall gleich groß annimmt, und der Druckhöhe H oder der Entfernung des Schwerpunktes der Mauer vom Niveau. *

$$E = 0,408 H.$$

Damit das Wasser nicht durch die Mauer hindurchdringe, muß dieselbe wenigstens 1 Meter dick seyn. Man gibt also allen denjenigen, welche einer Druckhöhe von weniger als 2 M. ausgesetzt sind, eine Dicke von 1 M.

Mauern, welche Flüsse begrenzen und zu gleicher Zeit den Druck des Wassers und den Druck der oberen Erdschichten zu erleiden haben, gibt man auf der Hälfte ihrer Höhe eine Dicke $= \frac{1}{3}$ der ganzen Höhe derselben.

* E. Cours de mécanique industrielle par Poncelet. 5r Theil.

Nr. 28.

Ueber einige andere Gesetze der Hydrostatik.

1) Eine flüssige Masse ist nur dann in Ruhe, wenn ihre Oberfläche sich in horizontaler Lage, d. h. senkrecht zu der Richtung der Schwerkraft befindet.

2) Ist ein fester Körper leichter als die Flüssigkeit, in welche er gebracht wird, so wird er auf derselben schwimmen, zugleich aber so weit darin eintauchen, bis das Wasser, welches der eingesenkte Theil des Körpers verdrängt hat, an Gewicht demjenigen des Körpers selbst gleich ist.

Es verhalten sich hiemit immer die eigenthümlichen Gewichte des festen Körpers und der Flüssigkeit wie die eingetauchte Portion des Körpers zur Größe des ganzen Körpers.

Ist ein Körper z. B. viermal leichter als die Flüssigkeit, so wird er in derselben um $\frac{1}{4}$ seines Gewichtes eintauchen, denn alsdann verdrängt er eine Masse Wassers, die eben so viel Gewicht hat als der ganze Körper selbst.

Auf diesem Prinzipie beruht die Auffindung des spezifischen Gewichtes eines Körpers. (S. Nr. 15.) Soll ein Körper, der spezifisch schwerer als Wasser ist, auf demselben schwimmen, so wird er mit einem Körper, der spezifisch leichter als Wasser ist, verbunden. Ist das absolute Gewicht des leichteren Körpers = p , dasjenige des

schwereren P , und ist das spezifische Gewicht des leichteren Körpers n , dasjenige des schwereren m , so hat man:

$$P(m - 1) \cdot n = p(1 - n) \cdot m.$$

Beisp. Wie viel Tannenholz hat man nöthig, um 12 Kil. Steinkohle schwebend zu erhalten?

Antw. Da das spezifische Gewicht des Tannenholzes = 0,55, das der Steinkohle = 1,33, so hat man:

$$12 \text{ Kil.} \times (1,33 - 1) \cdot 0,55 = p(1 - 0,55) \cdot 1,33.$$

$$\text{und } p = \frac{12 \times 0,33 \times 0,55}{0,45 \times 1,33} = 4 \text{ Kil. Tannenholz.}$$

Theilt man die 4 Kil. durch 0,55, so erhält man das Volum des erforderlichen Tannenholzes in Cubikdezimetern ausgedrückt.

3) Gleichartige Flüssigkeiten sind in communicirenden Röhren, welche Gestalt, Lage und Sektion dieselben haben mögen, nur dann in Ruhe, wenn ihre Oberfläche sich in einerlei Horizontalebene befinden. Eine kleine Masse Wasser kann also einer großen Masse bei einerlei Druckhöhe vollkommen das Gleichgewicht halten.

Anmerk. Diese Regel hat nur statt, wenn die Flüssigkeit in beiden Schenkeln der Röhre von einerlei spezifischem Gewichte ist. Ist dies nicht der Fall, so wird die Höhe der schwereren Flüssigkeit, welche der leichteren das Gleichgewicht hält, so vielmal kleiner seyn, als ihr spezifisches Gewicht größer ist als dasselbe der leichteren Flüssigkeit.

Da z. B. das Quecksilber 13mal schwerer ist als das Wasser, so kann in einer zweischenkligten Röhre eine Säule Quecksilber von 1" Höhe einer Wassersäule von 13" Höhe das Gleichgewicht halten. Auf diese Art läßt sich ziemlich genau das spezifische Gewicht einer Flüssigkeit finden. (S. Nr. 15.)

Zur Bestimmung des Druckes, welchen Wasser, Dampf und sonstige tropfbare und elastische Flüssigkeiten ausüben, wie bei Dampfkesseln, hydraulischen Pressen, Gebläsen u., wird der Druck der atmosphärischen Luft als Einheit angenommen, und man versteht daher z. B. unter Dampf

von vier Atmosphären solchen, welcher einen 4mal stärkern Druck ausübt als die atmosphärische Luft.

Dieser letztere ist etwas verschieden, je nach der Höhe eines Ortes und nach der Witterung, kann jedoch durchschnittlich dem Drucke einer Wassersäule von 10,33 Meter gleich angenommen werden, wornach derselbe, da 1 Cub. Meter Wasser 1000 Kilogr. wiegt, einem Gewichte von 1,033 Kilogr. auf jeden □Centimeter Fläche gleichkömmt. Ebenso korrespondirt derselbe, da das Quecksilber 13,6mal schwerer als das Wasser ist, dem Drucke eine Quecksilberhöhe von 76 Centimeter (= 28 frz. Zoll).

Zur leichtern Berechnung sind in folgender Tabelle diese Angaben in andern Maaßen und Gewichten reduziert.

Wassersäule.	Quecksilbersäule.	Druck.
10,33 Meter.	76 Centimeter.	1.033 Kil. per □Centimeter.
31,80 franz. Fuß.	28,06 franz. Zoll.	15,45 franz. ℥ per franz. □
32,68 wiener "	28,83 wiener "	12,80 wiener ℥ per wiener "
32,91 rheinl. "	29,04 rheinl. "	15,10 kölnr ℥ per rheinl. "
33,89 engl. "	29,90 engl. "	14,70 engl. ℥ per engl. "
34,43 schweiz. "	25,32 schweiz. "	18,60 schweiz. ℥ per schweiz. "

Beisp. Wie viel Atmosphären ist ein Druck von 500,000 schweizer ℥ gleichzustellen, welcher auf den 8 Zoll im Durchmesser haltenden Kolben einer hydraulischen Presse ausgeübt wird?

Antw. 8 Zoll Durchmesser = 50,27 □Zoll Section,

$$\text{daher der Druck per } \square\text{Zoll} = \frac{500 \cdot 000}{50,27} = 9946 \text{ } \mathfrak{z}$$

$$\frac{9946}{18,60} = 535 \text{ Atmosphären.}$$

Nr. 29.

Berechnung der hydraulischen Pressen.

Diese nützliche und so häufig angewandte Maschine beruht ganz auf dem im vorigen Abschnitte angeführten Principe.

Wird nämlich die Höhe des Wassers im engern Schenkel einer Röhre durch Hereinsprizen von neuem Wasser um etwas vergrößert, so wird jeder Punkt sowohl in diesem als in dem weitem Schenkel einen und denselben Druck erleiden; die Totalpressionen auf die Wasserflächen der beiden Schenkel werden sich also zu einander verhalten wie die Sektionen der Schenkel selbst, oder wenn diese kreisförmig sind, wie die Quadrate ihrer Diameter, oder:

$$P : P' = D^2 : D'^2$$

$$\text{folglich } P = P' \frac{D^2}{D'^2}$$

Die Kraft P , welche einer Last P' das Gleichgewicht hält, muß also desto kleiner seyn, je kleiner die Sektion des Schenkels der Kraft zu derjenigen des Schenkels der Last ist. Es gilt aber auch hier, wie überall, daß die Geschwindigkeit der Kraft im gleichen Verhältnisse größer seyn muß als die der Last.

Gewöhnlich wird das Hereinsprizen von Wasser in den kleinen Schenkel mit einer Pumpe bewerkstelligt, welche

man noch in Verbindung mit einem ungleicharmigen Hebel bringt, um noch mehr an Kraft zu gewinnen.

Ist D der Diameter der Pumpe,
 D' derjenige des Preßcyinders,
 L der Hebelarm der Kraft k ,
 L' derjenige der Last P ,

so hat man:

$$k : P = D^2 L' : D'^2 L.$$

Aus dieser Proportion läßt sich leicht einer dieser Werthe berechnen, wenn die andern gegeben sind.

Beisp. 1) Es sey der Diameter der Pumpe $D = 0'',5$.
 Derjenige des Preßcyinders $D' = 9''$.
 Der Hebelarm der Kraft $L = 36''$.
 Derjenige der Last $L' = 3''$.

Wie groß muß die Kraft seyn, um einen Druck von 180.000 Kil. in dem Preßcyinder hervorzubringen?

Antw. Die Quadrate der Diameter verhalten sich zu einander wie 1 : 324. Da sich nun die beiden Hebelarme zu einander verhalten wie $36'' : 3'' = 12 : 1$, so verhält sich die Kraft zur Last wie $1 : 12 \times 324 = 1 : 3888$.

Um hiemit einen Druck von 180.000 Kil. hervorzubringen, braucht es eine Kraft von $\frac{180.000}{3888} = 46,3$ Kil.

$$\text{oder } k = \frac{P \times D^2 \times L'}{D'^2 \times L} = \frac{180.000 \times (0,5)^2 \times 3}{9^2 \times 36} = 46,3 \text{ Kil.}$$

Die Kraft, welche an dem längeren Hebelarme angebracht ist, muß indessen einen Weg von $2 \times 3888 = 7776$ Zoll beschreiben, damit der Kolben im Preßcyinder um 1'' vorwärts schreite, da die Pumpe nur im Heruntergehen wirkt.

Beisp. 2) Wie groß muß der Diameter einer Pumpe seyn, damit vermöge einer Kraft von 60 Kilogrammen (mit welcher ein gewöhnlicher Arbeiter mit Leichtigkeit auf den Hebelarm wirken kann) ein Druck von 300.000 Kilogrammen auf den Kolben des Preßcyinders hervorgebracht werde?

Das Verhältniß der Kraft zur Last ist hiemit wie 60 : 300.000 = 1 : 5000, und wenn das Verhältniß der Hebelarme wie 1 : 10 ist, so müssen sich die Quadrate der Diameter wie 1 : 500 und die Diameter selbst wie 1 : 22,4 verhalten. Hat also der Presscylinder einen Diameter von 10", so muß die Pumpe einen Diameter von $\frac{10}{22,4} = 0'',45$ haben, oder:

$$D = \sqrt{\frac{k D'^2 L}{P \times L'}} = \sqrt{\frac{60 \times 10^2 \times 10}{300.000 \times 1}} = 0'',45 \text{ Zoll.}$$

Da der Druck, welcher bei solchen Pressen hervorzubringen ist, gewöhnlich immer zunimmt, je länger man fortfährt zu arbeiten, so sollte, um dieselben mit einer konstanten Kraft betreiben zu können, die Geschwindigkeit des Kolbens in dem Presscylinder in eben diesem Verhältnisse beständig vermindert werden. Dieß hat Spiller in seinen Pressen, welche mit Leichtigkeit durch irgend einen Motor in Bewegung gesetzt werden können, berücksichtigt, und in denselben das Spiel der beiden Pumpenstangen so kombiniert, daß die Quantität Wasser, welche bei einem Umlange des Motors in den Presscylinder eingespritzt wird, immer wie kleiner wird.

In Bramah's Presse, welche gewöhnlich von Menschen bewegt wird, sind hingegen zwei Pumpenstiefel vorhanden, wovon der eine einen kleineren Durchmesser hat, als der andere, so daß im Anfange der Operation mit dem weitem oder mit beiden, später bloß mit dem engern gearbeitet wird.

Zu gleichem Zwecke ist auch in vielen Pressen die Einrichtung getroffen, daß gegen das Ende der Pressung durch Versetzung des Stützpunktes der Hebelarm der Last verkürzt werden kann.

Nr. 30.

Wassermenge, die aus Oeffnungen fließt bei konstanter Druckhöhe.

Bringt man in dem Boden oder der Wand eines Wasserbehälters eine Oeffnung an, so fließt um so viel mehr Wasser in derselben Zeit aus, je größer die Oeffnung ist und je tiefer sie unter dem Wasserniveau befindlich ist.

Bei übrigens gleichen Umständen verhält sich die in einer Minute z. B. ausfließende Menge in der Regel

1) wie die Sektionen der Oeffnungen und also bei freisrunden oder quadratischen Oeffnungen wie die Quadrate ihrer Durchmesser;

2) wie die Quadratwurzel der Druckhöhe oder des mittlern Abstandes der Oeffnung unter dem Niveau.

Beisp. Liefert ein Hahn, der 1' unter der Wasserlinie eingesetzt ist, in 1 Minute 3 Maas, so wird er 4' tief 6 Maas, und 9' tief 9 Maas liefern, wofern die Flüssigkeit in gleicher Höhe erhalten wird.*

* Bei einer 4mal größeren Tiefe ist der Druck allerdings 4mal größer; es kann aber doch nur die doppelte Menge auslaufen; denn damit 2mal mehr in derselben Zeit ausfließt, muß jeder Wassertheil auch 2mal geschwinder laufen. Es wird also 4mal mehr Bewegungskraft, hiemit Druck, erfordert.

Nach Bossut fließen per Minute aus einer freisrunden Oeffnung von 1" Diameter (je nachdem dieselbe in einer ganz dünnen Platte angebracht oder mit einem kurzen Aufsatzrohre versehen ist):

bei 1' Druckhöhe 2722 Cub." oder 3539 Cub."

" 4' " 5436 " " 7070 "

" 9' " 8135 " " 10.579 "

Die Wassermengen verhalten sich also fast ganz genau wie $\sqrt{1} : \sqrt{4} : \sqrt{9}$ oder wie 1 : 2 : 3.

Da die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers von der Druckhöhe abhängt, so folgt hieraus, daß bei einer Seitenöffnung das Wasser nicht in allen Punkten derselben die nämliche Geschwindigkeit hat. Ist die Höhe der Deffnung klein, so weichen aber die verschiedenen Geschwindigkeiten darin nicht viel von einander ab, und man kann alsdann die Entfernung des Schwerpunktes der Deffnung vom Niveau als mittlere Druckhöhe annehmen.

Ueberhaupt zeigt die Erfahrung, daß zwischen der Bewegung des Wassers und dem freien Falle der Körper einerlei Gesetze stattfinden.

Es ist auch hier wieder die durch die Druckhöhe h erzeugte Geschwindigkeit des Wassers oder:

$$\begin{aligned}
 v &= \sqrt{2gh}. \\
 &= \sqrt{19,62h} \text{ in Metern} \\
 &= \sqrt{60,4h} \text{ in pariser Fuß} \\
 &= \sqrt{64,3h} \text{ in englischen Fuß} \\
 &= \sqrt{65,4h} \text{ in badischen Fuß}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} v &= \sqrt{2gh}. \\ &= \sqrt{19,62h} \text{ in Metern} \\ &= \sqrt{60,4h} \text{ in pariser Fuß} \\ &= \sqrt{64,3h} \text{ in englischen Fuß} \\ &= \sqrt{65,4h} \text{ in badischen Fuß} \end{aligned}} \right\} \text{ per Sekunde.}$$

Für eine ganz freie und ungehinderte Bewegung des Wassers würde man also die Menge ausfließenden Wassers per Sekunde finden, wenn man die auf diese Weise berechnete oder die in der Tabelle XI. bezeichnete der vorhandenen Druckhöhe korrespondirende Geschwindigkeit mit dem Flächeninhalte der Deffnung vervielfachen würde.

Da nun aber das Wasser, wenn es aus einer Deffnung fließt, sich von den Wänden derselben einigermaßen losreißen muß und die verschiedenen Strahlen desselben nicht parallel zu einander aus derselben fließen, sondern

nach allen Richtungen hin, so erleidet der Wasserstrahl dabei eine Contraction, welche die Menge des ausfließenden Wassers merklich vermindert. Es muß also, um die effektive Menge Wassers zu finden welche in einer Sekunde aus einer gegebenen Oeffnung hinausfließt, die theoretische Menge, welche auf obige Weise berechnet wird, noch mit einem Bruche multipliziert werden, welcher durch die Erfahrung zu bestimmen ist und sehr viel von der Form der Oeffnung und der Druckhöhe abhängt.

Für Oeffnungen, welche am Boden des Gefäßes angebracht sind, gibt die Erfahrung folgendes Verhältniß zwischen der effektiven Menge und der theoretischen, welche hier als Einheit angenommen wird:

Für eine Druckhöhe 200mal größer als der Diam. der Oeffnung	0,615
" 100	" " " 0,618
" 10	" " " 0,620
" 9	" " " 0,621
" 8	" " " 0,622
" 7	" " " 0,623
" 6	" " " 0,625
" 5	" " " 0,627
" 4	" " " 0,630
" 3	" " " 0,633
" 2	" " " 0,637
" 1	" " " 0,642
" 0,1 – 0,15	" " " 0,650

Für Seitenflächen und verschiedene Längen des Ausflußrohrs:

Länge = 0	0,6096
" $\frac{1}{2}$ mal den Diameter	0,6196
" gleich dem Diameter	0,7071
" 2mal den Diameter	0,8157
" $2\frac{1}{2}$	0,8221
" 3	0,8201
" 4	0,8179
" 5	0,8095

Aus diesen Tabellen geht hervor, daß, je größer die Drückhöhe ist, desto kleiner die effektive Menge ausfließenden Wassers im Verhältniß zur theoretischen ist, und daß ferner dieselbe am größten ist, wenn man die Seitenöffnung mit einer Ausflußröhre versieht, deren Länge $2\frac{1}{2}$ mal den Diameter der Oeffnung beträgt.

Der Coefficient, den man gewöhnlich in den Rechnungen anwendet, ist $= 0,63$.

Man hat alsdann für die effektive Menge ausfließenden Wassers per Sekunde:

$$M = 4,89 \times S \times \sqrt{Vh} \text{ in französischen Cubikfuß}^*$$

$$M = 2,79 \times S \times \sqrt{Vh} \text{ in Cubikmetern}$$

und $M = 5,05 \times S \times \sqrt{Vh}$ in englischen Cubikfuß,
wo S den Flächeninhalt der Oeffnung in $\square'$ oder $\square$ Meter,
 h die Drückhöhe in Fuß oder Metern bedeutet.

Die auf diese Weise gefundenen Wassermengen gelten indessen nur für den Fall, wo das Wasser beständig auf dem nämlichen Niveau erhalten wird, und also der Behälter fortwährend mit neuem Wasser gespeist wird. **

Beispiele.

- 1) In einem beständig voll erhaltenen Behälter beträgt der Abstand des Niveaus vom Centrum einer circulären Oeffnung von 3'' (0',25) Diameter oder die Drückhöhe 16'. Wie viel Wasser wird in 12 Sekunden auslaufen? (franz. Maaß.)

Antw. Für eine Sekunde hat man folgende Wassermenge:

$$S = 0,7854 \times (0,25)^2 = 0,049 \square',$$

$$* M = 0,63 \times S \times \sqrt{V_{2gh}} = 0,63 \times S \times \sqrt{V_{60,4}} \times \sqrt{Vh} \\ = 4,89 \times S \times \sqrt{Vh}.$$

** Banks gibt (in seinem Werke über Mühlen) folgende Regel für englische Maaße an:

Man multiplizire die Quadratwurzel der Drückhöhe oder Tiefe in Fuß mit 5,4 und noch mit der Section der Oeffnung in $\square'$, man erhält alsdann die Menge des ausfließenden Wassers in Cub.' per Sekunde. Diese Regel gibt die Wassermenge etwas größer an als obige Formel.

folglich:

$$M = 4,89 \times 0,049 \times \sqrt{16} = 0,9565 \text{ Cub.}'$$

$$\text{und in 12 Sekunden} = 12 \times 0,9565 = 11,478 \text{ Cub.}'$$

- 2) Ein Gefäß erhält per Sekunde 280 Cub.`` Zufluß, wie groß muß der Diameter einer kreisförmigen Oeffnung seyn, wenn ihr Centrum 12' unter dem Wasserspiegel liegen soll, damit eben so viel Wasser ausfließe, als der Zufluß beträgt (englisch Maaß)?

Antw. $M = 5,05 \times S \times \sqrt{h}$

$$S = \frac{M}{5,05 \times \sqrt{h}} = \frac{280 \text{ Cub.}''}{5,05 \times \sqrt{144''}} \\ = 4,57 \square'' = 7854 D^2,$$

$$\text{folglich } D = \sqrt{\frac{4,57}{0,7854}} = 2'',41 \text{ Diam. der Oeffnung.}$$

- 3) In einem Schleußenthore befindet sich ein 1,3 Meter langer und 0,21 Meter breiter Schieber, dessen Centrum 3 Meter unter dem Wasserspiegel steht, wie viel Zeit braucht es, damit 18 Cubikmeter ausfließen?

Antw. Die Wassermenge per Sekunde ist:

$$M = 2,79 \times 1,3 \times 0,21 \times \sqrt{3} \\ = 1,32 \text{ Cub. Meter.}$$

$$\text{folglich braucht es } \frac{18}{1,32} = 13\frac{2}{3} \text{ Sekunden.}$$

- 4) Es drücke auf die Oberfläche des Wassers in einem Cylinder ein messingener Kolben von 6'' Dicke. Wie groß wird die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers im Anfange seyn, wenn die Oeffnung 5' tief unter dem Niveau liegt? (franz. Maaß.)

Antw. Da das Messing ungefähr 8mal schwerer als das Wasser ist, so ist die Pression des Kolbens gleich derjenigen einer Wassersäule von $8 \times 6'' = 48'' = 4'$. Es ist also die totale Druckhöhe auf die Oeffnung $= 5 + 4 = 9'$, folglich die Geschwindigkeit oder:

$$v = \sqrt{60,4 \times 9} = 23',32 \text{ per Sekunde.}$$

Wassermenge bei nicht vollständiger Contraktion.

Obige Regeln und Beispiele beziehen sich bloß auf eine vollständige Contraktion, d. h. auf den Fall, wo das ausströmende Wasser auf allen Seiten der Oeffnung eine Contraktion erleidet, wie dieß z. B. bei der Stellfalle eines oberflächlichen Wasserrades statt hat.

Ist dagegen die Contraktion nicht vollständig, d. h. sind an einer oder mehreren Seiten der Oeffnung Verlängerungen außerhalb des Reservoirs angebracht, so wird, da auf diesen Seiten der Wasserstrahl parallel mit denselben austreten kann, die Wirkung der Contraktion dadurch geringer, und es muß also der Contraktionscoefficient 0,63 in solchen Fällen durch einen größern ersetzt werden, und zwar:

- 1) wenn die Contraktion auf drei Seiten stattfindet, wie bei einem unterschlächtigen Rade, wo die untere Seite der Stellfallöffnung durch das Gerinne verlängert ist, die Breite derselben aber geringer ist als die des Reservoirs, durch 0,652;
- 2) wenn die Contraktion auf zwei Seiten statt hat, durch 0,675;
- 3) wenn die Contraktion nur auf eine Seite stattfindet
 - a) bei senkrechter Schütze durch 0,709
 - b) bei schiefer Schütze unter einem Winkel von 60° durch 0,74
 - c) bei schiefer Schütze unter einem Winkel von 45° durch 0,80

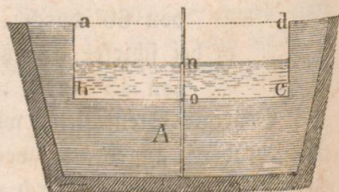
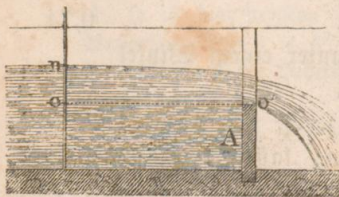
Geneigte Stellfallen, wie z. B. bei Poncelet'schen Wasserrädern angebracht werden, lassen demzufolge eine größere Wassermenge durch als senkrechte, und eine um

so größere, je geneigter sie stehen. Natürlicherweise muß bei solchen die Höhe der Oeffnung, so wie der Abstand der Mitte derselben von der Wasserfläche in senkrechter Richtung auf den Boden gemessen und in Rechnung gebracht werden.

Wassermenge bei Ueberfällen.

Ist die Höhe der Oeffnung im Verhältniß zur Druckhöhe ziemlich groß, wie dieß bei Ueberfällen, d. h. bei oben offenen rektangulären Oeffnungen in den Seitenwänden eines Behälters oder Kanales der Fall ist, so sind die Geschwindigkeiten der ausfließenden Wasserstrahlen sehr verschieden und die Menge derselben merklich vermindert.

Man multiplizire alsdann die Wassermenge, welche man durch die Formeln pag. 215 erhält, noch mit circa $\frac{2}{3}$, oder da in diesen letztern der Contraktionscoefficient zu 0,63 angenommen ist, so ist derselbe bei Ueberfällen bloß 0,405, folglich: $M = 0,405 \times S \times \sqrt{2gh}$, wo h die Wasserhöhe über der Sohle des Ueberfalles oder über der Schütze bedeutet. Ist l die Breite des Ueberfalles oder Wehres, so ist $S = lh$, und hiemit: $M = 0,405 lh \cdot \sqrt{2gh} = 1,8 lh \cdot \sqrt{h}$ in Metern = $3,3 lh \cdot \sqrt{h}$ in badischen Fuß.



Diese Formeln geben ein einfaches Mittel, um in Kanälen von nicht zu großer Breite das durch dieselben fließende Wasserquantum zu finden, und zwar geschieht es, indem man quer über den Kanal ein mit einem Schlige abgedecktes Brett A so eindämmt, daß das Wasser sich nicht anders als durch diesen Schlig entleeren kann. Nachdem nun der Wasserstand seine unveränderliche Höhe wieder angenommen hat, wird vermittelst einer Stange die Druckhöhe über dem Boden des Schliges gemessen. Da jedoch der Wasserspiegel sich stets bei dem Ueberfalle etwas (circa $\frac{1}{5}$) senkt, so muß diese Höhe nicht bei 0, sondern einige Fuße hinter dem Ueberfalle bei 0 gemessen werden. Nach obigen Formeln ist übrigens folgende Tabelle berechnet worden:

Tabelle XXIII.

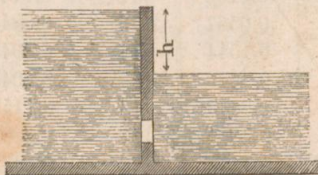
Druckhöhe in Centime- tern.	Wasserquantum per Sekunde		Druckhöhe in Centime- tern:	Wasserquantum per Sekunde	
	in Cubikme- tern pr. Meter Breite.	in Cubikfüßen pr. Fuß Breite (Schweizer Maas).		in Cubikme- tern pr. Meter Breite.	in Cubikfüßen pr. Fuß Breite (Schweizer Maas).
1	0,0018	0,0200	12	0,0748	0,8310
2	0,0051	0,0567	13	0,0844	0,9377
3	0,0094	0,1044	14	0,0943	1,0477
4	0,0108	0,1200	15	0,1046	1,1621
5	0,0201	0,2233	16	0,1152	1,2899
6	0,0265	0,2844	17	0,1262	1,4021
7	0,0333	0,3700	18	0,1375	1,5276
8	0,0407	0,4522	19	0,1490	1,6554
9	0,0486	0,5400	20	0,1610	1,7887
10	0,0569	0,6322	21	0,1732	1,9243
11	0,0657	0,7300	22	0,1857	2,0631

Druckhöhe in Centime- tern.	Wasserquantum per Sekunde		Druckhöhe in Centime- tern.	Wasserquantum per Sekunde	
	in Cubikme- tern pr. Meter Breite.	in Cubikfüßen pr. Fuß Breite (Schweizer Maaf).		in Cubikme- tern pr. Meter Breite.	in Cubikfüßen pr. Fuß Breite (Schweizer Maaf).
23	0,1986	2,2064	36	0,3888	4,3196
34	0,2117	2,3520	39	0,4385	4,8717
25	0,2250	2,4998	42	0,4900	5,4439
26	0,2387	2,6520	45	0,5434	6,0372
27	0,2525	2,8053	48	0,5980	6,6438
28	0,2666	2,9620	51	0,6556	7,2837
29	0,2812	3,1241	54	0,7142	7,9348
30	0,2957	3,2852	57	0,7745	8,6047
33	0,3413	3,7918	60	0,8366	9,2946

Beisp. Wie viel Wasser läuft durch einen Schließ, der 6" breit und 5" tief ist, per Minute (badisch Maaf)?

$$\begin{aligned}
 \text{Antw. } M &= 0,405 \times 0,6 \times 0,5 \times \sqrt{65,4} \\
 &= ,098 \text{ Cub. - Fuß per Sekunde} \\
 &= 58,98 \text{ " per Minute.}
 \end{aligned}$$

Bei einer untergetauchten Ausflußöffnung muß als Druckhöhe nicht die Höhe des Wassers über dieser Oeffnung, sondern die Entfernung zwischen den Wasserniveaus der beiden Behälter genommen werden.



Bei zwei nahe bei einander liegenden Schleußenöffnungen beträgt der Contraktionscoefficient statt 0,63 bloß 0,55.

Nr. 31.

Ausfluß des Wassers aus Behältern, die keinen Zufluß erhalten.

Erhält ein Wasserbehälter keinen Zufluß, so nimmt die Druckhöhe des Wassers, sowie er sich ausleert, immer mehr und mehr ab, und wird zuletzt $= 0$.

Da sich nun die Geschwindigkeiten des ausfließenden Wassers wie die Quadratwurzeln der Druckhöhen verhalten, so verhalten sie sich auch wie die Geschwindigkeiten eines fallenden Körpers. Der Raum, den ein Körper in einer gewissen Zeit t durchfällt, dessen Geschwindigkeit $= v$ ist, kann durch den Flächeninhalt eines Dreiecks ausgedrückt werden, dessen Basis $= t$ und dessen Höhe $= v$ ist. Es ist aber alsdann dieser Raum $= \frac{vt}{2}$.

Ein Körper hingegen, der sich von Anfang an fortwährend und gleichförmig mit der End-Geschwindigkeit v jenes Körpers bewegt, wird in einer Zeit t einen Weg $= vt$ und folglich einen doppelt so großen Weg zurücklegen, als ersterer.

Da sich nun der zweite Fall gerade auf einen Behälter beziehen läßt, der immer wieder so viel durch Zufluß erhält, als ausfließt, der erstere Fall aber auf einen solchen, der gar keinen Zufluß erhält, so folgt hieraus, daß bei vollerhaltenem Gefäße genau die doppelte Menge Wassers ausfließt, als in einem Gefäße, welches keinen Zufluß erhält und sich nach und nach ausleert.

Um also die ausfließende Wassermenge in letzterem Fall zu berechnen, braucht man nur die Hälfte derjenigen zu nehmen, welche bei einem beständig voll erhaltenen Gefäße ausfließt. Es ist demnach die Wassermenge, welche in einer Sekunde ausfließt, oder:

$$M = \frac{4,89 \times S \times \sqrt{Vh}}{2} = 2,44 \times S \times \sqrt{Vh} \text{ in franz. Cubitfuß,}$$

$$M = \frac{2,79 \times S \times \sqrt{Vh}}{2} = 1,39 \times S \times \sqrt{Vh} \text{ in Metern.}$$

Beisp. In wie viel Zeit wird sich ein 12' hoher Behälter von 13' Länge und 7' Breite leeren, wenn die Ausflußöffnung im Boden 16 □'' Sektion hat (franz. Maaß)?

Antw. $M = 2,44 S \times \sqrt{Vh} = 2,44 \times \frac{16}{144} \times 3,6 = 140,5 \text{ Cub.}'$

Wassermenge, welche in 1 Sekunde ausfließt.

$12 \times 13 \times 7 = 1092 \text{ Cub.}'$ Wassermenge, welche auszuströmen ist = Mt, folglich

$$t = \frac{1092}{140,5} = 7,8 \text{ Sekunden.}$$

Befindet sich in einem prismatischen Behälter eine Oeffnung in einer vertikalen Wand derselben, so läßt sich die Zeit, in welcher der Wasserspiegel um eine gewisse Tiefe sinkt, also berechnen: *

Ist A die Sektion des Gefäßes, L die Breite der Oeffnung, h die Totalhöhe der Oeffnung unter dem Wasserspiegel, x die Tiefe, um welche dieselbe sinkt (in metrisch Maaß), und t die Zeit, welche dazu erforderlich ist, so ist:

$$t = 3A \frac{(h \cdot \sqrt{V(h-x)} - (h-x) \cdot \sqrt{Vh})}{2,79 \times Lh(h-x)}$$

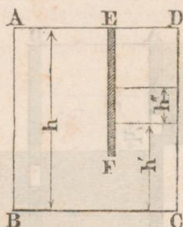
* S. Hechts erste Gr. der mech. Wissenschaften.

Beisp. 2) Es sey die Section eines Behälters, welcher keinen Zufluß erhält, oder $A = 500 \square \text{Meter}$. Es befinde sich in einer seiner Seitenwände eine rektanguläre Oeffnung von 65 Cm. Breite, deren unterste Seite 160 Cm. unter dem Wasser liegt. In wie viel Zeit wird sich der Wasserspiegel um 130 Cm. senken?

Antwort.

$$t = \frac{3 \times 500 (1,60 \times \sqrt{1,60 - 1,30} - (1,60 - 1,30) \cdot \sqrt{1,60})}{2,79 \times 0,65 \times 1,60 (1,60 - 1,30)} \\ = 858 \text{ Sekunden} = 14 \text{ Minuten } 8 \text{ Sekunden.}$$

Ist der Behälter ABCD durch eine Scheidewand EF



in zwei Theile getheilt, befindet sich in der zweiten Abtheilung keine Ausflußöffnung, und wird das Wasser in den ersten unverändert auf der Höhe h erhalten, so muß sich die zweite nach und nach anfüllen.

Ist A die Section des zweiten Theiles EFCD, S der Inhalt der Oeffnung bei F (metrisch Maaß), so ist die Zeit t , in welcher das Wasser bis auf die ganze Höhe h im zweiten Gefäße angebracht wird, oder:

$$I) t = \frac{2A}{2,79 \times S} \times \sqrt{h}.$$

Die Zeit t' , in welcher das Wasser bis auf die Höhe h' erhoben wird, oder:

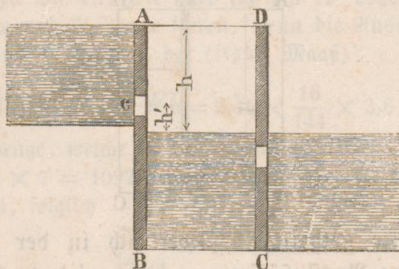
$$II) t' = \frac{2A}{2,79 \times S} \times (\sqrt{h} - \sqrt{h - h'})$$

und die Zeit t'' , in welcher das Wasser um die Höhe h'' erhoben wird, oder:

$$\text{III) } t = \frac{2A}{2,79 \times S} (V_{(h-h')} - V_{(h-h'-h'')}).$$

Mit diesen Formeln läßt sich die Zeit, welche zum Anfüllen und Ausleeren von Schleusenammern erfordert wird, leicht bestimmen.

Aufgabe. Wie viel Zeit braucht es, damit der Wasserspiegel in der Schleusenammer ABCD durch die im obern Thore be-



findliche Oeffnung c vom untern bis zum obern Niveau erhoben wird, wenn die Differenz h der beiden Niveaus = 15' ist, der Inhalt der Oeffnung = 6 $\square'$, die Distanz h' vom Centrum derselben zum untern Niveau = 6' und der Flächeninhalt der Schleusenammer = 3000 $\square'$ badisch Maaß ist?

Auflösung. Diese Maaße können entweder in metrische umgewandelt, oder was noch einfacher ist, in obigen Formeln statt der Zahl 2,79 die Zahl 5,05 gesetzt werden.

Da nun die Druckhöhe immer konstant bleibt, bis sich der Wasserspiegel bis auf cd erhöht hat, so ist die Zeit, in welcher dieß geschieht, nach pag. 215,

da $M = 3000 \times 6 = 18000$ Cub.-Fuß ist:

$$t = \frac{18000}{5,05 \times 6 \sqrt{9}} = 194 \text{ Sekunden.}$$

Da die Druckhöhe ferner immer wie kleiner wird, je mehr sich das Niveau von cd weg dem obern Niveau nähert, so ist, da

$$M' = 3000 \times (15 - 6) = 27000 \text{ Cub.-Fuß ist,}$$

die Zeit, in welcher sich der Wasserspiegel von cd bis auf AD erhebt, oder

$$t' = \frac{2 \times 27000}{5,05 \times 6 \times \sqrt{9}} = 582 \text{ Sekunden.}$$

Die Schleußenkammer wird also in $194 + 582 = 776$ Sekunden = 12 Minuten 56 Sekunden gänzlich gefüllt seyn.

Nr. 32.

Von der Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen, Kanälen u. s. w.

Die Bewegung des Wassers in Flußbetten rührt allein von der Neigung her, welche diese haben. Wäre die Oberfläche des Wassers ganz horizontal, so würde keine Bewegung statt haben, und je geneigter daher ein Kanal ist, desto größer ist die Geschwindigkeit des Wassers in demselben. Ferner ist letztere desto größer, je kleiner der Umfang des Profils im Verhältnisse zu dem gehörigen Flächeninhalt ist. Die halbe Kreisfläche und die halbe quadratische Fläche sind daher die günstigsten Profile.

(Unter den trapezförmigen ist das halbe Sechseck vorzuziehen.) Bei der Anlage der Kanäle kommt sehr viel auf die Beschaffenheit des Bodens an. In sehr sandigem und lockerem Boden gibt man den Seitenwänden eine Neigung von 36° — 45° , in festerem, etwas thonigtem Boden eine Neigung von 53° — 75° .

Man hat verschiedene Instrumente, um die Geschwindigkeit des Wassers zu messen. Das einfachste und genaueste Mittel besteht jedoch darin, daß man ein Stück hartes Holz oder Schwimmer auf einer möglichst geraden und gleichförmigen Strecke in den Strom wirft und vermittlest einer Sekundenuhr die Zeit bestimmt, während welcher derselbe einen Raum von bekannter Länge durchläuft. Findet man z. B., daß ein Schwimmer 45 Sekunden braucht, um eine Länge von 150 Fuß zu durchlaufen, so beträgt die

Geschwindigkeit des Wassers $\frac{150}{45} = 3\frac{1}{2}$ Fuß per Sekunde.

Rathsam ist es, diesen Versuch mehreremal zu machen und aus den erhaltenen Geschwindigkeiten das arithmetische Mittel zu ziehen. Uebrigens erhält man auf diese Weise, sowie auch durch die meisten andern Meßmethoden bloß die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche, welche stets etwas größer ist als die mittlere Geschwindigkeit.

Dubuat hat aus zahlreichen Versuchen folgende Verhältnisse aufgefunden, zwischen der Geschwindigkeit an der Oberfläche des Wassers und der mittlern Geschwindigkeit oder derjenigen, mit welcher das Wasser durch alle Punkte des Profils laufen müßte, um die effektive Menge Wassers zu liefern:

Geschwindigkeit an der Oberfläche (U). per Sekunde.	Verhältniß der mittleren Geschwindigkeit zu der an der Oberfläche (V : U).
0m,5	0,786
1,0	0,812
1,5	0,832
2,0	0,848
2,5	0,862
3,0	0,873
3,5	0,883
4,0	0,891
4,5	0,898
5,0	0,904

und Prony hat aus denselben folgende Formel gezogen, welche indessen nur für eine Geschwindigkeit von höchstens 5 Metern gilt (in Metern ausgedrückt):

$$V = \frac{U (U + 2,37187)}{U + 3,1532}$$

wo V die mittlere Geschwindigkeit, U dieselige an der Wasser-Oberfläche bedeutet.

Hat man daher die oberflächliche Geschwindigkeit des Wassers in einem Flusse durch Versuche gefunden, so muß man dieselbe noch mit den in der zweiten Colonne angegebenen Coefficienten oder mit $\frac{4}{5}$ ungefähr vervielfachen, oder letztere Formel anwenden, um die mittlere Geschwindigkeit zu erhalten.

Um nun die Wassermenge zu finden, welche per Sekunde durchfließt, hat man die auf diese Weise erhaltene Geschwindigkeit mit der durchschnittlichen Sektion des Kanals zu vervielfachen.

Beisp. Wie viel Wasser läuft in 1 Sekunde durch einen Kanal, in welchem der Schwimmer in 110 Sekunden eine Strecke von 330 Fuß zurückgelegt hat und die Querprofile auf sechs verschiedenen Punkten dieser Strecke folgende sind:

60, 75, 82, 86, 90, 87 □'?

Antw. $V = 0,812 \times \frac{330}{110} = 2',44$ per Sekunde,

$S = \frac{60 + 75 + 82 + 86 + 90 + 87}{6} = 80 \text{ □}',$

$M = 2',44 \times 80 = 195,2 \text{ Cub.-Fuß.}$

Da die Geschwindigkeit des Wassers auf der Oberfläche größer ist als die mittlere Geschwindigkeit, so muß diejenige am Boden um so viel geringer seyn. Ist daher die Geschwindigkeit an der Oberfläche = 6', so ist die mittlere Geschwindigkeit = $\frac{4}{5} \times 6 \times 4,8$ und die am Boden = $4,8 - (6' - 4',8) = 3,6 \text{ Fuß.}$

Damit das Wasser den Boden der Kanäle nicht angreife, dürfen folgende Grenzen für die Geschwindigkeit am Boden nicht überschritten werden.

Beschaffenheit des Bodens	größte Geschwindigkeit
Brauner Töpferthon	0 ^m ,076
Fetter Thon	0,152
Sand	0,305

Beschaffenheit des Bodens	größte Geschwindigkeit
Kies	0,609
Kieselsteine	0,614
Eckige Steine	1,220
Conglomerate, Schiefer	1,520
Geschichtete Felsen	1,830
Harte Felsen	3,050

In Kanälen, wo sich bereits Stellfallen oder Ueberfälle befinden, kann das durchfließende Wasserquantum nach den pag. 215 und 218 gegebenen Formeln auf leichte und genaue Weise aufgefunden werden.

