

Eine
Arbeitsprüfung mit Centrifugen.

Mittheilungen aus dem landwirthschaftlichen Versuchs-
Laboratorium der Kgl. Veterinär- und Landbau-Hochschule
zu Kopenhagen.

Von

N. J. Fjord.

Sonderabdruck aus den Landw. Versuchs-Stationen Bd. XXX, Heft 5.



BERLIN.
VERLAG VON PAUL PAREY.

Verlagshandlung für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.

1884.

Dem Regulativ für die Centrifugen-Ausstellung in Aalborg und dem von dem Richtercomité ausgesprochenem Urtheil gemäss sollten folgende Centrifugen:

1. Burmeister & Wains kleine Centrifuge (Patent von Nielsen & Petersen) ausgestellt von H. C. Petersen & Co. in Kopenhagen,
2. de Laval's kleine Centrifuge, ausgestellt von Fr. Creutzberg in Kopenhagen,

beide der Klasse: „Centrifugen, die von einem Pferde gewöhnlicher Stärke getrieben werden können“, einer Arbeitsprüfung in einer Meierei unterzogen werden.

Die Jury sanctionirte einen von mir in Aalborg gemachten Vorschlag, diese Prüfung in der Meierei von Vestervigkloster bei Thisted in Jütland vorzunehmen. Den von mir geleiteten Molkereiversuchen steht hier ein Raum zur Disposition, wo die im Jahre 1882 ausgeführten Kraftmessungen bezüglich Burmeister & Wains und de Laval's Centrifugen vorgenommen worden,¹⁾ und wo die damals zur Benutzung von Dampf- und Pferdekraft eingelegten Axeln u. s. w. sich noch fanden. Hierzu kommt, dass der Besitzer von Vestervigkloster, Herr

1) Tidsskrift for Landökonomi 1882.

Breinholt, als Jury-Mitglied deren natürlicher Repräsentant wurde, während ich als Leiter der Versuche eine besondere Stellung einnahm.

Die kleine Centrifuge Burmeister & Wains (Nielsen & Petersen) hält während des Betriebes ca. 15 kg Milch, etwas verschieden nach der Stellung der Röhrenspitzen, und werden vom Fabrikanten so geliefert, dass sie bei täglicher Arbeit mit einer Geschwindigkeit von 2400 bis 3000 Umdrehungen pr. Minute gehen können. De Laval's kleine Centrifuge fasst ca. 5,5 kg Milch und werden gewöhnlich 6000 Umdrehungen pr. Minute¹⁾ geliefert.

Von der in Aalborg ausgestellten war angegeben, dass sie bis 7000 Umdrehungen pr. Minuten vertragen konnte.

Ehe wir unsere Versuche in Vestervigkloster anfangen, fragte ich durch den Herrn Aussteller die Herren Fabrikanten beider Centrifugen, ob jeder von ihnen garantiren könne, dass seine Centrifuge nicht nur während einer kurzen Ausstellungsprüfung, sondern auch während längerer Arbeit in der Meierei die angegebene Maximalgeschwindigkeit von 3000 bzw. 7000 vertragen könne. Hierauf lief für beide Apparate bejahende Antwort ein.

Obleich wir, unseren früheren Versuchsergebnissen gemäss, zu der Annahme geneigt waren, dass der Kraftverbrauch bei de Laval's Centrifuge mit der Geschwindigkeit 7000 die „Arbeit für eine Pferdekraft“ weit übertreffe, und dass bei Burmeister & Wains Centrifuge mit 3000 Umdrehungen die äusserste Grenze der Arbeitsleistung eines Pferdes erreicht werde, fanden wir es doch richtig, die Centrifugen ausser bei diesen Maximalgeschwindigkeiten auch bei 20pCt. niedrigeren Geschwindigkeiten zu prüfen, also bei 2400 für Burmeister & Wains und bei 5600 für de Laval's Centrifuge.

Die Burmeister & Wains'schen Centrifugen waren schon längere Zeit bequem mit einem permanenten Zählapparate zu versehen; ein solcher war auch auf den in Aalborg ausgestellten angebracht. Auf der de Laval'schen Centrifuge liessen wir ein

1) Im Folgenden wird die Zahl der Umdrehungen pr. Minute „Geschwindigkeit“ genannt werden, wo diese Bezeichnung nicht missverstanden werden kann.

Zählwerk dergestalt anbringen, dass in die Welle der Centrifuge direct eine Schraube ohne Ende hineingeschnitten wurde.

Im Berichte der Jury ist mitgetheilt worden, dass Burmeister & Wains' Centrifuge auf der Ausstellung dieselbe Gestalt hatte, wie bei den auf Ourupgaard auf Falster im Jahre 1882 angestellten vergleichenden Versuchen (cfr. Tidsskr. f. Landökonomi 1882). Dagegen war die de Laval'sche Centrifuge seit dieser Zeit einigen Veränderungen unterzogen, nämlich:

a) ein loser Trichter, der in der Oeffnung der Centrifuge angebracht war, so dass er sich mit dem Apparate herumdrehte, ist entfernt worden; die süsse Milch strömt jetzt vom Hahn des Gefässes direct gegen den Boden der Centrifuge und wird von hier aus durch ein Rohr seitwärts geschleudert;

b) statt der an diesem Trichter festgemachten Platte ist jetzt in der Centrifuge eine Platte angebracht, welche die hineingeführte süsse Milch dazu zwingt, sogleich die Geschwindigkeit der Centrifuge anzunehmen und zu behalten;

c) „das kleine Loch“, durch welches 1882 der Rahm ausgeschleudert wurde, ist von einer Rinne im Rande der Oeffnung der Centrifuge ersetzt worden; das Loch konnte verstopft werden, die Rinne aber nicht;

d) ferner ist eine Rolle zur Ausspannung der Schnur zwischen der Centrifuge und Vorgelege angebracht worden. Der Verlust an Geschwindigkeit beim Gleiten dieser Schnur lässt sich hierdurch auf ein Minimum beschränken.

Diese Veränderungen sind ohne Zweifel sämmtlich als Verbesserungen anzusehen. Besonders schreiben wir der Veränderung „d“ grosse Bedeutung zu, sowohl für genaue Versuche wie für die sichere Arbeit in der Meierei. Wir haben uns schon früher (l. c. 1882) ausgesprochen über die ungünstige Arbeit, die von einer Verminderung der angenommenen Geschwindigkeit herührt¹⁾.

1) Die Versuche in Vestervig konnten erst Ende Juli beginnen, theils weil de Laval's Centrifuge erst nach Kopenhagen geschickt werden musste, um mit einem Zählapparate versehen zu werden, theils weil sowohl ich wie meine Assistenten mit anderen Arbeiten beschäftigt waren. — Beide Centrifugen liessen sich auf den alten soliden Fundamenten von den Versuchen im

A. Kraftmessungsversuche.

Zur Ausführung solcher Versuche hatte ich bei den Herren Borch und Henriksen in Kopenhagen zwei Dynamometer bestellt, nämlich:

1. Ein Rotations-Dynamometer, zunächst zur Prüfung der mit Dampfkraft getriebenen Centrifugen bestimmt. Es ist haupt-

Jahre 1882 aufstellen. Die Burmeister & Wains'sche Centrifuge ging gleich nach der Aufstellung „ganz vorzüglich“, nicht nur, wie in Aalborg, bei der niederen Geschwindigkeit 2400, sondern auch bei der Maximalgeschwindigkeit 3000, ja selbst bei 3500. — Während die Beibehaltung des alten soliden Fundamentes sich also bei dieser Centrifuge sehr vortheilhaft erwies, zeigte de Laval's Centrifuge keineswegs ein entsprechendes Resultat. Schon bei der Geschwindigkeit 5600 zitterte sie etwas, jedoch nicht so sehr, dass die Brauchbarkeit dadurch eingebüsst wurde. Dagegen nahm das Zittern bei wachsender Geschwindigkeit dermassen zu, dass die Centrifuge bei der Maximalgeschwindigkeit 7000 und noch früher für unbrauchbar erklärt werden musste. (Die Centrifugen de Laval's wurden von einem Maschinisten von der Fabrik in Stockholm aufgestellt und gepasst bis zum 19. August; der Monteur H. C. Petersen verliess dagegen Vestervig sogleich nach Aufstellung seiner Centrifuge). Da die Jury in Aalborg von der ausgestellten Centrifuge erklärt hatte, dass dieselbe bei einer (doch nicht genau gemessenen) Geschwindigkeit von 6—7000 „sehr gut“ ginge, kam es uns sonderbar vor, dass sie jetzt auf einem weit solideren Fundamente weniger gut gehen sollte. Eine nähere Untersuchung erwies indessen, dass die nach Vestervig übersandte Centrifuge freilich dasselbe Stativ, wie die in Aalborg ausgestellte, besass, dass dagegen die Centrifugentrommel selbst gewechselt worden war. Die in Aalborg besichtigte Trommel war verkauft worden und befand sich nicht mehr im Lager des Ausstellers. — Inzwischen war eben eine neue Centrifuge, zur Umtauschung der unserer Versuchsanstalt zugehörigen Centrifuge älterer Construction, von Stockholm angekommen. Deren Welle wurde nun mit einer Schraube ohne Ende versehen und die Trommel mit Welle nach Vestervigkloster gesendet, um in dem da aufgestellten Stativ angebracht zu werden. Die dergestalt zusammengesetzte Centrifuge ging jetzt so gut, wie wir ursprünglich erwarteten, nämlich etwas besser, als die in Aalborg geprüfte, und zwar bis zur Maximalgeschwindigkeit 7000. Freilich liess sich noch ein schwaches Zittern bemerken, aber dieses war gleich gross bei beiden Geschwindigkeiten 5600 und 7000 und findet sich gewiss bei allen Centrifugen de Laval's. Hiervon abgesehen, musste der Gang als „ausgezeichnet gut“ bis zur Geschwindigkeit 7000 erklärt werden. —

So wie die Verhältnisse sich stellten, liessen die Versuche sich also nicht mit der in Aalborg ausgestellten Centrifuge anstellen. Die Fortsetzung der Versuche mit ihrer ersten Ablösung hätte meiner Meinung nach keinen Sinn gehabt; dagegen liessen die Versuche sich mit der Centrifuge in ihrer letzten Zusammenstellung wohl ausführen, und mussten nach der Meinung des Herrn Breinbolt, sowie meiner Assistenten und meiner eigenen höchst wahrscheinlich dasselbe Resultat geben, als wenn sie mit der in Aalborg ausgestellten vorgenommen waren. Entweder müssen also diese Versuche als massgebend und bestimmend für das endliche Urtheil, oder die de Laval'sche Centrifuge muss als von der Arbeitsprüfung in Vestervig ausgeblieben betrachtet werden.

sächlich vom Constructeur der genannten Firma, Herrn L. Chr. Nielsen (der Erfinder der Nielsen & Petersen'schen, alias Burmeister & Wains'schen Centrifuge) construirt.