Sind solche nicht vorhanden, so kann bei einem kleinen Bache oder einer Quelle das Wasserquantum auch gefunden werden, wenn man der ganzen Breite des Bettes nach dasselbe durch eine Bretterwand verschließt, in welcher eine Reihe von Löchern horizontal angebracht ist. Man schließt alsdann nach und nach so viele Löcher als es nöthig ist, damit gerade so viel Wasser durch die offenen Löcher ausfließt, als der Bach liefert und also das Wasserniveau in demselben konstant bleibt, und die Anzahl derselben bestimmt dieses Wasserquantum.

Diese Methode wird namentlich in Frankreich zur Bemessung von Quellen angewendet, und als Maassstab das Wasserquantum, welches durch eine Oeffnung von 2 Centimeter Durchmesser unter einem Drucke von 3 Centimeter durchfließt, mit *pouce d'eau* (Wasserzoll) bezeichnet. Derselbe beträgt per Sekunde 0,2222 Liter oder circa 20 Cubikmeter in 24 Stunden.

Sind also z. B. 18 Oeffnungen von dieser Größe erforderlich, um das Wasser in einem Bache auf der gleichen Höhe zu erhalten, so ist das Wasserquantum derselben = 18 Wasserzoll = 15 Cubikmeter per Stunde.

Nr. 33.

Bewegung des Wassers in Kanälen und Röhren, und Bestimmung der Neigung, welche man denselben geben muß.

Prony gibt folgende empirische Formeln für die Geschwindigkeit des Wassers in Betracht auf die Reibung desselben gegen die Wände des Kanals oder die Röhre an (alles in Metern ausgedrückt):

$$\text{I) } v = 53,20 \cdot \sqrt{\frac{ZH}{L + 200 Z}}$$

$$\text{folglich II) } H = 0,00035 \cdot \frac{v^2 (L + 200 Z)}{Z},$$

wo v die mittlere Geschwindigkeit des Wassers per Sekunde an der Ausflußöffnung, L die Länge der Wasserleitung, H ihr Gefälle oder den vertikalen Abstand des Niveaus im obern Behälter vom Centrum der Ausflußöffnung und Z den mittlern Radius oder Quotienten bedeutet, welchen man erhält, wenn man die benetzte Section des Kanales oder der Röhre durch den Perimeter derselben theilt.

Ist ferner a die Breite des Kanales und b die Höhe des Wassers in demselben, so ist das Quantum der in 1 Sekunde ausfließenden Wassermenge, oder:

$$\text{III) } M = a b v.$$

Bei rektangulären offenen Kanälen ist die benetzte

Sektion = ab , der Perimeter derselben = $a + 2b$,
 folglich der mittlere Radius, oder:

$$Z = \frac{ab}{a + 2b}.$$

Dieser Werth kann auch für Kanäle angewendet werden, deren Sektion ein Trapezoid ist. Es bedeutet alsdann a die mittlere Breite oder die halbe Summe der obern und untern Breite des Kanals.

Bei rektangulären geschlossenen Kanälen oder Röhren, in welchen das Wasser die ganze Sektion einnimmt, ist:

$$Z = \frac{ab}{2(a + b)}.$$

Bei runden Röhren, deren Diameter = d ist, die Sektion = $\frac{\pi d^2}{4}$, der Perimeter der benetzten Sektion = πd , folglich:

$$Z = \frac{\pi d^2}{4 \pi d} = \frac{d}{4}.$$

Setzt man diesen Werth in die Formel I), so erhält man:

$$\text{IV) } v' = 26,60 \cdot \sqrt{\frac{d H}{L + 54 d}}.*$$

Indem man nun den einen oder andern Werth für Z , je nach den verschiedenen Fällen, welche sich darbieten, in die Gleichung I. II. oder III. einführt, kann man jedesmal zwei der verschiedenen Größen M , a , b , H , v , d berechnen, wenn die andern gegeben sind.

Man sieht übrigens aus Gleichung II., daß es vortheilhaft ist, bei einer gegebenen Menge ausfließenden

* In Fußmaassen geht diese Formel ungefähr in folgende über:

$$\text{V) } v' = 50 \cdot \sqrt{\frac{d H}{L + 50 d}}.$$

Ist die Röhrenleitung sehr lang im Verhältnisse zur Weite der Röhren, so kann der Werth von $50 d$ vernachlässigt und also die Formel

$$v' = 50 \cdot \sqrt{\frac{d H}{L}}$$

angewendet werden.

Wassers die Sektion des Kanals groß zu machen, und dagegen die Geschwindigkeit des Wassers darin zu vermindern, da es alsdann eine kleinere Neigung desselben braucht und hiemit ein kleinerer Verlust an Fallhöhe verursacht wird, was besonders bei Leitungen von größerer Länge wichtig ist. Aus diesem Grunde gibt man dem Wasser nie eine größere Geschwindigkeit, als die von 1 Meter per Sekunde. Die kleinste Geschwindigkeit, welche man anwendet, ist = $0^m,15$ bis $0^m,20$ per Sekunde, welche einer Geschwindigkeit an der Oberfläche von 21 — 27^m entspricht. Obige Formel dient auch, um die Geschwindigkeit des Wassers in einem Kanale von gleichförmigem Gefälle und Querdurchschnitte zu berechnen, dessen Gefälle durch ein genaues Nivellement aufgefunden worden ist.

Beisp. 1) Wie groß ist die Geschwindigkeit des Wassers in einer quadratischen Röhre von $0^m,5$ Seite, 250 Meter Länge und $\frac{1}{100}$ Steigung?

Antw. $H = 250 \times \frac{1}{100} = 2,5$ Meter.

$$Z = \frac{0,5^2}{4 \times 0,5} = 0,125.$$

$$v = 53,20 \cdot \sqrt{\frac{0,125 \times 2,5}{250 + 200 \times 0,125}} = 1,793 \text{ Meter per Sekunde.}$$

Beisp. 2) Wie groß muß die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in einem offenen Kanale und die Höhe desselben seyn, wenn die Menge des ausfließenden Wassers per Sekunde 800 Liter, die Länge des Kanals 800^m , die Breite $2^m,50$ und die Neigung desselben auf die ganze Länge $0^m,08$ beträgt?

Antw. Nehmen wir vorläufig die Tiefe des Kanales oder $b = 1^m$ an, so findet man aus Gleichung I, da $Z = \frac{2,50 \times 1}{2,50 + 2} = 0,555$ ist:

$$v = 53,20 \cdot \sqrt{\frac{0,555 \times 0,08}{800 + 200 \times 0,555}} = 0^m,3713$$

und aus dieser Geschwindigkeit findet man nach Gleichung III:

$$b = \frac{0,800}{2,50 \times 0,3713} = 0^m,86.$$

Führt man diesen Werth in die Gleichung I ein, so erhält man, da $Z = 0,5094$ ist:

$$v = 0,3575,$$

und aus dieser Geschwindigkeit nach Gleichung III:

$$b = 0,89.$$

Die erstere Annahme für h (1^m) war also zu groß, die letztere ($0^m,86$) zu klein. Indem man nun das Mittel zwischen den Geschwindigkeiten nimmt, welche diesen beiden Höhen correspondiren, so erhält man ziemlich genau die richtige Geschwindigkeit des Wassers. Es ist daher:

$$v = \frac{0,3713 + 0,3575}{2} = 0^m,3644$$

und hiemit

$$b = 0^m,878.$$

Beisp. 3) Wie viel beträgt das Wasserquantum, welches per Sekunde durch eine cylindrische Röhre von 2 Fuß Lichtweite, 300 Fuß Länge und $1\frac{1}{2}$ Fuß Gefälle durchfließt?

Antw. $v = 50 \cdot \sqrt{\frac{2 \times 1\frac{1}{2}}{300 + 50 \times 2}} = 4,33$ Fuß,

folglich $M = 4,33 \times 0,7854 \times 2^2 = 13,69$ Cub.-Fuß per Sekunde.

Anmerkung. Da die dieser Geschwindigkeit correspondirende Fallhöhe $= \frac{(4,33)^2}{2g} = 0,3$ ist, so folgt hieraus, daß durch die Reibung des

Wassers in den Röhren nicht das ganze Gefälle von $1\frac{1}{2}$ Fuß, sondern bloß ein Gefälle von $1,5 - 0,3 = 1,2$ Fuß absorbirt wird.

In obigen Formeln und Berechnungen sind überall gerade Wasserleitungen angenommen. Haben dieselben dagegen Biegungen, so vermehrt sich die Reibung des Wassers, und es hat eine geringere Ausflußgeschwindigkeit statt. Man erhält dieselbe, wenn man in den obigen Formeln folgenden Werth statt H setzt:

$$VI) H' = H - v^2 \times 0,00038 \times S,$$

wo S die Summe der Sinus der Biegungswinkel bedeutet.

Es sey im Beispiel 3 die Röhre mit drei Biegungen versehen, deren Winkel 45, 90 und 150 Grad betragen, so ist,

$$\text{da Sin. } 45^{\circ} = 0,7071$$

$$\text{Sin. } 90^{\circ} = 1,00$$

$$\text{Sin. } 150^{\circ} = 0,50$$

$$S = 2,2071,$$

$$H' = 1',5 - (4,33)^2 \times 0,0038 \times 2,2071 \\ = 1',5 - 0,157 = 1',343$$

$$v = 50 \cdot \sqrt{\frac{2 \times 1,343}{300 + 50 \times 2}} = 4',1$$

und $M = 12,96$ Cub.-Fuß per Sekunde.

Beisp. 4) Wie viel Gefälle geht durch die Reibung des Wassers in einer geraden cylindrischen Röhre von 3',35 Lichtweite und 45' Länge verloren, wenn per Sekunde 30 Cub.-Fuß Wasser durchfließen sollen?

$$\text{Antw. } v = \frac{30}{0,7854 \times (3,35)^2} = 3',40.$$

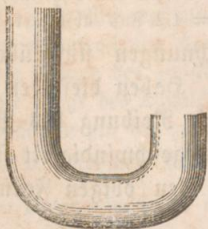
$$\text{Es ist ferner } v = 50 \cdot \sqrt{\frac{d H}{L + 50 d}}$$

$$\text{und folglich } H = \frac{v^2 L}{2500 d} + \frac{v^2}{50} = \frac{(3,4)^2 \times 45}{2500 \times 3,35} + \frac{(3,4)^2}{50} \\ = 0,0621 + 0,2312 = 0',2933.$$

Gesetzt nun, es sey die Röhre doppelt gebogen, und zwar unter rechten Winkeln, so beträgt, da $\text{Sin. } 90^{\circ} = 1$, die Summe der Sinus der beiden Winkel = 2, und es ist daher nach Formel VI):

$$H' = 0,2933 + (3,40)^2 \times 0,0038 \times 2 \\ = 0,2933 + 0,0879 \\ = 0,3812.$$

Da übrigens die Geschwindigkeit von 3',40 eine Druckhöhe von 0,1792 correspondirt, so ist das durch die Reibung in der Röhre und die Biegungen verlorene Gefälle bloß = 0',2020.



Bestimmung der Dicke der Röhren.

Je höher das Wasser in der Röhre steht, desto größer ist der Druck, welcher dieselbe zu bersten sucht, und desto größeren Widerstand muß dieselbe ihm daher entgegensetzen können. Die Röhre muß ferner um so dicker seyn, je größer ihr Durchmesser ist.

Sind daher die Durchmesser zweier Röhren D und d , die senkrechten Höhen derselben, welche mit Wasser gefüllt sind, H und h , und ihre Dicken E und e , so hat folgende Proportion statt:

$$E : e :: HD : hd,$$

und folglich:

$$E = \frac{e}{hd} \times HD.$$

Bestimmt man also durch Versuche die Werthe e , h und d für gewisse Materien, woraus die Röhren verfertigt sind, so ist es alsdann leicht, die Dicke einer Röhre von jeder andern Dimension zu finden.

Bei der Bestimmung der Dicke sollte übrigens auch Rücksicht auf die Geschwindigkeit des Wassers in den Röhren genommen werden, indem nämlich beim Schließen der Ventile oder Hahnen ein bedeutender Stoß auf die Wände der Röhren hervorgebracht wird.

Genieys hat folgende Formeln für die Dicke von Gas- oder Wasserleitungsröhren durch vielfache Versuche aufgefunden:

für Röhren von Gußeisen . . .	$e = 0,007 \, nD + 10$
„ Schmiedeeisen . . .	$e = 0,005 \, nD + 3$
„ Blei	$e = 0,05 \, nD + 4,5$
„ Holz	$e = 8,33 \, nD + 27$
„ natürlichen Steinen	$e = 0,5 \, nD$
„ künstlichen „	$e = nD$

wo D die innere Weite in Centimetern, e die Wanddicke in Millimetern und n die Anzahl Atmosphären bedeutet.

Beisp. Wie dick muß eine gußeiserne Röhre seyn, welche 50 Meter hoch mit Wasser gefüllt ist und eine Weite von 18 Centimetern hat?

Antw. Da 1 Atmosph. = 10,33 Meter Wasserdruck ist,

$$\text{so hat man } n = \frac{50}{10,33} = 4,84 \text{ Atm.}$$

$$\text{und } e = 0,007 \times 4,84 \times 18 + 10 \\ = 10,61 \text{ Millimeter.}$$

In dem Mechanic pocket dictionary findet sich folgende praktische Regel, um die Dicke von gußeisernen Röhren und namentlich auch die Wanddicke der Presscylinder von hydraulischen Pressen auszumitteln:

Man vervielfache den innern Radius der Röhre mit der Pression, welche dieselbe per □Centimeter oder □Zoll auszuhalten hat, und theile das Produkt durch die Differenz zwischen dieser Pression und der Cohäsion des Metalles.

$$e = \frac{p \times r}{F - p}.$$

Beisp. Wie dick muß ein Presscylinder von Gußeisen gemacht werden von 8 Schweizerzoll inwendigem Durchmesser, um einen Druck von 500 Atmosphären auszuhalten?

Antw. 500 Atmosphären = $500 \times 18,6$ oder 9300 π per □Zoll.

Wird die Stärke des Eisens zu 4200 Kil. per □Cent. = 75600 π per □Zoll angenommen, so ist F oder diejenige, welche hier in

Rechnung zu ziehen ist, = $\frac{75600 \pi}{3} = 25200 \pi$,

$$\text{also die Dicke } e = \frac{9300 \times 4''}{25200 - 9300} = \text{ca. } 23\frac{1}{2} \text{ Linien.}$$

Nr. 34.

Von der Benützung der Wasserkräfte.

Der dynamische Effekt einer Wasserkraft wird erhalten, wenn man das Gewicht Q des vorhandenen Wasserquantums, wie solches auf die in den vorhergehenden Abschnitten bezeichnete Weise bestimmt wird, mit der disponibeln Fallhöhe H^* vervielfacht, und wird also durch das Produkt QH ausgedrückt.

Da 1 Cub.-Meter Wasser = 1000 Kil.,

1 Schweizer Cub.-Fuß = 54 $\mathcal{R}$,

1 Pferdekraft = 75 Kilogr.Meter,

= 500 $\mathcal{R}$ Fuß (Schweiz.) per Sek.,

so ist also die absolute Anzahl von Pferdekraften eines Wasserfalles, oder:

$$N = \frac{1000 \, QH}{75} = 13\frac{1}{3} \, QH \text{ in Metern}$$

$$\text{und } N = \frac{54 \, QH}{500} = \text{ca. } \frac{1}{9} \, QH \text{ in Schweizer Fuß.}$$

Ein Wasserfall z. B. von 6 Fuß Höhe und 36 Cub.-Fuß per Sekunde hat also eine absolute Kraft von $\frac{6 \times 36}{9} = 24$ Pferden.

* Unter disponibler Fallhöhe versteht man diejenige, welche übrig bleibt, wenn man von dem Totalgefälle dasjenige abzieht, welches man theils durch die erforderliche Neigung des Zu- und Abflußkanales, theils durch die sonstigen Beschaffenheiten des Gerinnes verliert. (S. Nr. 36.)

Indem man nun den nutzbaren Effekt berechnet, welchen ein gewisses Rad leistet, und denselben mit dem dynamischen Effekte der Wasserkraft vergleicht, welche dazu erfordert wird, kann man mit Leichtigkeit die Zweckmäßigkeit eines Systems und seine mehr oder weniger vortheilhafte Konstruktion beurtheilen.

Da bei den meisten Lokalitäten das Wasserquantum sehr veränderlich ist, so ist es nöthig, um gehörige Kenntniß einer Wasserkraft zu erhalten, die Wassermenge zu verschiedenen Jahreszeiten zu messen und daraus die correspondirende Wasserkraft beim mittlern und beim kleinsten Wasserstande zu berechnen.

Die Wassermenge, welche in England jährlich fällt, beträgt durchschnittlich 3 engl. Fuß Tiefe nach Abzug der Verdampfung.

Ein Reservoir von 1 Imper.-Acre = ca. $\frac{4}{10}$ Hektaren wird daher jährlich 130.680 Cub.-Fuß oder per Tag (zu 300 Arbeitstagen das Jahr gerechnet) 435 Cub.-Fuß Wasser sammeln, welches Quantum z. B. bei einem Gefälle von 100 Fuß und bei 75 % Ruhezeffekt täglich während einer Stunde einen Effekt von 1 Pferdekraft oder wöchentlich während einer Stunde einen Effekt von 7 Pferdekraften auszuüben im Stande ist.

Durch Anlage eines höher liegenden Weiher's kann daher ein Wassergefälle hergestellt werden, mit welchem für eine kurze Dauer eine große Kraft erzeugt werden kann.

Ebenso kann auch eine sehr geringe Wasserkraft, eine Windmühle oder eine Dampfmaschine dazu verwendet werden, um Wasser ohne Unterbrechung in einen höher liegenden Weiher zu pumpen, von wo es dann in Zeiten, wo eine große Kraft erforderlich wäre, auf ein Wasserrad geleitet werden könnte. (Anwendung hievon bei großen Steigungen auf Eisenbahnen mittelst feststehender Dampfmaschinen.)

Nr. 35.

Von den Wasserrädern.

Man theilt die gewöhnlichen Wasserräder wesentlich in folgende ein

1) Unterschlächtige Räder oder solche, welche durch den Stoß des Wassers allein in Bewegung gesetzt werden, und daher mit geraden Schaufeln versehen sind, auf welche das Wasser senkrecht wirkt. Sie werden angewendet bei Wasserfällen, welche gewöhnlich kleiner sind, als 2—3^m;

- a) solche, welche sich in Kanälen bewegen, auf beiden Seiten mit Wänden umgeben sind, und deren Breite nicht viel größer, als diejenige des Rades selbst ist;
- b) solche, welche sich ganz frei in Kanälen oder Flüssen bewegen, und bei welchen das Wasser auf beiden Seiten des Rades ungehindert entweichen kann.

Diese letztern Räder müssen, wenn das Niveau des Flusses veränderlich ist, mit ihrer Unterlage und dem mit ihrer Welle verbundenen Räderwerke etwas gehoben oder gesenkt werden können. Man nennt sie Pansterräder, und solche, welche eine beträchtliche Breite haben, sind unter dem Namen Schiffsmühlräder bekannt.

2) Oberschlächtige Räder oder solche, die bloß durch das Gewicht des Wassers in Bewegung gesetzt werden, und daher mit Zellen oder Rübeln versehen sind, welche das herabfallende Wasser auffangen.

3) Mittelschlächtige Räder, auf welche das Wasser sowohl durch den Stoß, als auch durch den Druck wirkt, und welche daher mit Schaufeln oder mit Rübeln oder mit beiden zugleich versehen seyn können. Das Wasser fällt bei denselben meistens ein wenig unterhalb der Wasserradwelle auf das Rad.

Zu den unterschlächtigen Rädern gehören überdieß noch:

4) Poncelet's unterschlächtige Räder mit frummlinigten Schaufeln, welche das ganze Gefälle als Druckwasser benützen und daher ohne Kropfgefälle arbeiten.

In Bezug auf die Geschwindigkeit der Wasserräder ist vorläufig zu bemerken, daß der Umfang des Rades oder der Radschaufeln nicht die nämliche Geschwindigkeit erlangen kann, die das auffallende Wasser hat; denn in diesem Falle könnte es gar keinen Widerstand leisten und hiemit auch keinen Effect hervorbringen. Das vortheilhafteste Verhältniß zwischen diesen beiden Geschwindigkeiten wird bei jeder Art von Rädern besonders angegeben werden. Bei den nachfolgenden Regeln bedeutet:

P den Druck des Wassers auf das Rad,

v die Geschwindigkeit des äußern Radumfangs,

Pv den Nugeffect,

V die Geschwindigkeit des Wassers beim Eintritte in das Rad,

Q das Wasserquantum per Sekunde,

H das disponible Gefälle.

I. Von den unterschlächtigen Rädern, welche sich in einem Gerinne bewegen.

Die Versuche von Bossut und Smeaton zeigen, daß der nützliche Effect eines solchen Rades in der Praktik

höchstens zu $\frac{1}{3}$ des dynamischen Effectes der angewandten Wasserkraft gerechnet werden kann. Haben die Schaufeln im Gerinne mehr als 4 Centimeter Spielraum, so vermindert sich der Nugeffect sogar bis auf $\frac{1}{4}$ derselben.

Dieses Maximum von Effect hat statt, wenn die Umfangs-Geschwindigkeit des Rades $\frac{2}{5}$ der Geschwindigkeit des Wassers beträgt.

Es ist hiemit, wenn S die Section der Schußöffnung bedeutet, der dynamische Effect des Rades oder:

$$P_v = \frac{1}{3} QH = \frac{1000}{3} \times S \times \frac{V^3}{2g} = 17 SV^3.$$

Dieses Maximum von Nugeffect hat statt, wenn $v = \frac{2}{5} V$ ist. Es ist alsdann

$$P = 42 SV^2.$$

Aus diesen Formeln gehen überdieß folgende einfache Geseze hervor, welche ziemlich genau mit den Versuchen von Banks und Smeaton übereinstimmen:

1) Bei gleichen Fallhöhen verhalten sich die Nugeffekte wie die Quantitäten des auffallenden Wassers.

2) Bei gleichen Wassermengen verhalten sich die Effekte wie die Fallhöhen und wie die Quadrate der Geschwindigkeiten des Wassers.

3) Bei gleicher Deffnung im Schußbrette verhalten sich die Effekte wie die Cuben der Geschwindigkeiten des Wassers. Hat z. B. das Wasser in einem Kanale eine Geschwindigkeit von 3^m, in einem andern eine Geschwindigkeit von 4^m, so verhalten sich die nüglichen Effekte bei gleicher Schußöffnung wie $27 : 64 = 1 : 2,4$, bei gleicher Wassermenge hingegen wie $9 : 16 = 1 : 1,8$.

II. Von den unterschlächtigen Rädern, welche sich frei ohne Gerinne bewegen.

Der nützliche Effect dieser Räder ist höchstens $\frac{1}{4}$ des dynamischen Effectes der Wasserkraft, und wird durch folgende Werthe ausgedrückt, wo A die eingetauchte Oberfläche der Schaufel bedeutet:

$$\begin{aligned} P_v &= \frac{1}{4} QH = \frac{1000}{4} \times A \times \frac{V^3}{2g} \text{ Kil.}^m \\ &= 12,75 AV^3. \end{aligned}$$

Dieses Maximum von Effect wird erhalten, wenn $v = \frac{1}{3}V$, und es ist alsdann:

$$P = 38,25 SV^2 \text{ Kil.}$$

Für den Fall, daß die Umfangsgeschwindigkeit des Wasserrades von der vortheilhaftesten abweicht und daher größer oder kleiner als $\frac{1}{3}V$ ist, erhält man den Nuzeffect durch die Formel:

$$P_v = 58 Q (V - v) v \text{ Kil. Meter.}$$

III. Von den oberflächlichen Wasserrädern.

Aus vielfach angestellten Versuchen ergibt sich, daß der nützliche Effect gewöhnlicher oberflächlicher Räder 0,66 oder $\frac{2}{3}$ des dynamischen Effectes der Wasserkraft beträgt. Indessen kann man denselben bei Rädern, welche gut construirt sind und sich außerdem in einem Kropfgerinne bewegen, bis auf 0,70 à 0,80 des dynamischen Effectes bringen. Bei mittelschlächtigen Rädern, welche ganz den nämlichen Gesetzen unterworfen sind, beträgt er hingegen nur 0,60 oder $\frac{3}{5}$ des dynamischen Effectes.

Die vortheilhafteste Geschwindigkeit dieser Räder ist

gleich der Hälfte derjenigen des Wassers, da wo dasselbe die Schaufel des Rades trifft.

Die Erfahrung lehrt ferner, daß der nützliche Effect eines oberflächlichen Rades desto größer ist, je kleiner die absolute Geschwindigkeit des Rades und hiemit auch die des Wassers ist. Man erhält daher den größten Nutzeffect, wenn man dem Zuführungskanal so wenig als möglich Neigung gibt, und überhaupt das ganze disponible Gefälle so benützt, daß das Wasser nicht durch den Stoß, sondern bloß durch sein Gewicht wirkt. Solche Räder, welche einen sehr geneigten Zuführungskanal besitzen und bei welchen ein Theil des Gefälles dazu benützt wird, um denselben eine große Umfangsgeschwindigkeit zu verschaffen, wie z. B. bei Hammerwerken, Sägmühlen &c., wo oft das Gefälle 2—3mal größer ist, als der Durchmesser des Rades, geben dagegen einen weit geringeren Nutzeffect, und sollten in allen Fällen, wo es sich um möglichst vortheilhafte Benützung der Wasserkraft handelt, durch größere Räder ersetzt, und durch Anwendung eines Vorgeleges mit Stirnrädern die erforderliche Anzahl von Umgängen erzielt werden. Bei dieser letzteren Construction ist es übrigens meistens unerläßlich, ein Schwungrad von gehöriger Kraft anzubringen, was freilich die Anlagskosten solcher Werke bedeutend vermehrt.

Smeaton gibt als die vortheilhafteste Umfangsgeschwindigkeit diejenige von 1^m per Sekunde sowohl für große als auch für kleine Räder an; eine kleine Vergrößerung dieser Geschwindigkeit bringt jedoch, besonders bei großen Rädern, einen unbedeutenden Unterschied in dem nützlichen Effecte derselben hervor.

Da übrigens, um das gleiche Wasserquantum zu fassen, der Gehalt der Kübel und hiemit auch die Breite des Rades um so größer seyn muß, je kleiner die Umfangsgeschwindigkeit ist, und

ferner auch durch eine größere Geschwindigkeit eine regelmäÙigere Bewegung erhalten wird, so ist es in vielen Fällen, namentlich bei großen Gefällen und geringen Wassermengen, vorzuziehen, dem Wasserrade eine Umfangsgeschwindigkeit von 4 bis 7 Fuß per Sekunde zu geben.

N. Buchanan gibt an, daß der Nuzzeffekt dann am größten ist, wenn man das Wasser so auf das Rad fallen läÙt, daß der Bogen, welcher zwischen dem Anschlagspunkte und dem obersten Punkte des Rades liegt, einem Winkel von $53\frac{3}{4}^{\circ}$ entspricht, und daß also das Wasser erst auf circa $\frac{1}{7}$ der Höhe des Rades in dessen Kübel einfällt.

Es läÙt sich übrigens auch dieses Verhältniß abändern und durch eine passende Combination der Größe und Umfangsgeschwindigkeit des Rades diejenige Anzahl von Umgängen erreichen, welche die durch dasselbe zu betreibende Maschinerie erfordert.

Morin gibt folgende Formel zur Berechnung des Nuzzeffektes von überschlächtigen Rädern mit geringer Geschwindigkeit, bei welchen die Kübel nicht über halb voll werden, an:

$$Pv = 780 QH + 102 Q (V. \cos. a - v) v,$$

wo a der Winkel ist, den die Tangente des Radumfangs mit der Richtung der Stoßschaufeln bildet. Da der Cosinus um so größer wird, je spizer der Winkel ist, so folgt hieraus, daß zur Erzielung des größten Nuzzeffektes die Schaufeln möglichst schief gestellt werden sollten. Für den Fall, daß die Kübel mehr als halb gefüllt werden, muß der Coefficient 780 durch 650 vertauscht werden.

IV. Poncelet's unterschlächtige Räder mit krummlinigten Schaufeln.

Aus dem vorigen Abschnitte geht hervor, daß die ober- und mittelschlächtigen Räder sich mit einer kleinen Geschwindigkeit bewegen müssen, um einen merklich größern Effekt zu leisten, als die unterschlächtigen Räder.

Da diese Geschwindigkeit für die Betreibung von Maschinen in den meisten Fällen in eine größere umgewandelt werden muß, wodurch die Transmission complizirter wird

und mehr Reibung entsteht, so sind doch sehr oft die unterschlächtigen Räder denselben vorzuziehen, besonders da, wo ein Fall nicht über 2^m Höhe hat, obschon dieselben, wie schon gesagt, bei weitem nicht so viel leisten, als die ersteren.

Die Räder, welche Poncelet vorgeschlagen hat und die jetzt sehr häufig angewendet werden, haben alle Vortheile der unterschlächtigen Räder und außerdem noch denjenigen, daß ihr Effect dem der überschlächtigen Räder beinahe gleichkommt.

Diese Verbesserung besteht darin, daß das Wasser, wenn es auf das Rad fällt, sowie im Innern desselben, durchaus keinen Stoß auf dasselbe ausübt, und das Wasser mit einer geringen Geschwindigkeit aus demselben entweicht. Da die krummlinigten Schaufeln dieser Räder dem Wasser eine Fläche darbieten, welche ganz tangential mit seiner Richtung ist, so fällt das Wasser senkrecht auf dieselben, hebt sich längs denselben durch die Bewegung des Rades, indem es beständig darauf drückt, und erhält durch das Herunterfallen die Geschwindigkeit, welche es zu seinem Entweichen nöthig hat.

Die sorgfältig angestellten Versuche * Poncelets zeigen auch, daß der Rapport des nützlichen Effectes zum angewandten Effecte von 0,6 bis 0,75 geht, und daß für kleine Fallhöhen (unter 1½^m) und große Schußöffnungen (20—30^m Höhe) der Rapport 0,75, für große Fallhöhen hingegen und kleine Schußöffnungen der Rapport 0,65 anzunehmen ist. Sie sind deshalb hauptsächlich anwendbar bei kleinen Gefällen. Der Nugeffect kann daher im ersten Falle durch die Formel

$$P_v = 153 Q (V - v) v,$$

* Mémoire sur les roues en dessous à aubes courbes.

im zweiten Falle durch die Formel

$$Pv = 132 Q (V - v) v$$

berechnet werden, wobei jedoch angenommen ist, daß die Stellfalle schief und möglichst nahe beim Radumfang angebracht ist. Würde dieselbe dagegen vertikal stehen, so würde sich der Nugeffekt auf 0,50 reduciren und

$$Pv = 102 Q (V - v) v \text{ seyn.}$$

Der größte Nugeffekt wird übrigens erhalten, wenn man $v = 0,55 V$ macht, und da die Geschwindigkeit des Wassers V dem ganzen disponibeln Gefälle entspricht, so folgt hieraus, daß die Poncelet'schen Räder eine merklich größere Umfangsgeschwindigkeit haben, woraus noch der Vortheil hervorgeht, daß ihre Breite und hiemit auch die des Gerinnes kleiner gemacht werden kann, als bei Kropfrädern. Nachtheil dieser Räder ist dagegen, daß ihre Geschwindigkeit nur wenig kleiner seyn darf, als die dem größten Nugeffekt entsprechende, ohne daß dieser letztere bedeutend vermindert würde. In diesem Falle, so wie auch, wenn die Radschaufeln nicht genug Höhe haben, steigt das Wasser über sie hinaus, gelangt in das Innere des Rades und bringt außerdem, daß dasselbe ganz nutzlos wegfliest, eine sehr nachtheilige Gegenwirkung hervor.

**Tabelle XXIV. zur Bestimmung der Anzahl Umgänge
bei gegebener Größe und Umfangsgeschwindigkeit des
Wasserrades.**

Diameter.	Anzahl der Umgänge per Minute		
	bei 3 Fuß.	4 Fuß.	5 Fuß.
8'	7,16	9,55	11,94
9	6,36	8,48	10,60
10	5,73	7,64	9,55
11	5,21	6,95	8,68
12	4,77	6,36	7,95
13	4,41	5,88	7,35
14	4,08	5,44	6,80
15	3,82	5,09	6,37
16	3,58	4,77	5,97
17	3,37	4,49	5,62
18	3,18	4,24	5,30
19	3,02	4,03	5,03
20	2,86	3,81	4,77
21	2,73	3,64	4,55
22	2,62	3,49	4,34
23	2,49	3,32	4,15
24	2,38	3,17	3,98
25	2,29	3,05	3,82
26	2,20	2,93	3,68
27	2,12	2,83	3,53
28	2,04	2,72	3,40
30	1,91	2,55	3,18
32	1,79	2,39	2,98
34	1,68	2,24	2,80
36	1,59	2,12	2,65

Nr. 36.

Von den verschiedenen Theilen der Wasserräder.

Von den Gerinnen.

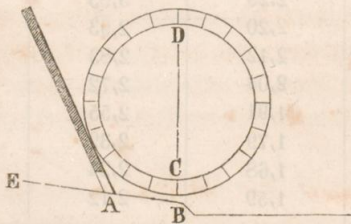
Es gibt zweierlei Arten Gerinne: das Kropfgerinne, welches zugerundet ist und der Krümmung des Rades folgt, und das Schnur- (Schuß-)gerinne, welches aus einem gewöhnlich schräg herunterlaufenden Brette besteht.

Unterschlächtigen Rädern gibt man gewöhnlich ein Schnurgerinne, mittelschlächtigen ein Schnurgerinne oder Kropfgerinne, und ober Schlächtigen ein Kropfgerinne oder gar keines.

Bedingungen eines gut eingerichteten Gerinnes.

1) Um die Reibung des Wassers in dem Gerinne zu vermeiden und den Stoß des Wassers vollständig zu benutzen, muß dasselbe so kurz als möglich und das Schuttbrett hiemit etwas geneigt seyn.

Gewöhnlich wird dasselbe so geneigt, daß AB, d. h. die Distanz



des Punktes, wo es das Gerinne trifft, von der Vertikalen BD, welche durch den Mittelpunkt des Rades gezogen wird, die Hälfte seines Radius beträgt, oder daß der Winkel, welchen es mit der Linie EB bildet, 54° — 60° ist. Das Schutzbrett muß ferner ganz tangential an den äußersten Kreis des Rades seyn.

2) Um die Bewegung des Wassers im Gerinne zu erleichtern, gibt man dem letztern eine Neigung von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{15}$ seiner Länge oder $\frac{1}{64}$ des Raddiameters.

3) Um das Entweichen der Wassers zu erleichtern, bringt man an dem Ende des Gerinnes einen kleinen Absprung an.

Für einen Kanal von 2^m Breite gibt man demselben eine Höhe von circa 4^{cm}. Das Wasser muß ferner erst dann entweichen können, wenn es vollständig gewirkt hat, und der Absprung sich hiemit etwas hinter der senkrechten Linie befinden, welche durch das Centrum des Rades geht.

4) Die disponible Fallhöhe wird um so mehr vermindert, je größer man die Höhe der Schutzöffnung macht. Indessen kann diese nicht zu klein seyn, da alsdann für eine gegebene Wassermenge die Breite derselben und hiemit auch die Breite des Rades zu groß gemacht werden müßte.

Die gewöhnlichsten Höhen derselben sind zwischen 16 und 50^{cm} enthalten. Die Breite der Schaufeln oder Kübel, welche das Wasser auffangen, muß um etwa 4—6^{cm} größer seyn, als die Breite der Schutzöffnung.

5) Aus dem Vorhergehenden geht hervor, daß die totale Fallhöhe um folgende Höhen vermindert wird:

1) Um die Neigung des Gerinnes oder durchschnittlich 6^{cm};

2) um den Absprung 4

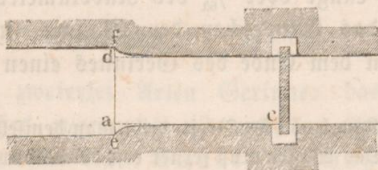
3) um die halbe Höhe der Schutzöffnung 10

20^{cm}.

Zählt man die Höhe von 20 Centimetern oder diejenige, welche man für jeden einzelnen Fall zu bestimmen hat,

von der totalen Fallhöhe ab, so erhält man die disponible Fallhöhe, welche diejenige ist, die überall in Rechnung statt jener gebracht werden muß.

Die Länge des Gerinnes von dem Schutzbrette macht man gewöhnlich $= 2\frac{1}{2}$ mal dessen Breite oder $ac = 2\frac{1}{2} ad$, ferner gibt man demselben im Grundrisse mit Vortheil



die Gestalt des contractirten Wasserstrahles, und zwar so, daß $ef = \frac{5}{4} ad$.

Bestimmung der übrigen Theile der verschiedenen Wasserräder.

Unterschlächtige Räder mit Gerinne.

Die Länge der Schaufeln beträgt gewöhnlich 30—40^{cm}, die Schaufel muß ferner um $\frac{2}{3}$ ihrer Länge in's Wasser eintauchen. Der Kreis, welcher durch die Mitte der eingetauchten Länge der Schaufeln gezogen wird, wird die mittlere Circumferenz genannt, und der Diameter derselben ist derjenige, welcher in Rechnung gebracht wird.

Die vortheilhafteste Neigung der Schaufeln hat statt, wenn dieselbe mit dem Radius, der durch den am innern Kreise liegenden Anfangspunkt der Schaufel gezogen wird, einen Winkel von 15—30° bildet.

Ist d der mittlere Diameter des Rades, in Metern ausgedrückt, so ist die Anzahl von Schaufeln, welche man dem Rade gibt, $= 6d$.

Ist n die Anzahl von Umgängen, welche das Rad in 1 Min. macht, so ist die Geschwindigkeit desselben per Sekunde

$$= \frac{\pi \, n d}{60}$$

und diese ist $= \frac{2}{5}$ derjenigen des Wassers, oder:

$$\frac{\pi \, n d}{60} = \frac{2}{5} V$$

$$\text{folglich } n x = 4 V.$$

Diese Art Wasserräder haben hiemit den Vortheil, daß man ihren Diameter, sowie die Anzahl von Umgängen, nach Belieben abändern kann, ohne eine Verminderung des nützlichen Effectes derselben befürchten zu müssen.

Unterschlächtige Räder ohne Gerinne.

Bei denselben ist es am vortheilhaftesten, wenn die Schaufel ganz in das Wasser taucht. Die Länge derselben wird $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ des äußern Halbmessers des Rades gemacht, und beträgt gewöhnlich zwischen 50^{cm} und 80^{cm}. Man gibt hiemit diesen Rädern einen Diameter von 3 — 6 $\frac{1}{2}$ Metern.

Der Winkel, welchen die Schaufel mit dem Radius machen muß, beträgt hier 25°.

Oberschlächtige Räder.

Der Totalinhalt, welchen die Schaufeln ausmachen, oder der sich zwischen dem äußern und innern Kreise des Rades nach Abzug der Gesamtsektion aller Schaufeldicken befindet, muß wenigstens das Doppelte der einfließenden Wassermenge betragen.

Man hat daher:

$$r = \sqrt[3]{r'^2 - \frac{38 Q}{n l}}$$

wo r der äußere, r' der innere Halbmesser des Rades, l die Lichtweite desselben, Q die Wassermenge per Sekunde und n die Anzahl Umgänge des Rades per Minute bedeutet.

Die kleinste Entfernung zwischen zwei nebeneinander stehenden Schaufeln muß ferner, um das Zersprüngen des Wassers zu vermeiden, wenigstens eben so groß seyn, als die Höhe der Schußöffnung, woraus sich sehr leicht die Anzahl der Schaufeln, welche das Rad haben muß, berechnen läßt.

Die Kübel müssen so construirt werden, daß sie sich möglichst weit unten entleeren und demzufolge die Stoßschaufeln, d. h. diejenigen, welche an dem äußern Radumfange liegen, so schief als möglich gestellt werden, um nicht den Zwischenraum zwischen den Schaufeln zu sehr zu verringern (S. pag. 244). Da Kübel von Eisenblech eine weit geringere Dicke haben als hölzerne, so können die Stoßschaufeln derselben bei gleichem Zwischenraum merklich schiefer gestellt werden, und da solche überhaupt bei gleichen Dimensionen mehr Wasser fassen als hölzerne, und größere Dauerhaftigkeit haben, so haben sie große Vorzüge vor diesen letztern, und werden in den meisten Fällen, wo die Anlagskosten nicht besonders berücksichtigt werden, angewendet.

In Betreff der Stellfallen, so erhält man zwar bei Anwendung von Ueberfallschützen einen größern Nuzzeffekt.

Bei der geringsten Veränderung des Wassers im Zuführungskanale nimmt jedoch bei solchen das Wasserrad eine sehr verschiedene Geschwindigkeit an, und es ist daher in den meisten Fällen rathsam, die Stellfalle so anzubringen, daß sich stets etwas Druckwasser über der Oeffnung derselben befinde.

Unterschlächtige Räder mit krummlinigten Schaufeln.

Die Lichtbreite der Schaufeln ist so zu bestimmen, daß die Höhe der Stellfallöffnung zwischen 12 und 20 Centi-

meter beträgt. Es sey z. B. das mittlere Wasserquantum = 2 Cubikmeter per Sekunde, das Gefälle = $1\frac{1}{2}$ Meter, was einer Geschwindigkeit des Wassers von $5^m,42$ entspricht, so ist, wenn die Stellfallöffnung dieses Wasserquantum bei einer Höhe von 15 Centimeter durchlassen soll, die erforderliche Schaufelbreite.

$$= \frac{2 \text{ Cub. M.}}{0,75 \times 0,15 \times 5,42} = 3^m,27.$$

In Betreff der Höhe der Schaufeln gibt Poncelet bloß an, daß dieselbe bei größern Gefällen $\frac{1}{4}$ und bei kleinern $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{2}$ des Gefälles betragen solle. Dieselbe kann jedoch durch folgende Regel genauer bestimmt werden:

Man berechne die Differenz zwischen der Geschwindigkeit des Wassers und derjenigen des Wasserrades, und multiplizire die correspondirende Fallhöhe mit $1\frac{1}{2}$.

Beisp. Ist die Geschwindigkeit des Wassers = $18'$

die des Rades = $10'$ per Sekunde,

so ist die Differenz = $8'$, welche einer Fallhöhe von 1 Fuß entspricht, daher die erforderliche Kranzhöhe = $1\frac{1}{2}$ Fuß ist. Räder, bei welchen die Schaufeln nicht tief genug sind, können demzufolge dadurch verbessert werden, daß man durch Abänderung des Triebwerkes die Umfangsgeschwindigkeit des Wasserrades vergrößert.

Nr. 37.

Beispiele zur Berechnung der Wasserräder.

1) Unterschlächtiges Rad.

Welche Kraft hat ein unterschlächtiges Rad von 5^m Durchmesser und 2^m,40 Breite, welches von einem Wasserfall in Bewegung gesetzt wird, der bei einer Sektion von 2¹/₂ □^m und einer disponibeln Fallhöhe von 0^m,935 eine Geschwindigkeit von 1^m,60 per Sekunde hat?

Die theoretische Menge des ausfließenden Wassers per Sekunde ist = 1^m,60 × 2^m,50 = 4 Cub.^m;

die effektive Menge desselben = 4 × 0,63 = 2,52 Cub.^m;

das Gewicht desselben = 2520 Kil.;

der dynamische Effekt des Wasserfalles = 2520 × 0^m,935 = 2356 Kil.^m;

der Nußeffect des Wasserrades

= $\frac{1}{3} \times 2356 = 785 \text{ Kil.}^m = 10\frac{1}{2} \text{ Pferdekraft};$

Länge der Schaufeln 0^m,30;

innerer Durchmesser des Rades = 5^m - 2 × 0^m,30 = 4^m,40;

mittlerer Durchmesser derselben = 5^m - $\frac{2}{3} \times 0,30 = 4^m,80;$

Breite der Schußöffnung = 2^m,36;

Höhe derselben = 0^m,28;

Sektion derselben = 2^m,36 × 0^m,28 = 0,6608 □^m;

Geschwindigkeit des Wassers am Eintritte in die Schaufel

= $\frac{4}{0,6608} = 6^m \text{ per Sekunde};$

Umfangsgeschwindigkeit des Rades

= $\frac{2}{5} \times 6 = 2^m,40;$

Anzahl von Umgängen des Rades per Minute

$$= \frac{60 \times 2^m,40}{3,14 \times 4^m,80} = 9\frac{1}{2};$$

Anzahl der Schaufeln = $6 \times 4^m,80 = 29$.

2) Oberschlächtiges Rad.

Welche Kraft hat ein Wasserstrom, der 12'' tief und 22'' breit, dessen Geschwindigkeit = 70' in $11\frac{3}{4}$ Sek. und dessen disponible Fallhöhe = 28' ist? Und welche Dimensionen mögen dem Rade zukommen (franz. Maas)?

Sektion des Kanales

$$= \frac{12 \times 22}{144} = 1,83 \square';$$

Geschwindigkeit

$$= \frac{70}{11\frac{3}{4}} \times 60 = 357,5 \text{ per Minute};$$

theoretische Wassermenge per Minute = $357,5 \times 1,83 = 654,225 \text{ Cub.'}$;

effektive Wassermenge = $0,63 \times 654,225 = 412,162 \text{ Cub.'}$
= 6,87 per Sekunde;

Gewicht derselben $412,162 \times 70 \pi = 28851 \pi$;

dynamischer Effekt der Wasserkraft = $28851 \times 28' = 807828 \pi = \text{circa } 27 \text{ Pferdekkräfte};$

Nutzeffekt des Wasserrades

$$= \frac{2}{3} \times 27 = 18 \text{ Pferdekkräfte.}$$

Wird dem Durchmesser des Wasserrades 30 Fuß gegeben, so daß also das Wasser nicht ganz oben, sondern etwas auf der Seite in die Radschaufeln eintritt, und die Umfangsgeschwindigkeit zu 4 Fuß per Sekunde angenommen, so ist die Anzahl Umgänge des Rades:

$$= \frac{4' \times 60}{3,14 \times 30} = 2,54 \text{ per Minute,}$$

und die erforderliche Geschwindigkeit des Wassers = $2 \times 4 =$

8 Fuß per Sekunde, daher die Stellsfallöffnung = $\frac{654225}{8 \times 60} = 1,36 \square'$

seyn muß.

Für eine Breite der Kübel im Lichten von 4,2 Fuß, wornach die Stellfallöffnung circa 4 Fuß erhielte, müßte die Höhe derselben $\frac{1,36}{4} = 0,34$ Fuß betragen.

Anzahl der Kübel

$$= \frac{30 \times 3,14}{1\frac{1}{2}} = 62,$$

oder wenn das Rad 10 Arme erhält, können zur leichtern Eintheilung bloß 60 Kübel angenommen werden.

Erforderlicher Gehalt der Kübel

$$= \frac{2 \times 412,162}{2,54} = 324 \text{ Cub.-Fuß.}$$

Innerer Durchmesser des Rades

$$= \sqrt[3]{30^3 - \frac{324}{0,7854 \times 4,2}} = 28,33 \text{ Fuß.}$$

Breite des Kranzes

$$= \frac{30 - 28,33}{2} = 0,83 \text{ Fuß} = 10 \text{ franz. Zoll;}$$

oder nach pag. 251 der Radius des innern Kreises oder

$$r = \sqrt{15^2 - \frac{38 \times 6,87}{2,54 \times 4,2}} = 14,17 \text{ Fuß, wonach man die gleiche Kranzbreite erhält.}$$

3) Poncelet's unterschlächtige Räder.

Das Wasserrad der amerikanischen Mahlmühle zu Donaueschingen hat 15 Fuß Durchmesser, 7 Fuß Lichtbreite, 5,3 Fuß disponibles Gefälle (von der Wasseroberfläche bis zum Boden des Kanals gemessen) und zum vollständigen Betriebe derselben ist nöthig, daß die 6,8 Fuß breite Stellfallöffnung 5 Zoll hoch aufgezogen sey (bad. Maasß). Es ist daher die Sektion der Stellfallöffnung = $6,8 \times 0,5 = 3,40$ □'.

$$\text{die Druckhöhe} = 5,3 - \frac{0,5}{2} = 5,05 \text{ Fuß,}$$

die correspondirende Geschwindigkeit

$$= \sqrt{65,4 \times 5,05} = 18',16 \text{ per Sekunde.}$$

Da hier die Contraktion nur auf einer Seite statt findet, so ist der Coefficient = 0,75, und folglich das effektive Wasserquantum per Sekunde:

$$= 0,75 \times 3,40 \square' \times 18,16 = 46,31 \text{ Cub.-Fuß} = 2500 \text{ ℥.}$$

$$\text{Nutzeffekt} = 0,70 \times 2500 \times 5,3 = 9275 \text{ ℥ Fuß} = 18,55 \text{ Pferde.}$$

$$\text{Vortheilhafteste Umfangsgeschwindigkeit des Wasserrades} = 0,55 \times 18,16 = 9',988 \text{ per Sekunde.}$$

Anzahl Umgänge per Minute

$$= \frac{9,988}{15'} = \frac{60}{3,14} = 12,72.$$

Dieses Wasserrad hat 36 Schaufeln von Eisenblech und eine Kranzbreite von 17 bad. Zoll, welche sich als hinreichend erwiesen hat, so daß sich das Wasser bei der gehörigen Geschwindigkeit des Rades nicht in das Innere desselben außerhalb der Schaufeln erhebt.

Nr. 38.

Von den Turbinen.

Eine besondere Art von Wasserrädern sind die Turbinen, welche schon in früheren Zeiten hie und da, namentlich in den Pyrenäen angewendet wurden, jedoch wegen ihrer mangelhaften Einrichtung nur sehr wenig Nuzeffekt gaben. Zufolge der Verbesserungen, welche zuerst Fourneyron und später andere Ingenieure an diesen Rädern gemacht haben, ist ihr Nuzeffekt bedeutend vermehrt worden, so daß sie in neuerer Zeit sehr häufig an die Stelle gewöhnlicher Wasserräder gesetzt werden. Sie unterscheiden sich von diesen letztern hauptsächlich dadurch:

1) daß sie meistens horizontal laufen und also an einem senkrechten Wellbaume angesteckt sind;

2) daß das Wasser nicht nur auf einem Punkt, sondern gleichzeitig auf den ganzen Umfang des Rades wirkt;

3) daß das Wasser, wie bei dem Poncelet-Rade in die Radschaufeln mit einer Geschwindigkeit eintritt, welche dem ganzen disponibeln Gefälle angehört;

4) daß in Folge dieser beiden letztern Umstände der erforderliche Durchmesser der Turbinen weit kleiner und die Geschwindigkeit derselben weit größer ist als bei den gewöhnlichen Wasserrädern, und daß eine um so größere Anzahl von Umgängen, sowie um so kleinere Dimensionen der Turbinen angenommen werden müssen, je größer das disponible Gefälle ist.

Die Turbinen sind auch bei allen Gefällen anwendbar, namentlich ist deren Anlage zu empfehlen bei sehr hohen Gefällen (über 8 Meter), bei welchen die Anwendung eines oberflächlichen Wasserrades kostspielig und mit Schwierigkeiten verbunden ist, oder bei geringen Gefällen, bei welchen zeitenweise Hinterwasser eintritt, indem die Turbinen ganz unterm Wasser laufen können, ohne merklich an Nuzeffekt zu verlieren, wie es bei den unterschlächtigen Rädern der Fall ist, daher bei Turbinenanlagen die Sohle des Abzugskanales nach dem niedrigsten Wasserstande bestimmt und also zu jeder Zeit das ganze vorhandene Gefälle benützt werden kann.

Wegen ihrer größeren Geschwindigkeit sind dieselben vorzugsweise zum Betriebe von Maschinen, welche eine große Geschwindigkeit erfordern, wie in Spinnereien, Webereien, Sägmühlen, Mahlmühlen u., sowie auch zu solchen, welche eine Vertikalbewegung erfordern, anwendbar, indem bei solchen die Transmision viel einfacher seyn kann, als bei den gewöhnlichen Wasserrädern.

Diesen Vortheilen gegenüber, zu welchen oft auch der zu rechnen ist, daß die Turbinen nur sehr wenig Raum erfordern und am untersten Punkte des Gefalles aufgestellt werden können, daher sehr leicht vor dem Einfrieren zu schützen sind, muß angeführt werden, daß die Ausfertigung der Turbinen in Folge der verschiedenen einwirkenden Elemente, ungeachtet der ausführlichen Theorien, * welche über die Verhältnisse derselben bis dahin aufgestellt wurden, immer noch mit vielen Schwierigkeiten verbunden ist und ein vortheilhaftes Resultat nur bei solchen Anlagen

* Fourneyron, Mémoire sur les turbines. — Redtenbacher, Theorie und Bau der Turbinen.

erwartet werden kann, bei welchen eine mit Einsicht und Erfahrung geführte Berechnung, sowie auch eine vollkommen genaue und sorgfältige Ausfertigung aller einzelnen Theile zu Grunde liegt.

In Bezug auf den Nutzeffekt, so stehen gut ausgeführte Turbinen den gewöhnlichen Wasserrädern nicht nach, und es sollen sogar die neulich von Jonvall erfundenen Turbinen einen Nutzeffekt hervorbringen, welcher dem der oberflächlichen Räder wenigstens gleichkömmt.

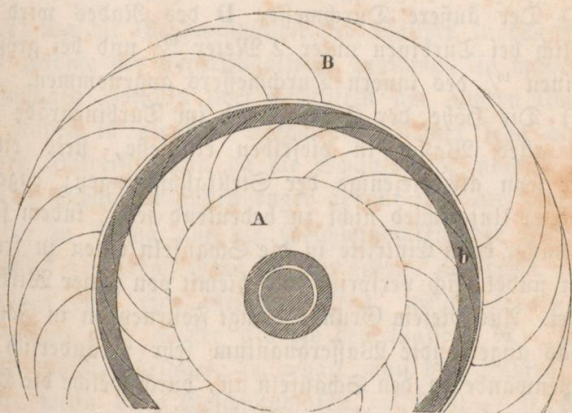
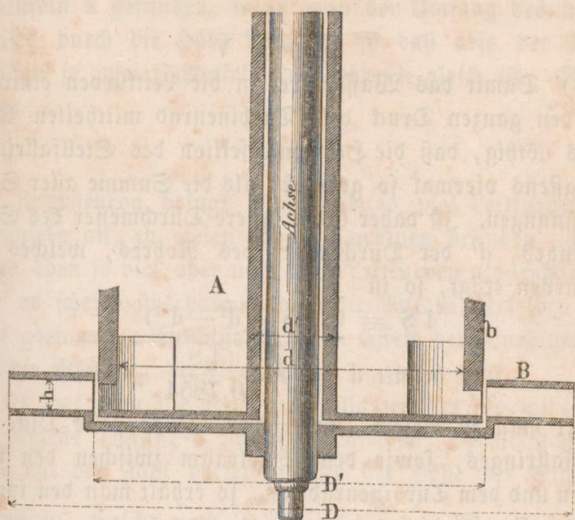
Der größte Theil der bis dahin gebauten Turbinen ist übrigens entweder nach dem Fourneyron'schen oder nach dem schottischen Systeme angelegt, für welche die nachfolgenden Berechnungen aufgestellt worden sind.

A. Fourneyron'sche Turbinen.

Das Turbinenrad B besteht hier aus zwei Kränzen, zwischen welchen eine große Anzahl von gekrümmten, den äußern Umfang unter einem schiefen Winkel schneidenden Blechschaufeln enthalten sind. Das Wasser tritt aus einem innern Rohre A, welches unten mit Leitschaukeln versehen ist, durch diese letzteren in das Rad, und der Wasserzufluß in dasselbe wird vermittelt eines Stellfallringes b, welcher aus vielen zwischen den Leitkurven genau eingepaßten Segmenten besteht, regulirt.

1) Zur Bestimmung der verschiedenen Dimensionen ist vorerst nöthig, das disponible Gefälle, sowie das mittlere Wasserquantum M zu kennen, welches die Turbine aufnehmen soll.

2) Der Stellfallring muß so groß seyn, damit dieses Wasserquantum mit der dem Gefälle correspondirenden Geschwindigkeit V aus den verschiedenen Stellfallöffnungen gehörig durchfließen kann. Es ist daher S oder die Summe



aller Sektionen dieser letztern, da der Contraktionscoefficient zu 0,60 angenommen werden kann:

$$= \frac{M}{0,60 \times V}$$

3) Damit das Wasser frei in die Leitkurven eintreten und den ganzen Druck dem Turbinenrad mittheilen kann, ist es nöthig, daß die Horizontalsektion des Stellfallringes wenigstens viermal so groß ist, als die Summe aller Stellfallöffnungen. Ist daher d der innere Durchmesser des Stellfallringes, d' der Durchmesser des Rohres, welches die Leitkurven trägt, so ist

$$4 S = 0,7854 (d^2 - d'^2)$$

$$\text{und hiemit } d = \sqrt{\frac{4 S}{0,7854}} + d'^2.$$

Addirt man zu diesem Durchmesser die doppelte Dicke des Stellfallringes, sowie den Spielraum zwischen den Leitkurven und dem Turbinenrädchen, so erhält man den innern Durchmesser D' dieses letztern.

4) Der äußere Durchmesser D des Rades wird gewöhnlich bei Turbinen unter 2 Meter $\frac{10}{7}$ und bei größern Turbinen $\frac{10}{8}$ des innern Durchmessers angenommen.

5) Die Höhe der Schaufeln h im Turbinenrade soll, damit alles Wasser in dieselben einfließe, stets etwas größer seyn als diejenige der Stellfallöffnungen; dagegen soll dieser Unterschied nicht zu bedeutend seyn, indem sonst das Wasser beim Eintritte in die Schaufeln einen zu freien Raum findet, sich verspritzt und hiemit von seiner Wirkung verliert. Aus diesem Grunde bringt Fourneyron in Fällen, wo das angewandte Wasserquantum sehr veränderlich ist, Zwischenwände in den Schaufeln an, durch welche die Höhe derselben auf $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. reduzirt wird.

Die Schaufelhöhe h wird gewöhnlich zu $\frac{1}{7}$ des innern Durchmessers D' genommen, und ferner die Anzahl der

Schaufeln x gefunden, wenn man den Umfang des innern Kreises durch die Höhe h theilt, so daß also der Raum zwischen je zwei Schaufeln der Höhe h gleich ist. Es ist daher:

$$x = \frac{\pi D'}{h}.$$

Journeyron bringt bloß halb so viel Leitkurven als Schaufeln an, in vielen andern Turbinen befinden sich dagegen eben so viel oder noch mehr Leitkurven als Schaufeln, und es scheint überhaupt, daß die Anzahl derselben von weit geringerem Einflusse auf den Effekt der Turbinen ist, als die Richtung derselben.

6) Hat man die Leitkurven aufgezeichnet, so mißt man die kürzeste Distanz o zwischen denselben, vervielfacht dieselbe mit der Zahl derselben und der Höhe der Stellfallöffnungen, welche nach 2) $= \frac{M}{0,60 \times V}$ ist.

7) Da die Geschwindigkeit des Wassers in den Schaufeln zufolge der Centrifugalkraft zunimmt, so müssen die Oeffnungen zwischen zwei Schaufeln am äußern Umkreise des Rades in gleichem Verhältnisse kleiner seyn als am innern Umkreise, und da die Schaufelhöhe überall gleich ist, die Schaufeln außen enger gestellt seyn als innen.

8) In Bezug auf die Geschwindigkeit der Turbinen, so haben dieselben, wenn sie leer gehen, an ihrem äußern Umfange öfter eine Geschwindigkeit, welche ebenso groß oder sogar noch größer als die des Wassers ist. Ist dagegen das Rad belastet, so erhält man den größten Nug-effekt, wenn diese Geschwindigkeit $= 0,60 - 0,70$ derjenigen des Wassers V ist.

Jedenfalls sollte die Geschwindigkeit des innern Rad-

umfangs nie weniger als die Hälfte derjenigen des Wassers betragen.

Anmerkung. Bei hohen Gefällen und kleinen Wassermengen findet man sehr oft durch obige Regeln zu kleine Dimensionen für die Durchmesser des Rades und für die Schaufelhöhe; in diesem Falle ist es rathsam, dieselben größer zu machen, und durch Vermehrung der Anzahl der Schaufeln und durch schiefere Stellung derselben zu vermeiden, daß die Summe der Stellfallöffnungen und der Austrittöffnungen im Rade zu groß wird.

Beisp. Es sey das vorhandene Wasserquantum = 5 Cubikfuß per Sekunde;

das Gefälle = 56 Fuß (Schweizermaaß),

daher die Geschwindigkeit des Wassers beim Eintritte in die Schaufeln

$$= \sqrt{65,4 \times 56} = 60,52 \text{ per Sekunde}$$

und die Summe der Stellfallöffnungen

$$S = \frac{5 \text{ Cub.}'}{0,60 \times 60,52} = 0,1376 \text{ } \square'.$$

Es sey nun der Durchmesser des Rohres = 0',28, so ist der innere Durchmesser des Stellfallringes

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,1376}{0,7854}} + (0',28)^2 \\ = 0',88$$

und folglich, wenn die Dicke des Stellfallringes nebst dem Spielraum 7''' beträgt,

der innere Spielraum des Turbinenrades = $0',88 + 2 \times 0,07 = 1',02$

und der äußere = $1',02 \times \frac{10}{7} = 1',457$;

die Schaufelhöhe $h = \frac{1',02}{7} = 0',146$;

die Anzahl der Schaufeln

$$x = \frac{3,14 \times 1',02}{0',146} = 22;$$

die kleinste Geschwindigkeit des innern Radumfanges

$$= \frac{60',52}{2} = 30',26 \text{ per Sekunde}$$

und die geringste Anzahl Umgänge, welche die Turbine per Minute machen soll,

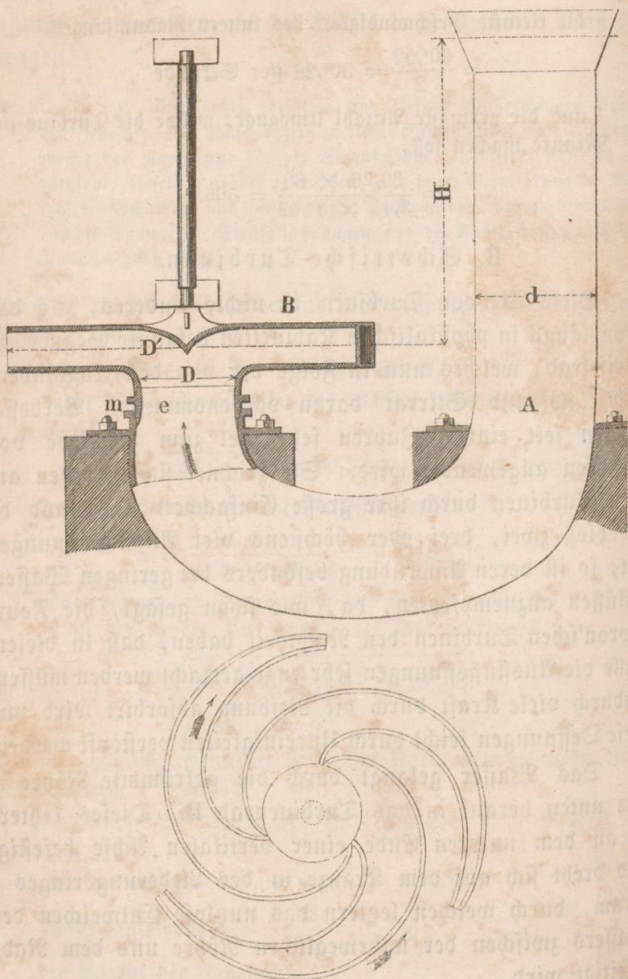
$$= \frac{30,26 \times 60}{3,14 \times 1',02} = 566.$$

B. Schottische Turbinen. *

Diese Art von Turbinen ist nichts Anderes, als das schon längst in physikalischen Kabinetten bekannte Segner'sche Kreiselrad, welches nun in Folge der von den Engländern Whitelaw und Stirrat daran vorgenommenen Verbesserungen seit einigen Jahren sehr viel zum Betriebe von Fabriken angewendet wird. Sie zeichnet sich von den andern Turbinen durch ihre große Einfachheit aus, und da sie bloß zwei, drei oder höchstens vier Ausflußöffnungen hat, so ist deren Anwendung besonders bei geringen Wasserzuflüssen anzuempfehlen, da, wie schon gesagt, die Fournayron'schen Turbinen den Nachtheil haben, daß in diesem Falle die Ausflußöffnungen sehr enge gemacht werden müssen, wodurch viele Kraft durch die Reibung absorbiert wird und diese Oeffnungen leicht durch Unreinigkeiten verstopft werden.

Das Wasser gelangt durch die gekrümmte Röhre A von unten herauf in das Turbinenrad B. Dieses letztere ist an dem unteren Ende einer vertikalen Achse befestigt und dreht sich auf dem Kranze m des Niederungsringes e herum, durch welchen letztern das nutzlose Entweichen des Wassers zwischen der unbeweglichen Röhre und dem Rade beseitigt wird.

* Description of Whitelaw & Stirrat Patent Watermill. London, 1843.



Die Dimensionen derselben können nach folgenden Regeln bestimmt werden:

1) Die Weite der Wasserleitungsröhren ist nach den Formeln Nr. 34 zu berechnen; und es sollte dabei h oder der durch die Reibung verursachte Verlust am Gefälle zu 1 à 1½ Procente des ganzen Gefälles angenommen werden.

Nach Whitelaw wird der Diameter in englischen Zollen gefunden, wenn man aus dem Wasserquantum per Minute (in englischen Fußcn ausgedrückt) die Wurzel auszieht und mit 0,96 vervielfacht, oder

$$d = 0,62 \times \sqrt{VQ} \text{ in englischen Fußcn,}$$

$$d' = 1,12 \times \sqrt{VQ} \text{ in Metern,}$$

wo Q das Wasserquantum per Sekunde in englischen Cubikfußcn oder Cubikmetern bedeutet.

2) Die Summe der Ausflußöffnungen findet man, wenn man das Wasserquantum durch die dem Wassergefälle correspondirende Geschwindigkeit oder durch $\sqrt{2gH}$ theilt und mit 1,1 vervielfacht, oder:

$$S = \frac{1,1 Q}{\sqrt{2gH}}$$

Je nachdem nun dieser Werth groß oder klein ausfällt, werden zwei, drei oder vier Ausflußarme der Turbine gegeben.

3) Der innere Durchmesser der Turbine

$$D = 0,8 \cdot \sqrt{VQ}$$

und der äußere

bei zweiarmlgen Turbinen $D' = 4 D$

„ dreiarmlgen „ $D' = 3 D$

4) Die Radkanäle sind aus krummen Linien, genannt Abwicklungskurven (*Développantes*) gebildet und verengen sich bloß im Grundrisse nach außen zu, die Höhe derselben wird dagegen auf allen Punkten gleich und = $\frac{1}{4}$ des innern Durchmessers gemacht.

5) Die vortheilhafteste Anzahl von Umgängen

$$\text{oder } n = \frac{15,62 \cdot \sqrt{2 g H}}{D'}$$

Beisp. Es sey das vorhandene Wasserquantum = 0,50 Cubimeter per Sekunde, das disponible Gefälle = 8,40 Meter.

Weite der Röhren oder

$$d' = 1,12 \times \sqrt{0,50} = 0^m,792$$

$$S = \frac{1,1 \times 0,50}{\sqrt{19,62 \times 8,4}} = 0,0428 \text{ } \square^m.$$

Nimmt man drei Ausflußarme an, so muß also jede Oeffnung 0,0143 $\square^m$ haben.

$$D = 0,8 \times \sqrt{0,50} = 0^m,5656.$$

$$D' = 3 \times 0,5656 = 1^m,6968.$$

$$\text{Höhe der Radkanäle} = \frac{0,5656}{4} = 0^m,1414;$$

Weite derselben an dem äußeren Umfange

$$= \frac{0,0143}{0,1414} = 0^m,1011;$$

$$\text{Anzahl der Umgänge } n = \frac{15,62 \times \sqrt{19,62 \times 8,4}}{1,6968} = 118.$$

Nr. 39.

Berechnungen über Mahlmühlen.

Die wesentlichsten Theile eines gewöhnlichen Mahlganges sind bekanntermaßen die Mühlsteine, zwischen welchen das Getreide zermalmst wird, und von welchen der untere, Bodenstein genannt, fest ist, der obere oder der Läufer sich um seine Ase herum bewegt.

Der Nuzzeffekt, welcher durch diese Bewegung erzeugt wird und hiemit auch die anzuwendende Kraft, hängt daher von dem Produkte der Geschwindigkeit des Läufers und dessen Gewicht ab. Da nun dieses Letztere im einfachen Verhältnisse zur Horizontalfläche des Läufers, und also im quadratischen Verhältnisse zu dessen Diameter steht, so folgt hieraus:

Daß bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit sich die Production, sowie auch die anzuwendende Kraft zweier Mahlgänge, verhalten, wie die Quadrate der Durchmesser, welche ihre Läufer haben.

Nach Fabre soll nun das Gewicht eines Läufers von 5 Fuß Durchmesser nebst Zubehörde circa 40 Centner betragen, was per Quadratmeter 850 Kil. ausmacht, ferner derselbe 390 $\mathcal{Z}$ Mehl per Stunde (also per $\square$ Meter circa 94 Kil.) liefern, und endlich zur Ueberwindung des dabei stattfindenden Widerstandes an dem mittleren Umkreise (d. h. auf $\frac{2}{3}$ des Radius) eine Kraft von $\frac{1}{22}$ des

Gewichts derselben = circa 40 Kil. per □Meter erforderlich seyn. Multipliziert man dieses Gewicht mit der Geschwindigkeit des mittleren Umkreises, und fügt noch $\frac{1}{20}$ für die Reibung der verschiedenen beweglichen Theile des Mahlganges hinzu, so erhält man die Kraft, welche zum Betriebe desselben erforderlich ist.

Ist also d der Diameter des Läufers in Metern ausgedrückt, so ist das Gewicht desselben:

$$P = 0,7854 \times 850^k \times d^2 \\ = 668 \text{ d}^2 \text{ Kilogramm;}$$

die anzuwendende Kraft:

$$M = 0,7854 \times 40^k \times d^2 \times V \times \frac{11}{10}, \\ = 34,56 \times d^2 \times V \text{ Kilogrammeter.}$$

und das Quantum, welches per Stunde gemahlen werden kann:

$$= 0,7854 \times 94^k \times d^2 = 74 \text{ d}^2 \text{ Kil.}$$

Beisp. Es sey der Durchmesser des Läufers = 1,2 Meter, und es mache derselbe 120 Umgänge per Minute, so ist die Geschwindigkeit am äußeren Umkreise desselben:

$$= 3,14 \times 1^m,2 \times \frac{120}{60} = 7^m,54,$$

und die am mittleren Umkreise oder

$$V = \frac{2}{3} \times 7,54 = 5^m,02,$$

folglich das erforderliche Gewicht des Läufers

$$= 668 \times (1^m,2)^2 = 962 \text{ Kil.}$$

die anzuwendende Kraft

$$= 34,56 \times (1^m,2)^2 \times 5^m,02 = 254 \text{ Km.}$$

und das per Stunde gemahlene Mehlsquantum

$$= 74 \times (1^m,2)^2 = 106,56 \text{ Kil.}$$

Anmerkung. Das hier angegebene Mehlsquantum bezieht sich bloß auf die sogenannte amerikanische oder englische Mahlmethode (monture à la grosse), bei welcher das Getreide nur einmal aufgeschüttet wird, und bloß verschiedene Beutel angewendet werden, um das erhaltene Mehl zu sortiren.

Nach der französischen Mahlmethode (*monture économique*) dagegen hat ein 4,5 und noch mehrmaliges Aufschütten des Getreides und der Kleie statt, und es muß daher natürlicherweise das auf diese Weise gänzlich ausgemahlene Fruchtquantum weit geringer ausfallen.

In den deutschen Handelsmühlen wird z. B. dasselbe bei Steinen von circa $3\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser zu circa 12 Centner in 24 Stunden per Mahlgang angenommen, was also bloß ungefähr das Drittel des durch obige Formeln erhaltenen Quantum ist.

Wie aus dem Vorigen zu ersehen ist, hängt die anzuwendende Größe der Steine von der disponibeln Triebkraft ab; noch mehr aber wird dieselbe durch die in den verschiedenen Ländern herrschende Gewohnheit bedungen.

So z. B. beträgt der Durchmesser

in Oesterreich und Böhmen höchstens	3	Fuß
in Sachsen	$3\frac{1}{2}$	„
in Deutschland	3 à 4	„
in England	4	„
in Frankreich	5 à 6	„
in Amerika	$4\frac{1}{2}$ à 7	„

In Betreff der Umfangsgeschwindigkeit des Läufers, so wächst das erzeugte Mehlsquantum mit derselben. Bei einer zu großen Geschwindigkeit wird jedoch durch allzu starke Erhitzung die Qualität des Mehls verderben, und es ist daher jedenfalls rathsam, diejenigen Limiten, welche die Erfahrung zeigt, nicht zu überschreiten.

Fabre gibt die größte Geschwindigkeit zu 12 bis 16 Fuß, Bélidor zu 19 Fuß per Sekunde an. Diese Geschwindigkeiten sind aber offenbar zu gering; denn in den englischen Mühlen beträgt dieselbe gewöhnlich 24 Fuß, in den amerikanischen 27 Fuß und in den österreichischen

sogar 28 à 30 Fuß. In Frankreich wird gegenwärtig angenommen, daß eine Geschwindigkeit von 25 Fuß = 8^m,12 per Sekunde nicht überschritten werden soll. Nimmt man diese Geschwindigkeit als die durchschnittliche an, so ist $V = \frac{2}{3} \times 8,12 = 5^m,41$, und man erhält für die zum Betriebe eines Mahlganges nöthige Kraft:

$$M = 34,56 \times 5,41 \times d^2 \\ = 187 d^2 \text{ Kilogramm per Sekunde;}$$

und da 75 Kilogramm 1 Pferdekraft ausmachen, so sind also bei Mühlsteinen von

3 Fuß Durchmesser (Schweizermaaß)	2,00
3 ¹ / ₂ " " "	2,74
4 " " "	3,58
4 ¹ / ₂ " " "	4,53

effektive Pferdekraft erforderlich, was auch mit den Resultaten der von uns erbauten Mühlen übereinstimmt.

In Bezug auf die erforderliche Triebkraft und das produzierte Mehlsquantum folgen hier noch Angaben über einige größere Mühlen neuerer Konstruktion:

1) Die Dampfmühle von Bénédict zu St. Denis bei Paris, erbaut von Nitkin und Steel, hat 6 Mahlgänge mit Steinen von 4 Fuß Durchmesser, welche durch eine 20pferdige Maschine betrieben werden, und mahlt in 24 Stunden per Mahlgang bei bloß einmaligem Aufschütten durchschnittlich 2040 Kil. Weizen, also per Stunde und per Pferdekraft circa 25 Kil.

2) Die nach Fourneyron's Angaben gebaute Mühle zu St. Maur bei Paris wird durch eine Turbine von 5 Fuß Durchmesser getrieben, bei einem Wasserzufluß von circa 1 Cub. Meter per Sekunde und einem Gefälle von 3,3, was, wenn man den Nugeffekt derselben zu 60%

annimmt, eine Kraft von 26,4 Pferden ausmacht. Dieselbe treibt 10 Mahlgänge mit Steinen von 1,1^m Durchmesser, welche in 24 Stunden zusammen 210 Hektoliter Weizen à 75 Kil. = 15750 Kil. zermahlen, was also per Stunde und per Pferdekraft 24,8 Kil. ausmacht.

3) Die Kunstmühle zu Neustadt besitzt 5 Mahlgänge und 1 Gerbgang mit Steinen von 4 Fuß Durchmesser, welche durch ein 15 Fuß hohes und 10 Fuß (bad. Maaß) breites Wasserrad à la Poncelet betrieben werden, und sich nebst allen Nebenmaschinen, als: Mehlcylinder, Griesstäuben, Puzmaschinen, Sackaufzug etc. in gehörigem Gange befinden, wenn die Stellfalle 4½ Zoll aufgezogen ist. Die Breite der Stellfallöffnung beträgt 9 Fuß, das disponible Gefälle 36¾ Zoll, daher die Druckhöhe über der Mitte der Stellfallöffnung 34½ Zoll, und die correspondirende Geschwindigkeit 15,02 Fuß per Sekunde,

folglich die effektive Wassermenge

$$= 0,45 \times 9' \times 15',02 \times 0,75$$

$$= 45,62 \text{ Cub. Fuß} = 2463 \text{ Z} :$$

dynamischer Effekt

$$= \frac{2463 \times 3',4}{500}$$

$$= 16,7 \text{ Pferdekraft;}$$

Nutzeffekt = circa 11,7 Pferdekraft;

die zwei Griesgänge machen 145

die zwei Weißgänge 160

und der Gerbgang 200

Umgänge per Sekunde.

Das Getreide wird in dieser Mühle 4 à 5mal aufgeschüttet.

Anmerkung. Unter der großen Anzahl von Walzmühlen, welche Bernoulli, Bademecum.

bereits in Anwendung gekommen sind, zeichnen sich namentlich diejenigen der Frauenfelder Walzmühlengesellschaft aus, welche bereits verschiedene großartige Mühlen nach ihrem Systeme erbaut hat.

Diese Einrichtung besteht aus einer Reihe von Ständern, in welchen je 3 Paare gehärtete schmiedeiserne Walzen von circa 6 Zoll Diameter und 6 Zoll Länge übereinander angebracht sind, welche 210 à 230 Umgänge per Minute machen, und das dazwischenliegende Getreide mit Hilfe dreier festliegender Stahlplatten zermahlen. Ein jedes Assortiment besteht aus einem Ständer zum Schroten und Grieserzeugen, und einem zweiten zum Feinmahlen, soll bloß 2 à 3 Pferdekkräfte erfordern, und in 24 Stunden circa 230 Centner Weizen in schönes Mehl vermahlen. Diese Walzmühlen liefern daher ein weit größeres Quantum Mehl, und brauchen eine geringere Triebkraft als Steinmühlen. Ein großer Nachtheil ist jedoch, daß die Kleien nie rein ausgemahlen werden können, und zu diesem Zwecke stets noch gewöhnliche Mühlsteine angewendet werden müssen.

Nr. 40.

Windmühlen.

Aus Smeaton's Beobachtungen über den Effect der holländischen Windmühlen ist Folgendes zu entnehmen:

1) Die Geschwindigkeit des äußern Endes der Windflügel ist weit größer als die des Windes, und zwar ist sie 4mal größer, wenn die Flügel leer gehen, und 2,6mal größer, wenn sie so stark belastet sind, daß sie dem größten Nugeffect entsprechen. Es läßt sich daher aus der Umfangsgeschwindigkeit der Windflügel leicht die Geschwindigkeit des Windes berechnen. Macht z. B. eine Windmühle bei ihrem vortheilhaftesten Betriebe 6 Umgänge per Minute, und haben deren Flügel eine Länge von 30 Fuß, so ist die Umfangsgeschwindigkeit

$$= \frac{6 \times 30 \times 2 \times 3,14}{60} = 18,84 \text{ Fuß per Sekunde,}$$

und die Geschwindigkeit des Windes ist daher

$$= 2,6 \times 18,84 = 49 \text{ Fuß per Sekunde.}$$

2) Der Nugeffect steht im cubischen Verhältnisse zur Geschwindigkeit des Windes V, und im einfachen Verhältnisse zur Oberfläche der Flügel.

Ist S diejenige eines jeden der 4 Flügel (in □ Metern ausgedrückt), so ist der Nugeffect:

$$P_v = 0,13 S V^3 \text{ Kil. = Meter.}$$

Da nun die vortheilhafteste Geschwindigkeit der Flügel

$v = 2,6 \text{ V}$ ist, so ist die dem größten Nugeffect entsprechende Belastung:

$$P = \frac{0,13 \text{ SV}^3}{2,6 \text{ V}} = 0,05 \text{ SV}^2.$$

Dieselbe steht daher im quadratischen Verhältnisse zur Geschwindigkeit des Windes.

Beisp. Wie groß ist der Nugeffect einer Windmühle, deren Flügel 10 Meter Länge und 2 Meter Breite haben, bei einer Geschwindigkeit des Windes von 6 Meter per Sekunde, und mit welchem Gewichte muß das Ende einer 0^m,3 langen Kurbel belastet werden, damit der größte Nugeffect hervorgebracht werde?

Antw. $PV = 0,13 \times 10^m \times 2^m \times (6^m)^3$
 $= 561 \text{ Kil.-Meter} = \text{circa } 7\frac{1}{2} \text{ Pferdekkräfte,}$
 die vortheilhafteste Belastung am äußern Ende der Flügel, oder

$$P = 0,05 \times 20 \square^m \times (6^m)^2$$

$$= 36 \text{ Kil.}$$

und diejenige am Ende der Kurbel

$$= \frac{36 \times 6}{0,3} = 720 \text{ Kil.}$$

3) Ist V die Geschwindigkeit des Windes per Sekunde, p das Gewicht von 1 Cubikmeter oder 1 Cubikfuß atmosphärischer Luft (1 Cubikmeter = 1,3 Kilogr.; 1 engl. Cubikfuß = 0,08 engl. $\mathcal{Z}$) und g die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers am Ende einer Sekunde = 9,8088 Meter = 32,2 engl. Fuß, so ist die Kraft des Windes gegen eine unbewegliche Fläche nach der Theorie:

$$= p \times \frac{V^2}{g}$$

und nach Woltmanns Versuchen

$$= \frac{2}{3} p \times \frac{V^2}{g} = 0,089 \times V^2 \text{ in metrischen Maaßen,}$$

per $\square$ Meter Fläche;

= $0,0017 \, \bar{a} \times V^2$ in englischen Maaßen, per □Fuß Fläche.

Nach dieser Formel ist folgende Tabelle berechnet worden.

Geschwindigkeit des Windes		Druck per □Meter in Kilogr.
per Stunde in Kilometern.	per Sekunde in Metern.	
1	0,28	0,007 kaum bemerklich
3	0,83	0,061 bemerkl. Wind
15	4,17	1,548 windig
40	11,12	11,005 sehr windig
60	16,68	24,742 außerord. Wind
130	36,14	116,14 Orkan, der Bäume und Häuser umstürzt.

Smeaton gibt an, daß zur Erzeugung einer Mannskraft bei frischem Winde dessen Geschwindigkeit $12\frac{2}{3}$ Fuß beträgt, die Flügel, wenn sie sich in ihrer besten Lage befinden, 8 Fuß lang seyn müssen; sind dieselben dagegen außen um $\frac{1}{4}$ breiter als innen, so beträgt die erforderliche Länge bloß 7 Fuß. Rechnet man die Kraft von 6 Menschen auf eine Pferdekraft, so müssen die Flügel zu einer Pferdekraft, da der Nugeffekt im quadratischen Verhältnisse zur Flügellänge steht, im ersten Falle:

$$8' \times \sqrt{6} = 19',60,$$

im zweiten Falle:

$$7' \times \sqrt{6} = 17',15 \text{ lang werden.}$$

Die Breite der Flügel beträgt gewöhnlich $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{6}$ ihrer Länge, und soll keinesfalls $\frac{1}{4}$ derselben überschreiten.