2. Ein Zugdynamometer für die durch Göpelwerk getriebenen Centrifugen.

Beide Dynamometer sind selbstschreibend. Auf eine für mehrstündige Arbeit hinreichend grosse Papierrolle, die sich während der Arbeit dreht, zeichnet ein feststehender Bleistift eine gerade, die Nulllinie, während ein anderer Stift, der sich mit der Feder des Rotationsdynamometers bewegt, eine Zickzack-Curve zeichnet, dessen Abstand von der Nulllinie die augenblickliche Spannung der Feder angiebt. Bei dem Rotations-Dynamometer entsteht diese Spannung durch den Zug eines Riemens, womit die Feder in Verbindung steht. Von dieser Riemenscheibe geht der Riemen zu der Vorlage der Centrifuge, und ein anderer bei beiden Centrifugen mittelst einer Rolle auszuspannender Riemen verbindet die Centrifuge mit ihrer Vorlage. Mit dem Rotations-Dynamometer wird also nur die zur Bewegung der Centrifuge mit Vorlage und Spannungsrolle sowie der genannten zwei Riemen mitgehenden Kraft gemessen¹⁾. Die Umdrehungen der Riemenscheibe werden durch ein an dem Dynamometer angebrachtes Zählwerk gezählt. Der Radius der Scheibe ist $0,2603\ m$. Werden pro Minute n Umdrehungen gemacht, und ist die Spannung der Feder $k\ kg$, so ist die Arbeit pro Secunde durch $\frac{2\pi \cdot 0,2603 \cdot nk}{60}$

Kilogrammometer od. $\frac{2\pi \cdot 0,2603 \cdot nk}{60 \cdot 75} = 0,000364 \cdot nk$ Pferdekraften („Dampfpferde“).

Das Zugdynamometer ist unmittelbar hinter dem Pferde, also zwischen diesem und dem Göpelarm angebracht. Die Spannung der Feder des Dynamometers ist also ein Mass für den Zug des Pferdes oder des Kraftverbrauches zur Bewegung des Göpel-

1) Der Kraftverbrauch zur Bewegung der Welle des Rotationsdynamometers und der Zwischenglieder zwischen diesem und der Dampfmaschine ist also in den nachfolgenden Messungen in Tab. I. nicht berücksichtigt. In Tab. II. ist dagegen die ganze Arbeit des Pferdes gemessen.

werkes, der Centrifuge und aller Zwischenglieder. Die Verbindung des Göpelwerkes mit der Welle, die in die Meierei hineinführt, geschieht mittelst eines Paar Zahnräder mit Trieben, resp. mit 72 – 13 und 53 – 11 Zähnen versehen. Das Pferd legt für jede Umdrehung einen Weg von 21,875 *m* zurück. Die Welle in der Meierei trägt ein Zählapparat. Macht diese Welle pro Minute *n* Umdrehungen, und ist die Spannung der Feder *k kg*, so ist die Geschwindigkeit des Pferdes $21,875 \cdot \frac{13}{72} \cdot \frac{11}{53} \cdot \frac{1}{60} \cdot n = 0,013662 n$ Meter, die Arbeitsmenge in Kilogrammometer 0,013662 *nk*, und in Pferdekräften $\frac{0,013662}{75} nk$.

Während der Arbeit wird von einem Assistenten jede Minute auf die Papierrolle (sowohl des Zugdynamometers wie des Rotations-Dynamometers) ein Zeichen gemacht, welches die entsprechende Stelle der Kraftcurve angiebt. Nach beendigtem Versuche können wir also den Abstand von der Nulllinie zur Kraftcurve, d. h. den Zug in die Feder von Minute zu Minute messen.

In dieser Weise sind die unten angegebenen Mittelwerthe dieses Zuges gefunden worden. Ausser auf die Göpelwelle waren auch auf die Centrifugen sowohl wie auf deren Vorgelege Zählapparate angebracht. Sämmtliche Zählapparate wurden von Minute zu Minute abgelesen, so dass von drei Assistenten jeder bei seinem Zählapparate beschäftigt war, und während der Versuche mit Pferdekräft war noch ein vierter bei dem Zugdynamometer angestellt. Indem wir auf diese Weise die Arbeit minutenweise auf so vielen Punkten verfolgten, wurde es uns möglich, zu untersuchen, wie genau wir arbeiten konnten, und inwiefern die Dynamometer mögliche Ursachen der Variation in dem Kraftverbrauche oder der mehr oder minder hübschen Kraftcurve angeben konnten. Es zeigte sich nun bald, dass es nicht allein sehr leicht war, die Kraftmessungen auszuführen, so lange nur ziemlich rohe Resultate beansprucht wurden, sondern dass die Dynamometer so empfindliche Instrumente sind, dass wir mit einer ganz unerwarteten Genauigkeit arbeiten konnten.

Um die Geschwindigkeit des Pferdes (Tab. II.) und die des Rotations-Dynamometers (Tab. I.) einigermaßen unverändert lassen

zu können, ob nun die Versuche mit 2400 oder 3000 Umdrehungen für Burmeister & Wains' Centrifuge und mit 5600 oder 7000 Umdrehungen für de Laval's Centrifuge vorgenommen wurden, liessen wir verschiedene Paare Riemenscheiben verfertigen. Vorläufige Versuche hatten die Nothwendigkeit hiervon, besonders bezüglich der Göpelversuche, wenn der Kraftverbrauch vom Göpelwerke selbst so constant wie möglich sein sollte, hinlänglich bewiesen. Man sieht auch leicht ein, dass bei grösserer Geschwindigkeit des Pferdes theils zur Vermehrung der Geschwindigkeit von Centrifuge mit Vorlage, theils zur Vermehrung der Geschwindigkeit vom Göpelwerke mit Zahnrad und Welle eine Extra-Arbeit verbraucht wird; der letztere Theil dieser Arbeit wird aber gespart, wenn die Vermehrung der Geschwindigkeit der Centrifuge mittelst einer grösseren Riemenscheibe auf der Welle vom Göpelwerke zur Meierei erzielt wird. Es entsteht zwar hierbei, von dieser Welle aus, ein grösserer Zug, aber die vorläufigen Versuche zeigten, dass der Zuwachs in Arbeit am kleinsten wird, wenn die Vergrösserung der Geschwindigkeit der Centrifugen durch Wechsel der Riemenscheiben hervorgebracht wurde. Aus dem Folgenden wird hervorgehen, dass die Riemenscheiben so construiert waren, dass die Geschwindigkeit des Pferdes bei allen Versuchen mit beiden Centrifugen ohngefähr $0,875 m$ war. Bezüglich des Rotations-Dynamometers, welches nur die Arbeitsgrösse der Centrifuge mit Vorgelege und zugehörigem Riemen und Spannrolle misst, scheint es ziemlich gleichgültig zu sein, ob die Veränderung der Centrifugen-Geschwindigkeit durch Veränderung der Geschwindigkeit der Welle des Rotations-Dynamometers oder durch Wechsel der kleinsten Riemenscheibe (der Vorlage), die mit dem Dynamometer verbunden ist, erzielt wird. Obgleich wir uns nach einigen vorläufigen Versuchen keinen grossen Vortheil von der constanten Geschwindigkeit des Dynamometers versprochen, beschlossen wir doch, diese nur wenig variiren zu lassen, sowohl bei Versuchen mit verschiedenen Centrifugen, als bei verschiedenen Versuchen mit einer Centrifuge. In den folgenden Versuchsreihen machte das Rotations-Dynamometer ziemlich constant 180 Umdrehungen pro Minute. In der Reihe Ia „Burmeister & Wains: 3000“ war die Zahl der Umdrehungen jedoch nur ca. 170, weil wir zu dieser Geschwindigkeit die der Vorlage der Centrifuge angehörende

Riemenscheibe benutzten. Zu den drei anderen Versuchsreihen unter I. wurden neue (kleinste) Riemenscheiben für das Vorgelege gefertigt. — Wir änderten also die Geschwindigkeit der Centrifugen bei den Göpelversuchen durch Wechsel der Riemenscheiben auf der Göpelwelle, bei den Dampfkraftversuchen durch Wechsel der kleinen Riemenscheibe des Vorgeleges. Dagegen wurde das Vorgelege, welches den Riemen von der Centrifuge trägt, nicht gewechselt. Also bleibt das Verhältniss (Tab. I. u. II., Columne 5) zwischen den Geschwindigkeiten der Centrifuge und des Vorgeleges bei einer Centrifuge und verschiedener Geschwindigkeit constant, sowie es auch nicht von der Anwendung von Elementarkraft mit Rotationsdynamometer oder von Pferdekraft beeinflusst wird. Die kleinen Schwankungen dieser Verhältnisszahlen rühren wahrscheinlich vom Gleiten des Riemens zwischen Centrifuge und Vorgelege her, und die kleinste Zahl wird alsdann dem stärksten Gleiten entsprechen. Das zweite in den folgenden Tabellen angeführte Verhältniss (Tab. I. u. II., Columne 6), entweder zwischen den Geschwindigkeiten von Vorgelege und Dynamometer (I.) oder von Vorgelege und Göpelwelle (II.) muss dagegen mit der Geschwindigkeit der Centrifugen von Reihe zu Reihe variiren. Nur innerhalb derselben Reihe kann eine Variation in den Verhältnisszahlen ein Gleiten des Riemens, der das Vorgelege treibt, andeuten; auch hier wird dann die kleinste Zahl dem stärksten Gleiten entsprechen.

Während der Kraftmessungsversuche liessen wir statt Milch Wasser durch die Centrifugen strömen; übrigens geschah aber das Zuströmen und das Abrahmen in gewöhnlicher Weise. Bei der kleinsten Geschwindigkeit der Centrifugen, also 2400 für Burmeister & Wains und 5600 für de Laval, war der Zugang 225 *kg* pr. Stunde, bei $\frac{5}{4}$ so grosser Geschwindigkeit der Centrifugen, also resp. 3000 und 7000, dagegen 350 *kg* pr. Stunde. Hierbei ist vorausgesetzt, dass das Vermögen einer Centrifuge eine grössere Milchmenge abzurahmen mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst: $450 \left(\frac{5}{4}\right)^2 = 703$.

Dass mehrere Versuche innerhalb derselben Reihe etwas verschiedene Resultate für den Kraftverbrauch geben können, lässt sich aus mehreren Gründen erklären:

1. Ungleiche Spannung der Riemen, welche die Centrifuge und das Vorgelege treiben. Sie kann entweder zufällig sein oder

dadurch verursacht, dass die Riemen fettig von Oel geworden sind. Eine grössere Spannung verursacht selbstverständlich einen grösseren Seitendruck in den Zapfenlagern und dadurch auch einen grösseren Kraftverbrauch. Auf der anderen Seite wird aber ein zu loser Riemen leicht einen bezüglich der vollständigen Abrahmung bedeutungsvollen Verlust an Geschwindigkeit bewirken können.

2. Eine etwas stärkere oder etwas schwächere Zuströmung des Wassers, als berechnet, sowie auch eine etwas grössere oder kleinere Geschwindigkeit der Centrifuge.

3. Ein nicht gleich sorgfältiges Schmieren der Zapfenlager.

Hieran reihen sich noch Versuchsfehler von folgender Abstammung:

4. Die jedem Versuche vorausgehende Einstellung des Bleistiftes, der die Nulllinie zeichnet.

5. Die Bestimmung der Mittellinie, die auf freier Hand durch die von dem beweglichen Bleistifte des Dynamometers beschriebene Zickzackcurve gezogen wird.

Durch vorläufige Versuche suchten wir theils die Grösse der auf diese Weise entstehenden Fehler zu bestimmen, theils wie wir am besten die Fehler innerhalb enger Grenzen halten können. Die Versuchsergebnisse der Tab. I. u. II. werden am besten beweisen können, inwiefern uns dies geglückt ist.

Tabelle I. Rotationsdynamometer — Dampfkraft.

a) Burmeister & Wains Centrifuge.

Geschwindigkeit c. 3000. — Zufuss c. 350 kg.

No.	Tag	Umdrehungen pr. Minute			Dynamometer kg	Verhältniss		Dampf- pferde- kraft
		Centri- fuge	Vorgel.	Dynamo- meter		Centf. Vorgel.	Vorgel. Dynam.	
		1	2	3	4	5	6	
1	9. Aug.	2997	424,0	168,1	11,855	7,07	2,52	0,725
2		3010	426,3	169,2	11,645	7,06	2,52	0,717
3		3000	424,0	169,6	12,015	7,08	2,50	0,742
4	12. "	2997	424,0	170,4	11,850	7,07	2,49	0,735
5	13. "	2973	421,4	170,4	12,590	7,06	2,47	0,781
6	16. "	3007	426,0	170,0	12,475	7,06	2,51	0,772
Durchschnitt		2997	424,3	169,6	12,070	7,06	2,50	0,745
für		3000						0,75

b) de Laval's Centrifuge.
Geschwindigkeit c. 7000. — Zufuss c. 350 kg.

No.	Tag	Umdrehungen pr. Minute			Dynamo- meter kg	Verhältniss		Dampf- pferde- kraft
		Centri- fuge	Vorgel.	Dynamo- meter		Centf. Vorgel.	Vorgel. Dynam.	
		1	2	3	4	5	6	
7	9. Aug.	6980	775,0	190,4	15,205	9,01	4,07	1,054
8		6970	782,0	191,9	14,875	8,91	4,08	1,039
9		7003	757,3	185,7	14,435	9,25	4,08	0,976
10	12. "	6993	748,3	184,9	14,930	9,35	4,05	1,005
11		7000	739,3	180,3	15,845	9,47	4,10	1,040
12		6997	738,0	181,1	15,795	9,48	4,08	1,041
Durchschnitt		6991	756,7	185,7	15,180	9,24	4,07	1,026
für		7000						1,03

c) Burmeister & Wains Centrifuge.
Geschwindigkeit c. 2400. — Zufuss c. 225 kg.

13	14. Aug.	2417	339,7	174,7	8,990	7,12	1,94	0,572
14		2403	337,7	174,7	8,410	7,12	1,93	0,535
15		2393	338,0	176,0	8,300	7,08	1,92	0,532
16	15. "	2400	338,7	176,0	7,895	7,09	1,92	0,506
17		2425	340,4	179,2	8,450	7,12	1,90	0,551
18		2412	340,0	176,9	8,050	7,09	1,92	0,518
Durchschnitt		2408	339,1	176,25	8,350	7,10	1,92	0,536
für		2400						0,53

d) de Laval's Centrifuge.
Geschwindigkeit c. 5600. — Zufuss c. 225 kg.

19	15. Aug.	5600	589,3	179,6	11,535	9,50	3,28	0,754
20		5597	589,7	177,3	11,550	9,49	3,33	0,745
21		5603	590,0	180,0	9,930	9,50	3,28	0,651
22	17. "	5593	594,3	181,3	9,765	9,41	3,28	0,644
23		5607	594,0	182,0	10,765	9,44	3,26	0,713
24		5587	597,6	181,1	10,275	9,35	3,30	0,677
Durchschnitt		5598	592,5	180,2	10,635	9,45	3,29	0,698
für		5600						0,70

(Die Columnen 1, 2, 3 und 4 enthalten die direct beobachteten Zahlen. Die Zahlen unter 5 sind aus 1 und 2 berechnet,

z. B. im Versuche No. 1: $\frac{2997}{424,0} = 7,07$; „6“ ist aus „2“ und

„3“ berechnet, z. B. $\frac{424,0}{168,1} = 2,52$; „7“ aus „3“ und „4“ mittelst

der oben [pag. 334] angeführten Formel, z. B. $\frac{0,000364 \times}{168,1 \times 11,855} = 0,725$.

Den vier Versuchen No. 19—22 (sowie den meisten der andern Versuche binnen des Zeitraumes vom 11. bis zum 15. August) wurde vom Fabrikanten der de Laval'schen Centrifuge, Herrn Lamm aus Stockholm, beigewohnt. Bei den zwei ersten dieser vier Versuche, No. 19 und 20, wurde wie gewöhnlich die Spannrolle zwischen dem Vorgelege und der Centrifuge angewendet; bei den beiden nächsten, No. 21 und 22, wurde die Rolle dagegen nach dem Wunsche des Herrn Lamm entfernt. Der Unterschied im Kraftverbrauch war 0,1 Pferdekräfte. Hieraus liess sich vielleicht schliessen, dass die Rolle selbst diesen Kraftunterschied verbrauchte; doch ist dies kaum richtig. Bei den Versuchen No. 19 und 20 war der Riemen — obgleich die Spannrolle nur äusserst schwach gespannt war — doch ziemlich stramm geworden, weil er sich, seit er das vorige Mal gebraucht wurde, zusammengezogen hatte. Der Mittelwerth der vier Versuche, No. 19—22, giebt den Kraftverbrauch bei nothwendiger Spannung des Riemens mittelst Spannrolle. Die Versuche No. 23 und 24 bestätigen dies; es wurde hier die Spannrolle mit schwach gespannten Riemen — namentlich bei 24 sehr schwach — angewendet.

(Tabelle II. siehe S. 341).

(Die Columnen 1—6 haben dieselbe Bedeutung wie in Tab. I., nur dass die Göpelwelle das Dynamometer in „3“ und „6“ ersetzt. Die Werthe in „7“, „8“ und „9“ sind aus denen in „3“ und „4“ mittelst der Formel pag. 335 berechnet; z. B. [No. 25] in „7“: $0,013662 \cdot 64,4 = 0,880$, in „8“: $0,013662 \cdot 64,4 \cdot 74,00 = 65,11$, in „9“: $0,013662 \cdot 64,4 \cdot 74,00 \cdot \frac{1}{75} = 0,868$).

Es wird später angegeben werden, warum die Reihe IIa 10 Versuche enthält. Man sieht, dass kein Göpelversuch mit de Laval's Centrifuge bei der Geschwindigkeit 7000 ausgeführt wurde. Bei den entsprechenden Versuchen mit Dampfkraft zeigte das Rotations-Dynamometer einen Kraftverbrauch von 1,03 Dampfpferdekräfte, also ca. 25 pCt. mehr, als was selbst ein gutes

Tabelle II. Zugdynamometer. — Pferdekraft.

a) Burmeister & Wains' Centrifuge.
Geschwindigkeit c. 3000. — Zufuss c. 350 kg.

No.	Tag	Umdreh. pr. Minute			Zug- dyna- momet. kg	Verhältniss		Geschw. des Pferdes m	kgmm	Dampf- pf.
		Centri- fuge	Vor- gelege	Welle		Centf. Vorg.	Vorg. Welle			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	11. Aug.	2993	423,7	64,40	74,00	7,06	6,58	0,880	65,11	0,868
26		3000	425,0	64,37	73,70	7,06	6,60	0,879	64,81	0,864
27	17. "	2993	424,3	64,43	73,65	7,05	6,59	0,880	64,83	0,864
28		3010	424,7	64,73	72,15	7,09	6,56	0,884	63,81	0,851
29	18. "	2997	424,7	64,97	76,15	7,06	6,54	0,888	67,59	0,901
30		3000	424,7	65,27	75,10	7,06	6,51	0,892	66,97	0,893
31	21. "	3013	426,7	63,67	77,60	7,06	6,70	0,870	67,50	0,900
32		3007	430,0	63,77	77,50	6,99	6,74	0,871	67,52	0,900
33	22. "	3010	429,0	63,40	75,70	7,02	6,77	0,866	65,57	0,874
34		3007	421,4	63,40	79,15	7,14	6,65	0,866	68,56	0,914
Durchschnitt		3003	425,4	64,24	75,47	7,06	6,62	0,878	66,24	0,883
für		3000								0,88

b) de Laval's Centrifuge.

Geschwindigkeit c. 7000. — Zufuss c. 350 kg.

(Konnte nicht ausgeführt werden; d. Kraftverbr. ber. zu 1,20 Dampf-
pf.)

c) Burmeister & Wains' Centrifuge.

Geschwindigkeit c. 2400. — Zufuss c. 225 kg.

35	18. Aug.	2400	337,7	64,23	56,90	7,11	5,26	0,878	49,93	0,666
36		2400	336,3	63,97	55,85	7,14	5,26	0,874	48,81	0,651
37	20. "	2400	337,0	63,77	55,20	7,12	5,28	0,871	48,09	0,641
38		2397	335,7	63,60	54,15	7,14	5,28	0,869	47,05	0,627
39		2397	335,7	63,57	51,15	7,14	5,28	0,868	44,42	0,592
40		2400	337,3	63,87	51,35	7,12	5,28	0,873	44,81	0,597
Durchschnitt		2399	336,6	63,84	54,10	7,13	5,27	0,872	47,19	0,629
für		2400								0,63

d) de Laval's Centrifuge.

Geschwindigkeit c. 5600. — Zufuss c. 225 kg.

41	10. Aug.	5574	587,9	64,47	67,65	9,48	9,12	0,881	59,59	0,794
42	11. "	5577	589,0	63,40	69,70	9,47	9,29	0,866	60,37	0,805
43		5577	588,3	63,47	70,85	9,48	9,27	0,867	61,44	0,819
44	17. "	5580	589,7	64,07	68,95	9,46	9,20	0,875	60,35	0,805
45		5590	588,3	64,03	69,55	9,50	9,19	0,875	60,84	0,811
46	18. "	5583	590,7	64,03	68,10	9,45	9,23	0,875	59,57	0,794
Durchschnitt		5580	589,0	63,91	69,13	9,47	9,22	0,873	60,36	0,805
für		5600								0,81

Pferd während längerer Zeit leisten kann. Kommt hierzu noch die zum Treiben des Göpelwerkes mit Zahnrad und Welle erforderliche Kraft, wird es einleuchtend, dass de Laval's Centrifuge bei der Geschwindigkeit 7000 und Zuströmung von 350 *kg* einen Kraftverbrauch fordert, der die Leistungsfähigkeit eines Pferdes weit überschreitet. Wir beabsichtigten zwar eine Versuchsreihe anzustellen, aber es zeigte sich gleich, dass sie sich mit einem Pferde nicht durchführen liess, und sowohl verschiedene Verhältnisse bei der Aufstellung wie auch der Umstand, dass beide Centrifugen von der Ausstellungs-klasse: „für ein Pferd oder geringere Kraft“ waren, veranlassten uns, nicht eine Versuchsreihe mit zwei Pferden aufzunehmen.