In Ebenen bildet die Richtung des Windes mit dem Horizonte einen Winkel von 8 à 15° , und unter diesen

Winkel wird auch die Achse der Windflügel gestellt, damit diese letzteren den Stoß des Windes gehörig aufnehmen.

Ferner gibt Smeaton an, daß eine Windmühle mit Flügeln außen breiter als innen, von 30 Fußlänge, bei 11 Umgängen per Minute, 2 Mühlsteine zum Zermahlen des Delsamens mit 7 Umgängen per Minute zu betreiben im Stande ist, was eine Geschwindigkeit des Windes von 13' per Sekunde voraussetzt und circa 4 Pferden gleichkömmt. Nach Taffe * treibt eine holländische Windmühle mit Flügeln von 13,64 Meter Länge und 2,11 Meter Breite 24 Sägenblätter.

Nimmt man nun eine Geschwindigkeit des Windes von 7 Meter per Sekunde an, so beträgt der Nugeffekt:

$$0,13 \times 13,64 \times 2,11 \times 7^3 \\ = 1283 \text{ R.} \times \text{M.} = \text{circa } 17 \text{ Pferde.}$$

* Taffe application de la mécanique. Paris 1839.

Nr. 41.

Berechnung von Wasserpumpen.

Die Wassermenge, die eine Pumpe bei jedem Kolbenhub liefert, ist theoretisch dem Raum gleich, welchen der Kolben durchläuft, und wird daher erhalten, wenn man die Oberfläche des Kolbens mit der Hubhöhe multipliziert.

Ein 2zölliger Kolben z. B., welcher eine Hubhöhe von 6 Zoll hat, liefert hiemit bei jedem Zuge $0,7854 \times 2^2 \times 6'' = 18,85$ Cub.=Zoll Wasser.

Da jedoch auch bei gut ausgefertigten Ventilen und Kolbenliederungen etwas Wasser zurückgeht, so kann die effektive Wassermenge nur zu $\frac{7}{8}$ à $\frac{9}{10}$ der theoretischen angeschlagen, und bei gut eingerichteten Pumpen also durch folgende Formel ausgedrückt werden:

$$M = 0,90 \text{ ld}^2 \times 0,7854 = 0,707 \text{ ld}^2 \text{ Liter oder Cub.=Zoll per Hub,}$$

wo l die Länge des Kolbenhubs und d den Diameter des Kolbens (beide in Dezimetern oder Dezimalzollen) bedeuten.

Die Höhe, zu der das Wasser gehoben wird, verändert hierin nichts, wohl aber richtet sich darnach die Kraft, welche zum Ziehen erfordert wird, so daß also, um ein gegebenes Wasserquantum eine doppelte Höhe hinaufzupumpen, eine doppelte Kraft erforderlich ist, oder umgekehrt bei gleicher Kraft die Wassermenge in gleichem Verhältnisse, wie die Höhe zunimmt, vermindert wird.

Bei einfachwirkenden Pumpen wird während dem Hinaufsteigen des Kolbens Wasser eingesaugt, während dem Heruntergehen dasselbe heraufgedrückt; bei doppelthwirkenden dagegen geschieht beides zugleich, sowohl beim Auf- als beim Niedergang des Kolbens. Letztere arbeiten daher continuirlich, was bei den einfachwirkenden nicht der Fall ist, und liefern hiemit bei jedem doppelten Kolbenhube die doppelte Wassermenge als diese. Bei 20 Doppelhüben würde daher eine einfachwirkende Pumpe von obigen Dimensionen:

$0,707 \times 2^2 \times 6'' \times 20 = 339$ Cub.-Zoll,
eine doppelthwirkende dagegen

$2 \times 339 = 678$ Cub.-Zoll per Minute liefern.

Von der Kolbenreibung. *

Bei der Bewegung einer Pumpe ist nicht nur Kraft nöthig, um das Gewicht des Wassers zu heben, sondern auch noch, um die Reibung des Kolbens und des Wassers in den Röhren zu überwinden, das Wasser durch die Ventilöffnungen zu treiben u.

Tretgold gibt folgende Reibungscoefficienten an:

für Garnituren aus Leder $f = \frac{1}{5},$

id. Hanf . . $\frac{1}{6},$

id. Kupfer . $\frac{1}{8} - \frac{1}{10}$

und damit der Kolben nicht durch die auf ihn ausgeübte Pression von seiner Richtung abgelenket werde, so soll sich

* E. Tretgold, traité des machines à vapeur.

die Höhe des Kolbens wenigstens in dem gleichen Verhältnisse zu dessen Diameter verhalten.

Da ferner, damit kein Wasser entweiche, der Kolben so stark an die Wände des Cylinders drücken soll, daß die Pression auf 1 □" der reibenden Fläche derjenigen auf 1 □" der Oberfläche des Kolbens gleichkömmt, so folgt hieraus, daß, wenn noch $\frac{1}{10}$ für die Reibung der Gelenke an der Kolbenstange gerechnet wird, das Verhältniß der Reibung zum Gewichte, welches auf die Kolbenfläche drückt:

bei ledernen Garnituren = 0,25,

„ hänfenen „ = 0,12,

„ kupfernen „ = 0,07 à 0,044

ist. Beträgt z. B. der Druck auf einen Kolben 1200 ℥, so ist die durch dessen Bewegung hervorgebrachte Reibung bei einer Garnitur von Leder 300 ℥,

id. von Kupfer dagegen bloß 53 à 84 ℥,

und bei einer Geschwindigkeit des Kolbens von 3 Fuß per Sekunde absorbirt dieselbe daher im ersten Falle 1,80, im zweiten Falle bloß 0,3 à 0,5 Pferdekkräfte. Zufolge dieser Nebenhindernisse beträgt der Nuzeffekt von Pumpen in den meisten Fällen nur die Hälfte des dynamischen Effektes.

Man unterscheidet zweierlei Pumpen, die Saugpumpe und die Druckpumpe. Bei der erstern hat während des Hinaufsteigens des Kolbens eine Kommunikation zwischen der Saugröhre und dem Pumpcylinder statt, und der Kolben hat daher den Druck der ganzen Wassersäule vom obern bis zum untern Wasserstande zu ertragen.

Bei der Druckpumpe hingegen steht der Cylinders beim Hinaufsteigen bloß mit der Saugröhre und beim Hinuntergehen bloß mit der obern Röhre in Verbindung, so daß

der Kolben im Hinaufgehen bloß den Druck der untern, im Heruntergehen bloß den Druck der obern Wassersäule zu ertragen hat. Es ist also bei dieser Pumpe nur die längere dieser beiden Wassersäulen in Rechnung zu bringen.

Wird diese letztere Höhe durch h , die ganze Höhe, auf welche das Wasser zu heben ist, durch $h + h'$ in Metern oder Fußten, und das Gewicht von 1 Liter oder 1 Cub.-Zoll Wasser durch p bezeichnet, so ist, wie aus obiger Formel hergeleitet werden kann, für eine per Kolbenhub zu liefernde Wassermenge M :

$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{0,707 \, l}}$$

und für eine disponible Kraft, deren Nugeffekt per Minute = PV ist:

bei der Saugpumpe:

$$d = \sqrt[3]{\frac{PV}{0,7854 \times nlp (h + h')}}}$$

bei der Druckpumpe:

$$d = \sqrt[3]{\frac{PV}{0,7854 \times nlp h}}$$

wo n die Anzahl Kolbenhübe per Minute bedeutet.

Beisp. Wie groß darf der Diameter des Kolbens einer Saugpumpe seyn, welche das Wasser auf eine Höhe ($h + h'$) von 4 Meter heben soll, um durch ein Pferd betrieben werden zu können?

Antw. Da der dynamische Effekt eines Pferdes = 75 K. $\times$ M. per Sekunde ist, so ist, wenn der Nugeffekt der Pumpe zu 50% angenommen wird:

$$PV = \frac{60 \times 75}{2} = 2250 \text{ K. } \times \text{ M. per Minute,}$$

folglich (da 1 Liter Wasser 1 Kilogramm wiegt) wenn die Hubhöhe 5 Dezimeter und die Anzahl von Hüben 40 betragen soll.

$$D = \sqrt[3]{\frac{2250}{0,7854 \times 40 \times 5 \times 1^k \times 4^m}} = 1,9 \text{ Dezimeter.}$$

Da die häufigen Abwechslungen in der Bewegung des Kolbens mit ziemlichem Kraftaufwand verbunden sind, so sollte die Länge des Kolbenhubs möglichst groß genommen werden. Bei Handpumpen beträgt dieselbe gewöhnlich 16 à 32 Centimeter, bei Pumpen, welche durch einen leblosen Motor getrieben werden, 50^{cm} à 3^m.

In Bezug auf die Geschwindigkeit des Kolbens, so hat dieselbe keinen Einfluß auf den Nugeffekt der Pumpe, da z. B. eine doppelt so große Geschwindigkeit wohl doppelte Kraft erfordert, dagegen auch zweimal so viel Wasser liefert.

Eine zu große Geschwindigkeit ist dagegen, namentlich bei Saugpumpen, desßhalb nachtheilig, weil das Wasser alsdann nicht so leicht nachfolgen kann, und endlich, wenn der Kolben gar zu schnell arbeitet, ganz ausbleibt, was besonders bei langen Saugröhren der Fall ist. Gewöhnlich wird bei größeren Pumpen eine Geschwindigkeit von höchstens 1 Meter per Sekunde gegeben.

Die Ventilöffnungen sollten so groß gemacht werden, daß das Wasser ungehindert durchgehen kann und daher wenigstens die halbe Sektion des Pumpstiefels haben.

Die Durchmesser der Saugröhren und Druckröhren sollen ferner = $\frac{2}{3}$ à $\frac{5}{7}$ der Stiefelbreite genommen werden.

Da das Wasser in der Saugröhre bloß zufolge des hervorgebrachten Unterschiedes zwischen dem Druck der äußern Luft und demjenigen der in der Saugröhre befindlichen Luft hinaufsteigt, der erstere dagegen einer Wassersäule von 10,33 Meter = 31,8 franz. Fuß gleichkömmt, so könnte im günstigsten Falle, d. h., wenn in der Saugröhre ein vollkommen luftleerer Raum erzeugt werden könnte, das Wasser sich nie mehr als auf diese Höhe unter dem Kolben erheben. Da jedoch dieß nie der Fall ist, und

übrigens auch der Druck der Atmosphäre nach der Witterung und der geographischen Höhe eines Ortes ändert, so ist es rathsam, den Pumpcylinder stets merklich tiefer zu stellen.

Ist h die Wassersäule, welche dem Drucke einer Atmosphäre gleichkömmt, $= 10^m,33 = 34,43$ Schweiz.-Fuß,

h' die Höhe, auf welche das Wasser gesaugt werden kann,

e die Distanz zwischen dem Saugventil und dem Kolbenventil,

l die Länge des Kolbenhubes,

so ist:

$$h' = \frac{h}{1 + \frac{e}{l}}.$$

Ist z. B. $e = 2''$,

$l = 12''$,

so ist $h' = \frac{34,43}{1 + \frac{1}{6}} = 29,51$ Schweizer-Fuß.

Wäre dagegen $l = 8''$, so würde

$h' = 27,54$ Fuß seyn.

Der Pumpcylinder kann daher um so höher gestellt werden, je länger der Kolbenhub im Verhältniß zur Entfernung zwischen den Ventilen gemacht wird. In Beziehung auf die Geschwindigkeit v des Kolbens hat man:

$$h' = \frac{0,85 (\sqrt{2gh} - v)^2}{2g}.$$

Beisp. Auf welche Höhe kann das Wasser in einer Saugpumpe gehoben werden, wenn die Geschwindigkeit des Kolbens 1 franz. Fuß per Sekunde beträgt?

Antw. $h' = \frac{0,85 \times (\sqrt{60 \times 31,8} - 1')^2}{60} = 26$ Fuß.

Nutzeffekt bei einer Handpumpe.

Nach Ferguson kann ein Mann von gewöhnlicher Stärke in 1 Minute $81\frac{3}{4}$ Gallonen = 18884 Cub.-Zoll Wasser 10 Fuß hoch pumpen. Diese Angabe ist jedoch offenbar zu groß, denn das Gewicht dieser Wassermasse ist circa 775 $\mathcal{A}$, der Nutzeffekt daher:

$$775 \mathcal{A} \times 10' = 7750 \mathcal{A} \text{ 1 Fuß hoch gehoben.}$$

Rechnet man nun auch 5 Mann auf 1 Pferdekraft, wonach die Kraft eines Mannes = $\frac{33000}{5} = 6600 \mathcal{A}$ Fuß

per Minute betrüge, so wäre obiger Nutzeffekt noch größer als der gewöhnlich angenommene dynamische Effect einer Mannskraft, was nicht möglich ist.

Gerstner gibt an, daß ein Mann an einer gewöhnlichen Ziehpumpe von circa 3 Zoll Durchmesser täglich 500 Cubit-Fuß Wasser 30 Fuß hoch heben kann. Nimmt man die Arbeit eines Mannes auf 8 Stunden täglich an, so ergibt sich ein Nutzeffekt von 1800 $\mathcal{A}$ 1 Fuß hoch gehoben per Minute. Eytelwein gibt denselben zu 2200 à 2500 $\mathcal{A}$ an, Voistard dagegen bloß zu 183 Kilogrammeter = 1220 $\mathcal{A}$ an. Es kann daher die Angabe von Gerstner als der durchschnittliche Werth angenommen werden.

Berechnung größerer Pumpen. *

Bei der Berechnung der Kraft, welche es braucht, um eine gegebene Wassermenge eine gegebene Höhe hinaufzuheben, muß zu dieser Höhe noch $\frac{1}{20}$ derselben für die Reibung des Kolbens gezählt werden, und ferner noch wegen der Kraft, welche es braucht, um dem Wasser die erforderliche Geschwindigkeit zu geben, so vielmal

* Tretgold, treatise on steam engines.

5 Dezimeter (1',5418 franz.), als es Pumpenhübe braucht, um das Wasser zu der gegebenen Höhe zu heben, oder:

$$h' = \frac{21}{20} h \times 0^m,5 x.$$

Anstatt einer Höhe von 60^m muß also z. B. eine Höhe von

$$\frac{21}{20} \times 60 + 0^m,5 \times 24 = 75^m$$

in Rechnung gezogen werden, da die vortheilhafteste Länge des Kolbenhubes = 2½^m ist, und hiemit $\frac{60}{2\frac{1}{2}} = 24$ Kolbenhübe gemacht werden müssen, um das Wasser auf die angegebene Höhe zu bringen.

Beisp. 1) Welche Kraft erfordern zwei Pumpencylinder, um einen Wasserbehälter, der 25' lang, 20' breit und 10' (franz. Maas) tief ist, in 40 Minuten zu füllen, wenn die Ausflußröhren der Pumpen 60' über dem untern Wasserstande liegen?

Der Inhalt des Behälters ist = $25 \times 20 \times 10 = 5000$ Cubikfuß. In einer Minute müssen die Pumpen also $\frac{5000}{40} = 125$ Cubikfuß auf eine Höhe von 60' heben.

Da ein Cubikfuß 69½ Pfund wiegt, so wägen 125 Cubikfuß circa 8690 Pfund. Anstatt einer Höhe von 60' muß aber eine Höhe von

$$\frac{21}{20} \times 60' + 1',5418 \times \frac{60}{7} = 76'$$

in Rechnung gebracht werden.

Um 8690 Pfund auf 76' zu heben, bedarf es einer Arbeit = $8690 \times 76 = 660440$ Pfund oder = 20 Pferdekraften.

Beisp. 2) Welche innere Weite müßten obige Pumpencylinder zu jenem Wasserquantum haben, wenn sie 40 Hübe von 2 Fuß Länge per Minute machen?

Antw. Bei jedem Kolbenzuge hat ein jeder dieser Cylinder $\frac{125}{80} = 1,56$ Cubikfuß zu heben. Es ist daher, da

$$M = 1,56 \text{ Cubikfuß} = 53,5 \text{ Liter}$$

$$l = 2' = 6,5 \text{ Dezimeter,}$$

der Diameter der Cylinder

$$d = \sqrt[3]{\frac{53,5}{0,707 \times 6,5}} = 3,41 \text{ Dezimeter} \\ = 1,05 \text{ franz. Fuß.}$$

Bei Pumpwerken, welche zur Wasser-Versorgung von Städten bestimmt sind, hat man, da das Wasser nie senkrecht in die Röhren hinaufsteigen kann, in obige Formel statt 5 Dezimeter

$$\frac{v^2 L}{5 D} \text{ Meter}$$

zu setzen, wo v die Geschwindigkeit in Metern per Sekunde, L die Länge der Röhren, durch welche das Wasser fließen muß, in Metern, und D den Diameter derselben in Centimetern bedeutet.

Da also der Widerstand der Reibung im quadratischen Verhältnisse mit der Geschwindigkeit des Wassers wächst, diese dagegen um so bedeutender ist, je enger die Röhrenleitungen im Verhältnisse zu der fortzuleitenden Wassermasse sind, so folgt hieraus, wie wichtig es in Bezug auf den zu erzielenden Nutzeffekt ist, Leitungen möglichst weit zu machen, besonders wenn dieselben eine beträchtliche Länge haben.

Tretgold rechnet in einer Stadt für jede Haushaltung täglich 280 Liter Wasser. In England rechnet man 60 Liter für jeden Einwohner, und wenn das Wasser, welches in Fabriken und Gewerken und zum Spritzen der Straßen im Sommer gebraucht wird, mit eingerechnet wird, für jeden Einwohner im Durchschnitt 112 Liter täglich. Diese Zahlen sind aber auch als Maximum anzunehmen, da z. B. in Frankreich bloß circa 20 Liter per Kopf gerechnet werden.

Beisp. 3. Pumpwerk zu Mahlstätten

wurde angelegt, um diesem in der Anhöhe liegenden Orte von einer unten im Thale sich befindlichen Quelle Wasser zu verschaffen. Die senkrechte Höhe, auf welche dieses Wasser gepumpt wird, beträgt 438 Fuß, und die Länge der Leitung circa 3000 Fuß (würt. Maas.) Das Pumpwerk besteht aus zwei Pumpen von 5 Zoll innerem Durchmesser und 16 Zoll Hubshöhe, welche direkt durch

ein ganz überschlächtig betriebenes Wasserrad von 23 Fuß Durchmesser in Bewegung gesetzt werden. Bei vorgenommener Untersuchung seiner Leistungen fand sich bei einer Kanalsektion von 15'' Breite und 12'' Tiefe = 45 □ Zoll eine Geschwindigkeit an der Oberfläche von 208 Fuß per Minute, und mit diesem Wasserquantum betrug die Anzahl der Umgänge des Wasserrades oder der Kolbenhübe 2,5 per Minute.

Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers im Kanale beträgt daher $\frac{4}{5} \times 208 = 166$ Fuß, und das auf das Rad fließende Wasserquantum

$$\begin{aligned} &= 166' \times 45 \text{ □''} = 74,70 \text{ Cubikfuß per Minute,} \\ \text{oder, da 1 würt. Cubikfuß Wasser } 23\frac{1}{2} \text{ Kil. wiegt,} \\ &= 1755 \text{ Kil. per Minute} \\ &= 29,26 \text{ Kil. per Sekunde.} \end{aligned}$$

Das Gefälle beträgt 23' = 6,59 Meter, daher der theoretische Effect der angewandten Wassermasse = 192,81 Kil.-Meter per Sekunde = 2,57 Pferdekkräfte.

Dagegen liefern die beiden Pumpen zusammen $2 \times 0,7854 \times (5'')^2 \times 16'' = 0,628$ Cubikfuß per Hub, und

$$\begin{aligned} &2\frac{1}{2} \times 0,628 = 1,57 \text{ Cubikfuß,} \\ \text{oder wegen des Verlustes durch die Kolben} \\ &0,90 \times 1,57 = 1,413 \text{ Cubikfuß per Minute} \\ &= \text{circa 19 würt. Maas} \\ &= 0,636 \text{ Liter per Sekunde.} \end{aligned}$$

Die Weite der Röhren beträgt durchschnittlich $2\frac{1}{2}$ Zoll = $7\frac{1}{2}$ Centimeter, und es ist also die Geschwindigkeit des Wassers in den Leitungen oder

$$\begin{aligned} v &= \frac{0,636}{(7,5)^2 \times 0,7854} = 0^m,144 \text{ per Sekunde,} \\ \text{daher } \frac{v^2 \times L}{5 D} &= \frac{(0,144)^2 \times 900^m}{5 \times 7,5} \\ &= 0^m,5 = 1\frac{2}{3} \text{ Fuß.} \end{aligned}$$

Anstatt der Pumphöhe von 438 Fuß soll nun nach obiger Regel in Rechnung gebracht werden eine Höhe von:

$$438' + \frac{438'}{20} + \frac{438'}{1,6} \times 1\frac{2}{3}' = 917 \text{ Fuß.}$$

Es beträgt demnach der erforderliche Effect 1,413 Cubikfuß

Wasser auf die Höhe von 917 Fuß gehoben, oder 1296 Cubikfuß 1 Fuß hoch gehoben per Minute, während der theoretische Effect des angewandten Aufschlagwassers 74,70 Cubikfuß auf 23 Fuß gehoben, oder 1718 Cubikfuß 1 Fuß gehoben per Minute beträgt.

Der Nutzeffect, den dieses Wasserrad hervorbringt, verhält sich hiemit zum dynamischen Effect der Wasserkraft wie 1296 : 1718 = 75½ Procent.

Anmerkung. In diesem Beispiele beträgt, obschon die Länge der Leitung sehr bedeutend ist, der Widerstand der Reibung wie in ersterer Regel bloß $0^m,5 \times X$, was jedoch nur dem Umstande zuzuschreiben ist, daß die fortzuleitende Wassermasse sehr gering ist im Verhältniß zur Sektion der Deichel. Würde z. B. diese letztere um $\frac{1}{3}$ reduzirt, so würde die Geschwindigkeit v statt $0^m,144$

$$\frac{3}{2} \times 0^m,144 = 0^m,216 \text{ betragen,}$$

$$\text{wornach } \frac{v^2 \times L}{5 D} = \frac{9}{4} \times 0^m,5 = 1^m,125$$

und der Widerstand der Reibung mehr als das Doppelte betragen würde.

Beisp. 4. In der großh. bad. Saline zu Dürnheim wird eine Pumpe, welche die Salzsoole 5 à 600 Fuß hoch heraufpumpt, durch eine Windmühle betrieben, deren Flügel 30 Fuß Länge und 6 Fuß Breite haben. Diese Pumpe liefert durchschnittlich, so lange die Windmühle im Gange ist, per Stunde circa 50 Cubikfuß Wasser = 0,375 Liter per Sekunde; da jedoch das spezifische Gewicht der Soole = 1,2 ist, so kommt dieses Quantum demjenigen von 0,45 gelieferten Wassers gleich, und der Nutzeffect beträgt demnach circa 1 Pferdekraft.

Nimmt man nun zur Ueberwindung der Reibungen statt 5 à 600 Fuß eine Höhe von $800' = 240$ Meter an, so betrüge der durch die Windflügel hervorgebrachte Nutzeffect 108 Kil. $\times$ M. per Sekunde, was zufolge der Formel pag. 275* eine Geschwindigkeit des Windes von 12 Fuß per Sekunde voraussetzt. Es ist daraus zu ersehen, daß der Betrieb von Pumpwerken mittelst Windmühlen in Lokalitäten, wo keine Wasserkraft vorhanden ist, wohl zu empfehlen ist, und um so mehr, als solche Orte gewöhnlich in der Höhe liegen und daher dem Winde sehr ausgesetzt sind.

$$* v = \sqrt[3]{\frac{108}{0,13 \times 9 \times 1,8}} = 3^m,7 = 12,33 \text{ Fuß.}$$

Nr. 42.

Von den Feuersprizen.

Die zum Betriebe einer Feuerspritze erforderliche Kraft hängt hauptsächlich von der Steighöhe und von dem Wasserquantum ab, welches auf diese Höhe gespritzt werden soll.

Da das Wasser einen großen Theil dieser Höhe hindurch nicht in Röhren oder Schläuchen, sondern in der freien Luft steigen und daher den Widerstand, den dieselbe ihm entgegen setzt, überwinden muß, so folgt hieraus, daß die Steighöhe geringer ist als die Höhe, auf welche ein gleiches Wasserquantum mit dem nämlichen Kraftaufwande vermittelt eines gewöhnlichen Pumpwerkes in Röhren gehoben werden könnte.

Ist h die gewünschte Steighöhe, so muß statt dieser folgende in Rechnung gebracht werden:

$$h' = h + \frac{h^2}{300}.$$

Bervielfacht man diese Höhe mit der Kolbenfläche und mit dem Gewichte von 1 Cubik-Fuß oder 1 Cubik-Meter Wasser, so erhält man das Gewicht der Wassersäule, welche auf die Oberfläche des Kolbens drückt, und das Produkt aus diesem letztern in die Geschwindigkeit des Kolbens stellt die effektive Kraft dar, welche zum Betriebe der Feuerspritze erforderlich ist.

Damit ferner das Wasser die verlangte Steighöhe erreiche, muß dasselbe bei dem Ausflusse aus dem Mundstücke

der Feuerspritze wenigstens die dieser Höhe entsprechende Geschwindigkeit haben, und aus dieser letztern läßt sich leicht die gehörige Sektion der Ausflußöffnung berechnen.

Beisp. Welche Kraft erfordert ein Druckpumpwerk, um 48 Cubikfuß Wasser per Minute auf eine senkrechte Höhe von 100 Fuß zu spritzen, und welche Dimensionen sind dem Pumpcylinder und dem Mundstücke zu geben?

Antw. $h' = 100 + \frac{100^2}{300} = 133\frac{1}{3}$ Fuß.

Wegen des Wasserverlustes in der Pumpe sind, statt 40 Cubikfuß, $\frac{48}{0,90} = 53,33$ Cubikfuß in Rechnung zu bringen.

Nimmt man die Geschwindigkeit des Pumpkolbens zu 160 Fuß per Minute an, so muß die Kolbenfläche eines doppeltwirkenden oder zweimal einfachwirkenden Pumpcylinders $= \frac{53,33}{160} = 0,33$ □ Fuß seyn, was einem Durchmesser von $6\frac{1}{2}$ Zoll entspricht.

Es ist daher der Druck auf die Kolbenfläche:

$$= 0,33 \times 133\frac{1}{3} \times 54 \\ = 2400 \pi,$$

und folglich der zum Betriebe erforderliche Nutzeffekt
 $= 2400 \times 160' = 384000 \pi$ Fuß per Minute
 $= 12,8$ Pferdekkräfte.

Die der Steighöhe entsprechende Geschwindigkeit

$$= \sqrt{2gh} = \sqrt{65,4 \times 133\frac{1}{3}} = 93',4 \text{ per Sekunde.}$$

Es muß sich also die Sektion der Ausflußöffnung im Mundstücke zu derjenigen des Pumpkolbens (0',33) verhalten wie:

$$\frac{160'}{60} : 93',4, \text{ und daher erstere} = \frac{0,33 \times 160}{60 \times 93',4} = 0,0094 \text{ □' seyn,}$$

was einem Durchmesser von circa 11 Linien entspricht.

Anmerkung. 1. Wird der Strahl einer Spritze nicht senkrecht, sondern unter einem Winkel von 45° geleitet, so wird derselbe in einer doppelt so großen Entfernung die Erde berühren, als die Steighöhe in senkrechter Richtung betragen würde.

Anmerk. 2. Da der Wasserstrahl je nach den Lokalitäten bald höher bald niedriger geführt werden muß, eine Vergrößerung der Steighöhe aber

entweder eine größere Geschwindigkeit des Kolbens oder eine Verengung der Ausflußöffnung erfordert, so sollte, um in jedem Falle den größten Nugeffekt zu erzielen, jede Feuerspritze mit weitem und engern Mundstücken versehen seyn.

Bei den gewöhnlichen Feuersprizen, welche durch Menschenkraft in Bewegung gesetzt werden, ist die vortheilhafteste Geschwindigkeit des Pumpkolbens = 1 Fuß per Sekunde, und diejenige der Triebstangen = 5 Fuß per Sekunde, wornach der Hebelarm der Kraft 5mal so lang als der Hebelarm der Last seyn sollte.

Bei diesen Geschwindigkeiten kann ein Mann mit einem Gewichte von 25 à 35 $\mathcal{Z}$ auf die Hebelstange drücken und übt daher einen Effect von 7500 à 10.500 $\mathcal{Z}$ Fuß per Minute aus. Dieser Effect ist viel größer als diejenigen, welche in Tab. X. angeführt sind, und bloß dadurch erklärlich, daß bei Feuersbrünsten die Mannschaft gewöhnlich häufig gewechselt wird und demzufolge mit großer Anstrengung arbeiten kann. Man nimmt auch allgemein an, daß eine gut construirte Spritze mit Pumpcylindern von 7 Schw. Zoll Weite 20 à 22 Mann braucht, um 25 Cub.-Fuß Wasser per Minute in senkrechter Richtung 110 Fuß hoch oder in horizontaler Richtung 120 à 130 Fuß weit zu werfen, was einem Nugeffekt von 9230 à 10.150 $\mathcal{Z}$ Fuß gleichkömmt.

Es ist ferner vortheilhaft, den Triebstangen, wenn sie sich in der Mitte ihrer Bewegung befinden, circa $3\frac{1}{2}$ Fuß Höhe vom Fußboden aus zu geben und dieselben 2 Fuß nach oben und 2 Fuß nach unten bewegen zu lassen, wornach die Hubshöhe des Kolbens 8 Zoll betragen würde.

In Betreff des Windkessels, so erhält man einen um so gleichförmigeren Wasserstrahl, je größeren Inhalt derselbe hat. Gewöhnlich wird dieser letztere dem vierfachen Cubikinhalte eines Pumpcylinders gleich gemacht.

Nr. 43.

Von den Schwungrädern.

Die Schwungräder haben den Zweck, die Ungleichförmigkeiten der Bewegung in den Maschinen zu beseitigen, und dieß geschieht dadurch, daß sie in denjenigen Momenten, in welchen sich Ueberfluß an Kraft vorfindet, denselben ansammelt, um ihn in andern Momenten bei einem vorkommenden Mangel an Kraft wieder abgeben zu können. Sie werden daher hauptsächlich in solchen Fällen angewendet, wo entweder die bewegende Kraft sich periodisch verändert, wie z. B. bei Dampfmaschinen, Pumpen und sonstigen Kurbelbewegungen, oder wo der Widerstand bald größer, bald kleiner wird, oder nur in Unterbrechungen stattfindet, wie bei Walzwerken, Hammerwerken &c.

Durch die Anwendung eines Schwungrades wird daher keineswegs, wie Viele glauben, Nuzzeffekt gewonnen, sondern es wird im Gegentheil Kraft erfordert, um die durch diesen schweren Körper erzeugte Reibung, sowie den Widerstand der dadurch verdrängten Luft zu überwinden und denselben in fortwährender Bewegung zu erhalten (s. pag. 57.).

Da nun diese Reibung im Verhältniß zum Gewichte des sich bewegenden Körpers zunimmt, und ferner nach Coulombs Versuchen bei großer Geschwindigkeit eher geringer ist, als bei kleiner Geschwindigkeit, so folgt

hieraus, daß es durch Ersparung an Nuzeffekt (sowie auch um eine Ersparniß in den Anlagskosten des Schwungrades zu erzielen) wichtig ist, dasselbe so leicht als möglich zu bauen, und dieß geschieht dadurch, daß man ihm eine möglichst große Umfangsgeschwindigkeit gibt, indem nämlich die Centrifugalkraft, welche durch das Schwungrad ausgeübt wird, nicht nur im einfachen, sondern vielmehr im quadratischen Verhältnisse seiner Umfangsgeschwindigkeit wächst.

Ein Schwungradring von 50 Ctnr. Gewicht übt z. B. bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 80 Fuß per Sekunde eine 4mal so große Centrifugalkraft aus, als wenn solche nur 40 Fuß in derselben Zeit betrüge, oder um die gleiche Wirkung auf die Regelmäßigkeit der Bewegung zu erzielen, müßte das Gewicht des Schwungrades bei der letztern Geschwindigkeit 200 Ctnr. betragen.

Die Centrifugalkräfte oder Momente zweier Schwunräder verhalten sich daher zu einander, wie die Produkte ihrer Gewichte in die Quadrate ihrer Geschwindigkeiten. Aus diesem Grunde werden die Schwunräder vorzugsweise an diejenige Achse eines Triebwerkes gesetzt, welche die meiste Anzahl von Umgängen macht. Es ist jedoch dabei zu bemerken:

- 1) daß zur Vermeidung nachtheiliger Rückstöße das Schwungrad, wo nicht unmittelbar, doch stets so nahe als möglich an die Achse angebracht werden soll, deren Bewegung zu reguliren ist.
- 2) daß die Umfangsgeschwindigkeit gewissen Limiten unterworfen ist, welche durch die Cohäsion oder Stärke der verschiedenen Theile des Schwungrades bestimmt wird.

Bei Dampfmaschinen beträgt die Umfangsgeschwindigkeit (in der Mitte des Schwungringes berechnet) gewöhnlich nicht über 6—7 Meter per Sekunde. Bei andern Maschinen, namentlich aber bei Walzwerken und Hammerwerken, welche eine sehr große Schwungkraft erfordern, wird denselben meistens eine weit größere Umfangsgeschwindigkeit gegeben, welche sich ohne Nachtheil bis auf 25 à 30 Meter per Sekunde steigern darf.

Ferner geht aus dem Obigen hervor, daß, da der Schwungring zufolge seiner größern Umfangsgeschwindigkeit eine weit größere Wirkung hervorbringen kann, als der mittlere Theil und die Arme des Schwungrades, diese letzteren so leicht gebaut werden sollen, als es nur unbeschadet der Solidität des Schwungrades möglich ist. Es ist demzufolge sehr angemessen, Schwungräder, deren Größe es erlaubt, aus einem einzigen Stück auszufertigen und mit eingegossenen Armen aus Schmiedeeisen zu versehen.

In Betreff des Durchmessers der Schwungräder, so soll nach Farey * derselbe bei Niederdruckdampfmaschinen 3—4mal die Länge des Kolbenhubs betragen; es kann jedoch ohne allen Nachtheil auch ein größeres oder kleineres Schwungrad angewendet werden, und es wird der Durchmesser derselben auch meistens nach Lokalumständen beliebig bestimmt. Es ist dagegen sehr nützlich, das erforderliche Gewicht des Schwungrades in jedem einzelnen Falle berechnen zu können, wobei jedoch in der Regel bloß dasjenige bestimmt wird, welches dem Schwungradring zu geben ist. Natürlicherweise hängt derselbe nicht nur von dessen Umfangsgeschwindigkeit ab, sondern auch von der

* Farey, traité des machines à vapeur.

mehr oder minder bedeutenden Unregelmäßigkeit der Kraft oder des Widerstandes, sowie auch von dem Grade der Gleichförmigkeit, welche das Schwungrad hervorbringen soll.

Dampfmaschinen, welche Spinnereien zu treiben haben, erfordern z. B. stärkere Schwungräder als solche, welche Mühlen, Pumpwerke oder sonstige Maschinerien betreiben, bei welchen es auf regelmäßige Bewegung nicht so viel ankommt; Expansionsmaschinen größere Schwungräder als solche, bei welchen der Dampf ohne Expansion, d. h. immer mit dem vollen Druck wirkt.

Bei Maschinerien, die durch große sich schnell umdrehende Wasserräder getrieben werden, können die Schwungräder leichter gebaut werden, weil jene ebenfalls eine gewisse Schwungkraft erzeugen; ebenso auch bei Mahlmühlen, weil die Steine eine ziemlich beträchtliche Centrifugalkraft ausüben.

Praktische Regeln zur Berechnung des Gewichts der Schwungradringe.

1) Für Dampfmaschinen geben Murray und Wood folgende Regeln an:

Man multiplizire die Anzahl von Pferdekraften der Maschinen mit 2000 und dividire das Produkt durch das Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit (in Fuß und per Sekunde); der Quotient gibt das erforderliche Gewicht in Centnern (von 112 $\mathcal{L}$ engl.) *

* Das durch diese Regel gefundene Gewicht bezieht sich jedoch bloß auf Spinnereien zc., welche eine sehr regelmäßige Bewegung erfordern; für Mühlen, Sägmühlen zc. dürfte ein Schwungrad von $\frac{1}{2}$ oder $\frac{2}{3}$ dieses Gewichts hinreichend seyn.

$$P = \frac{2000 \times N}{V^2} \text{ engl. Centner,}$$

oder wenn die Umfangsgeschwindigkeit V in Metern ausgedrückt wird

$$P = \frac{9400 \times N}{V^2} \text{ Kilogramm.}$$

Beisp. Wie groß muß das Gewicht eines Schwungradringes zu einer 18pferdigen Dampfmaschine seyn, welcher an seinem mittleren Umkreise gemessen 4 Meter Durchmesser hat und 30 Umgänge per Minute macht?

Antw. $V = \frac{4^m \times 3,14 \times 30}{60} = 6^m,28$ Umfangsgeschwindigkeit per Sekunde.

$$P = \frac{9400 \times 18}{(6,28)^2} = 4290 \text{ Kil.}$$

Da nun 1 Schweizer Cubikfuß Gußeisen durchschnittlich 200 Kil. wiegt, so muß der Schwungradring

$\frac{4290}{200} = 21,45$ Cubikfuß halten, oder da der mittlere Umkreis desselben eine Länge von $4 \times 3,14 = 12,56$ Meter = 37,68 Fuß hat, die Sektion desselben $\frac{21,45}{37,68} = 0,57$ □Fuß betragen.

Für eine kreisförmige Sektion des Schwungradringes wäre daher der Durchmesser derselben

$$= \sqrt{\frac{0,57}{0,7854}} = 0,85 \text{ Fuß} \\ = 0,255 \text{ Meter.}$$

Würde man diesem Schwungrade dagegen bei gleicher Anzahl von Umgängen, statt 4 Meter, 5 Meter mittleren Durchmesser geben, so könnte derselbe im Verhältnisse von $4 \times 4 : 5 \times 5$ leichter seyn, und dessen Gewicht würde also bloß

$$4290 \times \frac{16}{25} = 2745 \text{ Kil. seyn müssen.}$$

2) Für Hammerwerke gibt Morin folgende Formeln zur Berechnung des erforderlichen Gewichts der Schwungradringe, bei welchen D der mittlere Durchmesser in Metern ausgedrückt bedeutet:

- a) bei einem Stirnhammer, der 70 à 80 Schläge per Minute thut und dessen Gewicht sammt Helm

$$3000 \text{ à } 3500 \text{ Kil. wiegt, } P = \frac{80,000}{D^2},$$

$$4000 \text{ à } 4900 \text{ Kil. wiegt, } P = \frac{120,000}{D^2};$$

- b) bei einem Aufwerfhammer mit Vorgelege, welcher sammt Helm und Hülse 600 à 800 Kil. wiegt und 100 à 110 Schläge per Minute macht,

$$P = \frac{60,000}{D^2};$$

- c) bei einem Schwanzhammer mit Vorgelege, welcher 150 à 200 Schläge per Minute macht und dessen Gewicht sammt Helm und Hülse

$$500 \text{ R.}^\circ \text{ beträgt, } P = \frac{36,000}{D^2},$$

$$360 \text{ R.}^\circ \text{ beträgt, } P = \frac{24,000}{D^2}$$

3) Für Walzwerke. Das Tiefensteiner Kleineisenwalzwerk, welches hauptsächlich zur Verferti- gung von Zain- oder Nagel- eisen angewendet wird, ist mit einem Schwungrad von 15 Fuß äußerem oder 14,4 mittlerem Durchmesser (badisch Maaß) versehen, dessen Ring 56 Centner wiegt.

Dieses Schwungrad übt bei 90 Umgängen per Minute oder bei circa 68 Fuß Umfangsgeschwindigkeit per Sekunde eine vollkommen hinreichende Centrifugalkraft aus,

bei welcher Geschwindigkeit die Feinwalzen 225 Umgänge per Minute machen. Da dieses Resultat auch mit demjenigen einiger andern von uns erbauten Kleineisenwalzwerke übereinstimmt, so kann folgende Formel zur Bestimmung des hier schicklichen Gewichtes davon abgeleitet werden:

$$P = \frac{260 \cdot 000}{V^2} \text{ badische Centner,}$$

$$\text{oder } P = \frac{1170 \cdot 000}{V^2} \text{ Kilogr.,}$$

wo die Umfangsgeschwindigkeit V in der ersten Formel in badischen Fuß, in der zweiten in Metern ausgedrückt ist.

Schwungräder zu Grobeisen- oder Blechwalzwerken sollen dagegen um etwa die Hälfte schwerer gebaut werden, daher das Gewicht des Ringes nach folgenden Formeln zu berechnen ist:

$$P = \frac{400 \cdot 000}{V^2} \text{ in badischen Centnern,}$$

$$P = \frac{1800 \cdot 000}{V^2} \text{ in Kilogramm.}$$

Beisp. Das Schwungrad des Walzwerkes zu Klein-Zell bei Wien, welches zur Drahtfabrikation bestimmt ist, hat 8 Fuß äußeren und 76 Zoll mittleren Durchmesser, und ist auf der Walzenlinie selbst angebracht, welche gewöhnlich circa 280 Umgänge per Minute macht, es ist daher die Umfangsgeschwindigkeit desselben

$$= 7,6 \times 3,14 \times \frac{280}{60} = 111,3 \text{ Fuß per Sekunde,}$$

und daher das erforderliche Gewicht

$$P = \frac{260 \cdot 000}{(111,3)^2} = 20,98 \text{ Centner,}$$

was auch mit dem wirklich angewandten Gewichte dieses Schwungradringes übereinstimmt.