Der fehlende Werth für den Kraftverbrauch wird sich leicht ziemlich nahe berechnen lassen. Mit dem Rotations-Dynamometer ist für „de Laval“ bei der Geschwindigkeit 7000 und Zuströmung von 350 *kg* der Kraftverbrauch von 1,03 Dampf-Pferdekraften gemessen worden. Dieses entspricht nach dem aus Tab. III. (pag. 343) gewonnenen Resultat

$$1,03 \cdot \frac{100}{\frac{1}{3}(85 + 85 + 86)} = 1,20 \text{ Dampf-Pferdekraften}$$

für den Kraftverbrauch bei Anwendung von dem Zugdynamometer.

Obleich, wie schon angeführt, mehrere Quellen zu Schwankungen in dem Kraftverbrauche bei den Versuchen innerhalb jeder Reihe vorhanden waren, zeigen die Werthe doch, dass die grösste Abweichung der einzelnen Versuche von dem entsprechenden Mittelwerthe nur 0,05 oder $\frac{1}{20}$ Pferdestärke ist; und selbst dies Maximum kommt nur ein einziges Mal vor (No. 9), wenn man von den vier oben besonders besprochenen Versuchen (No. 19 bis 22) der Reihe Id absieht. Möglicherweise hätten wir mit doppelt so vielen, also 12 Versuchen, in jeder Reihe etwas andere Mittelwerthe erhalten, aber im Hinblick auf die Schwankungen der sechs Versuche ist es doch nicht wahrscheinlich, dass der Mittelwerth sich mehr als $\frac{1}{100}$ höchstens $\frac{2}{100}$ einer Pferdekraft geändert hatte — eine Aenderung, die an nnd für sich nur geringe Bedeutung hat, und die jedenfalls das Urtheil nicht beeinflussen kann. Die Uebereinstimmung zwischen den mit verschiedenen Dynamometern ausgeführten Kraftmessungen, besonders bei der

Burmeister & Wains'schen Centrifuge, wo keine der 4 Reihen fehlt, scheint auch darauf zu deuten, dass die Mittelwerthe als hinreichend zuverlässig anzusehen sind. Besonders auffallend wird die Uebereinstimmung, wenn die dritte Decimalstelle im Mittelwerthe des Kraftverbrauches nach der Correction für die Abweichungen von der planmässigen Geschwindigkeit beibehalten wird¹⁾.

Tabelle III. Die Mittelwerthe des Kraftverbrauches in Tab. I. und II. sind:

	Dampfperdekr.	
	Rotations- dynamom.	Zug- dynamom.
Burmeister & Wains' Centrifuge.		
Reihe Ia. u. IIa., Geschwindigkeit 3000, Zufluss 350 kg .	0,746	0,882
„ Ic. u. IIc., „ 2400, „ 225 „	0,533	0,629
De Laval's Centrifuge.		
Reihe Ib. u. IIb., Geschwindigkeit 7000, Zufluss 350 kg .	1,028	—
„ Id. u. II d., „ 5600, „ 225 „	0,698	0,811

Berechnet man aus Tab. III. das gegenseitige Verhältniss zwischen den mit den beiden Dynamometern gemessenen Kraftverbräuchen für gleichgrosse Arbeit mit einer Centrifuge, und wird dies Verhältniss in Procenten von der Zahl des Zugdynamometers angegeben, erhält man:

Burmeister & Wains' Centrif., Geschw. 3000, Zufl. 350 kg	$\frac{0,746}{0,882}$	oder 85 pCt ,
„ „ „ „ 2400, „ 225 „	$\frac{0,533}{0,629}$	„ 85 „
de Laval's „ „ „ 5600, „ 450 „	$\frac{0,698}{0,811}$	„ 86 „

Da es nun ganz natürlich scheint, dass dies Verhältniss constant — oder jedenfalls sehr nahe constant — sein muss, ob die Centrifuge mit grösserer oder kleinerer Geschwindigkeit geht, oder ob zum Versuche die eine oder die andere Centrifuge benutzt wird, so scheint die gegenseitige Uebereinstimmung der

1) Bei dieser Correction setzten wir voraus, dass der Unterschied im Kraftverbrauch dem Unterschiede in Geschwindigkeit direct proportional ist.

Verhältnisszahlen (85—85—86 pCt.) eine Bestätigung der Genauigkeit der gefundenen Mittelwerthe für den Kraftverbrauch zu enthalten.

Eine ebenso schlagende Uebereinstimmung erhält man für Burmeister & Wains' Centrifuge, wenn man die Variation des Kraftverbrauches bei Zunahme von Geschwindigkeit und Zufluss berechnet:

wenn die Geschwindigkeit von 2400 bis 3000	
und der Zufluss „ 225 „ 350 kg	

steigt, so ist die Zunahme des Kraftverbrauches:

mit Rotationsdynamometer von 0,533 bis 0,746 Dampfpf. oder 40 pCt.,	
„ Zugdynamometer „ 0,629 „ 0,882 „ „ 40 „	

A priori scheint es ganz natürlich, dass der Kraftverbrauch der Geschwindigkeit und dem Zuflusse proportional — oder jedenfalls sehr nahe proportional — wächst, ob man das eine oder das andere der beiden Dynamometer anwendet. Die hier nachgewiesene Uebereinstimmung bestätigt also auch die Genauigkeit der erhaltenen Mittelwerthe.

Bei de Laval's Centrifuge finden wir, dass der ganz analogen Steigerung in Geschwindigkeit und Zufluss eine Steigerung des Kraftverbrauches von 47 pCt. entspricht (gegen 40 pCt. bei Burmeister & Wains'). Es lässt sich hieraus doch nicht auf einen begangenen Fehler schliessen, denn die beiden Centrifugen sind ja sowohl in ihrer Construction wie in ihrer Arbeitsweise wesentlich verschieden¹⁾.

1) Wir können noch hervorheben, dass diese Messungen mit den im Jahre 1882 ebenfalls auf Vestervigkloster am Göpel ausgeführten Kraftmessungen (Tidsskrift for Landökonomi 1882) gut übereinstimmen. Das in 1882 benutzte Zugdynamometer war doch lange nicht so empfindlich, wie das bei den diesjährigen Versuchen angewendete, auch wurde damals nicht jede der aufgeführten Geschwindigkeiten so genau wie jetzt geprüft. — 1882 prüften wir zwei Burmeister & Wains'sche Centrifugen von derselben Art wie die diesjährige; dagegen war die 1882 auf Vestervigkloster (nicht die auf Ourupgaard) benutzte de Laval'sche Centrifuge von der „alten“ Construction, wo die Centrifugenöffnung mittelst eines aufgeschraubten Deckels, worin ein Loch von 4 cm Diameter zum Abfluss von Milch und Rahm incl. 2 cm Abstand von der Achse, geschlossen wurde. Bei der jetzt benutzten de Laval'schen Centrifuge ist der Abstand des genannten Loches von der Achse dagegen $6\frac{1}{2}$ cm. 1882 war auf der Centrifuge kein Zählwerk angebracht, aber die Geschwindig-

Es ist schon ausführlich besprochen worden, dass während das Rotations-Dynamometer, indem es unmittelbar vor dem Vorgelege angebracht ist, nur einen Theil der zur Arbeit mit der Centrifuge erforderlichen Kraft misst, wogegen das Zugdynamometer die ganze Kraft misst, indem es unmittelbar hinter dem Pferde angebracht ist. Will man daher die mittelst dem Rotations-Dynamometer gefundenen Zahlenwerthe benutzen, um den bei praktischer Arbeit mit den Centrifugen wirklich stattfindenden Kraftverbrauch zu finden, muss man eine Erhöhung dieser Zahlen vornehmen, die sich danach richtet, welche Zwischenglieder sich zwischen dem Vorgelege und der treibenden Kraft (Dampf oder Pferd) finden. — In den vorliegenden Versuchen brauchte das Göpelwerk mit Zahnrad und Welle durchschnittlich 14,7 (15—15—14) pCt. von dem ganzen mit dem Zugdynamometer ge-

keit wurde auf 5400 geschätzt, (welches nach den späteren Beobachtungen ziemlich genau scheint).

Die Messungen in 1882, welche den diesjährigen am nächsten liegen, sind:

a) Burmeister & Wain's Centrifuge.

1882	Geschwindigkeit	$\frac{2341 + 2390 + 2400}{3} = 2377$	0,63	Dampfpf.
	d. h. für die Geschwindigkeit	. . . 2400		0,64 Dampfpf.
1883	gefunden für die	„ . . . 2400		0,63 „
1882	Geschwindigkeit	$\frac{2900 + 2923}{2} . . . = 2912$	0,88	„
	d. h. für die Geschwindigkeit	. . . 3000		0,91 „
1883	gefunden für die	„ . . . 3000		0,88 „

also gute Uebereinstimmung.

b) de Laval's Centrifuge.

1882	Geschwindigkeit 5400	0,71	Dampfpf.
	d. h. für die Geschwindigkeit	. . . 5600		0,76 Dampfpf.
1883	gefunden für die	„ . . . 5600		0,81 „

Unterschied: 0,05 Dampfpf.

Dass de Laval's Centrifuge in 1883 0,05 Dampfpferdekräfte mehr Kraftverbrauch als in 1882 zeigte, deutet doch keineswegs auf Fehler in den Messungen; dagegen findet dieser Unterschied seine natürliche Erklärung darin, dass 1882 der Abfluss von Milch und Rahm sich in einem Abstände von 2 cm von der Achse sich befand, während 1883 dieser Abstand $6\frac{1}{2}$ cm war. Für einen Zufluss von 225 kg pr. Stunde giebt dies nach Tab. Vb. einen

Unterschied im Kraftverbrauch von $0,062 \div 0,062 \left(\frac{4}{13}\right)^2 = 0,056$.

Also auch hier stimmen die Versuche der zwei Jahre gut überein.

messenen Kraftverbrauch, also ca. $\frac{1}{4}$ von der ganzen Arbeit des Pferdes. Der Göpel auf Vestervigkloster muss doch bezüglich leichten Ganges sehr hoch geschätzt werden, so dass der Kraftverbrauch bei gewöhnlicher Göpelarbeit wahrscheinlich grösser wird.

Vergleichen wir die beiden Centrifugen bezüglich des gemessenen Kraftverbrauches bei den Geschwindigkeiten

respective	2400 und 5600,	Zufluss	225 kg
	und 3000 „ 7000,	„	350 „

so sieht man, dass die Laval's Centrifuge die meiste Kraft brauchte, nämlich bei der kleinsten Geschwindigkeit (2700 und 5600)

mit Rotationsdynamometer	31 pCt.	}	Durchschnitt 30 pCt.
„ Zugdynamometer	29 „		

mehr als Burmeister & Wains' Centrifuge, und bei der grössten Geschwindigkeit (3000 und 7000)

mit Rotationsdynamometer 38 pCt.

mehr als Burmeister & Wains' Centrifuge.

Die Bedeutung dieses Mehrverbrauches an Kraft der de Laval'schen Centrifuge lässt sich jedoch erst bestimmen, wenn die Abrahmungsfähigkeit der Centrifugen für kleinere und grössere Milchmengen und verschiedene Geschwindigkeiten bekannt ist. Aus den ausgeführten Dynamometer-Versuchen geht indessen hervor, dass, wenn die Geschwindigkeit der de Laval'schen Centrifuge bei einem Zufluss von 225 kg grösser als 5600 wird, sie nicht länger der Klasse: „Centrifugen, die von einem Pferde gewöhnlicher Stärke oder mit milderer Kraft getrieben werden können“, angehört; denn 0,8 Dampfpferdestärke ist ohne Zweifel die Grenze für die einem gewöhnlichen Pferde im Göpel zu bietende Arbeit.

Aus den angeführten Versuchen lässt sich für jede Centrifuge eine Geschwindigkeit finden, bei welcher der Kraftverbrauch ohngefähr gleich gross für beide Apparate ist. Die in dieser Hinsicht einander am nächsten stehenden Versuche sind:

(Tabelle siehe S. 347).

Burmeister & Wains' Centrifuge hat also etwas mehr Kraft verbraucht, als die Laval's, aber der Wasserzufluss war auch für jene 125 kg grösser, als für diese. Wie aus dem Fol-

	Dampfpferdekr.	
	Rotations- dynamom.	Zug- dynamom.
Burmeister & Wains, Geschw. 3000, Zufluss 350 <i>kg</i>	0,75	0,88
de Laval, „ 5600, „ 225 „	0,70	0,81
Unterschied	0,05	0,07

genden hervorgehen wird, fordern nun 125 *kg* Wasser, um mittelst Burmeister & Wains' Centrifuge, mit der Geschwindigkeit 3000, in und ausser Fahrt gesetzt zu werden, eine Arbeitsgrösse, die ausserordentlich nahe dem genannten Unterschiede liegt, so dass also der Kraftverbrauch gleich gross wird, wenn der Zufluss für beide Centrifugen 225 *kg* und die Geschwindigkeit 3000 resp. 5600 ist.

Um die Richtigkeit hiervon zu prüfen, liessen wir die Versuchsreihe IIa 10 statt 6 Versuche umfassen. Nachdem die sechs ersten ausgeführt waren, zeigte es sich, dass der Kraftverbrauch nicht grösser war, als dass er ohne Zweifel auf 0,8 niedersinken würde, wenn der Zufluss 225 statt 350 *kg* würde. Wir hatten schon in Verbindung mit No. 5 und 6 der Reihe Ia einige Versuche in dieser Richtung gemacht und ausserdem einige ganz vorläufige Versuche mit verschiedener Zuströmung bei verschiedener Geschwindigkeit. Wir beschlossen alsdann die Reihe IIa wieder aufzunehmen, doch so, dass die Zuströmung theils 350, theils 225 *kg* pro Stunde wurde. Ohne Stillstand oder Veränderung der Geschwindigkeit der Centrifuge war alsdann die Zuströmung

in den ersten	15	Minuten	350	<i>kg</i>	pr. Stunde,
„ „	nächsten	30	„	225	„ „ „
„ „	„	15	„	350	„ „ „

Die Mittelwerthe der Beobachtungen für die ersten und die letzten 15 Minuten sind unter No. 31 — 34 der Tab. IIa aufgeführt. In gleicher Weise wurden die Versuche No. 5 und 6 Tab. Ia ausgeführt: erst ging die Centrifuge 15 Minuten ohne Zufluss (0 *kg*), danach 15 Minuten bei 225 *kg* Zufluss, sodann 30 Minuten mit 350 *kg* Zufluss, wieder 15 Minuten mit 225 *kg* und zuletzt 15 Minuten ohne Zufluss. Die Resultate finden sich in Tab. IV.

Tabelle IV. Burmeister & Wains' Centrifuge, Geschwindigkeit 3000.

	Dampfperdekraft					
	Gemessen			Unterschied		
	0 kg	225 kg	350 kg	225 ÷ 0	350 ÷ 0	350 ÷ 225
Rotationsdynamometer:						
13. August	0,578	0,728	0,781	0,150	0,203	0,053
16. „	0,573	0,706	0,772	0,133	0,199	0,066
Zugdynamometer:						
21. August	—	0,796	0,900	—	—	0,104
22. „	—	0,815	0,900	—	—	0,085
22. „	—	0,819	0,874	—	—	0,055
23. „	—	0,825	0,914	—	—	0,089
Durchschnitt {	2 Versuche mit Rotationsdynamometer			0,14	0,20	0,06
4 „ „	Zugdynamometer			—	—	0,08

Betrachten wir nun die Versuche mit dem Zugdynamometer, so giebt die Tab. IV., dass Burmeister & Wains' Centrifuge 0,08 Pferdekraft, um 125 kg Wasser in und ausser Fahrt zu setzen, verbraucht hat. Tab. IV. in Verbindung mit Tab. II. giebt dann:

Burmeister & Wains' Centrifuge, Geschwindigkeit 3000:
 Centrifuge und 350 kg Wasser (Tab. IIa.) . . . 0,88 Dampf.
 allein 125 „ „ (Tab. IV.) . . . 0,08 „
 also Centrifuge und 225 kg Wasser 0,80 Dampf.,
 wogegen der Durchschnittswerth von den vier Versuchen (21. bis 23. August) ist:

Centrifuge und 225 kg Wasser . . . 0,81 Dampf.
 und für de Laval's Centrifuge, Geschwindigkeit 5600
 Centrifuge und 225 kg Wasser . . . 0,81 „

Bei den folgenden Berechnungen werden wir die höchste (0,81) der beiden Zahlen für Burmeister & Wains' Centrifuge benutzen.

Hiernach ist also der Kraftverbrauch für beide Centrifugen bei den resp. Geschwindigkeiten 3000 und 5600 gleich gross, wenn der Zufluss für beide 225 kg ist. Hieraus folgt jedoch gar nicht, dass (die Geschwindigkeiten unverändert vorausgesetzt) der Kraftverbrauch auch gleich gross für beide wird, wenn der Zufluss z. B. auf 350 kg gesteigert wird. Einige Versuche in dieser

Richtung gaben für de Laval's Centrifuge nur eine Steigerung des Kraftverbrauches um 0,04, wenn die Zuströmung bei der Geschwindigkeit 5600 von 225 bis 350 kg wuchs. Glücklicherweise können wir indessen mittelst einer theoretischen Betrachtung von der Arbeitssteigerung bei erhöhtem Wasserzufluss den direct gemessenen Werthen so nahe kommen, dass ich keine Ursache fand, die Zahl der letzteren zu vergrössern, besonders da wir später nur innerhalb sehr enger Grenzen von den gefundenen Werthen Gebrauch machen werden.

Die Formel $a = \frac{p h^2}{2g}$, wo g die beim freien Falle eintretende Acceleration 9,815 bedeutet, giebt die Grösse der Arbeit an in Kilogrammetern, die um ein Gewicht von p kg die Geschwindigkeit h m zu ertheilen erforderlich ist. In Pferdestärken ausgedrückt wird sie also

$$k = \frac{p h^2}{2 \cdot 9,82 \cdot 75}$$

Als die Geschwindigkeit des Wassers (oder der Milch), die in diese Berechnung einzuführen ist, muss dieselbe an dem Punkte, wo die Flüssigkeit die Centrifuge verlässt, angenommen werden; der Umdrehungs-Radius dieses Punktes ist für Burmeister & Wains' Centrifuge 12,25 cm, für de Laval's 6,54 cm. Zwar bekommt ein Wassermolekül, indem es durch die Wassermasse gegen die Aussenwand der Centrifuge sich bewegt, eine stets grössere Geschwindigkeit, aber diese wird wieder verloren auf dem Wege zur Ausflussöffnung zurück, so dass also die während der Wanderung hin und zurück verbrauchte Arbeit gleich Null wird. Bei Burmeister & Wains' Centrifuge wird das Wasser (Milch und Rahm) mittelst den Röhrenspitzen ganz oder beinahe ganz ausser Geschwindigkeit gesetzt, ehe es die Centrifuge verlässt; da nun aber gleich viele Kraft mitgeht, um einem Körper eine Geschwindigkeit mitzuthemen, und um ihm dieselbe wieder abzunehmen, sieht man, dass die mittelst obenstehender Formel gefundene Arbeitsmenge entweder verdoppelt oder beinahe verdoppelt werden muss. Bei de Laval's Centrifuge wird dagegen das Wasser (Milch und Rahm) aus der Centrifuge herausgeschleudert, so dass wir keinen Kraftaufwand für die Anhaltung zu berechnen brauchen, wenn nicht die Adhäsion eine Anhaltung

bewerkstelligen kann. Man kommt daher sicher der Wahrheit am nächsten, wenn man nach obiger Formel die Kraft, welche mitgeht, um dem Wasser die Geschwindigkeit der Centrifuge zu geben, für Burmeister & Wains' Centrifuge zweifach, für de Laval's dagegen einfach berechnet. Man bekommt auf diese Weise:

Tabelle V. a) Burmeister & Wains. Geschwindigkeit 3000.

$$\text{Bei } 350 \text{ kg Wasser pr. St. } k_1 = \frac{350^3 \left(\frac{3000^2}{60} \cdot 2 \cdot \frac{22}{7} \cdot 0,1225^3 \right)^2}{60^2 \cdot 75 \cdot 9,82} = 0,196 \text{ Dpfk.}$$

$$\text{„ } 225 \text{ „ „ „ } k_2 = k_1 \frac{225}{350} \dots \dots \dots = 0,126 \text{ „}$$

$$\text{Bei } 125 \text{ kg Wasser pr. Stunde also } \dots \dots \dots = 0,070 \text{ Dpfk.}$$

b) De Laval's. Geschwindigkeit 5600.

$$\text{Bei } 350 \text{ kg Wasser pr. Stunde } k_3 = \frac{350^3 \left(\frac{5600^2}{60} \cdot 2 \cdot \frac{22}{7} \cdot 0,0654^3 \right)^2}{60^2 \cdot 2 \cdot 75 \cdot 9,82} = 0,097 \text{ Dpfk.}$$

$$\text{„ } 225 \text{ „ „ „ } k_4 = k_3 \frac{225}{350} \dots \dots \dots = 0,062 \text{ „}$$

$$\text{Bei } 125 \text{ kg Wasser pr. Stunde also } \dots \dots \dots = 0,035 \text{ Dpfk.}$$

c) Burmeister & Wains. Geschwindigkeit 2400.

$$\text{Bei } 225 \text{ kg Wasser pr. Stunde } k_5 = \frac{225^3 \left(\frac{2400^2}{60} \cdot 2 \cdot \frac{22}{7} \cdot 0,1225^3 \right)^2}{60^2 \cdot 75 \cdot 9,82} = 0,081 \text{ Dpfk.}$$

Diese Zahlenwerthe stimmen gut mit den wenigen direct ermittelten (theils in Tab. IV., theils nicht früher mitgetheilt) überein, wie es näher aus Tab. VI. hervorgeht.