4) Für Sägmühlen gibt Morin folgende Formel an:

$$P = \frac{30,000}{V^2} \text{ Kil.}$$

für das Gewicht des Schwungrades und

$$p = \frac{65}{r} \text{ Kil. für das anzubringende Gegengewicht,}$$

um das Gewicht des Sägegatters, sowie der Kurbel und Stelze (zu höchstens 400 Kil. angenommen) beim Auf- und Abgehen auszugleichen, * wo r die Entfernung seines Schwerpunktes von dem Centrum des Schwungrades bedeutet.

Beisp. Eine Säge mache 120 Schnitte und das Schwungrad eben so viel Umgänge per Minute, wie schwer muß dasselbe seyn, wenn es 1^m,5 mittleren Durchmesser hat?

$$\begin{aligned} \text{Antw. } V &= \frac{1,5 \times 3,14 \times 120}{60} \\ &= 9^m,42. \\ P &= \frac{30,000}{(9,42)^2} = 338 \text{ Kil.} \end{aligned}$$

Wird ferner $r = 0^m,5$ angenommen, so ist das dazu erforderliche Gegengewicht:

$$p = \frac{65}{0,5} = 130 \text{ Kilogr.}$$

* Diese Ausgleichung geschieht in vielen Sägmühlen vermitteltst oben angebrachter Strebebalken.

Nr. 44.

Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

Alle Körper werden durch die Wärme mehr oder weniger ausgedehnt, und zwar am meisten die luftförmigen, am wenigsten die festen. Scheinbare Ausnahmen rühren nur von zugleich wirkenden Nebenumständen, wie etwa von zugleich statthabender Austrocknung, Krystallisation u. her.

1) Ausdehnung fester Körper.

Laplace und Lavoisier haben gefunden, daß die Dilatationen eines und desselben Körpers von 0° bis 100° C gleichförmig sind, d. h., daß für eine gleiche Anzahl von Graden die Länge der Stangen um einen gleichen Theil ihrer primitiven Länge zunimmt. Nach Petit und Dulong hat dieß nicht mehr statt von 0° bis 300°, wo alsdann die Zunahmen sehr beträchtlich sind, wie folgende Tafel zeigt:

Ist die Länge der Stange = 1, so ist die Ausdehnung derselben der Länge nach

	von 0—100° C	von 0—200° C	von 0—300° C
bei Platina	0,0008842	—	0,0027548
„ Glas .	0,0008613	0,0018450	0,00303252
„ Eisen .	0,0018210	—	0,0044053
„ Kupfer	0,0017182	—	0,0056497

		von 0—100° C	Nach Laplace und Lavoisier.
Stahl	nicht gehärteter	0,0010788	
	gehärteter	0,0012396	
Messing		0,0018667	
Silber		0,0019087	
Gold		0,0015136	
Zinn		0,0021730	
Blei		0,0028484	
Zink		0,0029417	
Gusseisen		0,0011100	nach Roy.

Diese Tabelle gibt die Ausdehnung nur für eine Dimension an; indessen kann man leicht diejenige des ganzen Volums, d. h. aller drei Dimensionen finden, da dieselbe ziemlich genau das Dreifache der angegebenen ist. *

Beisp. Um wie viel dehnt sich eine Eisenstange von 5^m Länge aus, wenn sie sich von 20° C auf 90° C erhitzt, mithin ihre Temperatur um 70° C erhöht wird?

Antw. $0,70 \times 5^m \times 0,0018210 = 0^{m\cdot c},0637$ Ausdehnung der Länge nach; $3 \times 0^{m\cdot c},0637 = 0^{m\cdot c},1911$ Vergrößerung des Volums. Um die Ausdehnung der nämlichen Eisenstange bei Erhitzung von 220°—290° zu finden, müßte man nur den Coefficienten 0,0018210 durch den Coefficienten 0,0044053 ersetzen (siehe vorhergehende Tabelle).

Ein hohler Körper dehnt sich gerade um so viel aus, als wenn er massiv wäre.

Obschon die Dilatation für kleine Temperaturerhöhungen, wie sie z. B. in der Atmosphäre statthaben (von 25° höchstens), sehr klein ist, so kann sie doch schon bedeutende und oft sehr nachtheilige Veränderungen hervorbringen, und es ist daher rathsam, in allen großen Constructionen, sowie in allen denjenigen, die viel Genauigkeit erfordern, diese in Rechnung zu bringen.

* Ist das primitive Volum = V, das vergrößerte = V', die Temperatur = t und der Coefficient, der in vorhergehender Tafel angezeigt und bei jedem Körper hiemit verschieden ist, = a, so ist:

$$V' = V (1 + 3 a t).$$

Gusseiserne Röhren würden z. B. durch die gewöhnlichen Veränderungen der Temperatur leicht auseinander gerissen und selbst zerbrochen werden, wenn man sie nicht mit einigen Compensatoren versehen würde. Bei Leitungen für Dampf oder warme Luft ist dieß noch weit nothwendiger, da bei denselben bedeutende Veränderungen der Temperatur stattfinden.

Große Compensatoren werden nur auf Entfernung von 100^m zu einander placirt. Da sich das Gusseisen bei 100° C Temperaturerhöhung um 0,0011 seiner Länge ausdehnt, so dehnen sich 100^m bei 25° C Erhöhung um $100 \times 0,25 \times 0,0011 = 0,03$ aus. Die Distanz zwischen den Enden der auf einander folgenden Röhren in einem Compensator muß also jedenfalls etwas mehr als 3 Centimeter betragen, da der dadurch gebildete Zwischenraum gewöhnlich mit getheerten Seilen ausgefüllt wird.

Bei der Abkühlung eines Körpers hat eine Contraction statt, welche so groß ist, daß derselbe, wenn dessen Temperatur auf die anfängliche herabgesunken ist, auch auf seine früheren Dimensionen reducirt wird. Da Eisen und andere schmelzbare Körper in flüssigem Zustande, mithin bei sehr hoher Temperatur in die Formen gegossen werden, so folgt hieraus, daß die darin erzeugten Abgüsse, wenn sie abgekühlt sind, kleinere Dimensionen annehmen als diese Formen. Es müssen daher stets den Modellen, vermitteltst welchen diese Formen gefertigt werden, etwas größere Dimensionen gegeben werden, als diejenigen, welche der Abguß erhalten soll. Bei Eisenguß wird die Contraction gewöhnlich auf $\frac{1}{100}$ angenommen, und daher zur Ausfertigung der Modelle f. g. Modellmaastäbe angewendet, deren Eintheilung um $\frac{1}{100}$ größer ist als die gewöhnliche.

2) Ausdehnung flüssiger Körper.

Die Ausdehnung der Flüssigkeiten ist weit weniger gleichförmig; im Allgemeinen ist sie desto größer, je niedriger der Siedepunkt ist und je mehr sich die Temperatur dem Siedepunkte nähert.

Das Wasser ist bei etwa 3° R. am dichtesten; nach Biot (Traité, I. 425) wächst das Volum also:

bei 0° R.	=	1,00000
" 5 "	=	0,99998
" 10 "	=	1,00044
" 15 "	=	1,00137
" 20 "	=	1,00274
" 25 "	=	1,00454
" 30 "	=	1,00675
" 35 "	=	1,00934
" 40 "	=	1,01229
" 45 "	=	1,01560
" 50 "	=	1,01922
" 55 "	=	1,02315
" 60 "	=	1,02736
" 65 "	=	1,03184
" 70 "	=	1,03655
" 75 "	=	1,04149
" 80 "	=	1,04664

Das Wasser dehnt sich also

von 10°—38 nur um 1 proCt.

" 10°—45 um . 1½ "

" 45°—80 um . 3 "

aus; 104 Maaß kochendheißes Wasser geben (wenn während des Erkaltens auch nichts verdunstet) nur 100 Maaß von 25—30° R.

Da das Wasser bei circa 3° R. am dichtesten ist, so dehnt sich also dasselbe nicht nur aus, wenn es erhitzt wird, sondern auch wenn dessen Temperatur unter 3° heruntersinkt. Daraus erklärt sich das häufige Zerbersten von Wasserleitungsrohren oder sonstigen Gefäßen, in welchen sich das Wasser bei großer Kälte in Eis verwandelt.

3) Ausdehnung luftförmiger Körper.

Nach Gay=Lussac ist die Ausdehnung der atmosphärischen Luft (sowie aller andern Gasarten und Dämpfe),

gleichförmig und dieselbe für eine gleiche Temperaturerhöhung. Diese Dilatation ist für die Erhöhung von

$$1^{\circ} \text{ C} = 0,00375 = \frac{1}{267}$$

des primitiven Volums; für die Erhöhung von

$$1^{\circ} \text{ R hiemit} = 0,0046875 = \frac{1}{213}$$

und für diejenige von $1^{\circ} \text{ F} = 0,00208$.

Die Luft, indem ihre Temperatur sich von 1° auf 2° erhöht, dehnt sich hiemit um ebensoviel aus, als wenn ihre Temperatur sich von 30° auf 31° oder von 79° auf 80° u. s. w. erhöht. Ein Volum wird ferner bei Erhöhung von 2° C um zweimal $0,00375$ desselben vergrößert werden, bei Erhöhung von 100° um $100 \times 0,00375$ oder ungefähr $\frac{3}{8}$ u. s. w.

Ein Vol. V wird demnach bei Erhöhung von $t^{\circ} \text{ C}$ zu:

$$v + v \cdot 0,00375 t = v (1 + 0,00375 t)$$

oder wenn wir den konstanten Dilatationscoefficienten $0,00375 = a$ setzen, so wird ein Volum v zu $v (1 + at)$.

Aus diesem folgt, daß, wenn das Volum einer gewissen Menge Luft bei einer Temperatur $t' = v'$ ist, ihr Volum bei einer andern Temperatur t''

$$= \frac{v' (1 + at'')}{1 + at'} = v' (1 + a (t'' - t')) \text{ seyn wird.}$$

Ueberhaupt ist

$$\frac{v'}{v''} = \frac{1 + at'}{1 + at''}$$

Da alles bis dahin Gesagte auch statt hat für alle andere Gasarten, sowie auch unter jeder Pression, und da die Volumina zweier Körper im umgekehrten Verhältnisse zu ihren Dichtigkeiten und Pressionen sind, so hat folgende Proportion statt:

$$\frac{v'}{v''} = \frac{1 + at'}{1 + at''} \times \frac{d''}{d'} \times \frac{p'}{p''}$$

folglich

$$v'' = v' \frac{(1 + at'') \cdot d' p'}{(1 + at') d'' p''}$$

Beisp. 1) Das Volum eines Kilogrammes atmosphärischer Luft bei einer Temperatur von 0° und unter einer Pression von 76 Centimetern (0^m,76) Quecksilberhöhe ist = 769^{lit},76.

Welches ist das Volum eines Kilogrammes atmosphärischer Luft bei einer Temperatur von 46° C und unter einer Pression von 1^m,25?

Antw.
$$v'' = 769,76 \times \frac{1 + 0,00375 \times 46^0}{1 + 0,00375 + 0^0} \times \frac{0^m,76}{1^m,25}$$

$$= 548^l,75.$$

Beisp. 2) 1 Cub.^m atmosphärische Luft bei 0° und unter einer Pression von 0^m,76 wiegt 1^k,2991, wie viel wiegt 1 Cub.^m atmosphärische Luft bei 66° und unter einer Pression von 1^m,50?

Da die Gewichte im umgekehrten Verhältnisse zu dem Volumen stehen, oder da

$P' : P'' :: v'' : v'$, so hat man:

$$\frac{P''}{P'} = \frac{1 + at'}{1 + at''} \times \frac{d''}{d'} \times \frac{p'}{p''}$$

folglich

$$P'' = \frac{P' (1 + at') \times d'' p'}{(1 + at'') \times d' p'}$$

$$= \frac{1^k,2991 (1 + 0,00375 \times 0^0) \times 1 \times 1^m,50}{(1 + 0,00375 \times 66^0) \times 1 \times 0^m,76} = 2^k,055.$$

Da man gewöhnlich das Volum eines bestimmten Gewichtes von Dampf aus demjenigen Dampfe berechnet, welcher einem Atmosphärendrucke = 760^{mm} und einer Temperatur von 100° C entspricht, und wovon das Volum eines Kilogrammes = 1^m,700 ist, so ist dasjenige von 1 Kil. eines andern Dampfes, dessen Temperatur = t und dessen Pression = p ist (in Cub.^m ausgedrückt), oder:

$$v = \frac{1,700 (1 + at) \times 760}{(1 + 100 \times 0,00375) \times p}$$

$$= \frac{939,64 (1 + at)}{p}$$

Mittelfst dieser Formel läßt sich leicht das Volum eines gegebenen Gewichtes Dampf von gegebener Tension berechnen.

Beisp. Welches ist das Volum eines Kilogrammes Dampf von 7 Atmosphären?

Antw. 7 Atmosphären = 5320^{mm} Tension bei einer Temperatur von 166°,45 (siehe Tabelle XXV), folglich:

$$v = \frac{939,64 (1 + 166,45 \times 0,00375)}{5320}$$

$$= 0,2867 \text{ Cub.-Meter.}$$

Nr. 45.

Von den Schornsteinen. *

Um die erforderlichen Dimensionen eines Schornsteines zu bestimmen, ist hauptsächlich zu wissen nöthig, wie viel atmosphärische Luft es zu dem Quantum von Brennmaterial bedarf, welches in dem Ofen dieses Schornsteines verbrannt werden soll, und ferner die Geschwindigkeit, mit welcher der Rauch durch denselben hinaufzieht.

In Betreff des erstern, so kann aus den Versuchen von Péclet folgende Tabelle abgeleitet werden:

	Luftquantum in Cubik-Metern per 1 Kil. Brennmaterial.		
	I.	II.	III.
Vollkommen trockenes Holz	6,75	7,34	15,34
Gewöhnliches Holz . . .	5,40	6,11	12,77
Holzkohle	16,40	16,40	34,27
Vollkommen trockener Torf	11,28	11,73	24,51
Gewöhnlicher Torf . . .	9,02	9,65	20,16
Torfkohle	13,20	13,20	27,58
Steinkohle	18,10	18,44	38,54
Coke	15,00	15,00	41,35

Col. I gibt das Quantum kalter Luft an, welches in den Feuerraum einströmen muß.

* S. Traité de Chaleur par Péclet, 2 Vol.

Col. II gibt das Gasvolum an, bei der Temperatur von 0° angenommen, welches aus dem Schornstein entweichen wird. Dasselbe ist, wie aus der Tabelle erschen werden kann, bei sämtlichen Brennmaterialien in nicht verkohltem Zustande größer als das in der Col. I angegebene, weil dieselben außer dem Kohlenstoffe noch eine größere oder kleinere Menge Wasser oder Wasserstoff befigen, welcher letztere ein viel geringeres spezifisches Gewicht hat als atmosphärische Luft.

Col. III gibt dasselbe Volum an, wie Col. II, jedoch auf die wirkliche Temperatur des Rauches reduzirt, welche bei dem vortheilhaftesten Zuge circa 300° C beträgt. Man erhält demnach die Werthe in dieser Columne, wenn man diejenigen der Col. II mit $1 + 0,00375 \times 300 = 2,125$ vervielfacht.

Die Kraft, mit welcher die Luft in dem Schornsteine aufzusteigen sucht, hängt einzig von der Vergrößerung ihres Volums und hiemit von der Verminderung ihrer Dichtigkeit in Folge ihrer Erhizung ab, und ist also desto größer, je größer der Temperaturunterschied zwischen dieser Luft und der äußern Luft ist.

Es sey t' die Temperatur der äußern Luft, t diejenige im Innern des Schornsteines, so ist $t - t'$ die Erhöhung der Temperatur, und folglich wird die Höhe H einer Luftsäule, deren Sektion sich nicht verändern kann (nach dem vorigen Abschnitte), zu $H (1 + a (t - t'))$.

Die Differenz dieser Höhe und derjenigen der äußern Luft ist hiemit:

$$H (1 + a (t - t')) - H = H a (t - t').$$

Die Geschwindigkeit, welche durch die Differenz erzeugt wird, ist diejenige, welche ein Körper erlangen würde,

wenn er von dieser Höhe herunterfiel. Es ist daher dieselbe oder:

$$v = \sqrt{2gHa(t-t')}$$

Diese Formel stimmt nicht mit der Erfahrung überein, welches wohl von der ziemlich beträchtlichen Reibung herrührt, welche der Rauch erleidet, während er den Schornstein hinaufzieht.

Diese Reibung gegen die Wände des Schornsteines wächst im quadratischen Verhältnisse der Geschwindigkeit der Luft, im einfachen Verhältnisse der Länge des Raumes L , den der Rauch durchstreicht, und im umgekehrten Verhältnisse des Durchmessers des Schornsteines D .

Je enger also ein Schornstein ist, je größer seine Höhe und je größer die Geschwindigkeit der innern Luft ist, desto beträchtlicher ist die Reibung.

In Betracht auf dieselbe hat Péclelet folgende Geschwindigkeiten in Metern per Sekunde aufgefunden, wobei die atmosphärische Luft als halbverbrannt angenommen ist: für Schornsteine von Backsteinen:

$$I) v = 8,85 \cdot \sqrt{\frac{Ha(t-t') \cdot D}{L + 4D}}$$

für Schornsteine von Kupfer- und Eisenblech:

$$II) v = 14 \cdot \sqrt{\frac{Ha(t-t') \cdot D}{L + 10D}}$$

für Schornsteine von Gußeisen:

$$III) v = 19,80 \cdot \sqrt{\frac{Ha(t-t') \cdot D}{L + 20D}}$$

Beisp. I. Wie groß ist die Geschwindigkeit der verbrannten Luft in einem gußeisernen Schornsteine von 30 Meter Höhe und 20 Centimeter Diameter?

Antw. Es sey die Temperatur der innern Luft = $500^{\circ} C$, die der äußern = $20^{\circ} C$. Nehmen wir die Entfernung des Feuer- raumes von dem untern Theile des Schornsteines = 10^m an,

so ist die ganze Länge, die der Rauch durchstreichen muß, oder $L = 30 + 10 = 40^m$. Es ist daher:

$$v = 19,80 \cdot \sqrt{\frac{30^m \times 0,00375 (500 - 20) \times 0^m,20}{40 + (0,20 \times 20)}} \\ = 9^m,8 \text{ per Sekunde.}$$

Wäre die Reibung nicht in Rechnung gebracht worden, so würde man eine Geschwindigkeit von

$\sqrt{2 g H a (t - t')} = 32^m$ per Sekunde erhalten haben. Man sieht also, daß die Reibung sehr beträchtlich ist und nie vernachlässigt werden darf.

Bezeichnet man das Volum des Rauches, welches per Sekunde durch den Schornstein hinaufsteigen soll, mit M , die kleinste Sektion, also diejenige am obersten Theile derselben, mit S , so ist:

$$M = Sv \text{ und } S = \frac{M}{v}.$$

Beisp. II. Wie groß muß die obere Oeffnung eines Schornsteines von Backsteinen seyn, der zu einer Dampfmaschine von 20 Pferdekraften dienen soll?

Antw. Wird angenommen, daß diese Maschine 5 Kil. Steinkohlen per Pferdekraft, oder 100 Kil. im Ganzen per Stunde verzehrt, so ist nach obiger Tabelle:

$$M = \frac{100 \times 38,54}{3600} = 1,0705 \text{ Cub.-Meter.}$$

Man nehme nun vorläufig $D = 0^m,35$ an, so ist, wenn $L = 35$ Meter, $t = 300^0$, $t' = 20^0$ ist:

$$v = 8,85 \sqrt{\frac{25 \times 0,00375 (300 - 20) \times 0,35}{35 + 4 \times 0,35}} \\ = 4^m,43,$$

$$\text{und } S = \frac{1,0705}{4,43} = 0,24 \text{ □Meter,}$$

$$\text{folglich } D = \sqrt{0,24} = 0^m,49.$$

Setzt man diesen Werth in obige Formel, so erhält man:

$$v = 5^m,2215, \quad S = 0,205$$

$$\text{und } D = 0^m,45.$$

Es ist also die erforderliche Weite des Schornsteines zwischen 0,24 und 0,205 enthalten und also ungefähr = 0,22 □Meter.

Diese Sektion ist die kleinste, welche angewendet werden darf, und also dem obern Theile des Schornsteines, sowie auch den Rauchgängen, die vom Feuerraum bis zum untern Theile desselben gehen, zu geben. Diesem letztern wird dagegen, da die Schornsteine gewöhnlich auch immer eine verjüngte Weite erhalten, noch eine größere Sektion gegeben.

Beisp. III. Wie groß muß die Höhe eines Schornsteines von Kupferblech für einen stündlichen Verbrauch von 180 Kil. gewöhnlichem Holze seyn, wenn seinem obern Theile ein Durchmesser von 0^m,30 gegeben wird?

$$\text{Antw. } M = \frac{180 \times 12,77}{3600} = 0,6835 \text{ Cub.}^m$$

$$S = 0,7854 \times (0,30)^2 = 0,0707 \text{ □}^m.$$

$$v = \frac{0,6385}{0,0707} = 9^m,03 \text{ per Sekunde,}$$

und wenn L, t und t' wie in vorigem Beispiel vorgenommen werden,

$$H = \frac{v^2 (L + 20 D)}{(14)^2 \times 4 (t - t')} = \frac{(9,03)^2 \times (35 + 20 \times 0,30)}{(14)^2 \times 0,00375 (300 - 20)} = 16^m,24.$$

Von einigen andern Dimensionen der Schornsteine.

Um den backsteinenen Schornsteinen mehr Stabilität zu geben, macht man sie etwas konisch, im Innern gleichfalls, doch bei weitem nicht so viel, so daß die Dicke des Schornsteines sich von oben bis unten immer mehr und mehr vergrößert. Folgendes sind die Dimensionen, die am vortheilhaftesten zu seyn scheinen:

Für Schornsteine von 10 — 15^m Höhe.

e = 0^m,10 Breite eines Backsteines;

$$D' = D + \frac{1}{20} h;$$

$$d' = d;$$

$$E = e + \frac{1}{20} h.$$

Für größere Schornsteine.

$$e = 0^{\text{m}},21 \text{ Länge eines Backsteines;}$$

$$D' = D + \frac{1}{20} h;$$

$$E = e + \frac{1}{60} h;$$

$$d' = d + \frac{1}{60} h;$$

wo D den äußern Durchmesser der obern Sektion, d den innern Durchmesser und e die Dicke derselben, D' den äußern Diameter der untern Sektion, d' den innern Diameter und E die Dicke derselben bezeichnet.

Schornsteinen aus Kupfer oder Eisenblech gibt man oben eine Sektion = $\frac{2}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ der untern Sektion. Für eine Höhe von 30^m gibt man ihm auf dem obersten Drittel seiner Höhe ungefähr 1^{mm} Dicke, auf der übrigen Höhe 2^{mm} Dicke.

Nr. 46.

Von der spezifischen Wärme der Körper.

Die Erfahrung lehrt, daß, um gleiche Massen verschiedener Substanzen zu erwärmen, oder um ihre Temperatur um gleich viel Thermometergrade zu erhöhen, es einer sehr verschiedenen Wärmemenge bedarf. So z. B. braucht es eben so viel Wärme, um 1 Kil. Wasser von 0° — 3° , als um 1 Kil. Quecksilber von 0° — 100° zu erwärmen.

Die relative Wärmemenge, welche die verschiedenen Körper bei gleichem Gewichte absorbiren, damit ihre Temperatur um eine gleiche Anzahl von Graden erhöht werde, wird die spezifische Wärmemenge (*capacité calorifique*) genannt. Gewöhnlich wird auch hier die des Wassers zur Einheit angenommen.

Eine der einfachsten Methoden, um dieselbe für feste und flüssige Körper zu bestimmen, ist die der Mischungen. Man weiß nämlich, daß, wenn gleiche Gewichte von zwei Flüssigkeiten mit einander gemischt werden (ohne daß eine chemische Veränderung statt hat), oder wenn in eine Flüssigkeit ein Körper von gleichem Gewichte getaucht wird, die Temperatur der Mischung (im Falle, daß beide Körper die nämliche spezifische Wärme haben) gerade das arithmetische Mittel zwischen den primitiven Temperaturen der beiden Körper seyn wird.

Mischt man z. B. 1 Kil. Wasser von 15° mit 1 Kil. Wasser von 35° , so erhält man 2 Kil. Wasser von

$$\frac{15 + 35}{2} = 25^{\circ}.$$

Ist aber die spezifische Wärme der beiden Körper nicht gleich, so ist die Temperatur des Gemisches nicht mehr das arithmetische Mittel aus demjenigen der beiden Körper, und aus der Beobachtung derselben kann man mit Leichtigkeit auf das Verhältniß ihrer spezifischen Wärme schließen.

Man erhält z. B., wenn man 1 Kil. Wasser von 0° mit 1 Kil. Quecksilber von 100° mischt, eine Mischung, deren Temperatur $= 3^{\circ}$. Die spezifische Wärme des Wassers ist also zu derjenigen des Quecksilbers wie $97 : 3 = 32, 33 : 1$.

Tabelle der spezifischen Wärmemengen nach Petit und Dulong.

Wasser	1,0000,
Quecksilber	0,0330,
Silber	0,0557,
Zink	0,0927,
Kupfer	0,0940,
Eisen	0,1098,
Wismuth	0,0288,
Blei	0,0293,
Gold	0,0298,
Zinn	0,0514,
Glas	0,1770,
Alkohol (spezifisches Gewicht = 0,81)	0,700,
id. (spezifisches Gewicht = 0,793)	0,622,
Schwefeläther (spez. Gewicht = 0,76)	0,600,
id. (spezifisches Gewicht = 0,715)	0,520,

Unter Calorie (Wärmeeinheit) versteht man die Wärme, welche es braucht, um die Temperatur von 1 Kil. Wasser um 1° C zu erhöhen.

100 Calorien können also die Temperatur von 1 Kil. Wasser von 0° — 100° C, oder diejenige von 100 Kil. Wasser um 1° C erhöhen.

Beisp. 1) Wie viel Calorien erfordern 15 Kil. Eisen, dessen Temperatur von 20° C auf 200° C erhoben werden soll?

Antw. Die Temperaturerhöhung = $200 - 20 = 180^{\circ}$ C;
15 Kil. Wasser erfordern dazu $15 \times 180 = 2700$ Calorien,
folglich 15 Kil. Eisen eine Wärme von $2700 \times 0,1098$ (spez. Wärme des Eisens) = 296,46 Calorien.

Beisp. 2) Welche Temperatur erhält eine Mischung von 1 Kil. Wasser von 100° C mit 5 Kil. Alkohol von 32° C?

Antw. $\frac{100 + 5 \cdot 32 \cdot 0,7}{1 + 5}$ (spezifische Wärme des Alkohols).
= $35\frac{1}{3}^{\circ}$. Man erhält also 6 Kil. von $35\frac{1}{3}^{\circ}$.

Tabelle der spezifischen Wärmemengen einiger Gasarten, unter der nämlichen Pression, nach La Roche und Bérard.

	Die spez. Wärme der Luft zur Einheit angenommen.		Die spez. Wärme des Wassers zur Einheit angenommen.
	bei gleichem Volume.	bei gleichem Gewichte.	
Atmosph. Luft .	1,000	1,000	0,2669
Wasserstoff . .	0,9033	12,3401	3,2936
Kohlensäure . .	1,2583	0,8280	0,2210
Sauerstoff . . .	0,9765	0,8848	0,2361
Stickstoff . . .	1,000	1,0318	0,2754
Kohlenwasserstoff	1,5530	1,5763	0,4207
Wasserdampf . .	1,9600	3,1360	0,8470

Aus den Versuchen von Clément-Désormes erhellt, daß die spezifische Wärme der atmosphärischen Luft $\frac{1}{4}$ derjenigen des Wassers ist, so daß 1 Calorie 4 Kil. Luft um 1° C oder 1 Kil. Luft um 4° C erhöhen kann.

Nr. 47.

Heizkraft der Brennmaterialien.

Die Heizkraft der Brennmaterialien hängt hauptsächlich von der Menge Kohlenstoff ab, welche sie enthalten, und ist daher sehr verschieden je nach ihren Bestandtheilen, ihrem Zustande von Trockenheit u., weshalb dieselbe nur approximativ angegeben werden kann.

1) Die durch das großherzogl. badische Kriegsministerium angestellten Versuche ergaben Folgendes:

Dem Gewichte nach haben Hartholz, Tannenholz und Torf gleichviel Heizkraft.

1 $\mathcal{R}$ Ruhrorter Steinkohlen gibt dagegen so viel Hitze, als 2 $\mathcal{R}$ Holz oder Torf, und 1 $\mathcal{R}$ Saarbrücker Steinkohlen so viel als $1\frac{2}{3}$ $\mathcal{R}$ Holz oder Torf.

1 Klafter (von 6' Höhe, 6' Breite und 4' Scheiterlänge bad. Maaß) hält durchschnittlich 185 Scheiter.

1 Klafter Tannenholz wiegt 2775 $\mathcal{R}$, und gibt daher so viel Hitze als circa 1340 $\mathcal{R}$ Steinkohlen.

1 Klafter Buchenholz wiegt 3700 $\mathcal{R}$ und gibt so viel Hitze als circa 1850 $\mathcal{R}$ Steinkohlen.

Für das Sägen und Spalten werden durchschnittlich 100 $\mathcal{R}$ per Klafter Abgang angenommen.

Torf wird in Steinen gemacht, wovon 1 Stück 50 Cubitzoll hält und etwas weniger als 1 $\mathcal{R}$ wiegt. 100 Steine geben demnach so viel Hitze als 0,35 Klafter Tannenholz oder 0,26 Klafter Buchenholz.

2) Nach Grouvelle leistet 1 $\mathcal{A}$ gute Steinkohle so viel als $3\frac{1}{2}$ $\mathcal{A}$ Lohfuchsen, $2\frac{1}{2}$ $\mathcal{A}$ trockenes Holz oder Torf bester Qualität oder $1\frac{1}{5}$ $\mathcal{A}$ Braunkohle.

3) Nach Morin ist die theoretische Heizkraft von

1 Kil.	völlig trockene Holzkohle, Steinkohle	
	und Coke bester Qualität	7050
1	„ gewöhnliche Steinkohle und Holzkohle .	6000
1	„ gedörrtes Holz	3670
1	„ lufttrockenes Holz	2945
1	„ Torf bester Qualität	3000
1	„ gewöhnlicher Torf	1500

Da 1 Hektoliter Steinkohle 80 $\mathcal{A}$ wiegt, so gibt 1 Klafter Tannenholz eben so viel Hitze als 6,71 und 1 Klafter Buchenholz so viel Hitze als 9,25 Hektoliter Steinkohlen von mittlerer Qualität.

Aus diesen Angaben findet man leicht die Quantität von Brennmaterial, welche es braucht, um eine verlangte Wärme hervorzubringen. Indessen können diese Resultate in der Praktik nie erhalten werden, und bei den bestconstruirten Feuerherden kann die wirkliche Heizkraft bloß zu $\frac{2}{3}$, bei vielen Dampfkesselfeuerungen sogar bloß zur Hälfte der hier angegebenen angenommen werden.

Beisp. Wie viel Steinkohlen braucht es, um das Wasser von 10 Bädern, wovon jedes 300 Liter Wasser von 50° C erfordert, zu erwärmen?

Antw. Es sey die Temperatur des kalten Wassers = 12° C,
 Gewicht des zu erwärmenden Wassers = $10 \times 300 = 3000$
 Kil., erforderliche Wärmemenge = $3000 (50 - 12) = 114000$
 Calorien. Nimmt man an, daß 1 Kil. Steinkohle 4000 Ca-
 lorien erzeugen können, so sind zu diesem Zwecke

$$\frac{114000}{4000} = 28.5 \text{ Kil. Steinkohlen erforderlich.}$$

Nr. 48.

Uebergang der Körper vom festen Bustoade in den flüssigen.

Damit ein Körper flüssig werde, sind immer zwei Bedingungen zu erfüllen:

- 1) Erhöhung seiner Temperatur;
- 2) Absorption von Hize.

Wird ein Körper erhitzt, so nimmt fortwährend seine Temperatur zu, bis er anfängt zu schmelzen. Dann aber bleibt dieselbe konstant, bis er ganz geschmolzen ist, weil alle die Wärme, die er ferner noch erhält, zu seiner Liquefaction erforderlich ist und in latente Wärme übergeht.

1 Kil. Wasser von 0° mit 1 Kil. Wasser von 75° C gemischt geben 2 Kil. Wasser von $37\frac{1}{2}^{\circ}$.

1 Kil. Wasser von 75° C mit 1 Kil. Eis von 0° gemischt geben aber nicht 2 Kil. Wasser von $37\frac{1}{2}^{\circ}$, sondern 2 Kil. von 0° .

Das Eis absorhirt also in seiner Transformation in Wasser alle die Wärme, welche es braucht, um 1 Kil. Wasser von 0° bis 75° zu erhöhen.

Beim Uebergange vom flüssigen Zustande in den festen hat ganz das Gegentheil statt, nämlich Verminderung der Temperatur und Wärmeentwicklung.

Schmelzgrade verschiedener Körper.

	Centigr.	Reaumur.	Fahrenheit.
Butter schmilzt bei	30 ⁰	24 ⁰	86 ⁰
Hammeltalg "	51 ¹ / ₄	41	124 ¹ / ₄
gewöhnlicher Talg bei	33 ¹ / ₃	26 ³ / ₄	92 ¹ / ₄
gelbes Wachs "	60	48	140
weißes Wachs "	68 ³ / ₄	55	155 ³ / ₄
Pech "	85 ¹ / ₂	68 ¹ / ₂	186
Schwefel "	113 ³ / ₄	91	236 ³ / ₄
Phosphor "	43	34 ¹ / ₂	110
Zinn "	206 ¹ / ₄	165	403 ¹ / ₄
Blei "	282 ¹ / ₂	226	540
Wismuth "	237 ¹ / ₂	190	459 ¹ / ₂

Gemische * von

Zinn.	Blei.	Wismuth.	Centigr.	Reaumur.	Fahrenheit.
3	5	8	100 ⁰	80 ⁰	210 ⁰
3	2	5			
2	3	5	91 ¹ / ₂	73 ¹ / ₃	197
4	1	5	118,9	95	245 ³ / ₄
3	3	8	94 ¹ / ₄	75 ¹ / ₂	202
3	6	8	97 ³ / ₄	78 ¹ / ₄	208

* Diese leichtflüssigen Metallmischungen wendet man zur Sicherheit von Dampfkesseln an. Da nämlich die Vergrößerung der Tension des Dampfes immer eine Erhöhung seiner Temperatur hervorbringt, so wird derselbe, wenn er zu stark wird, fähig seyn, die Metallmischung, die eine Oeffnung im Kessel bedeckt, zu schmelzen und sich dadurch einen Ausweg zu verschaffen. Einem jeden Dampfdrucke correspondirt daher eine besondere Metallmischung, und diese werden auch für diesen Gebrauch nach der Anzahl der Atmosphären, für welche der Kessel bestimmt ist, numerirt. Man sieht z. B. aus der gegebenen Tafel, daß ein Gemische von 4 Theilen Zinn, 8 Theilen Blei und 8 Theilen Wismuth bei 113¹/₄° C schmilzt. Diese Temperatur correspondirt einem Dampfdrucke von circa 1¹/₂ Atmosphären, folglich kann diese Mischung für Kessel von 1¹/₂ Atmosphären mit Vortheil angewendet werden.

Zinn.	Blei.	Wismuth.	Centigr.	Reaumur.	Fahrenheit.
3	8	8	107 $\frac{3}{4}$	86 $\frac{1}{4}$	226
4	8	8	113 $\frac{1}{4}$	90 $\frac{2}{5}$	236
6	8	8	117 $\frac{1}{2}$	94	243 $\frac{1}{2}$
8	8	8	123 $\frac{1}{4}$	98 $\frac{2}{5}$	254
8	10	8	130	104	266
8	12	8	132 $\frac{1}{2}$	106	270 $\frac{1}{2}$
1	0	1	141,2	113	286 $\frac{1}{4}$
3	2	0}	167,7	134	333 $\frac{1}{2}$
2	0	1}			
8	0	1	200	160	392

	Centigr.	Reaumur.	Fahrenheit.	Wedgwood.
Kupfer . .	2530	2024	4587	27 *
Gold . .	—	—	—	32
Cobalt	9850	7975	17977	130
Stahl }				
Gusseisen }				
Nickel . .	11414	9131	20577	150
Messing .	2100	1678	3807	21
Eisen . .	12001	9602	21637	158
Braunstein	12136	9708	21877	160
Platina .	12857	10286	23177	170
Quecksilber	(— 39°)	(— 31° 2)	(— 41°)	
Terpentinöl	(— 10°)	(— 8°)	(+ 14°).	

Andere bemerkenswerthe Hitzgrade.

Eisen wird hellroth im Dunkeln bei	384° C	315° R	750° F
Eisen wird rothglühend im Dunkeln bei	475	380	884
id. im gewöhnlichen Feuer bei	560	448	1050

* Die Berechnung der durch Wedgwood's Pyrometer ausgemittelten Hitzgrade in solche der gewöhnlichen Thermometerscalen ist jedoch noch sehr unsicher.

Eisen wird rothglühend				
am Tageslichte bei .	577°C	462°R	1077°F	0°W
Diamant brennt bei .	1814	1451	2897	14
Töpferwaare wird er-				
higt bis	3580	2880	6507	40
Milchweiße Steinwaare	6770	5370	12257	86
Größte Hitze des Flint-				
glasofens	8770	7025	15897	114
Größte beobachtete Hitze	13900	11100	25127	185

Nr. 49.

Data zur Berechnung von Dampfmaschinen.

A. Bildung des Dampfes,

oder

Uebergang vom flüssigen Zustande in den luftförmigen.

Bei diesem Uebergange hat wieder das Nämliche statt, wie bei dem vorigen:

Wird nämlich eine Flüssigkeit in einem offenen Gefäße der Hitze ausgesetzt, so erhitzt sie sich immer mehr und mehr. Sobald sie aber anfängt zu siedend, so bleibt ihre Temperatur konstant, bis die ganze Masse in Dämpfe übergegangen ist. Alle Hitze, welche die Flüssigkeit noch ferner aufnimmt, wird verwendet, um Dampf zu bilden, und wird in demselben latent, da der Dampf keine höhere Temperatur erhält, als die, welche die siedende Flüssigkeit besitzt.

Da die Verdampfung nur dann statt hat, wenn die Elastizität der Dämpfe, welche die Flüssigkeit fortwährend entwickelt, gleich ist dem atmosphärischen Drucke, so folgt hieraus, daß die Temperatur, bei welcher das Sieden statt hat, ganz von den Veränderungen des Barometers abhängt.

Auf dem Gipfel des Montblancs kocht das Wasser z. B. schon bei 84° C. Schwefeläther kocht unter einer Luftpumpe bei der gewöhnlichen Temperatur.

Siedegrade verschiedener Flüssigkeiten

unter dem gewöhnlichen Luftdrucke von 0^m,76.

Schwefeläther	köcht bei	37 ^o ,8 C	30 ¹ / ₄ R
Alkohol	" "	79,7	63 ³ / ₄
Terpentinöl	" "	273	218,4
Leinöl	" "	316	252,8
Schwefel	" "	299	239,2
Schwefelsäure	" "	310	248
Quecksilber	" "	349	279

Bermehrt man den Druck der umgebenden Luft (was geschieht, wenn die Flüssigkeit in einem geschlossenen Gefäße der Hitze ausgesetzt wird), so hat das Sieden der Flüssigkeit nur bei einer höheren Temperatur statt. Fängt alsdann die Flüssigkeit an zu sieden, so nimmt der elastische Druck der sich bildenden Dämpfe sehr rasch mit der Erhöhung der Temperatur zu, und zwar entspricht jedem Wärmegrade eine bestimmte Dichtigkeit und Elastizität des Dampfes.

Der Dampf unterscheidet sich hiemit von den übrigen Gasarten dadurch, daß man die Tension und die Temperatur desselben nicht beliebig abändern kann, sondern daß dieselben nach einem gewissen Gesetze zu einander stehen, welches die Erfahrung allein lehren kann. Erniedrigt man z. B. die Temperatur des Dampfes, so condensirt sich sogleich so viel Dampf, bis die hervorgebrachte Tension der verminderten Temperatur entspricht.

Folgende Tabelle gibt den elastischen Druck der Wasserdämpfe (oder dessen Verhältniß mit dem der gewöhnlichen Atmosphäre, der hier als Einheit angenommen ist) an, nebst den Temperaturen, bei welchen dieser Druck statt hat:

Tabelle XXV.

I. Elasticität des Dampfes, in Atmosphären ausgedrückt.	II. Quecksilberhöhe, welche diese Elasticität mißt, in Millimetern.	III. Temperatur des Dampfes in Centigraden.	IV. Volum eines Kilogrammes Dampf in Litern.	V. Gewicht von 1 Cub. Meter in Kilogr.	VI. Druck des Dampfes auf 1 $\square^{cm}$ in Kilogrammen.	VII. Dyn. Effect, welchen 1 Kil. Dampf ohne Expansion hervorbringen kann, in Kilogr. ^m *
0,125	95	51 ^o ,45	11800 ^l ,00	0,085	0 ^k ,129	15223
0,25	190	66,00	6198,38	0,161	0,258	15992
0,50	380	82,00	3229,36	0,310	0,516	16663
0,75	570	92,00	2217,20	0,451	0,774	17161
1,00	760	100,00	1700,00	0,588	1,033	17561
1,25	950	106,60	1384,36	0,722	1,292	17885
1,50	1140	112,40	1171,59	0,854	1,549	18148
1,75	1330	117,10	1016,66	0,984	1,808	18381
2,00	1520	121,55	899,94	1,111	2,066	18592
2,25	1710	125,50	808,00	1,238	2,324	18778
2,50	1900	128,85	733,45	1,363	2,582	18938
2,75	2090	132,15	672,36	1,487	2,841	19102
3,00	2280	135,00	620,74	1,611	3,099	19237
3,25	2470	137,70	576,83	1,734	3,357	19364
3,50	2660	140,35	539,10	1,855	3,615	19488
3,75	2850	142,70	506,15	1,972	3,873	19603
4,00	3040	144,95	477,05	2,096	4,132	19712
4,25	3230	146,76	450,96	2,217	4,390	19797
4,50	3420	149,15	428,36	2,334	4,648	19910
4,75	3610	151,15	406,76	2,457	4,907	19960
5,00	3800	153,30	389,38	2,568	5,165	20111
5,50	4180	156,70	356,86	2,802	5,681	20273
6,00	4560	160,00	329,65	3,033	6,198	20432

* Diese Colonne erhält man, wenn man die Volumina in Col. IV. mit dem Druck des Dampfes in Col. VI. vervielfacht.