(Tabelle siehe S. 351).

Obgleich die Versuche zu wenig zahlreich sind, als dass man schliessen darf, dass eine so grosse Uebereinstimmung zwischen dem berechneten und dem gefundenen Kraftverbrauch, wie hier angedeutet, wirklich besteht, und da es ausserdem wahrscheinlich ist, dass der Kraftverbrauch bei mehreren Versuchen sich am grössten bei der Anwendung des Zugdynamometers zeigen wird

1) 350 kg Wasser pr. Stunde d. h. $\frac{350}{60^2}$ kg pr. Sekunde.

2) 3000 Umdrehungen pr. Minute d. h. $\frac{3000}{60} = 50$ pr. Sekunde.

3) Radius = 4,7 dän. Zoll = 12,25 cm.

Tabelle VI.

				Dampfpferdekräfte		
				Berechnet	Versuch	
					Rotations-	Zug-
				dynamom.	dynamom.	
Burmeister & Wains.						
350 kg	Zufluss	mit Geschwindigkeit	3000. .	0,20	0,20	—
225 "	"	"	3000. .	0,13	0,14	—
125 "	(350 ÷ 225)	"	3000. .	0,07	0,06	0,08
225 "	"	"	2400. .	0,08	0,08	—
De Laval.						
125 kg	(350 - 225)	mit Geschwindigkeit	5600. .	0,035	—	0,04

(cfr. Tab. IV.), so ist doch die Uebereinstimmung so schlagend, dass es erlaubt sein muss, die berechneten Zahlen innerhalb so kleiner Variationen des Zuflusses und der Geschwindigkeit zu benutzen, dass der Kraftverbrauch sich nur wenige Hunderttheile Pferdekraft von einem festen Ausgangspunkte entfernt. Als solches bietet sich dar: 0,81 Pferdekkräfte sowohl für Burmeister & Wains' als für de Laval's Centrifuge, wenn der Zufluss 225 kg und die Geschwindigkeit 3000 resp. 5600 ist.

Eine solche Berechnung finden wir unten in Tab. IX., X. und XI. bezüglich des Kraftverbrauches bei den Versuchen No. 4 und 5. Um diese Berechnung verständlich zu machen, ist aber noch folgende Zusammenstellung nothwendig.

Die (Tab. IV.) berechneten Werthe des Kraftverbrauches für „Wasser allein“ geben in Verbindung mit den mittelst Zugdynamometer ausgeführten Messungen (Tab. II.):

Für Burmeister & Wains' Centrifuge.	
Geschwindigkeit 3000, Zufluss 350 kg (Tab. IIa.)	0,88 Pferdekkräfte,
350 kg Wasser allein (Tab. Va.)	0,20
Also die Centrifuge „allein“ (gefüllt)	0,68 Dpfr.,
Geschwindigkeit 2400, Zufluss 225 kg (Tab. IIc.)	0,66 Pferdekkräfte,
225 kg Wasser allein (Tab. Vc.)	0,08
Also die Centrifuge „allein“ (gefüllt)	0,55
	Diff. = 0,13 Dpfr.

Der Kraftverbrauch der Centrifuge ist $\frac{13}{55}$ oder 24 pCt. gewachsen.

Die Geschwindigkeit „ „ „ $\frac{6}{24}$ „ 25 „ „

Es scheint also hiernach, als wenn der Kraftverbrauch für „die Centrifuge allein“ der Geschwindigkeit proportional wächst, oder für 100 Umdrehungen mit $\frac{0,13}{6} = 0,022$ Pferde-
stärke. Jedenfalls kann man diese Zahl bei einer Berechnung benutzen, wenn die Geschwindigkeit nicht mehr von dem Ausgangspunkte 3000 variirt, als es bei den Abrahmungsversuchen der Reihen 4 und 5 der Fall ist. Zur Beleuchtung der Berechnung führen wir folgendes Beispiel an, welches den Versuchen dieser beiden Reihen nahe liegt.

Angenommen die Geschwindigkeit 2900 und der Zufluss 300 kg, so finden wir den Kraftverbrauch

$$0,81 \div 0,022 + 0,126 \frac{300}{225} \left(\frac{2900}{3000} \right)^2 : 0,126 = 0,82 \text{ Dampf.}$$

nämlich:

Der Kraftverbrauch bei der Geschwindigkeit 3000 und dem Zufluss 225 kg ist = 0,81 „

Der Unterschied zwischen dem Verbräuche der „Centrifuge allein“ bei den Geschwindigkeiten 2900 und 3000 ist : 0,022 „

Da bei der Geschwindigkeit 3000 die „225 kg allein“ 0,126 verbrauchen, so ist der Unterschied zwischen dem Verbräuche von 300 kg bei der Geschwindigkeit 2900 und 225 kg bei der Geschwindigkeit 3000:

$$0,126 \cdot \frac{300}{225} \left(\frac{2900}{3000} \right)^2 \div 0,126 = + 0,031 \text{ „}$$

0,819 Dampf.

B. Entrahmungsversuche.

Ein Drittheil der Milch zu jedem der folgenden Versuche ist vom „Vestervigkloster“, das Uebrige wurde von dem 11,3 km hiervon entfernten Haupthofe „Tandrup“ hergebracht. Es wurde stets nur die Morgenmilch benutzt, und das Centrifugiren ging vor sich so bald wie möglich nach der Ankunft der Tandrupmilch zu Vestervigkloster. Die Milch von den beiden Höfen wurde sorgfältig gemischt und hierauf in zwei Theile für die beiden Centrifugen getheilt. Jede der folgenden fünf Versuchsreihen enthält die Versuche von zwei Tagen; an einem Tage wurde die Burmeister & Wains' Centrifuge zuerst, de Laval's zuletzt geprüft, am anderen Tage umgekehrt. Derjenige der beiden am selben Tage vorgenommenen Versuche, der mit der

höchsten Temperatur angeführt ist, ist der zuerst ausgeführte. An einigen Tagen wurden von der gemischten Milch 25 *kg* zur Eisabkühlung herausgenommen. —

Bei diesen Entrahmungsversuchen war zu entscheiden, wie vollständig jede der beiden Centrifugen, bei einer bestimmten Umdrehungsgeschwindigkeit und bestimmtem Milchzufluss die Milch zu entrahmen vermochte. Dies lässt sich nur mittelst einer chemischen Bestimmung des in der entrahmten Milch zurückbleibenden Fettes genau entscheiden; je weniger Fett die Centrifuge hinterlässt, desto besser hat sie gearbeitet. Bei jedem Versuche wurden daher aus der entrahmten Milch Proben zur Analyse herausgenommen, und in eisgekühlten Kisten zur Untersuchung den Herren Direktor Storch und Assistent Sebelien im landw. Versuchs-Laboratorium der Kgl. Veterinair- und Landbauhochschule gesendet. Zum Centrifugiren wurden jedesmal ca. 200 *kg* Milch angewendet, also ca. 100 *kg* für jede Centrifuge. Diese Milchmenge mag vielleicht etwas klein scheinen, um die beiden Centrifugen, die für einen gewöhnlichen Zufluss von 225—350 *kg* pro Stunde eingerichtet sind, vergleichen zu können. Beim Anfang und beim Schluss einer Centrifugirung (d. h. beim Entrahmen des „ersten“ und „letzten“ Inhalts) arbeitet man ja nämlich etwas anders, als während der übrigen Zeit. Hierzu kommt, dass jede der beiden zu vergleichenden Centrifugen nach verschiedenen Systemen arbeitet, deren das eine (Burmeister & Wains') verhältnissmässig leicht den letzten Inhalt der Centrifuge zu entrahmen vermag, welches dem anderen (de Laval) dagegen schwieriger fällt. Je kleinere Milchmengen wir aber zu dem Versuche benutzen, desto grössere Bedeutung in Bezug auf den Fettinhalt sämtlicher abgerahmten Milch bekommt der Umstand, ob der „erste“ und „letzte“ Theil ebenso vollständig, wie die übrige Milch, entrahmt ist. Wir glauben indessen dieser Schwierigkeit entgangen zu sein durch die Weise, in welcher wir arbeiteten und unsere Analyseproben herausnahmen: diese wurden nämlich theils einer „besonderen“ Probe, theils „sämtlicher“ abgerahmten Milch entnommen. —

Nachdem sowohl die Centrifuge wie die Milchzuströmung ihre volle Geschwindigkeit erreicht hatten, warteten wir noch eine kleine Weile, ehe die „besondere“ Prüfung vorgenommen

Jeder der beiden Herren bekam sonach vier Flaschen centrifugirter Milch von derselben süßen Milch, aber ohne jede Kunde von der Bedeutung der Proben der einzelnen Versuchsreihen oder von der Art, in welcher die Proben der beiden Reihen zusammen gehörten; der Schlüssel hierzu wurde von mir aufbewahrt und wurde ihnen erst bei der Ablieferung der Resultate an mich mitgetheilt. In der Haupttabelle XII. finden sich für jede Probe die Resultate beider Herren; mit ganz einzigen Ausnahmen ist jede dieser Zahlen mittelst einer einzelnen Analyse bestimmt worden. Die Zahlenwerthe liegen einander so nahe, dass, wenn auch eine doppelte Analyse sie noch etwas näher an einander hätte bringen können, dies doch ohne Bedeutung für die vorliegende Untersuchung gewesen wäre. Ausserdem controliren die Zahlenwerthe der „besonderen Prüfung“ und „sämtlicher“ Milch einander gegenseitig. —

Sehen wir von den vorläufigen Versuchen der drei Tage (10., 11. und 13. August) ab, wo nur Analysen der „besonderen“ Prüfung gemacht wurden, und die nicht in den fünf Hauptreihen einbezogen sind, wurde die Milch von Tandrup nach Vestervig stets in zwei isolirten Behältern transportirt, wodurch der Neigung der Milch, „kaltschwer“ zu werden, fast gänzlich entgangen wurde. Die Temperatur während des Centrifugirens war durchschnittlich $24,5^{\circ}$ C. (Maximum $26,4^{\circ}$, Minimum $22,2^{\circ}$), während z. B. in der früheren Versuchsreihe auf Ourupgaard im Juni und Juli 1882¹⁾ die Temperatur $26,2^{\circ}$ C. war (Maximum $30,3^{\circ}$, Minimum $22,2^{\circ}$ C.). Da es nun nicht der Transport durch Fahren, sondern die Abkühlung während des Fahrens ist, welche die Fähigkeit der Milch, ihren Rahm abzusetzen, vermindert, so müssen mögliche Andeutungen auf „schwere“ Milch daher stammen, dass die Milch bei dem Melken „kuhschwer“ gewesen ist, wogegen nur ein geringer Einfluss dem Transporte der Milch zuzuschreiben ist.

Da nun gewisse Umstände uns vermuthen liessen, dass die Tandrup-Milch bei unseren ersten Versuchen, wenn auch nicht jeden Tag, so doch mitunter, zum Rahmabsetzen etwas weniger geneigt war, als gewöhnlich, so wurden bei mehreren der folgen-

1) Siehe Tidsskrift for Landökonomi 1882.

den Versuche 25 *kg* zum Eisabrahmen hingesezt. Diese Probe wurde nach 10 Stunden abgerahmt und die abgerahmte Milch analysirt (cfr. Haupttab. XII.). Man darf gewöhnlich annehmen, dass abgerahmte Milch von „10 Stunden in Eis“ bei günstiger Rahmabsetzung nur bis $\frac{3}{4}$ pCt. Fett enthalten darf. Hier zeigt die Eisprobe aber nur eines einzigen Tages eine solche Fettmenge, wogegen sie an anderen Tagen etwas mehr als 1 pCt. Fett enthielt. Also ist die Milch ein wenig, aber auch nur ein wenig schwer gewesen, was zwar an und für sich für den Vergleich der beiden Centrifugen ohne Bedeutung ist, da jeden Tag Milch von einer Mischung benützt wurde, wogegen dieser Umstand berücksichtigt werden muss, wenn man von den vorliegenden Versuchen auf die absolute Entrahmungsfähigkeit der Centrifugen von einer gewissen Milchmenge schliessen will. Ein Vergleich zwischen dem Fettgehalt der abgerahmten Milch der diesjährigen Versuche und der analogen Versuche auf Ourupgaard von 1882 scheint jedoch nicht anzudeuten, dass die Milch dies Jahr, einzelne Tage ausgenommen, sich mittelst Centrifugiren schwieriger entrahmen liess, als voriges Jahr.

Bezüglich des für die Entrahmungsversuche gewählten Zuflusses habe ich diesen so gesetzt, dass bei jeder Versuchsreihe die eine der Centrifugen ungefähr 0,25 pCt. Fett in der abgerahmten Milch zurücklassen würde. Da die Milch sich mittelst Centrifugiren bis ca. 0,1 pCt. Fett entrahmen lässt, so wird sich sowohl eine grössere wie eine kleinere Entrahmungsfähigkeit bei der einen Centrifuge herausstellen, wenn 0,25 pCt. als Ausgangspunkt für die andere gewählt wird. Unsere vorjährigen Versuche, welche indessen bezüglich de Laval's Centrifuge, die, wie gesagt, mehreren Veränderungen unterzogen war, keine absolut sicheren Schlüsse erlaubten, waren jedoch für unsere Wahl des rechten Ausgangspunktes massgebend. Wir vermutheten, dass die Entrahmungsfähigkeit der beiden Centrifugen ziemlich gleich wäre bei den bei den Kraftmessungsversuchen geprüften Geschwindigkeiten — also entweder die niedrigsten Werthe, 2400 und 5600, oder die grössten, 3000 und 7000. Um diese Frage zu beantworten, ehe der eigentliche Versuchsplan ausgearbeitet wurde, wurden am 10., 11. und 13. August drei vorläufige Versuche ausgeführt, wobei jedoch nur die „besondere“ Milch ana-

lysirt wurde. Es zeigte sich hierbei durchschnittlich ein Unterschied von 0,04 (0,32—0,28) pCt. Fett in der abgerahmten Milch zu Gunsten der Laval's Centrifuge; aber dieser Unterschied ist so klein, dass er wahrscheinlich verschwunden war, wenn sämtliche abgerahmte Milch analysirt worden war. Wir legten nun den folgenden Plan für 5 Versuchsreihen, jede Reihe die Versuche zweier Tage enthaltend, und von Analysen, sowohl von „besonderer“ wie „sämtlicher“ Milch, begleitet; ausserdem wurde öfters eine Analyse von einer „Eis-Milchprobe“ vorgenommen (cfr. Haupttab. XII.):

Reihe I. Gleicher Zufluss 225 kg. — Verschiedener Kraftverbrauch; beinahe gleicher Enthrahungsgrad.

- a) Burm. & W. Geschw. 2400, Kraftverbr. 0,63 Dampfpf. (Tab. IIc.)
 b) de Laval. „ 5600, „ 0,81 „ (Tab. II d.)

Reihe II. Gleicher Zufluss 350 kg. — Verschiedener Kraftverbrauch; beinahe gleicher Enthrahungsgrad.

- a) Burm. & W. Geschw. 3000, Kraftverbr. 0,88 Dampfpf. (Tab. IIa.)
 b) de Laval. „ 7000, „ 1,20 „ (berechn. p. 343)

Reihe III. Gleicher Zufluss 225 kg. — Gleicher Kraftverbrauch; verschiedener Enthrahungsgrad.

- a) Burm. & W. Geschw. 3000, Kraftverbr. 0,81 Dampfpf. (p. 349)
 b) de Laval. „ 5600, „ 0,81 „ (Tab. II d.)

Reihe IV. Gleicher Zufluss 300 kg. — Gleicher Kraftverbrauch; ungleicher Enthrahungsgrad.

- a) Burm. & W. Geschw. 2950, Kraftverbr. 0,83 Dampfpf.¹⁾
 b) de Laval. „ 5600, „ 0,83 „²⁾

Reihe V. Ungleicher Zufluss. — Gleicher Kraftverbrauch; beinahe gleicher Enthrahungsgrad.

- a) Burm. & W. Zufl. 300 kg (282,5)³⁾, Geschw. 2875, Kraftv. 0,81 Dampfpf.⁴⁾
 b) de Laval. „ 225 „ „ 5600, „ 0,81 „

Ehe wir zur Betrachtung der zugehörigen Analysen übergehen, werden wir untersuchen, inwiefern es uns geglückt ist, während der Ausführung der Versuche die Geschwindigkeit der Centrifuge und die Zuströmung der Milch einigermaßen constant auf den für jede Reihe bestimmten Werthen zu halten, und ob nicht während der Arbeit Verhältnisse eingetreten sind, durch

$$1) \text{ Nämlich: } 0,81 \div 0,011 + 0,126 \cdot \frac{300}{225} \cdot \left(\frac{2950}{3000}\right)^2 \div 0,126 = 0,835 \text{ (cf. S. 353).}$$

$$2) \text{ Nämlich: } 0,8 \text{ (für 225 kg)} + 0,035 \cdot \frac{75}{125} \text{ (für Zuwachs von 75 kg)} = 0,831 \text{ (cf.}$$

Tab. V, b).

3) Der Zufluss wurde bei diesem Versuche für Burmeister & Wains' Centrifuge nur 282,5 kg statt 300 kg also 17,0 kg weniger, als nach dem Plane.

$$4) \text{ Nämlich: } 0,81 \div 0,028 + 0,126 \cdot \frac{300}{225} \cdot \left(\frac{2875}{3000}\right)^2 \div 0,126 = 0,810 \text{ (cf. S. 353).}$$

welche möglicherweise die eine oder andere Centrifuge begünstigt werden könnte, z. B. dadurch, dass weniger Milch oder umgekehrt mehr Zeit verbraucht wurde zum Abrahmen, ehe die „besondere“ Prüfung anfang (wodurch also das Entrahmen von „sämtlicher“ Milch begünstigt wird), oder dass bei der einen Centrifuge mehr Milch, als bei der anderen, mit dem Rahme fortgegangen ist (mehr Rahmprocente genommen)¹⁾. Die zur Beurtheilung dieser Frage nöthigen Facta finden sich in der Haupttabelle XII., und finden sich in Tab. VII. für jede der fünf Reihen zusammengestellt. (Tabelle siehe S. 32).

Man sieht, dass die zusammengehörigen Columnen der Tab. VII. nur geringe Abweichungen enthalten:

Col. 1	und 2	für die Temperatur der süssen Milch,
„ 3	„ 4	„ das Gewicht der Milch, während der „besond.“ Prüf. zugestr.,
„ 5	„ 6	„ die zur Entrahmung dieser Milch vergangene Zeit,
„ 9	„ 10	„ „ Abweich. von der voraus bestimmten Geschw. der Centrif.
„ 11	„ 12	„ „ „ „ „ „ Zuström. der Milch
„ 13	„ 14	„ „ erhaltenen „Rahm“procente.

Die kleinen Differenzen, die sich hier finden, sind bald zum Vortheil der einen, bald bei anderen Centrifuge, und in den Durchschnittswerthen der vier ersten Reihen (mit gleichem Milchezfluss für beide Centrifugen) sind sie fast ganz verschwunden²⁾. Nur in der letzten Reihe (5) wich der Zufluss für Burmeister & Wains' Centrifuge von dem planmässig bestimmten Werthe so sehr ab, dass diese Abweichung berücksichtigt werden muss bei

1) Die erhaltenen Rahmprocente von den beiden Centrifugen differiren für denselben Tag um 4 pCt. von einander. — Von Tag zu Tag finden sich dagegen grössere Schwankungen, welche theils zufälliger, theils vorsätzlicher Art sind — im letztern Falle namentlich um die letzte Prüfung nach der ersten abzugleichen.

Bei dem Centrifugiren wird der Rahm so dicht, dass die Milch als Regel vollständig entrahmt wird, wenn man 10 pCt. Rahm nimmt. Mehr Rahmprocente sagen also nur, dass etwas Milch mitgeht. Nach unseren Erfahrungen beeinflusst dies aber nur in geringem Grade den Fettgehalt der rückständigen entrahmten Milch, wenn nur „Rahmklümphen“ entgangen werden.

2) Aus den Versuchen in 1882 scheint hervorzugehen, dass eine Veränderung von ohngefähr 3 pCt. in der Milchzuströmung (also 6,75 kg bei 225 kg Zuströmung) oder von 1,5 pCt. in der Geschwindigkeit (also 36 bei Geschw. 2400 und 84 bei Geschw. 5600) eine Veränderung von 0,01 pCt. im Fettgehalte der abgerahmten Milch bewirken wird.

Tabelle VII.

	Süße Milch °C.		kg Milch ¹⁾ vor der besond. Prüfung		Minuten				Besondere Prüfung					
	Burm. & W.'s Centrf.	de Laval's Centrf.	Burm. & W.'s Centrf.	de Laval's Centrf.	vor der bes. Prüfung		letzter Inhalt		Abweichung vom Plane				pCt. Rahm	
					Burm. & W.'s	de Laval's	Burm. & W.'s	de Laval's	Geschw.		Zufluss		Burm. & W.'s	de Laval's
	9.	10.	11.	12.	13.	14.								
	1.	2.	3.	4.			5.	6.	7.	8.	Burm.	Lav.	Burm.	Lav.
Reihe 1	23,3	23,2	111,8	100,3	19	16,5	11	6	+ 4	÷ 16	+ 7	+ 1	18,5	21,0
„ 2	24,0	24,3	102,7	99,0	15,5	18	10	6	+ 5	+ 11	+ 2	÷ 8	16,7	16,1
„ 3	24,8	25,1	97,6	94,7	17,5	17,5	10	6	0	+ 11	÷ 4	+ 1	14,4	17,7
„ 4	25,0	24,9	96,3	86,0	15,5	14	10	6	0	÷ 15	÷ 14	÷ 5	16,0	15,5
„ 5	25,4	25,2	96,4	98,7	15,5	18	10	6	+ 8	+ 4	÷ 35	+ 5	19,4	18,3
Durchschnitt von 1—4	24,3	24,4	102,1	95,0	16,9	16,5	10	6	+ 2	÷ 2	÷ 2	÷ 3	16,4	17,6

1) Berechnet aus „sämtlicher Milch“ ÷ (Milch + Rahm) der „besonderen“ Prüfung; da die Centrifuge beim Anfang der „besonderen“ Prüfung gefüllt ist, wird für den „letzten Inhalt“ nichts zu subtrahieren.

der späteren näheren Betrachtung des Fettgehaltes der abgerahmten Milch dieser Reihe.