I. Elasticität des Dampfes, in Atmosphären ausgedrückt.	II. Quecksilberhöhe, welche diese Elasticität misst, in Millimetern.	III. Temperatur des Dampfes in Centigraden.	IV. Volumen eines Kilogrammes Dampf in Eisen.	V. Gewicht von 1 Cub.-Meter in Kilogr.	VI. Druck des Dampfes auf 1 $\square^{cm}$ in Kilogrammen.	VII. Dyn. Effect, welchen 1 Kil. Dampf ohne Expansion hervorbringen kann, in Kilogr. ^m
6,50	4940	163 ^o ,25	306 ^l ,62	3,261	6 ^k ,714	20586
7,00	5320	166,45	286,70	3,488	7,231	20731
7,50	5700	169,40	269,52	3,710	7,747	20880
8	6080	172,10	354,27	3,934	8,264	21013
9	6840	177,40	228,72	4,373	9,297	21264
10	7600	181,00	207,98	4,808	10,33	21484
11	8360	186,05	190,79	5,241	11,363	21667
12	9120	190,00	176,44	5,668	12,396	21872
13	9880	193,70	164,18	6,091	13,429	22048
14	10640	197,19	153,66	6,508	14,462	22223
15	11400	200,48	144,39	6,925	15,495	22374
16	12160	203,60	136,27	7,338	16,528	22523
17	12920	206,57	129,06	7,748	17,561	22664
18	13680	209,40	122,62	8,155	18,594	22800
19	14440	212,10	116,80	8,561	19,627	22925
20	15200	214,70	111,58	8,962	20,660	23053
25	19000	226,30	91,421	10,938	26,825	23610
30	22800	236,20	77,714	12,870	30,990	24083
35	26600	244,85	67,760	14,758	36,155	24498
40	30400	252,55	60,181	16,616	41,320	24866
50	38000	265,89	49,381	20,250	51,650	25505

Aus vorstehender Tabelle kann man übrigens folgende einfache Data abnehmen:

1) In Reaumurgraden ausgedrückt ist der Druck des Dampfes ungefähr:

bei $80^{\circ} \text{ R} = 1$ Atmosphäre.

" $97^{\circ} \text{ R} = 2$ "

" $109^{\circ} \text{ R} = 3$ "

" $117^{\circ} \text{ R} = 4$ "

" $124^{\circ} \text{ R} = 5$ "

" $130^{\circ} \text{ R} = 6$ "

" $135^{\circ} \text{ R} = 7$ "

" $140^{\circ} \text{ R} = 8$ "

2) Durch die Verwandlung des Wassers in atmosphärischen Dampf wird das Volum desselben auf das 1700fache ausgedehnt. Solcher einfache Dampf ist also kaum halb so schwer als kalte Luft (770 Liter kalter Luft wiegen so viel als 1 Liter Wasser).

1 Cub.™ atmosphärischer Dampf wiegt 0,59 Kil.

3) Aus Col. IV sieht man, daß Druck und Dichtigkeit nicht in gleichem Verhältnisse zunehmen, denn sonst würde der Druck im umgekehrten Verhältnisse zu dem Volum des Dampfes stehen. Da aber der Dampf bei größerem Drucke auch eine höhere Temperatur erhält, so vergrößert sich sein Volum, und seine Dichtigkeit wird wieder um etwas kleiner.

Da das Volum von 1 Kil. Dampf von 1 Atmosphäre = 1700 Liter ist, so würde dasjenige von 2 Atmosphären bei gleicher Temperatur

$$= \frac{1700}{2} = 850 \text{ Liter betragen.}$$

Da nun aber dieser Dampf nicht die Temperatur von 100° C. , sondern die von $121^{\circ},55$ besitzt, so folgt hieraus, daß man die erhaltenen

850 Liter noch mit $\frac{1 + 0,00375 \times 121}{1 + 0,00375 \times 100}$

oder allgemein mit $\frac{1 + at}{1 + at'}$

vervielfachen muß, um das wirkliche Volum dieses Dampfes zu erhalten.

Der Druck oder die Elastizität des Dampfes nimmt hiemit schneller zu, als die Dichtigkeit, und es können dieselben nur bei mäßigen Temperaturen als proportional angesehen werden.

Beisp. Wie viel Druck erleidet ein geschlossenes Gefäß, dessen innere Oberfläche = $60 \square^{\text{cm}}$ ist, und in welchem das Wasser bis auf 190°C erhitzt wird?

Antw. Der Temperatur von 190°C correspondirt ein Druck von 12 Atmosphären oder von $12^{\text{k}},396$ auf den $\square^{\text{cm}}$, folglich ist der Druck auf $60 \square^{\text{cm}} = 60 \times 12,396 = 743^{\text{k}},76$.

Wärmegehalt des Dampfes.

Vielsältige Versuche zeigen, daß es eine Wärmemenge von 650 Calorien braucht, um 1 Kil. Wasser von 0° in atmosphärischen Dampf zu verwandeln, und also $6\frac{1}{2}$ mal so viel Wärme als um 1 Kil. Wasser von 0° auf 100°C zu erhöhen.

Um also 1 Kil. Wasser von 100°C in atmosphärischen Dampf zu verwandeln, braucht es noch 550 Calorien.

1 Kil. Dampf kann daher $5\frac{1}{2}$ Kil. Wasser von 0° bis auf 100°C erwärmen, indem es sich selbst in 1 Kil. Wasser von 100°C verwandelt (so daß man im Ganzen $6\frac{1}{2}$ Kil. Wasser von 100°C erhält).

Beisp. Wie viel Dampf von 121°C braucht man, um 300 Kil. Wasser von 11°C auf 28°C zu erwärmen?

Antw. Das Wasser muß um $28 - 11 = 17^{\circ} \text{C}$ erhöht werden. Daher braucht es $17 \times 300 = 5100$ Calorien. 1 Kil. Dampf von 121°C gibt, indem es sich in Wasser von 28°C reduziert, $121 + 550 - 28 = 643$ Calorien ab. Es braucht hiemit zu diesem Zwecke

$$\frac{5100}{643} = 8 \text{ Kil. Dampf,}$$

und man erhält dann 308 Kil. Wasser von 28°C .

Nr. 50.

B. Berechnungen der verschiedenen Theile des Dampferzeugungs-Apparates. *

1) Dimensionen des Feuerherdes.

Die Capacität desselben hängt ganz von der Quantität und von der Natur des Brennmaterials ab, welches darin verbrannt werden soll. Da das Holz bei weitem nicht so viel Wärme gibt, als ein gleiches Volum Steinkohlen, so muß also der Feuerraum für Holz weit größer seyn, als der für Steinkohlen, um die nämliche Wärme zu erzeugen. Ist die Capacität des Feuerraumes für Steinkohle = 1, so gibt man gewöhnlich dem Feuerraume für die nämliche Wärmeerzeugung mit Buchenholz eine Capacität = $4\frac{1}{3}$, mit Torf oder mit Tannenholz = 6, mit Holzkohle oder Coke = 2 — $2\frac{1}{2}$.

Aus verschiedenen Versuchen ergibt sich, daß ein Feuerraum, der zur Verbrennung von 100 Kil. Steinkohle per Stunde dienen soll, eine Capacität von 400 bis 500 Cubikdecimetern haben muß.

Für die nämliche Wärmeerzeugung mit Holz müßte

* Alle diese Angaben über die Dimensionen des Feuerherdes, des Kofes, des Dampfkessels etc. sind auch bei der Construction aller andern Arten Ofen und Heizeinrichtungen größtentheils anzuwenden, und ebenso werden auch hier diejenigen zur Bestimmung der Dimensionen der hiezu erforderlichen Schornsteine angewendet, welche in Nr. 45 angegeben sind.

daher der Feuerraum eine Capacität von $4\frac{1}{3} \times 450 = 1^{\text{m}},950$ haben.

Für die Verbrennung einer andern Menge Brennmaterials nimmt diese Capacität ganz proportional zu oder ab.

Beisp. Wie groß muß ein Feuerraum seyn, in welchem 152 Kil. Holzkohle per Sekunde verbrennt werden sollen?

Antw. 152 Kil. Holzkohle geben so viel Wärme als 180 Kil. Steinkohle. Für die Verbrennung von 180 Kil. Steinkohle muß der Feuerraum eine Capacität

$$= \frac{450 \times 180}{100} = 816 \text{ Cubikdezimeter haben.}$$

Für die Verbrennung von 152 Kil. Holzkohle also ungefähr das Doppelte oder $1^{\text{m}},62$.

2) Dimensionen des Rostes.

Aus zahlreichen Versuchen von Péclot ergibt sich, daß es am vortheilhaftesten ist, wenn man der totalen Fläche des Rostes für je 10 Kil. Steinkohle, welche stündlich darauf zu verbrennen sind, einen Inhalt von 12 □Decimetern gibt, * oder wenn man die Anzahl von Kilogrammen des Brennmaterials mit P bezeichnet:

$$S = \frac{12 P}{10} \text{ □Decimeter.}$$

Davon muß die Summe der Oeffnungen zwischen den Roststäben wenigstens $\frac{1}{4}$ betragen, oder:

$$S' = \frac{3 P}{10} \text{ □Decimeter.}$$

* Nach Élément soll der Rost, um 20 Kil. Steinkohle stündlich zu verbrennen, eine Oberfläche von $5 \text{ □}' = 0,50 \text{ □}^{\text{m}}$ betragen, welches ungefähr das Doppelte der oben angegebenen ist, während diese Rostfläche nach den im Elsaße angestellten Versuchen zu einem stündlichen Verbrauche von 100 Kil. hinreichend seyn soll, weshalb obige Angabe als die durchschnittliche angesehen werden kann.

Der Zwischenraum zwischen zwei Roststäben muß hiemit $\frac{1}{3}$ der Breite eines Roststabes betragen. Für fette Steinkohlen ist es vortheilhaft, den Oeffnungen $\frac{1}{3}$ der totalen Rostfläche und dem Zwischenraum zwischen zwei Stäben hiemit die Hälfte ihrer Breite zu geben.

Da das Holz nur halb so viel Luft zu seiner Verbrennung bedarf als die Steinkohle, und überdieß lehtere sich noch an den Stäben anhängt und dadurch die Oeffnung zwischen denselben verkleinert, so braucht man der Rostfläche für Holz nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$, und für Holzkohle nur die Hälfte derjenigen zu geben, welche für Steinkohle nöthig ist.

Die Dicke der Steinkohlenschichte in dem Feuerherde soll ferner nie mehr als 12 Centim. und nie weniger als 6 Centim. betragen.

Für Holzkohle kann die Dicke der Schichte bis auf 4 Dezimeter und für Coke bis auf $2\frac{1}{2}$ Dezimeter betragen.

Die Breite der Roststäbe nimmt mit ihrer Länge zu, bei den längsten beträgt sie $3\frac{1}{2}$ à 5^{cm}, bei den kürzesten nur 2^{cm}.

3) Distanz des Kessels vom Roste.

Von denselben hängt die Wirkung des Brennmaterials sehr viel ab. Sie soll immer so groß seyn, daß sich die Flamme gehörig entwickeln kann, und ist daher nach der Natur des Brennmaterials und dem zu erreichenden Zwecke sehr verschieden.

Wenn Dampf erzeugt werden soll, soll sie

für Steinkohle 30 — 40^{cm}

„ Holz 70 — 80^{cm}

„ Holzkohlen 60 — 70^{cm}

und für Coke 50^{cm} betragen.

Die Thüre des Feuerherdes soll so klein als möglich seyn, damit nicht zu viel Wärme verloren gehe durch die Oeffnung derselben beim jedesmaligen Aufschütten und Schüren des Brennmaterials.*

* Kohlenmühlen machen dieses nachtheilige Oeffnen der Thüre unnöthig.

Der Aschenraum darf nie zu klein seyn, und die Oeffnung desselben muß wenigstens die Hälfte der Totalfläche des Rostes betragen. Gewöhnlich wird der Rost ungefähr 80^{cm} über den Boden des Aschenraumes angebracht.

4) Dampfkessel.

Bei den Maschinen mit niedriger Pression ist der Kessel insgemein von sehr starkem Eisenbleche und von mehr oder weniger cylindrischer Form mit konkaven Seiten. Die Woolf'schen Kessel für Maschinen von hoher Pression sind hingegen ganz cylindrisch aus Gußeisen oder Eisenblech und meistens mit zwei oder mehreren kleinen Röhren versehen, welche man Siederöhren (*bouilleurs*) nennt, und welche mit Leichtigkeit durch andere ersetzt werden können, wenn sie abgenutzt sind. Diese Siederöhren haben außerdem noch den Vortheil, die Heizfläche beträchtlich zu vergrößern.

Die Kanäle, welche den Rauch um den Kessel herumführen, müssen immer unterhalb des Wasserniveaus im Kessel angebracht seyn. Die Größe eines Kessels richtet sich nach dem Dampfbedarfe. Genaue Vorschriften lassen sich hier nicht angeben, doch können folgende empfohlen werden:

Der Kessel wird gewöhnlich bis auf $\frac{2}{3}$ seiner Höhe mit Wasser gefüllt. Der übrige Theil desselben bildet den Dampfraum, welcher die hinreichende Größe haben muß, damit die Menge von Dampf, welche bei jedem Kolbenzuge herausgezogen wird, keine zu große Veränderung in der Tension desselben hervorbringe. Aus diesem Grunde

und können daher mit Nutzen angewendet werden. Sie haben überdies noch den Vortheil, daß das Brennmaterial mit vieler Gleichförmigkeit auf den Rost geschüttet und auf diese Weise sehr wenig Rauch erzeugt wird.

gibt man dem Dampfraume gewöhnlich ein Volumen, das 10- bis 12mal größer ist, als dasjenige, welches der Dampfcylinder bei jedem Kolbenhube verbraucht. Aus den Versuchen von Péclet ergibt sich, daß 1 □^m Heizfläche 20—30 Kil. Dampf per Stunde erzeugen kann.

Aus diesen Angaben lassen sich leicht die Dimensionen eines Dampfkessels berechnen.

Die Größe der Heizfläche hängt übrigens noch von der Conductibilität des Metalles ab, aus welchen der Kessel besteht. Gußeiserne Kessel erfordern z. B., da sie weit dicker gemacht werden müssen, eine größere Heizfläche als Kessel aus Eisenblech.

Ebenso wird durch das Ansetzen von Bodenstein im Kessel das Durchdringen der Wärme sehr erschwert, daher die Kessel häufig von demselben befreit werden sollten.

Aufgabe. Wie groß müssen die Dimensionen eines Dampfkessels seyn, in welchem 250 Kil. Dampf per Stunde erzeugt werden müssen (die Heizfläche ist die nämliche, welche Tension und Temperatur der zu erzeugende Dampf auch heben muß) und welcher mit zwei Siederöhren versehen ist?

Antw. Nehmen wir an, daß 1 □Meter Heizfläche 25 Kil. Dampf per Stunde erzeugen kann, so ist die gesammte Heizfläche, welche hier angewendet werden muß,

$$= \frac{250}{25} = 10 \text{ □}^m.$$

Ist nun

L die Länge des Kessels,

L' diejenige der Siederöhren,

D der Diameter des Kessels, und

D' derjenige der Siederöhren,

so ist, wenn die totale Oberfläche der Siederöhren und die halbe Oberfläche des Kessels dem Feuer ausgesetzt sind, die Heizfläche

$$= \frac{1}{2} \pi D L + 2 \pi D' L' = 10 \text{ □}^m.$$

Nach den gewöhnlichen Constructionen ist nun:

$$L = 4 D,$$

$$L' = \frac{5}{4} L = 5 D, \text{ und}$$

$$D' = \frac{2}{5} D.$$

Es ist hiemit:

$$6 \pi D^2 = 10 \square^m, \text{ und}$$

$$D = \sqrt{\frac{10}{6 \pi}} = 0^m,73.$$

$$L = 4 \times 0^m,73 = 2^m,92.$$

$$L' = 5 \times 0^m,73 = 3^m,65, \text{ und}$$

$$D' = \frac{2}{5} \times 0^m,73 = 0^m,29.$$

Per Pferd müssen in 1 Minute circa 25 — 30 Cubikfuß einfacher Dampf erzeugt werden; circa 14 $\square'$ Heizfläche (die beiden Endflächen nicht in Rechnung gebracht) liefern bei gutem Zuge und gewöhnlicher Feuerung so viel Dampf in 1 Minute, und in 1 Stunde hiemit 1500 — 1800 Cubikfuß oder verdunsten per Stunde 1 Cubikfuß Wasser. Hiemit verbraucht man für 1 Pferdekraft 1 Cubikfuß Wasser per Stunde oder etwa 1 $\mathcal{Z}$ per Minute.

Wenn circa 14 $\square'$ Fuß Heizfläche 1 Cubikfuß = 62½ $\mathcal{Z}$ Wasser per Stunde verdampfen, so liefert 1 $\square'$ Fuß 4½ $\mathcal{Z}$ Dampf. Christian gibt nur 2¾ $\mathcal{Z}$ an, Elément und Watt hingegen rechnen 6 — 7 $\mathcal{Z}$. Eine gute Beschaffenheit der Feuerung und eine warmhaltende Bedeckung können allerdings die Dampfmenge sehr vermehren.

Außerdem kommt es sehr darauf an, wie groß die unmittelbar dem Feuer ausgesetzte Fläche ist, da dieselbe 5—6mal so viel Dampf produziren soll als diejenige von Seitenkanälen, durch welche der Rauch um den Kessel herumgeführt wird.

Gewöhnlich rechnet man 8 à 10 $\square'$ Fuß Heizfläche per Pferdekraft. Nach Grouvelle soll dieselbe

für Hochdruckmaschinen mit Condensator 1 $\square$ Meter,

für solche ohne Condensator und für Niederdruckmaschinen

1,3 $\square$ Meter

per Pferdekraft betragen, vorausgesetzt, daß die direkte Heizfläche wenigstens die Hälfte der totalen bildet.

5) Bestimmung der Metalledicken von cylindrischen Kesseln aus Kupfer und Eisenblech.

Tabelle XXVI. Kesseldicken, in Millimetern ausgedrückt.

(Nach den französischen Ordonnanzen vom 7. Mai 1828.)

Diameter des Kessels in Centimetern.	Für einen Druck von						
	2	3	4	5	6	7	8
	Atmosphären.						
50 ^{cm}	3,90	4,80	5,70	6,60	7,50	8,40	9,30
55	3,99	4,98	5,97	6,96	7,95	8,94	9,93
60	4,08	5,16	6,24	7,32	8,40	9,48	10,56
65	4,17	5,34	6,51	7,68	8,85	10,02	11,19
70	4,26	5,52	6,78	8,04	9,30	10,56	11,82
75	4,35	5,70	7,05	8,40	9,75	11,10	12,45
80	4,44	5,88	7,32	8,76	10,20	11,64	13,08
85	4,53	6,06	7,59	9,12	10,65	12,18	13,71
90	4,62	6,24	7,86	9,48	11,10	12,72	14,34
95	4,71	6,42	8,13	9,84	11,55	13,26	14,97
100	4,80	6,60	8,40	10,20	12,00	13,80	15,60

Praktische Formel, um dieselbe für Kessel von Messing- oder Eisenblech zu finden: *

* Das Kupfer leistet freilich keinen so großen Widerstand als das Eisenblech, verändert sich aber auch nicht so leicht als das letztere.

Nach pag. 225 beträgt die Dicke für Wasserleitungsröhren bloß:

$$0,005 d (n - 1) + 3,$$

welcher Unterschied daher rührt, daß sich die Cohäsion der Metalle, wenn sie einer hohen Temperatur ausgesetzt werden, sehr vermindert. Gußeiserne Kessel sollten wenigstens 3mal so dick gefertigt werden, als solche von Eisenblech.

$E = 0,018 d (n - 1) + 3,$
 wo E die Dicke des Kessels in Millimetern,
 d den innern Diameter desselben in Centimetern, und
 n die Anzahl von Atmosphären bedeutet, für welche
 der Kessel bestimmt ist.

Beisp. Man sucht die Dicke eines Kessels von 0^m,4 Diameter
 zu bestimmen, der einem Drucke von 5 Atmosphären wider-
 stehen soll?

Antw. $E = 0,018 \times 40 (5 - 1) + 3 = 5,88$ Millimeter.

Nach den nämlichen Ordonnanzen sollen die Kessel
 und Bouilleurs aus Kupfer und Eisenblech bei der Probe
 einen Druck von 3 (n - 1) Atmosphären, und diejenigen
 aus Gußeisen einen Druck von 5 (n - 1) Atmosphären
 ertragen können.

Ist also z. B. ein Kessel bestimmt, bei gewöhnlicher Arbeit
 einen Druck von 6 Atmosphären zu ertragen, so wird er für einen
 Druck von 3 (6 - 1) = 15 Atmosphären geprüft, wenn er aus
 Kupfer- oder Eisenblech besteht, und für einen Druck von 5 (6 - 1)
 = 25 Atmosphären, wenn er aus Gußeisen besteht.

Gewöhnlich wendet man kein dickeres Blech an, als
 solches von 5^{'''} und kein dünneres, als solches von 2^{'''}
 (Schw.). Für einen zu großen Druck gibt man dem Kessel
 lieber einen kleinern Durchmesser, welcher einer Dicke
 correspondirt, die zwischen diesen beiden Limiten liegt.

Tabelle XXVII. Dimensionen und ungefähres Gewicht von Kesseln von verschiedener Stärke, in Centimetern und Kilogrammen ausgedrückt.

Anzahl Pferde- kräfte.	Länge des Kessels.	Diameter		Anzahl der Siede- röhren.	Gewicht für			
		des Kessels.	der Siede- röhren		2 Atm.	3 Atm.	4 Atm.	5 Atm.
1	240	60	—	—	200	260	295	325
2	270	66	—	—	350	400	450	500
4	300	69	27	2	575	660	740	825
6	360	75	33	2	900	1060	1195	1325
8	420	78	36	2	1340	1530	1725	1915
10	450	84	36	2	1750	2000	2250	2500
12	480	90	36	2	2100	2400	2700	3000
16	540	99	39	2	2450	2800	3150	3500
20	570	105	39	2	2915	3430	3850	4165
25	630	111	39	3	3100	3550	4000	4415
30	690	117	45	3	3500	4000	4500	5085
35	750	123	45	3	4235	4850	5500	6060
40	810	129	48	3	5000	5700	6450	7165
45	900	135	48	3	6000	6800	7540	8335
50	1050	141	51	3	6900	7700	8600	9415

6) Deffnung der Sicherheitsklappe.

Diese muß wenigstens so groß seyn, daß wenn einmal die Klappe von dem Dampfe in die Höhe gehoben wird, so viel Dampf entweichen kann, als nur immer in der nämlichen Zeit gebildet werden könnte.

Zu diesem Ende ist es nöthig, die Geschwindigkeit zu kennen, mit welcher der Dampf bei verschiedenen Pressionen aus einer Deffnung austritt, und diese ergibt sich durch

Berechnungen, welche mit den Resultaten von Christians Versuchen ziemlich übereinstimmen, * wie folgt:

Bei $1\frac{1}{4}$ Atm. Druck circa 180 Meter per Sec.

"	$1\frac{1}{2}$	"	"	"	250	"
"	$1\frac{3}{4}$	"	"	"	300	"
"	2	"	"	"	340	"
"	$2\frac{1}{2}$	"	"	"	370	"
"	3	"	"	"	400	"
"	$3\frac{1}{2}$	"	"	"	420	"
"	4	"	"	"	435	"

Hat nun z. B. ein Dampfkessel 10 □Meter Heizfläche, so erzeugt er circa 300 Kil. Dampf per Stunde = $\frac{1}{12}$ Kil.

per Sekunde. Soll nun der Dampf im Kessel höchstens eine Spannung von 4 Atmosphären erreichen, so müssen, da 1 Kilogramm 4facher Dampf = 477 Liter ist, durch die Oeffnung wenigstens $\frac{477}{12}$ = circa 40 Liter per Sekunde entweichen können, und da dieser Dampf eine Geschwindigkeit von 435 Meter hat, die Oberfläche derselben

$$= \frac{400}{435} = 0,92 \text{ □Centimeter}^{**}$$

seyn. Gewöhnlich werden jedoch diese Oeffnungen der größern Sicherheit halber weit größer gemacht.

* Ausführliche Berechnungen darüber finden sich in der Dampfmaschinenlehre meines Vaters, 2te Ausgabe, 1843.

** Ein ungefähr gleiches Resultat erhält man mit Fretgold's Formel $a = \frac{q}{44n - \sqrt{n-1}}$, wo a die Section in □Centim. und q die Anzahl Liter bedeutet, welche per Stunde verdampft werden.

Nach der franz. Ordonnanz muß:

$$d = 2,6 \cdot \sqrt{\frac{S}{n - 0,412}} \text{ seyn.}$$

wo d den Durchmesser der Oeffnung in Centimetern,
S die Heizfläche in $\square$ Metern und
n den wirksamen Druck in Atmosphären bedeutet.

In vorigem Beispiele wäre demnach:

$$d = 2,6 \cdot \sqrt{\frac{10}{3 - 0,412}} = 4,4 \text{ Centimeter.}$$

Folgende Formel gibt das Gewicht an (in Kilogrammen), mit welchem die Sicherheitsklappe direkt belastet werden muß bei der Probe eines Kessels:

$$P = \frac{811 d^2 n}{1000},$$

wo d den Diameter der Klappe in Centimetern und n die Anzahl von Atmosphären, welche der Kessel bei der Probe aushalten muß, bedeutet.

Gewöhnlich bringt man einen Hebel an, dessen Arm, an dem das Gewicht angehängt ist, zehnmal größer ist, als der, dessen Ende auf die Klappe drückt. Das Gewicht ist alsdann nur der zehnte Theil desjenigen, welches man durch diese Formel gefunden hat.

Nr. 51.

C. Bestimmungen der Dimensionen der hauptsächlichsten Theile der Dampfmaschinen.

Diameter der Dampfrohre, welche den Dampf aus dem Kessel in den Cylinder führt.

Dieser muß nach Watt und Boulton $\frac{1}{5}$ desjenigen des Dampfcylinders betragen. Oder man gibt der Section der Röhre so vielmal $6 \square^{\text{cm}}$, als die Anzahl der Pferdekkräfte, welche die Maschine haben soll, beträgt. Je größer übrigens die Geschwindigkeit des Dampfkolbens ist, desto größer muß die Dampfrohre, sowie auch die Oeffnung, durch welche der Dampf in den Cylinder gelangt, seyn.

Geschwindigkeit des Dampfkolbens.

Bei allen doppeltwirkenden Maschinen wirkt der Dampf beim Auf- und Niedergange des Kolbens. Der Weg, den der Kolben per Minute macht, bezeichnet die Geschwindigkeit der Last, die bewegt wird, und wird gefunden, wenn man die Anzahl von Doppelhüben in dieser Zeit mit der doppelten Länge vervielfacht.

Ist z. B. die Länge des Hubes $= 2'$ und die Anzahl von Doppelhüben per Minute $= 43$, so ist die Geschwindigkeit $= 2 \times 43 \times 2' = 172'$ per Minute. Die Geschwindigkeit des Kolbens muß ferner aus der Zeit

berechnet werden, welche der Dampf zu seiner Entweichung und Condensation braucht. Gewöhnlich beträgt dieselbe 1^m per Sekunde. Tretgold gibt an, daß die vortheilhafteste Geschwindigkeit per Sekunde gleich $\frac{11}{10}$ mal die Quadratwurzel der Hubslänge (beides in Metern ausgedrückt) sey. Ist also letztere = 2^m, so ist die Geschwindigkeit

$$= \frac{11}{10} \sqrt{2} = 1^{\text{m}},55 \text{ per Sekunde.}$$

Verhältniß des Diameters des Dampfeylinders zur Länge des Kolbenhubes.

Die äußere Oberfläche desselben sollte eigentlich so klein als möglich gemacht werden, damit der hindurchstreichende Dampf nicht zu sehr abgekühlt werde. Indessen bringt diese Abkühlung keinen bedeutenden Verlust hervor, und es ist zweckmäßiger, den Diameter des Cylinders aus der angenommenen Geschwindigkeit und aus der gegebenen Menge Dampfes zu bestimmen.

Nach Watt und Boulton verhält sich der Diameter des Cylinders zur Hubslänge wie 1 : 2,7; nach Maudslay wie 1 : 2.

Hülfs-Pumpen.

Jede Dampfmaschine ist mit verschiedenen Pumpen versehen, deren Stangen durch den Balancier gezogen werden.

1) Der cubische Inhalt der Luftpumpe beträgt, da sie bloß einfachwirkend ist, bei den Watt'schen Maschinen gewöhnlich $\frac{1}{4}$ von demjenigen des Cylinders. Da nun die Stange dieses Kolbens an dem Balancier in der Mitte eines Armes aufgehängt zu werden pflegt, so daß der Hub gerade halb so lang wird, als der des Dampfkolbens, so

muß der Querschnitt desselben noch halb so groß seyn, als bei letzterem.

Ist der Diameter des Dampfeylinders also = 26", so findet man den der Luftpumpe

$$= \sqrt{\frac{26^2}{2}} = \sqrt{338} = 18,4''.$$

Bei Maschinen dagegen, bei welchen die Luftpumpe durch ein Exzentrif getrieben wird, zieht man vor, eine kleinere Hubhöhe und einen größeren Durchmesser der Luftpumpe anzunehmen. Bei diesem Inhalte der Luftpumpe absorbiert dieselbe ungefähr $\frac{1}{15}$ der ganzen Kraft.

Der Raum des Condensators muß wenigstens so groß seyn, als der der Luftpumpe.

2) Die Kaltwasserpumpe muß das erforderliche kalte Wasser schöpfen, um den durch die Luftpumpe aus dem Cylinder gezogenen Dampf zu condensiren oder wieder in Wasser zu verwandeln; und zwar muß dieses letztere nach der Condensirung zugleich eine nicht zu hohe Temperatur erhalten. — Offenbar bedarf es um so mehr Wasser, je weniger kalt dieses ist, und je kälter es nach der Vermischung mit dem Dampfe bleiben soll.

Da 1 Kil. Wasser von 100° C noch 550 Calorien bedarf, um in Dampf verwandelt zu werden, so enthält 1 Kil. Dampf 650 Calorien. Ebenso enthält 1 Kil. Dampf von 140° C 550 + 140 = 690 Calorien, und überhaupt enthält eine Menge Dampfes, deren Gewicht = W und deren Temperatur = t ist, eine Wärmemenge von W (550 + t) Calorien.

Aus diesen Betrachtungen ist folgende Formel hergeleitet worden:

$$M = \frac{550 + (t - t')}{t - t'}$$

wo M die Menge kalten Wassers, dessen Temperatur = t' ist, bedeutet, die es braucht, um 1 Kil. Dampf, dessen Temperatur

= t ist, auf eine Temperatur = t' herabzubringen. Gewöhnlich hat das Condensations-Wasser, wenn es aus einem Brunnen gezogen wird, eine Temperatur von circa 12° C, und erlangt, wenn der Condensator gehörig funktionirt, eine Temperatur von 36 à 40° , wobei der Druck des Dampfes auf 5 à 7 Em. = circa $\frac{1}{12}$ Atmosphäre reduziert wird.

Da ferner bei Niederdruckmaschinen der Dampf gewöhnlich eine Temperatur von 105° C hat, so braucht es, um 1 Kil. Dampf zu condensiren,

$$\frac{550 + 105 - 40}{40 - 12} = \text{circa } 22 \text{ Kil. kaltes Wasser}$$

und hiemit bei Watt'schen Maschinen per Minute und per Pferdekraft circa 11 Kil., bei Woolf'schen bloß $7\frac{1}{3}$ $\approx$ Condensations-Wasser.

Für eine gegebene Menge Dampfes kann also leicht die erforderliche Quantität von Condensations-Wasser und daraus bei gegebener Geschwindigkeit und Länge des Kolbenhubes der Diameter der Kaltwasserpumpe bestimmt werden. Die auf diese Weise berechnete Sektion derselben muß indessen um $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{15}$ vergrößert werden.

Anmerkung. Eine vollkommene Condensation erfordert also bedeutend mehr Wasser, und darum ist solche selten vortheilhaft; denn diese Pumpe absorbiert dann sehr viele Kraft. Wo das Wasser mangelt oder aus großer Tiefe geschöpft werden muß, sind daher Maschinen mit höherem Druck und ohne Condensator oft nützlicher, oder Vorrichtungen erforderlich, um dasselbe warme Wasser nach veranstalteter Abkühlung wieder benützen zu können.

Aus der Menge des durch Condensation erwärmten Wassers und dessen Temperatur kann ferner auf sehr zuverlässige Weise das Quantum des wirklich verbrauchten Dampfes berechnet werden. Werden z. B. per Minute 800 Liter = 800 Kil. Wasser auf 40° erwärmt, so werden in dieser Zeit $\frac{800}{22} = 36\frac{1}{3}$ Kil. atm. Dampf condensirt.

3) Heißwasserpumpe. Die Dimensionen der Heißwasserpumpe, die den Kessel stets mit Wasser wieder versehen muß, ergeben sich leicht aus dem Dampfquantum, welches zum Betriebe der Maschine erforderlich

ist. Für eine Watt'sche Maschine von 30 Pferdefräften braucht es z. B. per Minute 15 Kil., für eine Woolf'sche von gleicher Kraft bloß circa 10 Kil. Wasser. Macht daher die Pumpe 17 Hübe per Minute von 12 Centim. Länge, so ist die erforderliche Section derselben

$$\text{bei ersteren} = \frac{15}{17 \times 1,2} = 0,73 \text{ □ Dezimeter,}$$

$$\text{bei letzteren} = \frac{10}{17 \times 1,2} = 0,49 \quad "$$

Da übrigens diesen Pumpen öfter etwas fehlt, so ist es rathsam, deren Dimensionen etwas größer anzunehmen.

Verhältnisse einiger Stangen.

Wird die Höhe des Kolbenhubes = 1 gesetzt, so muß die der Treibkurbel = $\frac{1}{2}$ seyn; dem ganzen Balancier gibt man dann eine Länge = 3 à 4 und der Treibstange (hiele) eine Länge = $2\frac{1}{2}$ à 3.

Kraft der Treibstange.

Die Kraft der Treibstange auf die Kurbel ändert sich je nach der Richtung derselben, indem sie bald mehr bald weniger schief wirkt. Bildet sie mit der Kurbel eine gerade Linie (oder ist der Winkel 180°), so ist die umdrehende Kraft = 0. Bei 90° ist die Kraft am größten. Jenes hat statt, wenn der Dampfkolben zu sinken oder zu steigen anfängt, dieses in der Mitte des Hubes.

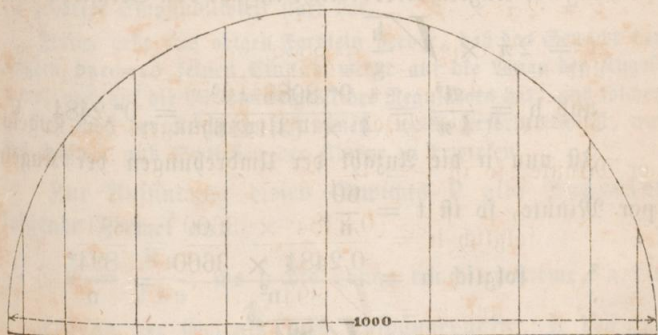
Theilt man die Länge des Kolbenganges in 10 Theile, so verändert sich der Winkel und die auf die Kurbel wirkende Kraft, wie folgt:

bei $\frac{0}{10}$	des Laufs	ist der W.	= 180^0	und die Kraft	0,00
" $\frac{1}{10}$	"	"	" 141^0	"	0,62
" $\frac{2}{10}$	"	"	" 123^0	"	0,33
" $\frac{3}{10}$	"	"	" 111^0	"	0,594
" $\frac{4}{10}$	"	"	" $97\frac{1}{2}^0$	"	0,986
" $\frac{5}{10}$	"	"	" $85\frac{1}{2}^0$	"	1,00
" $\frac{6}{10}$	"	"	" 75^0	"	0,956
" $\frac{7}{10}$	"	"	" $62\frac{1}{2}^0$	"	0,88
" $\frac{8}{10}$	"	"	" 49^0	"	0,746
" $\frac{9}{10}$	"	"	" 34^0	"	0,546
" $\frac{10}{10}$	"	"	" 0^0	"	0,000
11 Stationen.					7,158

Das Verhältniß der effektiven Kraft der Kurbel zu der, die angewendet wird, ist daher wie

$$\frac{7,158}{11} \text{ oder } 0,65 : 1, \text{ also etwa } \frac{2}{3}.$$

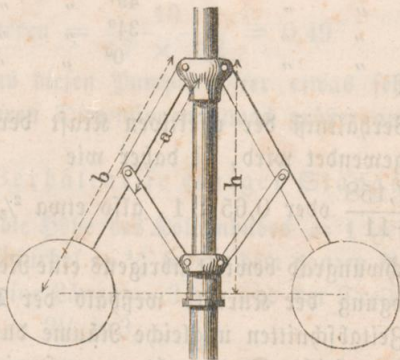
Das Schwungrad bewirkt übrigens eine Regelmäßigkeit in der Bewegung der Kurbel, weßhalb der Dampfkolben in gleichen Zeitabschnitten ungleiche Räume durchläuft und hiemit auch ungleiche Dampfvolume consumirt, wie aus folgender Figur zu ersehen ist.



23x-71x-110-x-140--x-134-x-134-x-140-x-110-x-71x23

Von den Kugelregulatoren.

Die Zeit, in welcher die Kugeln eine Umdrehung machen, beträgt gerade das Doppelte derjenigen, welche eine Pendel zu einer einfachen Schwingung braucht, von gleicher Länge mit der senkrechten Entfernung des Aufhängepunktes der Kugeln von der Ebene, in welcher sich dieselben herumbewegen.



Ist daher h diese Entfernung, so ist die zu einer Umdrehung der Kugeln erforderliche Anzahl von Sekunden oder:

$$t = 2\pi \times \sqrt{\frac{h}{g}}$$

$$\text{und } h = \frac{gt^2}{4\pi^2} = \frac{9^m,8088 \cdot t^2}{4 \times (3,1416)^2} = 0^m,2484 \cdot t^2$$

Ist nun n die Anzahl der Umdrehungen der Kugeln per Minute, so ist $t = \frac{60}{n}$,

$$\text{folglich } h = \frac{0,2484 \times 3600}{n^2} = \frac{894^m}{n^2}$$

$$\text{und } n = \sqrt{\frac{894}{h}}$$

Beisp. Die Geschwindigkeit der Kugeln betrage gewöhnlich 35 Umgänge per Minute, wie groß muß alsdann die Entfernung h seyn?

Antw. $h = \frac{894^m}{35^2} = 0^m,7298,$

für eine Entfernung $h = 0^m,50$ wäre dagegen die Geschwin-

digkeit der Kugeln $n = \sqrt{\frac{894}{0,50'}}$

$= 42\frac{1}{4}$ Umgänge per Minute.

Es entspricht hiemit einer jeden Geschwindigkeit eine bestimmte Entfernung der Kugeln vom Aufhängepunkte. Nun verhalten sich diese Entfernungen, wie obige Formeln zeigen, umgekehrt wie die Quadrate der Anzahl Umgänge, welche die Kugeln per Minute machen.

Vergrößert sich daher die mittlere Geschwindigkeit der Kugeln um $\frac{1}{10}$, so daß $n = \frac{11}{10}$ wird, so wird die Entfernung h im Verhältniß von $10^2 : 11^2$

oder: 100 : 121 abnehmen,

und also in obigen Beispielen der Ring, welcher das Reguliren der Dampfklappe zu bewirken hat, sich um $0^m,7298 \times \frac{21}{121} = 0^m,1267$ heben; daher auch bei kleinen Veränderungen der Geschwindigkeit die gehörige Empfindlichkeit statt hat.

Ferner geht aus obigen Formeln hervor, daß das Gewicht der Kugeln durchaus keinen Einfluß weder auf die Länge der Kugelarme, noch auf die Geschwindigkeit des Regulators hat, und solches ist bloß nach der Kraft zu bestimmen, welche erforderlich ist, um das Oeffnen und Schließen der Klappe zu bewirken.

Zur Auffindung dieses Gewichts P gibt Poncelet folgende Formel an:

$P = \frac{Ra}{2bn}$, wo b die Länge der Kugelarme, a die Entfernung der Gelenke vom Aufhängepunkte, R den zur Bewegung der Dampfklappe zu überwindenden Widerstand

und n den Unterschied zwischen der durchschnittlichen Geschwindigkeit der Kugeln und derjenigen, bei welcher bereits ein Einwirken des Regulators geschehen soll, bezeichnen.

Ist z. B. $a = 0^m,26$

$b = 0,30$

$R = 1\frac{1}{2}$ Kil., die durchschnittliche Geschwindigkeit der Kugeln = 60 Umgänge per Minute, und soll der Regulator bereits funktionieren, wenn sich diese Geschwindigkeit auf 59 oder auf 61 Umgänge verändert hat, wornach also:

$n = \frac{1}{60}$, so ist das Gesamtgewicht beider Kugeln

$$\text{oder: } P = \frac{1\frac{1}{2} \times 0^m,26 \times 60}{2 \times 0,30} = 39 \text{ Kil.}$$

Bestimmung der erforderlichen Quantität von Brennmaterial.

Da es eine Wärmemenge von 550 Calorien braucht, um 1 Kil. Wasser von 100°C in Dampf zu verwandeln, so braucht es, um 1 Kil. Wasser von t Graden in Dampf zu verwandeln, dessen Temperatur = t' Graden seyn soll, eine Wärmemenge von $550 + t' - t$, und um eine Quantität Wassers = W (in Kil. ausgedrückt) in solchen Dampf zu verwandeln, eine Wärmemenge von $W (550 + t' - t)$ Calorien, und da 1 Kil. Steinkohle 3000 Calorien produziren kann, so braucht es zu diesem Zwecke:

$$\frac{W (550 + t' - t)}{3000} \text{ Kilogr. Steinkohle.}$$

Die Menge Dampfes, welche 1 Kil. Steinkohle hingegen erzeugen kann, ist:

$$W = \frac{3000}{550 \times t' - t} \text{ Kilogr.}$$

Beisp. Wie viel Steinkohle erfordert es, um 15 Kil. Dampf von 2 Atmosphären zu bilden?

Antw. Bei einer Tension von 2 Atmosphären muß der Dampf (nach Tabelle in Nr. 9) eine Temperatur von 121° C haben. Da das Wasser, welches zur Dampfbildung dient, bei Dampfmaschinen vermittelt der Heißwasserpumpe aus dem Condensator in den Kessel gebracht wird, und da die Temperatur des Dampfes durch die Condensation bis auf 40° C herabsinkt, so kann füglich $t = 30^{\circ}$ gesetzt werden.

Es sind daher:

$$\frac{W(550 + t' - t)}{3000} = \frac{15(550 + 12 - 30)}{3000} = 3,2 \text{ Kil. Stein-}$$

kohle erforderlich.

Ueberhaupt kann angenommen werden, daß 1 Kilogr. Steinkohle, je nach der guten Einrichtung des Feuerherdes und der mehr oder weniger starken Tension des zu bildenden Dampfes 5—10 Kil. Dampf erzeugen kann.

Man rechnet ferner, daß

bei gut construirten Watt'schen Maschi-			
nen mittlerer Stärke	5	—6	Kil.
bei Hochdruckmaschinen mit Expansion			
und Condensation	$2\frac{1}{2}$	—4	"
bei Hochdruckmaschinen mit Expansion,			
ohne Condensation	4	—5	"
bei Hochdruckmaschinen ohne Expansion			
und ohne Condensation	8	—10	"
bei Locomotiven	6	—7	"

} Steinkohlen,
Cokes

per Pferdekraft und per Stunde verzehrt werden.

Bestimmung des Nutzeffektes von Dampfmaschinen ohne Expansion.

Bervielfacht man den Druck P , welchen der Dampf auf die Fläche des Kolbens ausübt, nach Abzug des Gegendruckes, welcher auf der entgegengesetzten Seite des Kolbens im Dampfcylinder stattfindet, mit der Hublänge und mit der Anzahl von einfachen Hügen, so erhält man den theoretischen, dynamischen Effekt der Maschine.

Beisp. I. Es sey der Durchmesser eines Dampfcylinders = $0^m,26$, der Kolben mache 31 Doppelhübe per Minute und die Hubshöhe betrage 1 Meter, wie groß ist der hervorgebrachte dynamische Effekt bei Anwendung von Dampf von $3\frac{1}{2}$ Atmosphären mit und ohne Condensation?

Antw. Fläche des Kolbens = $0,7854 \times 26^2 = 531 \square^{cm}$.

Nach Tabelle XXV ist der Dampfdruck bei $3\frac{1}{2}$ Atmosph.
= $3^k,615$ per $\square^{cm}$,

ohne Condensation der Gegendruck = 1 Atm. = $1^k,033$,
daher der wirkliche Druck auf den Kolben oder:

$$P = 531 (3,615 - 1,033) = 1371 \text{ Kil.}$$

und der dynamische Effekt = $\frac{1371^k \times 1^m \times 62}{60}$

$$= 1417 \text{ K} \times \text{m per Sek.}$$

$$= 18,89 \text{ Pferde,}$$

mit Condensation ist dagegen der Gegendruck = ca. $0^k,06$,
daher $P = 531 (3,615 - 0,06) = 1888 \text{ Kil.}$

und der dynamische Effekt = $\frac{1888^k \times 1^m \times 62}{60}$

$$= 1951 \text{ K} \times \text{m per Sek.}$$

$$= 26 \text{ Pferde.}$$

Beisp. II. Wie groß ist die Kraft einer Watt'schen Dampfmaschine, bei welcher 200 Kil. Dampf stündlich erzeugt werden, wenn der Dampfdruck nach Abzug des Gegendruckes noch $1\frac{1}{4}$ Atmosphäre beträgt?

Die Pression von 1 Kil. Dampf von $1\frac{1}{4}$ Atmosphäre ist nach angegebener Tabelle = $1^k,292$, das Volum desselben = $1384',36$, folglich die mechanische Kraft desselben = $1^k,292 \times 1384',36 = 17885 \text{ k} \times \text{m}$, und von 200 Kil. Dampf = 200×17885

$$= \frac{3577000}{3600 \times 75} = 13\frac{1}{4} \text{ Pferdekkräfte.}$$

In Betreff des Nugeffektes, so hängt derselbe von der Stärke der Maschinen, von der mehr oder minder guten Construktion derselben und von dem Zustande ab, in welchem sie unterhalten werden.

Nach Poncelet und Morin kann derselbe für Watt'sche Maschinen (mit Condensation)

unter 8 Pferden zu 45 — 50,

von 10 — 20 Pferden zu 47 — 56,

„ 30 — 50 „ „ 54 — 60,

„ 60 — 100 „ „ 60 — 65 Procenten

angenommen werden.

Bei Hochdruckmaschinen ohne Condensation beträgt der Nugeffekt dagegen bloß 35 à 40 Proc.

Nach Tretgold beträgt derselbe bei Watt'schen Maschinen 63,2 Proc., und der Verlust also 36,8 Proc. und soll durch folgende Widerstände erzeugt werden:

Kraft, um den Dampf in den Cylinder zu treiben 0,7

id. herauszustossen . . . 0,7

Durch Erkältung in den Röhren und im Cylinder 1,6

Kolbenreibung 12,5

Dampf, welcher von dem Ende des Hubes

abgeschnitten wird 10,0

Kraft, um die Klappen zu öffnen, das In-
jektionswasser zu heben und Achsen-
reibung 6,3
Kraft zum Betriebe der Luftpumpe 5,0
zusammen 36,8 Proc.

In Lancashire wird bei Niederdruckmaschinen gewöhn-
lich zu 1 Pferdekraft

25 □" Kolbenfläche bei 220' Geschw. per Minute
oder 23 □" " " 240' " " "
angenommen. Die Kraft des Dampfes im Kessel beträgt
ferner durchschnittlich 35 Zoll Quecksilberhöhe (220° F), die
des uncondensirten Dampfes dagegen 3",7 (120° F), daher
der reelle Druck des Dampfes = 31",3.

Da nun Dampf von 1 Atmosph. = 14,7 engl. ℥
per □Zoll = 29",9 Quecksilberhöhe ist, so correspondirt
eine Quecksilbersäule von 31",3 einem Drucke von 14",7
 $\times \frac{31,3}{29,9} = 15,5$ ℥ per □Zoll, und es ist daher bei
diesen Maschinen eine Pferdekraft zu:

25 □" $\times 15,5 \times 220 = 85250$ ℥ Fuß per Minute,
und deren Nugeffekt bloß zu $\frac{33000}{85250} = 38,7$ Procenten
angenommen.

Nr. 52.

Berechnung des Nutzeffektes bei Expansions-Maschinen.

Bei den Expansionsmaschinen füllt der Dampf, welcher bei jedem Kolbenzuge in den Dampfeylinder tritt, denselben nicht ganz, sondern nur eine Portion desselben an, und es wird alsdann die Communication des Cylinders und der Dampfrohre durch irgend eine Vorrichtung unterbrochen. Der Dampf wirkt also nur während eines gewissen Theiles der Zeit, welche der Kolben braucht, um die ganze Hubslänge zu durchstreichen, mit der anfänglichen Pression, dehnt sich dann aber aus und wirkt also mit einer Pression, welche sich immer mehr und mehr vermindert.

Bei den Woolfschen Maschinen, welche mit zwei Dampfeylindern versehen sind, wirkt der Dampf in einem derselben fortwährend mit seiner anfänglichen Tension, tritt aber, nachdem er den Kolben die ganze Hubslänge hindurch getrieben hat, in einen zweiten viel größern Cylinder, wo er sich ausdehnt, und mit einer kleinern, sich immer vermindern den Pression auf den zweiten Kolben wirkt und dadurch den Nutzeffekt merklich vergrößert.

Je größer nun das Volum des Dampfeylinders im Verhältniß zu dem Volum des Dampfes, welches bei jedem Kolbenzuge in denselben eingelassen wird, oder das Verhältniß der Volume der beiden Dampfeylinder ist, desto

größer wird die Ausdehnung und desto größer auch der Nutzeffect einer gegebenen Menge Dampfes seyn.

Diese Expansion des Dampfes kann jedoch nur so weit mit Vortheil getrieben werden, als der Druck des Dampfes am Ende seiner Ausdehnung den Gegendruck noch übersteigt, welchen der Kolben erleidet und welcher von der Kolbenreibung, von der Unvollkommenheit der Condensation und andern Ursachen herrührt. Würde dieselbe noch weiter fortgesetzt, so würde die weitere Fortbewegung des Kolbens nur auf Kosten der schon erhaltenen Wirkung des Dampfes geschehen. Der Dampf kann demnach um so mehr ausgedehnt werden, je größeren Druck derselbe besitzt, und je geringer jener Gegendruck ist, und es kann hiemit namentlich bei Hochdruck-Maschinen mit Condensation und mit zwei Dampfscylindern versehen, eine bedeutende Expansion bewirkt werden.

Folgende Tabelle * gibt den dynamischen Effect an, welchen 1 Cubikmeter Dampf von 1 Atmosphäre Druck durch eine mehr oder minder große Ausdehnung erzeugen kann.

* E. Poncelet, traité de mecanique, Vol. I.

Tabelle XXVIII.

Volum des Dampfes nach der Ausdeh- nung in Cubikmetern.	Dynam. Effekt des Dampfes in Kilogrammetern.	Volum des Dampfes in Cub. ^m	Dynam. Effekt in k × m.
1,00	10330	5,75	28399
1,25	12635	6,00	28839
1,50	14518	6,25	29261
1,75	16111	6,50	29665
2,00	17490	6,75	30055
2,25	18707	7,00	30431
2,50	19795	7,25	30794
2,75	20780	7,50	31144
3,00	21679	7,75	31483
3,25	22506	8,00	31811
3,50	23271	8,25	32129
3,75	23984	8,50	32437
4,00	24650	8,75	32736
4,25	25277	9,00	33027
4,50	25867	9,25	33310
4,75	26426	9,50	33585
5,00	26955	9,75	33854
5,25	27459	10,00	34116
5,50	27940		

Da die dynamischen Effekte zweier Gasarten, welche man um die nämliche Portion ihrer anfänglichen Volume ausdehnen läßt, sich zu einander verhalten wie die Produkte ihrer Tensionen in ihre Quantitäten, so hat man, um den Effekt irgend einer Quantität Dampfes von einer gegebenen Tension zu wissen, nur den der nämlichen Ausdehnung entsprechenden Effekt in der vorstehenden Tafel

aufzusuchen, und denselben mit dem Produkte der gegebenen Quantität und Tension zu vervielfachen.

Beisp. Es sey der Diameter des Kolbens = 0^m,4, so ist seine Sektion = $0,7854 \times (0,4)^2 = 0,12566 \text{ } \square^m$.

Strömt nun der Dampf in den Cylinder bis auf die Höhe von 0^m,32, so wird das Volum des bei jedem Kolbenzuge hineingeströmten Dampfes = $0,32 \times 0,12566 = 0,0402125 \text{ Cubikmeter}$ seyn.

Es habe dieser Dampf eine Tension von $3\frac{1}{2}$ Atmosphären und dehne sich bis auf $4\frac{1}{2}$ mal seines anfänglichen Volums aus. Für diese Expansion gibt die Tabelle für die Wirkung von 1 Cub.^m Dampf, dessen anfängliche Tension = 1 Atmosphäre ist, 25867 k $\times$ m an.

Der dynamische Effekt von 0,0402125 Cub.^m von $3\frac{1}{2}$ Atmosphären Pression und der nämlichen Expansion wird hiemit = $25867 \times 0,0402125 \times 3\frac{1}{2} = 3640 \text{ k} \times \text{m}$ seyn. Bei jedem doppelten Kolbenzuge wird also ein Effekt von $2 \times 3640 = 7280 \text{ k} \times \text{m}$ statt haben, und geschehen 15 solcher Kolbenzüge per Minute, so ist der theoretische Effekt per Sekunde

$$= \frac{7280 \times 15}{60} = 1820 \text{ k} \times \text{m} = 24 \text{ Pferdekkräfte.}$$

Es beträgt nun der Nugeffekt bei Expansionsmaschinen von der Kraft von weniger als 8 Pferden 30—33,

"	10— 20	"	35—42,
"	20— 40	"	45—50,
"	60—100	"	55—60,

Es kann also in obigem Beispiele der Nugeffekt dieser Maschine zu $0,40 \times 24 = 9,6$ Pferdekkräfte angenommen werden.

Ueber die Cornwaller Maschinen. *

Diese Maschinen, welche dazu dienen, um das Wasser fortwährend Tag und Nacht aus den Gruben heraufzupumpen, haben seit circa zwanzig Jahren wesentliche Verbesserungen erlitten und unterscheiden sich von andern Dampfmaschinen hauptsächlich dadurch:

- 1) daß sie meistens einfachwirkend sind, mit Dampf von 3—4 Atmosphären und mit 4—8facher Expansion arbeiten;
- 2) daß sie eine sehr langsame Bewegung (gewöhnlich bloß 4—6 Doppelhübe per Minute) haben;
- 3) daß sie in Folge dieser zwei Punkte im Verhältnisse zu ihrer Stärke ungewöhnlich große Dampfeylinder besitzen;

(Nach Wickssteed soll z. B. eine 26pferdige Maschine einen Cylinder von circa 4 Fuß Durchmesser und 9 Fuß Hub besitzen.)

- 4) daß die Pumpstange direkt am andern Ende des Balanciers angebracht ist, und da also die Hin- und Herbewegung des Dampfkolbens nicht in eine rotirende umgewandelt werden muß, sie weder Kurbel noch Schwungrad nöthig haben. Außer der daraus hervorgehenden großen Einfachheit des Mechanismus kann demnach der Kolben, auch während der Expansion, seine Geschwindigkeit vermindern.

In Folge dieser eigenthümlichen Verhältnisse sind die Leistungen dieser Maschine größer, als bei irgend einem

* Eine ausführliche Abhandlung über diese Maschinen enthält Chr. Vernoulli's Dampfmaschinenlehre, 2te Aufl. 1843.

andern Systeme von Dampfmaschinen; dagegen werden dieselben aller Wahrscheinlichkeit nach oft zu günstig dargestellt.

Wicksteed gibt z. B. an, daß eine Cornwaller Maschine in 135 Minuten 1 Bushel Steinkohle verbrannte, in dieser Zeit 672 Hübe machte und bei jedem Hube 21.700 $\mathcal{A}$ Wasser $8\frac{1}{12}$ Fuß hoch hob, woraus ein Nutzeffekt von $117\frac{6}{7}$ Millionen Pfund Fuß, oder da 1 Bushel Steinkohlen circa 43 Kil. wiegt, per Kilogr. ein Nutzeffekt von $373.800 \text{ K} \times \text{m}$ abgeleitet werden kann.

Da dieser Effect demjenigen von 26 Pferdekraften gleichkömmt, so würde diese Maschine also bloß $0^{\circ},8$ Steinkohle per Pferdekraft und per Stunde verzehren. Da ferner die Temperatur des Dampfes von 4 Atmosphären = 145°C ist, so braucht es, wenn die des Speisewassers zu 55°C angenommen wird, zur Bildung von 1 Kil. Dampf $550 + 145 - 55 = 640$ Calorien.

Nimmt man nun auch an, daß, da in Cornwallis meistens nur Steinkohlen bester Qualität angewendet werden und ferner eine sehr zweckmäßige Kesselfeuerung befolgt wird, mit 1 Kil. Steinkohle circa 4800 Calorien oder circa $7\frac{1}{2}$ Kil. = $3,58 \text{ Cub.}^{\text{m}}$ Dampf erzeugt werden, so wäre, da nach Tabelle XXVIII $3,58 \text{ Cub.}^{\text{m}}$ Dampf von 4 Atmosph. bei 6facher Expansion einen dynamischen Effect von $3,58 \times 4 \times 28839 = 412974 \text{ Km.}$ geben, das Verhältniß des dynamischen Effectes zum Nutzeffect

$$\text{wie } 412974 : 373800 = 1 : 0,90,$$

welches Resultat im Vergleiche mit denjenigen anderer Maschinen als beinahe unglaublich erscheinen muß.

Nr. 53.

XXIX. Tabellen über Dampfmaschinen.

I. Doppelwirkende Niederdruckmaschinen.

Anzahl Pferde- kräfte.	Diam. des Kolbens in Cm.	Kolben- fläche in $\square^{cm}$ per Pferd.	Anzahl Hübe pr. Min	Länge des Hubes in Cm.	Ge- schwin- digkeit des Kolbens per Sek.	Dampf- volum pr. Min. und per Pferd in Lit.	Effek- tiver Druck auf den Kolben per $\square^{cm}$ in Kil.
1	15,2	181	50	51,0	85,0	924	0,49
2	21,3	178	42	60,9	86,3	923	0,49
4	29,5	171	34	76,1	90,0	923	0,49
6	35,3	163	31	91,4	94,4	922	0,49
8	40,4	160	27	106,7	96,0	922	0,49
10	45,0	159	24	121,9	97,5	920	0,49
12	49,0	157	24	121,9	97,5	920	0,49
16	55,3	150	22	173,1	100,5	900	0,50
20	61,0	146	20	152,3	101,5	890	0,51
25	67,4	143	18	169,5	101,6	873	0,52
30	72,6	137	17	182,8	103,6	858	0,53
35	77,8	136	17	182,8	103,6	855	0,53
40	82,5	134	16	198,7	106,0	850	0,53
50	91,4	132	15	213,3	106,6	841	0,54
60	99,6	130	14	228,5	106,6	832	0,54
75	111,0	129	13	243,8	105,7	818	0,55
100	127,0	126	12	259,0	103,6	785	0,58
150	154,5	125	10	301,7	100,6	755	0,60
200	177,8	124	10	301,7	100,6	748	0,61

Bei diesen Maschinen wirkt gewöhnlich der Dampf mit einem Drucke von 1,17 Atmosphären = $1^h,20$ per $\square^{Cent}$. Die letzte Columne gibt das Verhältniß des Nutzeffektes zum theoretischen Effekte an.

II. Maschinen à 5 Atmosphären ohne Expansion und ohne Condensation.

Anzahl Pferde- kräfte.	Diameter des Kolbens in Cm.	Kolben- fläche per Pferd in □cm.	Anzahl Hübe per Min.	Länge des Hubes in Cm.	Geschw. des Kolbens per Sek.	Dampf- volum per Min. und per Pferd in Kilogr.
1	10,0	79	52	40	70	0,85
2	13,5	72	45	50	75	0,83
4	18,0	64	40	60	80	0,78
6	21,0	58	36	70	85	0,75
8	22,7	51	34	80	90	0,70
10	24,5	47	32	90	95	0,69
12	26,0	44	30	100	100	0,68
16	29,0	41	29	110	105	0,67
20	31,2	38	28	120	110	0,65
25	34,0	36	27	130	115	0,64
30	36,0	34	26	140	120	0,63
35	38,0	32	25	150	125	0,62
40	39,3	30	24	160	130	0,61
50	43,0	29	24	170	135	0,60
60	46,0	28	23	180	140	0,60
75	50,0	26	23	190	145	0,58
100	56,0	25	22	200	150	0,57

Anzahl Pferde- kräfte.	III. Maschinen à 5 Atmosphären mit 4facher Expansion ohne Condensation.			IV. Maschinen à 4 Atmosphären mit 4facher Expansion und mit Condensation		
	Diameter des Kolbens in Em.	Kolben- fläche per Pferd in □ ^{em} .	Dampf- volum per Min. und per Pferd in Kilogr.	Diameter des Kolbens in Em.	Kolben- fläche per Pferd.	Dampf- volum per Min. und per Pferd.
1	13,7	147	0,40	15,5	189	0,42
2	18,5	134	0,39	20,3	160	0,38
4	25,1	124	0,38	27,5	148	0,37
6	30,8	122	0,37	32,5	138	0,37
8	32,8	106	0,36	36,0	127	0,36
10	35,5	99	0,36	39,0	119	0,36
12	37,5	92	0,36	41,5	113	0,35
16	42,0	87	0,35	46,0	104	0,34
20	45,3	81	0,34	49,0	94	0,34
25	49,2	76	0,33	54,0	92	0,33
30	52,4	72	0,33	57,3	86	0,32
35	55,0	68	0,32	58,8	78	0,31
40	57,0	64	0,31	62,0	75	0,30
50	61,9	60	0,30	67,0	71	0,29
60	66,3	58	0,30	72,0	68	0,29
75	72,3	55	0,30	77,0	67	0,29
100	84,0	55	0,30	85,0	57	0,28

NB. Die übrigen Columnen sind wie in Tabelle II.

Wird nun angenommen, daß 1 Kilogr. gute Steinkohle 6 Kilogr. Dampf erzeugen kann, so ergibt sich, daß eine Nieder- oder Hochdruckmaschine ohne Expansion im Durchschnitte circa 39 Kil. Dampf und 6½ Kil. Steinkohle stündlich per Pferdekraft consumirt, eine Maschine mit starker Expansion dagegen mit oder ohne Condensation circa 20 Kil. Dampf und 3½ Kil. Steinkohle, welches Resultat auch bei der Vergleichung der Tabellen XXV und XXVIII ziemlich übereinstimmend gefunden wird.

Nr. 54.

Dampfschiffe. *

Um die Kraft zu finden, welche erforderlich ist, um ein gegebenes Schiff mit einer Geschwindigkeit V fortzutreiben, ist vorerst nöthig, den Widerstand zu berechnen, welchen das Schiff bei dieser Geschwindigkeit erleidet, und welcher hauptsächlich besteht

- 1) Aus dem Stöße, den der Vordertheil des Schiffes gegen das Wasser ausüben muß, und
- 2) aus der Reibung des Wassers an der äußern Oberfläche des untergetauchten Theiles.

Angenommen, daß der Vordertheil des Schiffes eine zur Wasseroberfläche senkrechtstehende Fläche, deren untergetauchter Querschnitt $= S$ ist, bildet, wäre der erstere Widerstand

$$= 1\frac{1}{2} \times W \times S \times \frac{V^2}{2g}$$

wo $W = 1000$ Kil. (Gewicht von 1 Cub.-Meter Wasser) und $g = 9^m,81$ ist

$$= 77 \text{ Kil.} \times S \times V^2.$$

Der Vordertheil der Schiffe ist jedoch, um diesen Widerstand möglichst zu vermindern, niemals eine geradlinigte Fläche, sondern besteht aus zwei doppelt gebogenen

* G. J. Verdam, Werktuigkoude.

Flächen, welche einen um so geringeren Widerstand erleiden, je spitzer dieselben gegen einander zulaufen.

Gewöhnlich bilden sie einen Winkel von circa 30° , und es beträgt alsdann dieser Widerstand bloß $\frac{1}{7}$ à $\frac{1}{8}$ desjenigen, welcher bei senkrechtstehenden Flächen stattfinden würde, oder

$$= 11^k \times S \times V^2.$$

In Betreff des zweiten Widerstandes, so hat man gefunden, daß zu dessen Ueberwindung ein Gewicht von 0,15 Kil. per Quadrat-Meter der untergetauchten Seiten- und Bodenfläche erforderlich ist, wenn das Schiff eine Geschwindigkeit von 1 Meter per Sekunde hat, und es ist also, wenn O diese Fläche bedeutet, der Werth der Reibung $= 0^k,15 \times O \times V^2$.

Die beiden Widerstände betragen daher zusammen:

$$(11^k \times S + 0^k,15 \times O) \times V^2$$

und der Rugeffekt, welchen die Schaufelräder deßhalb auszuüben haben:

$$(11^k \times S + 0^k,15 \times O) \times V^3,$$

daher derselbe im cubischen Verhältnisse zur Geschwindigkeit des Schiffes steht.

Anmerkung. Diese Formel gilt bloß für den Fall, wo sich das Schiff im ruhigen Wasser bewegt.

Soll dasselbe dagegen einen Strom hinauf oder hinabtreiben, dessen Geschwindigkeit $= v$ ist, so muß, da hier bloß die relative Geschwindigkeit des Schiffes zu berücksichtigen ist, statt V^3 beim Hinauffahren $(V + v)^2 \times V$ und beim Hinunterfahren $(V - v)^2 \times V$ gesetzt werden, weßhalb ein sehr bedeutender Unterschied in der erforderlichen Kraft stattfindet, um gegen den Strom oder mit dem Strome zu fahren.

Soll z. B. ein Schiff eine Geschwindigkeit $V = 4$ Meter per Sekunde haben, so verhält sich die erforderliche Kraft im ruhigen Wasser, mit dem Strom und gegen den

Strom, wenn die Geschwindigkeit desselben $v = 2$ Meter ist, wie:

$$4^3 : (4 - 2)^2 \times 4 : (4 + 2)^2 \times 4 \\ = 4 : 1 : 9.$$

Ist h die Tiefe des untergetauchten Theiles der Schaufeln, b die Breite derselben (in Metern ausgedrückt), so wird der Nutzeffekt beider Räder zusammen durch den Werth

$$80 bh V^3$$

bestimmt, wobei angenommen ist, daß dieselben die dem größten Effekte entsprechende Umfangsgeschwindigkeit haben, welche ungefähr um die Hälfte größer ist als die Geschwindigkeit des Bootes, und es ist demzufolge

$$80 bh V^3 = (11^k \times S + 0^k,15 \times O) V^3$$

$$\text{und } bh = \frac{1}{80} (11^k \times S + 0^k,15 \times O)$$

aus welcher Formel die erforderliche Größe der Schaufeln berechnet werden kann. Uebrigens scheint es vortheilhaft zu seyn, die Breite der Schaufeln so groß anzunehmen, als es die Breite des Fahrwassers und sonstige Umstände gestatten, und ferner die Schaufeln keinesfalls so tief zu machen, daß die Geschwindigkeit des innern Umkreises geringer wird als die des Schiffes. Gewöhnlich wird dieselbe zu $\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{8}$ des äußeren Durchmesser der Räder angenommen. Dieser letztere soll ferner so groß gemacht werden, als es die Einrichtung des Schiffes erlaubt, und aus der Umfangsgeschwindigkeit desselben dann die Anzahl der Kolbenhübe berechnet werden, welche die Dampfmaschine zu machen hat.

In Bezug auf die erforderliche Dampfkraft, so muß dieselbe ungefähr im gleichen Verhältnisse die oben bezeichnete Summe der Widerstände übersteigen, als die Umfangsgeschwindigkeit der Schaufelräder größer seyn muß, als die Geschwindigkeit des Schiffes, und es ist dieselbe daher

$$= \frac{3}{2} \times 80 \text{ bh } V^3 = 120 \text{ bh } V^3 \text{ Kilogr. Meter.}$$

Beisp. Es sey die erforderliche Dampfkraft für das pag. 35 angegebene Schiff zu berechnen, bei einem Tiefgang von 3 Fuß, und welches eine Geschwindigkeit von 3 Meter per Sekunde in ruhigem Wasser haben soll.

Es beträgt demnach die größte Sektion des Schiffes

$$\begin{aligned} S &= 69,3 \text{ □Fuß} \\ &= 7,3 \text{ □Meter.} \end{aligned}$$

Die Oberfläche des untergetauchten Schiffskörpers kann am besten gefunden werden, wenn man durch Zeichnung der verschiedenen Querdurchschnitte die Länge der untergetauchten Bogen aufsuche, und dieselbe auf gleiche Weise in Rechnung bringt, wie es pag. 35 zur Inhaltsberechnung des versetzten Wassers mit den Sektionen geschah.

Approximativ erhält man dieselbe dagegen auch, wenn man die Länge des Bogens einer mittleren Sektion mit der Länge des Schiffes (auf der Wasserlinie gemessen) multipliziert.

Ist z. B. der Bogen der Sektion D = 6 Meter, die Länge des Schiffes = 31 Meter, so erhält man annähernd für die gesuchte Oberfläche

$$O = 6 \times 31 = 186 \text{ □Meter.}$$

Es ist daher die erforderliche Fläche einer jeden Schaufel

$$\begin{aligned} \text{bh} &= \frac{1}{80} (11^k \times 7,3 \text{ □}^m + 0,15 \times 186 \text{ □}^m) \\ &= 1,35 \text{ □Meter.} \end{aligned}$$

Nimmt man also die Breite der Schaufeln zu 2 Meter an, so muß die Tiefe des untergetauchten Theiles = $\frac{1,35}{2}$ = 0^m,675 betragen.

Die erforderliche Dampfkraft wird seyn
 $= 120 \times 1,35 \times (3^m)^3$
 $= 58\frac{1}{3}$ Pferdekkräfte;
 daher zwei Maschinen, jede von circa 30 effektiven Pferdekkräften, zu diesem Schiffe genügen werden.

Da die vortheilhafteste Geschwindigkeit des äußern Umfanges der Schaufelräder $= \frac{3}{2} \times 3^m = 4\frac{1}{2}$ Meter per Sekunde seyn wird, so müssen dieselben, wenn deren Durchmesser 4,8 Meter angenommen wird, $\frac{4\frac{1}{2} \times 60}{3,14 \times 4,8} = 18$ Umgänge und hiemit die Kolben der Maschine (wenn dieselben direkt auf die Naderachse wirken) eben so viele Doppelhübe per Minute machen.

Nr. 55.

Von den Dampfwägen. *

Die Dampfwägen oder Locomotiven haben außer den Transportwägen auch noch ihr eigenes Gewicht zu transportiren und sollen deßhalb so leicht als möglich gebaut werden.

Die Maschinerien derselben unterscheiden sich daher von stehenden Dampfmaschinen hauptsächlich dadurch:

- a) daß sie stets mit Hochdruck und ohne Condensation arbeiten;
- b) daß sie kein Schwungrad haben, dagegen statt dessen zwei Dampfeylinder besitzen, die auf den beiden Seiten des Wagens sich befinden und deren Treibfurbeln so zu einander stehen, daß der Kolben des einen Dampfeylinders in der Mitte des Hubes steht, während der andere das Ende desselben erreicht hat;
- c) daß die Kessel desselben, um bei geringem Volumen und Gewicht möglichst viel Heizfläche darzubieten, eine große Anzahl Röhren in ihrem Wasserraum haben, durch welche der Rauch durchzieht, ehe er sich in den Kamin begibt.

Die Stärke einer Locomotive wird selten nach Pferdestärken angegeben, sondern meistens nach der Last, welche dieselbe mit einer gewissen Geschwindigkeit auf einer horizontalen Bahn fortzuziehen im Stande ist.

* Armengaud, industrie des chemins de fer. 1838.

Die Berechnung über die Leistungen, sowie über die erforderlichen Dimensionen der Locomotiven können aus dem nachfolgenden Beispiele ersehen werden, und wir bemerken vorläufig bloß Folgendes:

1) ist p der effektive Dampfdruck (nach Abzug desjenigen der atmosphärischen Luft) per □Zoll oder □Centimeter,

d der Diameter der Dampfkolben,

l der Kolbenhub,

n die Anzahl von doppelten Kolbenhüben per Sekunde, so ist der theoretische Effekt der Locomotive

$$= 4 \times 0,7854 d^2 \times l \times n \times p;$$

2) ist D der Durchmesser der großen Räder, auf welche die Kurbelstangen direkt wirken, so ist die Geschwindigkeit der Locomotive per Sekunde

$$= 3,14 \times D \times n.$$

Gewöhnlich wird der Durchmesser der Triebräder 3 à 4mal so groß als der Kolbenhub gemacht, wonach die Geschwindigkeit der Räder das Fünf- à Sechsfache derjenigen der Dampfkolben beträgt.

3) Der Effekt oder die Stärke einer Locomotive hängt hauptsächlich von dem Dampfquantum ab, welche deren Kessel produziren kann.

Nach de Pambour gibt 1 □Meter Fläche, welche direkt der Flamme ausgesetzt ist, 0,122 Cub-Meter Dampf = 122 Kil. Wasser per Stunde, und also 2^h,033 Wasser per Minute. Da jedoch meistens nicht aller Dampf in die Dampfcylinder gelangt, sondern fortwährend ein Theil des erzeugten Dampfquantums durch die Sicherheitsklappen entweicht, so können für die Praxis bloß circa 92 Kil. Dampf per Stunde und per □Meter angenommen werden.

Stephenson gibt ferner an, daß die Fläche der

Seitenwände der Röhren, durch welche der Rauch durchzieht, nur $\frac{1}{3}$ so viel Dampf erzeugt, als eine gleich große Fläche, welche direkt der Flamme ausgesetzt ist. Es ist daher in der Berechnung des erzeugten Dampfquantums die Gesamtfläche dieser Röhrenwände auf $\frac{1}{3}$ zu reduzieren.

4) Nach de Pambour ist die Reibung einer Locomotive, welche circa 8000 Kil. mit Einschluß des Wassers im Kessel und der Kohlen im Feuerherde wiegt, auf einer ganz ebenen Bahn = 50 Kil. (also $6\frac{1}{4}$ Kil. per Tonne), und ferner der Widerstand bei einer beladenen Maschine $4^k,09$ per 1000 Kil. Belastung; daher der totale Widerstand auf die Räder, wenn P die Anzahl von Tonnen der Belastung ausdrückt:

$$= 50^k + 4^k,09 \times P,$$

und also derjenige auf die beiden Dampfkolben

$$= (50^k + 4^k,09 \times P) \times \frac{3,14 D}{21}$$

wo D den Durchmesser der Räder, l den Kolbenhub bedeutet.

5) Berechnung der erforderlichen Ziehkraft auf einer geneigten Ebene.

Die erforderliche Kraft, um irgend eine Last auf einer schiefen Ebene hinaufzuziehen, ist, abgesehen von der zu überwindenden Reibung, gleich groß, ob dieselbe auf einer Eisenbahn oder einer sonstigen Straße besteht, und verhält sich nach pag. 88 zur Last, wie deren Länge zur Höhe. Hat daher z. B. eine Eisenbahn eine Neigung von $\frac{1}{500}$,

so werden per 100 Tonnen $\frac{100 \cdot 1000}{500} = 200$ Kil. erfordert;

und wird nun angenommen, daß eine Locomotive circa 10 Tonnen wiegt, so beträgt diese Kraft $\frac{110 \cdot 1000}{500} = 220$ Kil.

Nach 4) beträgt aber der Widerstand der Reibung oder die Kraft, um 100 Tonnen auf einer gegebenen Fläche fortzuziehen:

$$50^k + 4,09 \times 100 = 459 \text{ Kil.},$$

und es verhält sich also diese Kraft zu jener, welche erforderlich ist, um die gleiche Last auf einer Bahn von $\frac{1}{500}$ Neigung heraufzuziehen,

$$\text{wie } 459 \text{ Kil.} : 459 + 220 = 679 \text{ Kil.}$$

$$\text{oder wie } 100 \text{ Kil.} : 148 \text{ Kil.}$$

daher die Zugkraft auf dieser geneigten Ebene um 48% größer ist, als auf horizontaler Bahn; auf gleiche Weise findet man, daß folgende Kraft erforderlich ist, um 100 Tonnen heraufzuziehen:

Neigung der Flächen. 1 zu	Kraft.
10000	102,4 Tonnen
8000	103
6000	104
4000	106
2000	112
1000	124
900	127
800	130
700	134,2
600	140
500	148
400	160
300	181
200	220
150	260
100	340
80	400.

Auf einer Bahn von $\frac{1}{500}$ braucht es daher ungefähr das Doppelte, bei einer Neigung von $\frac{1}{80}$ die vierfache Kraft als auf einer ebenen Bahn, woraus die Wichtigkeit

von selbst hervorleuchtet, die Reigung bei Eisenbahnen so viel als möglich zu verringern.

Da die Reibung auf einer guten gewöhnlichen Straße circa $\frac{1}{20}$ beträgt, also für eine Last von 100 Tonnen 5000 Kil. erforderlich sind, so ist das Verhältniß der Kraft auf einer ebenen Straße zu derjenigen auf einer Straße von $\frac{1}{200}$ Reigung wie

$$5000^k : 5000 + \frac{100000}{200} = 5500 \text{ Kil.}$$

oder wie 10 : 11,

woraus folgt, daß eine auf einer gewöhnlichen Straße gehende Locomotive bei weitem nicht ihre Kraft so zu verstärken hat, um eine Steigung zurückzulegen, als es auf einer Eisenbahn der Fall ist.

Beispiel.

Berechnung der Locomotive „Jackson“,
gebaut durch Fenton, Murray und Jackson in Leeds
für die Bahn von Paris nach St. Germain.

Durchmesser der Dampfskolben 28,2 Centimeter.

Totalfläche beider Cylinder:

$$2 \times 0,7854 \times (28,2)^2 = 1249,16 \text{ □Centimeter.}$$

Es werde nun Dampf von 3 Atmosphären angewendet,
so ist der Druck nach Abzug des atmosphärischen Luftdrucks
= 2,066 Kil. per □Centimeter und also auf obige Fläche
= $1249,16 \times 2,066 = 2580^k,64$.

Der Kolbenhub beträgt 0,41 Meter. Wird nun eine
Geschwindigkeit von 100 Umgängen der großen Räder oder
doppelten Kolbenhuben per Minute angenommen, so ist
die Geschwindigkeit der Kolben = $1^m,367$ per Sekunde,
und der theoretische Effect der Maschine = $2580^k,64 \times$
 $1^m,367 = 3527 \text{ k} \times \text{m} = 47 \text{ Pferde.}$

Die direkt dem Feuer ausgesetzten Flächen betragen zusammen $3,628 \square^m$,
 ferner die Totalfläche von 82 Röhren von $2^m,1$ Länge und $0^m,044$ innerem Durchmesser

$= 82 \times 2^m,1 \times 0,044 \times 3,14 = 20,582 \square^m$
 daher nach 3) die Heizfläche, welche in die Rechnung zu bringen ist

$$= 3,628 + \frac{20,582}{3} = 10,49 \square^m,$$

und das Wasserquantum, welches dieser Kessel per Minute verdampfen kann,

$$= 10,49 \times 2^k,033 = 21^k,33.$$

Bei Dampf von 4 Atmosphären wiegt 1 Cub.-Meter $2^k,092$ oder 1 Liter $0^k,002092$.

Da nun der Inhalt der zwei Dampfeylinder $= 1249,16 \square^m \times 0^m,41 = 51,22$ Liter ist, so ist das Gewicht des Dampfes, welches per Umgang der großen Räder verbraucht wird,

$$= 2 \times 51,22 \times 0^k,002092 = 0^k,2143,$$

und also die Anzahl Umgänge, welche die Locomotive zu machen im Stande ist,

$$= \frac{21^k,33}{0,2143} = 99,39;$$

der äußere Durchmesser der großen Räder $= 1^m 53$,
 daher die Geschwindigkeit der Locomotive

$$= \frac{1,53 \times 3,14 \times 99,39}{60} = 7^m,964 \text{ per Sekunde}$$

$$= 28,672 \text{ Kilometer per Stunde.}$$

Auf gleiche Weise findet man, daß bei Anwendung von Dampf von 5 Atmosphären $23,39$ Kilometer, bei

3 Atmosphären = 37 Kil., bei $2\frac{1}{2}$ Atmosphären 45 Kil. die Geschwindigkeit dieser Locomotive seyn wird; je stärkerer Dampf daher angewendet wird, desto geringer ist die Geschwindigkeit bei gleicher Heizfläche.

Der totale Widerstand, welcher durch die beiden Dampfsolben überwunden werden muß, ist nach 4)

$$(50^k + 4^k,09 \times P) \times \frac{3,14 \times 1^m,53}{2 \times 0^m,41}$$

$$= 23,974 \times P + 293^k,2.$$

Da nun bei Dampf von 3 Atmosphären der totale Druck auf die Kolben = $2580^k,64$, oder da $\frac{1}{5}$ für die Reibung der verschiedenen Maschinentheile abzuziehen ist = $2064^k,5$, so ist also

$2064^k,5 = 23,974 \times P + 293^k,2$, und hiemit die größte Last, welche bei diesem Dampfdrucke die Locomotive auf ganz ebenem Wege fortziehen kann,

$$P = 76000 \text{ Kil. oder } 76 \text{ Tonnen.}$$

Auf gleiche Weise können die nachstehenden Werthe für schwächeren und stärkeren Dampf gefunden werden:

Pression in Atmosphären.	Gewicht von 1 Cub.-Meter in Kil.	Größte Last in Tonnen.	Größte Geschwindigkeit per Sekunde.
2,5	1,36	54	$12^m,35$
3	1,61	76	$10,34$
3,5	1,85	98	$9,00$
4	2,09	119	$7,96$
4,5	2,33	142	$7,27$
5	2,57	162	$6,50$

Da nun bei $2\frac{1}{2}$ Atmosphären die Geschwindigkeit kaum die doppelte ist, dagegen die Last bloß $\frac{1}{3}$ beträgt als bei 5 Atmosphären, so folgt hieraus, daß der Nuzeeffekt einer Locomotive am größten ist, wenn dieselbe stark belastet ist

und eine geringe Geschwindigkeit hat, und daß in diesem Falle hoher Dampfdruck angewendet werden muß.

Der hinter der Locomotive stehende Behälter, genannt Tender, soll wenigstens so viel Wasser und Kohlen enthalten, als zu einer Fahrt zwischen je zwei Stationen, bei welchen neue Vorräthe an solchen genommen werden können, nöthig ist. Da der Jackson per Minute circa 25 Kil. Wasser verdampft, so braucht er also für eine einstündige Fahrt $25 \times 60 = 1500$ Kil. = $\frac{1}{2}$ Cubik-Meter Wasser;

1 Kilogramm Kohlen verdampft ferner 25 Kil. Wasser, es sind daher 5 Kilogr. per Minute, oder zu einer einstündigen Fahrt 300 Kil. Kohlen erforderlich.

Dimensionen einiger Locomotiven. *

	Dampfcylinder.		Diamet. der Räder in Met.	Heizfläche in □m.			Gewicht in Tonnen.
	Diamet.	Hub.		Rost.	Röhren.	Total re- duzirt.	
	in Cent.	in Cent.					
I. Atlas . .	30,5	40,6	1,525	5,301	20,24	12,037	11,58
II. Fury . .	27,9	40,6	1,525	3,056	28,557	12,575	8,33
III. Westa . .	28,3	40,6	1,525	4,273	23,789	12,202	8,85
IV. Leeds . .	27,9	40,6	1,525	3,214	28,557	12,733	7,18
V. Vulkan . .	27,9	40,6	1,525	3,205	28,557	12,724	8,47
VI. Firefly . .	27,9	45,7	1,525	4,078	33,685	15,306	8,88
VII. Jackson .	28,2	41,0	1,530	3,628	20,582	10,489	—
VIII. Victorieuse	38,0	45,0	1,380	5,210	43,065	19,565	12,0
IX. Nordstar .	40,0	40,5	2,127	6,52	60,8	26,8	—

* Die sechs ersten gehen von Manchester nach Liverpool, die zwei folgenden auf der Bahn von Paris nach St Germain, die letzte auf der Great-Westernbahn. Die Locomotiven, welche auf der badischen Bahn im Betrieb sind, haben Dampfcylinder von 12 à 15 engl. Zoll Diameter (30,4 — 38,2 Cm.) und 18—20 Zoll Hub (45,8 — 50,8 Cm.). Die meisten derselben arbeiten mit $1\frac{1}{4}$ facher Expansion. Bei einigen neuern, nach den Systemen von Stephenson und Mayer gebaut, kann dagegen die Expansion nach Bedarf bis auf das Drei- und Fünffache gesteigert werden.

Nr. 56.

Cylinder-Gebläse.

Berechnung der Quantität und Geschwindigkeit der durch Gebläse gelieferten Luft.

Mit großer Leichtigkeit kann das Volumen des aus einem Gebläse-Cylinder entweichenden Windes aufgefunden werden, da dasselbe gleich ist dem Flächeninhalte des Kolbens, vervielfacht mit seiner Geschwindigkeit.

Thut z. B. ein Kolben 12 einfache oder 6 Doppelhübe in einer Minute, und ist seine Hubhöhe = $2\frac{1}{2}'$, so ist seine Geschwindigkeit = $30'$ per Minute. Ist nun der Flächeninhalt des Kolbens = $8 \square'$, so ist das Volum per Minute = $8 \square' \times 30'$ und per Sekunde

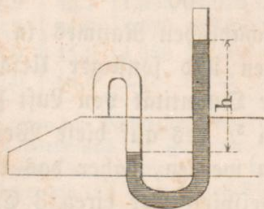
$$= \frac{8 \times 30}{60} = 4 \text{ Cub.}'$$

Wegen des schädlichen Raumes in dem Cylinder und in den Ventilkästen und sonstiger Ursachen, welche eine Verminderung der Quantität von Luft herbeiführen, muß indessen nur circa $\frac{3}{4}$ des auf diese Weise erhaltenen Volums angenommen werden, daher das effektive Windquantum in obigem Beispiele nur circa 3 Cubikfuß beträgt.

Das auf diese Weise aufgefundene Volum setzt jedoch voraus, daß der ausströmende Wind die Dichtigkeit der

atmosphärischen Luft habe, was jedoch nicht der Fall ist, da zum Ausströmen erforderlich ist, daß die Luft mit einer gewissen Kraft gedrückt und hierdurch in ein kleineres Volumen gebracht werde. — Da sich nun bei elastischen Flüssigkeiten die Volume in umgekehrtem Verhältnisse wie die Dichtigkeiten verhalten ($V : V' = P' : P$), so müßte also das oben erhaltene Windquantum noch mit dem Rapporte zwischen dem Drucke der atmosphärischen Luft und demjenigen des zusammengepreßten Windes vervielfacht werden.

Dieses Resultat würde jedoch immer sehr unbestimmt seyn, und man erhält das effektive Windquantum zuverlässiger, wenn man vermittelt eines Windmessers (ventimètre) zuerst den Druck des ausströmenden Windes, und aus demselben die Dichtigkeit und die Geschwindigkeit desselben berechnet. — Dieses einfache Instrument besteht aus einer gebogenen Röhre, welche mit irgend einer Flüssigkeit, meistens Quecksilber oder Wasser, zum Theil angefüllt ist, und von welcher der eine Schenkel mit der zusammengepreßten Luft, d. h. mit der Windleitungsröhre, bei dem Gebläse-Cylinder oder bei der Düse, der andere Schenkel dagegen oben offen ist und daher mit der atmosphärischen Luft in Verbindung steht.



Die Entfernung h des Niveaus in den beiden Schenkeln, oder die Höhe der Wasser- oder Quecksilbersäule gibt als

dann die Differenz des Druckes zwischen der atmosphärischen Luft und dem zusammengepreßten Winde an, und es läßt sich daraus leicht der Druck des letzteren berechnen. Ist z. B. diese Entfernung bei einer Wassersäule = 120^{cm}, so ist, da 1 Cubik=Centimeter Wasser 1 Gramm wiegt, der Druck des Windes, nach Abzug desjenigen der atmosphärischen Luft = 120 Gramme = 0,12 Kilogramm per □Centimeter. — Bei einer Quecksilberhöhe hingegen wäre für die nämliche Höhe der Druck des Windes ungefähr 13mal (spezifisches Gewicht des Quecksilbers) so groß, oder = 1,56 Kilogramm.

Da nun die Dichtigkeiten oder spezifischen Gewichte im Verhältnisse stehen zu den Pressionen, und ferner 1 Cubikmeter atmosphärische Luft (dessen Druck also 1^k,033 ist) 1^k,3 beträgt, so ist das Gewicht von 1 Cubikmeter des zusammengepreßten Windes = $1^k,3 \times \frac{p}{1^k,033} = 1^k,26 p$, wo p die auf angegebene Weise berechnete Pression des Windes bezeichnet.

Bei Anwendung von warmem Wind muß jedoch die bei der Erwärmung stattfindende Ausdehnung berücksichtigt werden, und nach pag. 305 das erhaltene Gewicht noch durch $1 + 0,00375 t$ getheilt werden, wo t die Temperatur desselben in Centigraden anzeigt.

Bervielfacht man nun die Höhendifferenz im Windmesser mit dem Verhältnisse zwischen dem Gewicht von 1 Cubikmeter Quecksilber = 13598 Kilogramm (oder von 1 Cubikmeter Wasser bei einem Wasserwindmesser) und dem so eben gefundenen Gewichte, so erhält man die Höhe H der Luftsäule, welche der Geschwindigkeit V des Windes entspricht, wonach $V = \sqrt{2gH}$ in Metern per Sekunde.

Zur bequemen Uebersicht und Berechnung folgen hier die den verschiedenen Quecksilberhöhen correspondirenden

Pressionen und Geschwindigkeiten des Windes, welche nach dem hier angegebenen Verfahren berechnet worden sind.

Tabelle XXX.

I. Höhe der Quecksilbersäule in Centimetern.	II. Höhe der Wassersäule in Centimetern.	III. Pression des Windes per □Cent. in Grammen.	IV. Pression des Windes per □'' in Pfunden. (Schweizermaaß).	V. Geschwindigkeit des Windes in Metern per Sekunde.
1	13,568	13,57	0,244	44,97
2	27,136	27,14	0,488	63,20
3	40,704	40,70	0,733	76,91
4	54,272	54,27	0,977	87,68
5	67,840	67,84	1,221	98,07
6	81,408	81,41	1,465	106,89
7	94,976	94,98	1,710	115,65
8	108,544	108,54	1,954	122,40
9	122,112	122,11	2,198	130,48
10	135,680	135,68	2,442	135,12
11	149,248	149,25	2,686	140,87
12	162,816	162,82	2,930	146,67
13	176,384	176,38	3,175	151,47
14	189,952	189,95	3,339	156,55
15	203,520	203,52	3,663	161,46

Die Columnen III und IV geben den Ueberschuß der Windpression nach Abzug des gewöhnlichen Luftdrucks an. Um also die ganze Pressung zu erhalten, müßte zu den hier angeführten Werthen in Columnne III $1^h,033$, und in Columnne IV $18\mathcal{Z},60$ addirt werden. Diese Pressionen lassen sich leicht auch für andere Maaße berechnen.

Es sey z. B. die Pressung auf 1 □Zoll für eine Quecksilberhöhe von 1 Zoll englisch Maaß zu berechnen. Diefelbe ist gleich einer Wasserhöhe von 13,568 Zollen. Da nun 1 englischer Cubitzoll Wasser = 0,036 englische Pfund wiegt, so ist also die gesuchte Pression = $13,568 \times 0,036$

= 0,4884 $\mathcal{R}$; oder da nach pag. 208 die gewöhnliche Atmosphäre einer Quecksilberhöhe von 29,9 engl. Zoll entspricht, und ferner eine Pression von 14,7 $\mathcal{R}$ per □Zoll ausübt, so ist die Pression für 1 Zoll Quecksilberhöhe = $\frac{14,7}{29,9}$ = 0,49 $\mathcal{R}$.

Die in Columne V angegebenen Geschwindigkeiten können auch vermittelst der Formel:

$$V = 395 \cdot \sqrt{\frac{h}{0,76 + h}}$$

berechnet werden, welche aus Obigem hergeleitet ist, und wo h die Quecksilberhöhe im Windmesser in Metern bedeutet.

Bervielfacht man das erhaltene Windquantum mit dessen spezifischem Gewicht, so erhält man das totale Gewicht des per Sekunde herausströmenden Windes, und multipliziert man dasselbe mit der Höhe H der, der Quecksilberhöhe correspondirenden Luftsäule, so erhält man den wirklichen Nutzeffekt in Kilogr.=Metern.

Beispiel. Das Gebläse zu Amalienhütte, welches durch eine mit den Hochofengasen gespeiste Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird, hat einen Gebläsecylinder von 3½ Fuß innerem Durchmesser und 3½ Fuß Hub (badisch Maaß), dessen Kolben durchschnittlich 22 Doppelhübe per Minute macht, und es beträgt daher das per Minute erzeugte effektive Windquantum $\frac{3}{4} \times 1481,65 = 1110$ Cub.-Fuß per Minute, oder 18½ Cub.-Fuß per Sekunde. Die Höhe der Wassersäule im Windmesser beträgt durchschnittlich 26 Zoll = 78^{cm}, was mit einer Quecksilberhöhe von 5,75^{cm} correspondirt, daher die reelle Pression dieses Windes 1^h,033 + 0,078 = 1,111 per □Cent. beträgt, und hiemit das Gewicht von 1 Cubikmeter

$$= 1,26 \times 1,111 = 1,40. \text{ Daher die Höhe}$$

$$H = 0^m,0575 \times \frac{13598}{1,4} = 558 \text{ Meter.}$$

Und die wirkliche Geschwindigkeit des Windes *

$$V = \sqrt{2 g H} = \sqrt{19,62 \times 558} = 104,67^m.$$

Da das per Sekunde erzeugte Windquantum = $18\frac{1}{2}$ Cub.-Fuß = 0,5 Cubikmeter ist und dessen Gewicht also = $0,5 \times 1^k,40 = 0^k,70$, so ist der zum Betrieb des Gebläsekolbens verwendete Nutzeffekt per Sekunde:

$$P H = 0^k,70 \times 558^m = 390,6 \text{ Kgm.}$$

$$= 390,6 \text{ k} \times \text{m} = 5,21 \text{ Pferdekkräfte.}$$

Der Dampfcylinder zu dieser Maschine hat 15 Zoll innern Durchmesser und 32 Zoll Hub, und der Dampf wirkt bei den hier erwähnten Leistungen mit circa $1\frac{2}{3}$ Atmosphären und mit zweifacher Expansion. Das bei jedem doppelten Kolbenhube verbrauchte Dampfquantum ist daher

$$= \frac{1}{2} \times 32'' \times 0,7854 \times (15'')^2 \times 2 \\ = 5,655 \text{ Cub.-Fuß,}$$

und also, da der Dampfkolben und Gebläsekolben gleich viel Hübe machen,

$$= 22 \times 5,655 = 124,41 \text{ per Minute}$$

$$= 2,073 \text{ Cubik-Fuß per Sekunde}$$

$$= 0,056 \text{ Cubik-Meter per Sekunde.}$$

Nach der Tabelle XXVIII ist der dynam. Effekt von 1 Cubik-Meter atmosphärischen Dampf, bei zweifacher Expansion = 17490 k $\times$ m. Da nun mit diesem Dampfcylinder ein Condensator in Verbindung steht, so beträgt der Gegendruck in demselben bloß circa $\frac{1}{3}$ Atmosphäre, und es ist daher der dynam. Effekt des angewandten Dampfquantums = $0,056 \times 1\frac{1}{3} \times 17490 = 1224 \text{ k} \times \text{m}$ per Sekunde = 16,32 Pferdekkräfte; daher das Verhältniß des theoretischen Effectes zu dem Nutzeffekt des Gebläses = $521 : 16,32 = 0,32$.

Anmerkung. Die Dimensionen dieser Maschine sind für einen Nutzeffekt von circa 18 Pferdekkräften berechnet, um mit demselben außer dem Gebläse noch verschiedene andere Maschinerien betreiben zu können. Dieser erhöhte Effect wird durch Anwendung eines höheren Dampfdruckes und durch größere Expansion desselben hervorgebracht, und

$$* V = 395. \sqrt{\frac{h}{H \times h}} = 395. \sqrt{\frac{0,0575}{0,8175}} = 395 \times 0,265 = 104^m,67.$$

unzweifelhaft wird hiedurch auch ein günstigeres Verhältniß des Nutzeffektes erzielt.

Die Benützung der Hochofengase zum Betrieb von Gebläsen 2c. ist eine Erfindung, welche bereits in vielen französischen Eisenwerken und auch in einigen Werken Deutschlands erfolgt ist, und es dürfte dieselbe als um so nutzbringender betrachtet werden, als bekanntermaßen noch eine große Anzahl von Hochöfen besteht, bei deren Anlage mehr der Bezug der Erze und Kohlen, als die Wasserkraft berücksichtigt wurde, und welche demzufolge in trocknen Jahreszeit durch Wassermangel in ihrem Betrieb sehr benachtheiligt werden, welchem Uebelstand durch die Errichtung eines solchen Dampfapparates mit sehr geringen Kosten gänzlich abgeholfen wird. Die Bestimmung der erforderlichen Dimensionen, welche den einzelnen Theilen desselben zu geben sind, geschieht auf dieselbe Art, wie bei allen Dampfmaschinen; nur ist zu bemerken, daß, da der Hochofengang gewöhnlich sehr ungleich ist, die durch Verzehrung dieser Gase erzeugte Hitze weit mehr als bei der gewöhnlichen Feuerung mit Holz oder Kohlen variiert, weshalb solchen Dampfkesseln eine merklich größere Heizfläche gegeben werden muß, also statt 25 Kilogr. bloß etwa 16 Kil. Dampf per Stunde auf 1 Meter Heizfläche angenommen werden dürfen.

Aus dem Vorhergehenden geht hervor, daß für eine konstante Menge Luft die Geschwindigkeit und hiemit auch die Pression derselben ganz von der Sektion der Düsenöffnung abhängt. Ist z. B. diese doppelt so groß, so wird die Geschwindigkeit der Luft nur halb so groß seyn müssen und hiemit die Pression auch beträchtlich kleiner seyn.

Diese letztere kann indeß nicht willkürlich bestimmt werden, sondern hängt ganz von der Natur des Brennmaterials, von der mehr oder weniger dicken Lage desselben, welche die Luft zu durchstreichen hat, und von mehreren andern Umständen ab.

Die zweckmäßige Verbrennung von Coke erheischt z. B. eine dichtere Luft und eine viel größere Geschwindigkeit derselben als diejenige von Fichtenkohlen. Für jeden Fall

ist daher durch besondere Versuche die vortheilhafteste Pression des Windes, welcher dazu angewendet werden muß, auszumitteln.

Karsten gibt folgende Quecksilberhöhen im Windmesser und die dazu correspondirenden Pressionen (in Pfunden ausgedrückt) als die zweckmäßigsten an:

	Höhe.	Pression auf den Schweiz. □Zoll.
Für Kohlen aus leichterem Tannenholz	2— 3 ^{cm}	0,6 <i>R</i>
" dichterem "	3— 4 ^{cm}	0,8 "
" hartem Holze "	4— 6	1,2 "
Weicher, leicht entzündbarer Coke .	8—13	2—3 "
Harter und dichter Coke	13—19	3—4 "

Die Pression in einem Schmiedebiasbalg beträgt gewöhnlich 4^{cm} Wasserhöhe oder 0^{cm},29 Quecksilberhöhe, welche eine Geschwindigkeit von 24^m,45 per Sekunde erzeugt.

Seine Düsenöffnung hat etwa 2^{cm} Diameter. Es beträgt hitemit die per Sek. gelieferte Quantität Luft etwa 7³/₄ Eiter.

Bei Hochöfen, wo der Wind Lagen von 15—40' Dicke durchstreichen muß, wird eine bedeutende Pression und Geschwindigkeit des Windes erfordert.

Bei Hochöfen von 20—24' Höhe, welche mit Holzkohlen gespeist werden, gibt man dem Winde eine Pression von 50^{cm} Wasserhöhe oder 3¹/₂^{cm} Quecksilberhöhe, welches eine Geschwindigkeit von 85^m per Sekunde gibt. Zu solchen kann man sich noch im Nothfalle der hölzernen Balgengebläse bedienen.

Bei Hochöfen von 50' Höhe, welche mit Coke betrieben werden, braucht es hingegen nothwendigerweise Kasten- oder Cylindergebläse. Die dazu erforderliche Pression beträgt bei denselben etwa 2—2¹/₂^m Wasserhöhe oder 15—20^{cm}

Quecksilberhöhe und hiemit eine Geschwindigkeit von 170 Metern per Sekunde. *mit was gemessen?*

Für kleine Cupoloöfen (deren man sich zum Umschmelzen kleinerer Quantitäten Gußeisen bedient), kann man sich der Balgengebläse bedienen. Haben aber diese Ofen 6—7' Höhe, so ist es vortheilhafter, Kolbengebläse oder Ventilatoren anzuwenden.

Zum Betrieb eines Cupoloofens werden per Sekunde 0,4 à 0,5 Cub.-Meter Wind von 0^m,12 Wasserpressung erfordert. Der Ventilator macht gewöhnlich 1000 à 1500 Umgänge per Minute und hat die Kraft von 4 Pferden.

Karsten * gibt noch folgende Daten an, in Beziehung auf die Quantität Luft, welche bei Hochöfen von verschiedenen Höhen zu geben sind:

Die Hochöfen, welche mit Coke betrieben werden, sollten nie weniger als 62 Cubikmeter Luft per Minute erhalten.

Für eine gleiche Luft soll die Höhe der Hochöfen, welche mit Holzfohlen genährt werden, wenigstens 14^m betragen; solche von 11—12 Meter Höhe erfordern nicht mehr als 38—40 Cub.^m

9—9 ¹ / ₂	"	"	"	25—28	"
---------------------------------	---	---	---	-------	---

8	"	"	"	19—20	"
---	---	---	---	-------	---

Luft per Minute.

Gewöhnlich nimmt man an, daß 3000 Cub.' Luft 8000 Kil. Gußeisen produziren, und daß 1 Pferdekraft 100 Cub.' Luft per Minute gibt und in den englischen Hochöfen etwa 2¹/₂ Tonnen Gußeisen wöchentlich liefert.

Diese Angaben sind indessen sehr oberflächlich, da die erforderliche Luftmenge von der mehr oder weniger großen Schmelzbarkeit der Eisenmasse, von der Natur des dazu angewandten Brennmaterials, von der Beschaffenheit und Konstruktion des Ofens und von mehreren andern Ursachen abhängt, und daher bald größer bald kleiner ist.

* Siehe Karstens Metallurgie, zweiter Band.

10/012
= 0012

d'Aubisson gibt in Bezug auf den anzuwendenden Effect Folgendes an:

1) Um 3000 Kil. Gußeisen zu liefern, braucht es, wenn die Düsenöffnung einen Diameter von 0^m,05, die Leitungsröhre einen Diameter von 0^m,15 und eine Länge von 120^m hat, und wenn per Minute 15 Cub.^m Luft geliefert wird, einen dynamischen Effect auf die Oberfläche des Kolbens (die Reibung nicht eingerechnet) von $k \times m$ per Sekunde.

2) Um 4 Cub.^m Luft per Minute mit einer Geschwindigkeit von 80 Metern per Sekunde zu erhalten, ist dazu erforderliche Effect = 28 Kil. $\times m$ per Sekunde und um 2,66 Cubikmeter Luft per Minute mit einer Geschwindigkeit von 62^m per Sekunde zu erhalten, erfordert es einen Effect von 11 Kil.^m per Sekunde.

Die von uns erbauten Cylinder-Gebläse erfordern um 1000 Cubikfuß per Minute mit 16 à 18 Zoll Wasserpresseung zu erzeugen, bei Anwendung von oberflächigen Wasserrädern circa 40 Cubikfuß Wasser, und bei unterflächigen Rädern circa 60 Cubikfuß per Sekunde mit 1 Fuß Gefälle (badisch Maaß), was einem Nugeffect von 3 Pferdekraften entspricht.

In Bezug auf die Windleitungsröhren, so sollen dieselben möglichst groß und deren Sektion keinesfalls kleiner als $\frac{1}{20}$ derjenigen der Gebläse-Cylinder gemacht werden, indem bei einer geringeren Weite der Wind eine zu große Geschwindigkeit annehmen muß, und die dadurch entstehende Reibung viele Kraft absorbirt. Bei Anwendung von warmem Winde muß ferner bei der Bestimmung der Weite dieser Röhren auch die seiner Temperatur entsprechende Vergrößerung des Volums berücksichtigt werden.

Den Düsenöffnungen gibt man gewöhnlich bloß 15 à 20 □ Centimeter Sektion. Bei größeren Windmengen erscheint es rathfamer, 2 und sogar 3 Düsen anzubringen, statt eine einzige mit mehr als 50 □^m Sektion anzuwenden.

Zur Erzielung eines guten Hochofenganges ist es endlich hig, daß der Wind möglichst gleichförmig sey. Dieß bewirken zum Theil die Windleitungen selbst, besonders wenn sie eine beträchtliche Länge und Weite haben; es ist jedoch, namentlich bei Gebläsen mit einem einzigen Cylinder, erforderlich, einen Windregulator anzubringen, dessen Inhalt ungefähr das 50fache desjenigen des Cylinders betragen sollte.

Nr. 57.

Von den Ventilatoren.

Es gibt zwei Arten von Ventilatoren: die einen sind bloß auf den beiden Seiten eingeschlossen, und dienen hauptsächlich zum Trocknen und zum Lusterneuern; die andern dagegen sind nicht nur auf beiden Seiten, sondern auch noch an ihrem Umfange mit einem kreisförmigen Gehäuse umgeben und werden in Schmieden und Gießereien als Gebläsmaschinen gebraucht. Beide Arten beruhen auf den gleichen Prinzipien. Bis dahin sind jedoch noch zu wenig Versuche mit denselben angestellt worden, um genaue Formeln zur Berechnung des erzeugten Windquantums und Luftdruckes und der dafür erforderlichen Kraft aufstellen zu können.

Die interessanten Versuche, welche von der Industriegesellschaft zu Mülhausen * mit Ventilatoren von verschiedener Größe und Einrichtung gemacht worden sind, führen zu folgenden Resultaten:

1) Der Effekt oder das erzeugte Windquantum eines Ventilators wächst im quadratischen Verhältnisse zu seiner Umfangsgeschwindigkeit.

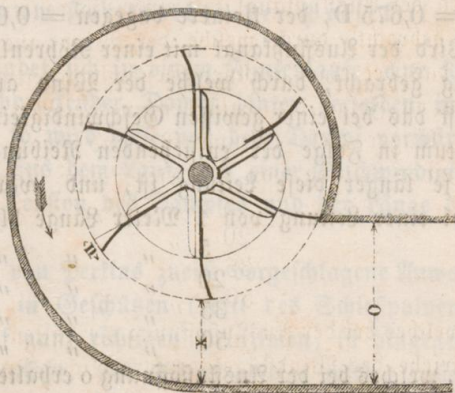
2) Die vortheilhafteste Geschwindigkeit am äußern Umfange des Ventilators scheint die von 1000 Meter per Minute zu seyn. Dennoch ist bei Ventilatoren, welche eine sehr große Wirkung hervorbringen sollen, anzurathen, die

* Bulletin de la soc. industr. de Mulhouse. 1843. Nr. 81 et 82.

selbe auf 2000 und sogar 3000 Meter anzunehmen, um ihnen nicht zu große Dimensionen geben zu müssen.

3) Der Nuzzeffekt oder das Verhältniß zwischen der hervorgebrachten Wirkung und der angewendeten Kraft ist um so vortheilhafter, je größer der äußere Durchmesser der Ventilatoren ist.

4) Zur Erzielung des größten Nuzzeffektes soll, wenn D der äußere Durchmesser ist, die Breite der Windflügel $= \frac{2}{3} \text{ à } \frac{3}{4} D$, die Höhe derselben $= \frac{1}{10} D$ und ihre Excentricität x in Bezug auf das Gehäuse $= \frac{1}{5} D$ seyn.



5) Die Anzahl Arme bestimmt sich nach dem Durchmesser; ist das Gehäuse concentrisch mit der Achse des Windflügels, so soll derselbe bei einem Durchmesser

von 30 à 50 Centimeter 4

50 à 70 " 6

70 à 100 " 8

100 à 125 " 10 Arme haben.

Ist dagegen das Gehäuse excentrisch nach Nr. 4, so sollen zwei Arme mehr angenommen werden.

6) Die vortheilhafteste Form der Flügel ist zur Hälfte flach gegen die Achse zu, zur Hälfte concav, * und zwar so viel gebogen, daß $n = \frac{1}{20} D$ ist.

7) Die Breite der Ausflußöffnung soll gleich seyn der Breite des Gehäuses, die Höhe derselben bei concentrischen Gehäusen $= \frac{3}{10} D$, bei excentrischen um so viel mehr, als die Excentricität beträgt, oder $o = x + \frac{3}{10} D$.

8) Zum Eintreten des Windes in den Ventilator sollen auf beiden Seiten desselben ovale Oeffnungen angebracht werden, deren größerer Durchmesser gegen den Ausflußkanal hin sieht und $= 0,675 D$, der kleinere dagegen $= 0,625 D$ ist.

9) Wird der Ausflußkanal mit einer Röhrenleitung in Verbindung gebracht, durch welche der Wind ausströmen muß, so ist das bei einer gewissen Geschwindigkeit erzeugte Windquantum in Folge der entstehenden Reibung um so geringer, je länger diese Leitung ist, und zwar beträgt dasselbe bei einer Leitung von 1 Meter Länge bloß 0,83

5	"	"	"	0,58
20	"	"	"	0,39
35	"	"	"	0,26
50	"	"	"	0,17

desjenigen, welches bei der Ausflußöffnung o erhalten würde. Die zum Betriebe des Windflügels erforderliche Kraft vermindert sich zwar auch, ** je länger die Reibung ist, jedoch lange nicht in gleichem Verhältnisse, daher es jedenfalls sehr wichtig ist, den Ventilator immer so nahe als möglich an den Ort zu stellen, wo der Wind seine Wirkung ausüben soll.

* Bei den Ventilatoren erster Art (ohne kreisförmiges Gehäuse) soll es vortheilhafter seyn, die Flügel in der entgegengesetzten Richtung hin zu biegen.

** Ein Ventilator von 0^m,40 Diameter erfordert bei 1000 Umgängen per Minute ohne Leitung 0,45 Pferdekkräfte, mit Leitung von 50 Meter Länge 0,34 Pferdekkräfte.

A n h a n g.

Von der praktischen Anwendung des Dampfes zum Forttreiben der Projektile. *

Befindet sich in einem Flintenlaufe eine Kugel, und wird hochdrückender Dampf hinter derselben in den Lauf gelassen, so wird diese von dem Dampf vorwärts gedrückt und tritt aus dem Laufe mit einer Geschwindigkeit, welche von der Tension des Dampfes und der Länge des Rohres abhängt.

Die von Perkins zuerst vorgeschlagene Anwendung des Dampfes in Geschützen (statt des Schießpulvers) beruht daher auf ganz richtigen Prinzipien, ist hingegen in praktischer Hinsicht, wie später gezeigt wird, außerordentlich beschränkt.

Das Forttreiben der Kugel kann auf zweierlei Art bewirkt werden:

- 1) durch plötzlichen Stoß und allmähliche Ausdehnung, wie dieß bei der Anwendung des Pulvers geschieht, und
- 2) durch einen gleichförmigen Druck durch die ganze Länge des Rohres, wie bei der Bewegung des Kolbens in dem Cylinder einer Dampfmaschine.

* S. Pecht's technolog. Encyclop., dritter Band.

Leicht ist einzusehen, daß nur das zweite Mittel zu diesem Zwecke angewendet werden kann, da der Stoß, welcher durch die Explosion des Pulvers erzeugt wird, eine Pression von etwa 2000 Atmosphären* gleichgesetzt werden kann, und da die Ausführung irgend eines Dampfapparates bloß für eine Pression von höchstens 100 Atmosphären stattfinden kann.

Durch den gleichförmigen Druck des Dampfes auf die Kugel wird die Geschwindigkeit der letzteren immer mehr beschleunigt, bis dieselbe aus dem Laufe mit einer gewissen End-Geschwindigkeit austritt.

Bezeichnet man die End-Geschwindigkeit durch v , das Gewicht der Kugel durch p , so ist der dazu erforderliche Effekt

$$= \frac{p v^2}{19^m,62}$$

Ist nun d der Diameter der Kugel in Centimetern und l die Länge des Rohres in Metern, so ist das Volum des Dampfes, welches bei jedem Schusse verwendet wird und in den Lauf hineinströmt, $= 0,7854 d^2 \times l$, und wenn n die Anzahl von Atmosphären dieses Dampfes bedeutet, so ist der dynamische Effekt dieses Volums

$$= n \times 1^k,033 \times 0,7854 d^2 \times l.$$

Es muß daher

$$\frac{p v^2}{19,62} = n \times 1^k,033 \times 0,7854 d^2 \times l$$

$$\text{und } n = \frac{p v^2}{19,62 \times 1^k,033 \times 0,7854 d^2 l} \\ = \frac{p v^2}{15,92 d^2 l} \text{ seyn.}$$

* Nach Robins ist dieselbe = 1000, nach Euler = 10000 Atmosphären. Rumford schätzt sie sogar auf 40000 Atmosphären.

Sollen nun z. B. bleierne Kugeln, deren Gewicht $p = 30$ Gramme ist, und deren Diameter d etwa 2^m beträgt, aus einem Flintenlaufe von $1^m,34$ Länge geschossen werden, wo im Falle der Anwendung des Schießpulvers eine Geschwindigkeit v von 400 Metern erzeugt wird, so ist

$$n = \frac{0^k,03 \times (400^m)^2}{15,92 \times (2^m)^2 \times 1^m,34} = 56 \text{ Atmosphären.}$$

Für eine Länge des Rohres von 2^m wird hingegen $n = 30$ Atmosphären, d. h. der Dampf muß alsdann nur eine Tension von ungefähr 30 Atmosphären besitzen.

Zu lang kann indessen ein solches Rohr nicht gemacht werden, da alsdann der Widerstand der Kugel und die Abkühlung des Dampfes in demselben den Effekt des Dampfes zu sehr vermindern würde.

Mit einer solchen Dampfslinte können 120 Schüsse per Minute gethan werden. Man braucht hiezu etwa $1\frac{1}{2}$ Kil. Dampf, wozu eine Dampffläche von ungefähr $3,60 \square^m$ erforderlich ist.

Für diesen Fall könnte also noch die Benugung des Dampfes leicht geschehen und ziemlich vortheilhaft erscheinen. Die Schwierigkeiten der Ausführung nehmen aber immer mehr überhand, je größer des Kaliber des Geschüzes wird.

Für eine einpfündige Kanone wird z. B.

$$p = 0^k,5$$

$$l = 2^m$$

$$d = 5^m$$

$$v = 530^m \text{ und}$$

$$n = 140 \text{ Atmosphären,}$$

welches schon unausführbar wird.

Für eine doppelte Länge des Laufes oder $l = 4^m$ würde zwar nur eine Pression von

$\frac{140}{2} = 70$ Atmosphären

erfordert. Um 8 Schüsse per Minute zu thun, müßte die Dampfstraße aber schon 10 □^m ungefähr betragen.

Der Vortheil der Dampfgeschütze liegt aber besonders in der großen Anzahl Schüsse, welche mit denselben in einer gewissen Zeit gemacht werden können, und damit dieß statt hätte, müßten hier wenigstens 64 Schüsse per Minute geschehen, welches eine Dampfstraße von 80 □^m und einen dynamischen Effekt erfordern würde, welcher demjenigen einer Maschine von 72 Pferdekraften gleichkäme.

In diesem Falle würde zwar dieses Geschütz eben so viel Wirkung als zwölf gewöhnliche Kanonen von demselben Kaliber thun, jedoch weit unbequemer und unsicherer seyn. Für Kanonen von noch größerem Kaliber würden diese Nachtheile noch beträchtlicher seyn, und aus dieser einfachen Berechnung läßt sich daher schließen, daß der Dampf höchstens nur für die Dampfstraße eine praktische Anwendung finden dürfte.

Geschwindigkeit abgeschossener Kugeln.

Haben die Kanonen die erforderliche Länge, so verhalten sich die Anfangsgeschwindigkeiten der Kugeln

1) wie die Quadratwurzeln der Pulvermengen, wenn die Gewichte der Kugeln gleich sind, und

2) umgekehrt, wie die Quadratwurzeln dieser Gewichte bei gleicher Pulvermenge.

Erhält daher eine Kugel durch 2 ℔ Pulver eine

Geschwindigkeit von 500, so wird dieselbe durch 8 $\mathcal{A}$ eine doppelte und durch 18 $\mathcal{A}$ eine dreifache erlangen.

Oder gibt 1 $\mathcal{A}$ Pulver eine Geschwindigkeit von 900', so wird eine 4mal schwerere nur 450', eine 9mal schwerere nur 300' Geschwindigkeit haben.

Die Versuche des berühmten Hutton lehrten, daß $\frac{1}{2}$ $\mathcal{A}$ gutes Kanonenpulver eine einpfündige Kugel mit einer Geschwindigkeit von 1500 franz. Fuß oder 1600 engl. Fuß in 1 Sekunde abschießt; darnach ergibt sich folgende Tafel der Ladungen im Verhältniß zum Gewicht der Kugeln und Geschwindigkeiten in franz. Fuß.

Ladung.	Geschwind.	Ladung.	Geschwind.
$\frac{1}{20}$	475'	$\frac{1}{9}$	708'
$\frac{1}{18}$	500'	$\frac{1}{8}$	750'
$\frac{1}{16}$	531'	$\frac{1}{7}$	802'
$\frac{1}{15}$	548'	$\frac{1}{6}$	865'
$\frac{1}{14}$	568'	$\frac{1}{5}$	959'
$\frac{1}{13}$	598'	$\frac{1}{4}$	1061'
$\frac{1}{12}$	613'	$\frac{1}{3}$	1223'
$\frac{1}{11}$	640'	$\frac{1}{2}$	1500'
$\frac{1}{10}$	672'	1	2123'

Ueberhaupt ist die Geschwindigkeit $= 1500 \times \sqrt{\frac{2p}{P}}$
wenn p die Ladung und P das Gewicht der Kugel ausdrückt.

Anmerkung. Je größer indessen die Ladung ist, desto weniger wird alles Pulver sich gleichzeitig und daher überhaupt entzünden können; daher die Regel nur in gewissen Grenzen gelten kann.

Geschwindigkeit des Schalles.

Die Luft pflanzt bei einer Temperatur von 14° R. den Schall in 1 Sekunde auf eine Weite von $174\frac{1}{2}$ Toisen oder 1048 par. Fuß fort.

1° R. oder C. vermehrt oder vermindert die Geschwindigkeit um etwa 2.'

Bei 10° R. durchläuft der Schall also nur 1000'.

Weder der Barometerstand noch die Stärke des Schalles scheint die Geschwindigkeit zu ändern.

Nach Colladons Versuchen auf dem Genfersee pflanzt das Wasser den Schall einer Glocke in 1 Sekunde 4700 Fuß weit fort.

Die Fortpflanzung des Lichts ist hingegen so außerordentlich schnell, daß sie als instantan angesehen werden kann.

Regeln für das Bohren und Abdrehen gußeiserner Cylinder.

Nach Brunton ist es nicht rathsam, dem Schneidezeug eine größere Geschwindigkeit zu geben, als $78\frac{1}{2}$ engl. Zoll (2 Meter) beim Bohren, und die doppelte oder 175 Zoll (4 Meter) beim Abdrehen per Minute.

Diese Geschwindigkeit kann als Maximum angesehen werden, wenn mit Supportfix gearbeitet wird, d. h. wenn das Schneidezeug fixirt ist, und eine größere schadet leicht der Härte des Schneidezeugs und der Genauigkeit, indem die zu starke Erwärmung das Metall ausdehnt und bei der geringsten Unterbrechung dann eine Zusammenziehung erfolgt, welche Spuren hinterläßt.

Ist hingegen das Schneidzeug nicht fixirt und wird von Hand mittelst Meißeln oder Hacken (crochets) gedreht, so kann eine größere Umfangsgeschwindigkeit statt haben, wie weiter unten zu ersehen ist.

Je größern Umfang also der zu drehende Cylinder oder das Loch hat, das gebohrt werden soll, desto langsamer muß sich der Cylinder oder Bohrer drehen.

Hat er 1" Diameter, hiemit 3,14 Umfang, so darf er in 1 Minute nur 25 Umgänge machen beim Bohren und 50 beim Abdrehen — (denn $25 \times 3\frac{1}{7} = 78\frac{4}{7}$):

bei 2" Diam. — $12\frac{1}{2}$ Umgänge beim Bohren, 25 beim Drehen,
 „ 4" „ $8\frac{1}{2}$ „ „ „ $16\frac{2}{3}$ „ u. s. w.

Die Meißel können ferner beim ersten Schnitt um $\frac{1}{16}$ und beim letzten um $\frac{1}{24}$ fortrücken.

In der Immendinger Maschinenfabrik werden folgende Geschwindigkeiten beim Drehen und Bohren (in Schweizermaaß ausgedrückt) befolgt:

1) Große Drehbänke mit Supportfix. Abdrehen und Egalisiren gußeiserner Walzen von $2\frac{1}{2}$ à 3 Fuß Durchmesser 1 Umgang in 85 Sekunden, und von 4 Zoll Durchmesser 6 Umgänge per Minute. Der Meißel rückt bei jedem Umgang um $\frac{1}{12}$ Linie vorwärts.

Beim Abdrehen von Scheiben und sonstigen Seitenflächen, bei welchen das Schneidzeug seitwärts bewegt wird, beträgt dieses Vorwärtsrücken bloß $\frac{1}{15}$ Linie.

2) Abdrehen und Egalisiren von Hartwalzen* von 8 Zoll Durchmesser, 1 Umgang in circa 2 Minuten, daher die Umfangsgeschwindigkeit bloß circa 35 Centimeter per Minute beträgt. Das

* Zur Verfertigung dieser Hartwalzen, welche namentlich zur Fabrikation der verschiedenen Sorten Kleineisen und Eisenblech dienen, bedient man sich gußeiserner Muscheln (coquilles), in welchen das hineingegossene flüssige Gußeisen sehr schnell abgekühlt wird, und dadurch die Oberfläche der Walze eine Härte erhält, welche sehr oft die des Stahles übertrifft.

Abdrehen geschieht mit kleinen Würfeln von ausgesuchtem Gußstahl, welche circa $\frac{1}{6}$ Linie bei jedem Umgange vorwärts rücken, also $\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{15}$ Linie per Minute, daher das einmalige Abdrehen einer solchen Walze von 10 Zoll Tafellänge circa 20 Stunden dauert.

3) Handdrehbänke für Schmiedeeisen, Metall und kleine gußeiserne Stücke 80 à 150 Umgänge per Minute.

4) Modelldrehbank zum Abdrehen hölzerner Modelle von 1 à 8 Fuß Durchmesser 120 à 220 Umgänge per Minute.

5) Cylinderbohrmaschine. Ausbohren von Gebläse-Cylindern von $3\frac{1}{2}$ à 4 Fuß Durchmesser 1 Umgang in $1\frac{1}{5}$ à 2 Min. Die Meißel rücken bei jedem Umgange $\frac{1}{18}$ Linie vorwärts.

6) Schraubenschneidmaschine für Schrauben und Muttern von 5 à 12 Linien Dicke 20 à 90 Umgänge per Minute.

7) Stanzmaschine für Kesselblech bis $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke 13 à 15 Schläge per Minute.

ETH Zürich Bibliothek

0060/1 40223

4		44360	)	*					
Abt.	T	Nummer	U	Band	Teil	Aufl.	E	S	

BUCHKARTE
Bitte nicht herausnehmen!



Pag. 35 Seite 6 v
" 220 " 10 v
" " " 9
" " " 8