Während die Differenzen der besprochenen Columnen in keiner bestimmten Richtung zum Vortheil der einen oder anderen Centrifuge weisen, verhält es sich anders mit den Columnen 7 und 8. Aus diesen geht hervor, dass Burmeister & Wains' Centrifuge zum Entrahmen des letzten Inhalts (15 kg) 10 Minuten gebraucht hat, während de Laval's 6 Minuten brauchte (zu 5,5 kg). Dieser Zeitunterschied steht indessen in genauer Verbindung mit der gewöhnlichen Arbeitsweise der beiden Centrifugen. Es würde Unrecht sein, diese Zeit für Burmeister & Wains zu verkürzen, und unnütz sie für de Laval zu verlängern. Hieraus geht hervor, dass die ganze Arbeit bei Burmeister & Wains' Centrifuge 4 Minuten länger dauerte, als bei de Laval's; jedoch wird dieser Zeitunterschied sich gleich bleiben, ob 100 oder z. B. 1000 kg Milch zu verarbeiten sind. Dass also das Entrahmen derselben Milchmenge mittelst Burmeister & Wains' Centrifuge 4 Minuten länger dauert, als mittelst de Laval's, wird also ersterer als Schaden gerechnet werden, wenn sie nicht gleichzeitig ihre Arbeit besser verrichtete, d. h. ihren „letzten“ Inhalt vollständiger, als de Laval, entfettete. Das gegenseitige Verhältniss der beiden Centrifugen wird in dieser Beziehung also folgendermassen: wenn beide die „besondere“ Probe bis 0,25 pCt. in der abgerahmten Milch entfetten, so wird der „letzte“ Inhalt nach sorgfältigem Entrahmen bei Burmeister & Wains halb so fettreich, bei de Laval doppelt so fettreich sein¹⁾.

Der „erste Inhalt“ ist von de Laval's Centrifuge ohne Zweifel ebenso vollständig entrahmt worden, wie die „besondere“ Probe, von Burmeister & Wains aber noch vollständiger; kommt hierzu noch, dass Burmeister & Wains' Centrifuge ca. 3 Mal so viel Milch als de Laval's enthält, so wird es einleuchtend, dass während in den nachfolgenden Versuchen bezüg-

1) Dies ging u. a. aus den täglichen, auf dem Versuchsorte mit unserer Controlcentrifuge ausgeführten Untersuchungen hervor. Es ist jedoch zu bemerken, dass sich bei de Laval's Centrifuge öfters Rahmklümpchen in der Milch zeigten; diese wurden mit einem Löffel entfernt, ehe die Proben für die Controlcentrifuge oder die Analyse herausgenommen wurden.

lich de Laval's Centrifuge nur ein geringer Unterschied in dem Fettgehalte der beiden Proben abgerahmter Milch („besondere“ und „sämmliche“ Milch) war, so zeigte sich bei Burmeister & Wain's Centrifuge die „sämmliche“ Milch merklich fettärmer als die „besondere“. Selbstverständlich wird aber dieser Unterschied mehr und mehr verschwinden, je grössere Milchmengen bearbeitet werden, so wie es auch aus der letzten Columne Tab. VIII., IX. und X. hervorgeht, wo der Fettgehalt „sämmlicher“ Milch einer einstündigen ordinären Zuströmung entsprechend (225 kg in Tab. VIII. 300 kg in Tab. IX. u. s. w.) aus den analytischen Resultaten berechnet ist¹⁾.

Da nun die aus Tab. VII. hervorgehende Zeitdifferenz für das Entrahmen des „letzten“ Inhalts genau mit der ganzen Arbeitsweise der beiden Centrifugen zusammenhängt, und da sich sonst kein Unterschied zum Vorthheil einer der Centrifugen nachweisen lässt, müssen wir annehmen, dass der Fettgehalt der abgerahmten Milch bei den hier betrachteten Grössen der Geschwindigkeit und des Zuflusses ein wahrer Ausdruck für die Entrahmungsfähigkeit der Centrifugen ist. Dieser Ausdruck wird aber etwas verschieden, je nachdem der Fettgehalt der abgerahmten Milch von der „besonderen“ Prüfung oder von „sämmlicher“ Milch betrachtet wird. Bezüglich der einzelnen Analysen verweisen wir auf die Haupttabelle XII. Die Durchschnittswerthe jeder Reihe finden sich in Tab. VIII, IX. und X.

(Tabelle siehe S. 35—36).

Also die vollständige Entrahmung geschah bei der „besonderen“ Prüfung am vollständigsten mit de Laval, bei „sämmlicher“ Milch mit Burmeister & Wains. Bei „sämmlicher“

1) Bei dieser Berechnung gingen wir davon aus, dass die ganze Prüfung ca. 100 kg gefasst hat, wovon 50 kg zur besonderen Prüfung mitgingen, und dass gleich viele Rahmprocente genommen wurden (die Abweichungen hiervon sind so klein, dass deren Einfluss auf die Berechnung nicht 0,01 pCt. Fett ausmachen wird). Wenn nun (wie in Tab. VIII. — Ia. „sämmliche“ Milch) 100 kg 0,21 pCt. Fett hinterliessen, hiervon aber 50 kg bei „besonderer“ Prüfung 0,25 pCt. hinterlassen haben, so haben die 50 kg „ehe die besondere Prüfung“ + „letzter Inhalt“ 0,17 pCt. hinterlassen haben. Wäre sie nur im Ganzen z. B. 225 kg gewesen, so gehörten hiervon die 175 kg der „besonderen“ Prüfung, und der Fettgehalt „sämmlicher“ Milch war $\frac{75 \cdot 0,25 + 50 \cdot 0,17}{225} = 0,23$ pCt.

Tabelle VIII. Gleicher Zufluss. — Ungleicher Kraftverbrauch.

	pCt. Fett der abger. Milch		
	besondere Prüfung	sämtliche Milch	
		gefunden in c. 100 kg	berechnet für 1 St.
Reihe I. 225 kg pr. Stunde.			
a) Burm. & W., Geschw. 2400, Kraftverbr. 0,63	0,25	0,21	0,23
b) de Laval, „ 5600, „ 0,81	0,23	0,23	0,23
Reihe II. 350 kg pr. Stunde			
a) Burm. & W., Geschw. 3000, Kraftverbr. 0,88	0,30	0,22	0,28
b) de Laval, „ 7000 „ 1,20	0,29	0,29	0,29

Milch und einstündiger Arbeit stehen beide Centrifugen einander gleich.

Dagegen ist der Kraftverbrauch bei

Reihe I. 29 pCt.
 „ II. 36 „

grösser für de Laval's als für Burmeister & Wains' Centrifuge.

Tabelle IX. Gleicher Zufluss. — Gleicher Kraftverbrauch.

	pCt. Fett der abger. Milch		
	besondere Prüfung	sämtliche Milch	
		gefunden in c. 100 kg	berechnet für 1 St.
Reihe III. 225 kg pr. Stunde.			
a) Burm. & W., Geschw. 3000, Kraftverbr 0,81	0,14	0,12	0,13
b) de Laval, „ 5600, „ 0,81	0,23	0,27	0,25
Reihe IV. 300 kg pr. Stunde.			
a) Burm. & W., Geschw. 2950, Kraftverbr. 0,83	0,23	0,17	0,21
b) de Laval, „ 5600, „ 0,83	0,38	0,36	0,37

Hier hat also Burmeister & Wains' Centrifuge absolut am vollständigsten entrahmt und nicht nur „sämtliche“ Milch, sondern auch die „besondere“ Milch, für welche letztere ja die zum Centrifugiren verbrauchte Zeit bei gleichem Zufluss gleich gross ist. Betrachten wir nun die „besondere“ Prüfung, finden wir bei „gleichem Kraftverbrauch“ folgende Verhältnisszahlen zwischen den zurückgelassenen Fettmengen:

in Reihe III. . . $\frac{23}{14}$ oder 1,64 pCt.,
 " " IV. . . $\frac{33}{23}$ " 1,65 "

d. h. de Laval's Centrifuge hat in der abgerahmten Milch bez. 64 und 65 pCt. mehr Fett als Burmeister & Wains' hinterlassen; diese Uebereinstimmung der beiden Versuchsreihen ist augenscheinlich.

Dem wirklichen Unterschiede von resp. 0,09 und 0,15 *kg* Fett in 100 *kg* abgerahmter Milch entspricht eine Mehrausbeute an Butter von 2,25 und 3,75 pCt. bei Benutzung der Burmeister & Wains'schen Centrifuge, wenn angenommen wird, dass 25 *kg* Milch zu 1 *kg* Butter benöthigt, und dass die Differenz $\pm 0,04$ *kg* Fett in 100 *kg* abgerahmter Milch einer Differenz von $\mp 0,04$ *kg* Butter von 100 *kg* süsser Milch entspricht.

Aus obigen Tabellen geht hervor, dass, wenn die beiden Centrifugen die gleiche Kraft verbrauchen und gleich vollständig entrahmen, Burmeister & Wains' Centrifuge in der gleichen Zeit die grösste Milchmenge verarbeitet. Um dies Verhalten näher zu untersuchen, wurde die Reihe V. so ausgeführt, dass der Milchzufluss bei de Laval's 225 *kg* und bei Burmeister & Wains' 300 *kg* wurde; factisch wurde er für de Laval 227,5 *kg* (also hinreichend genau), aber für Burmeister & Wains nur 282,5 *kg* — also 17,5 *kg* zu wenig.

Tabelle X. Ungleicher Zufluss. — Gleicher Kraftverbrauch.

	pCt. Fett der abger. Milch		
	besondere Prüfung	sämtliche Milch	
		gefunden in c. 100 <i>kg</i>	berechnet für 1 St.
Reihe V. Kraftverbrauch 0,81 Dampfpf.			
a) Burm. & W., Geschw. 2875, Zuf. 300 (282,5)	0,21	0,17	0,20
b) de Laval, " 5600, " 225 . . .	0,24	0,25	0,24

Trotz der grösseren zu bearbeitenden Milchmenge hat hier also Burmeister & Wains' Centrifuge am vollständigsten entfettet; da aber, wie oben besprochen (pag. 359), eine Verminderung um 3 pCt. im Zufluss etwa 0,01 pCt. mehr Fett in der abgerahmten Milch zurücklassen wird, und da bei der „besonderen“ Prüfung der Unterschied von 0,03 pCt. Burmeister & Wains'

Centrifuge zum Besten kommt, während der Zufluss 17,5 *kg* kleiner war als beabsichtigt, so scheint hieraus zu folgen, dass bei einem Zufluss von 225 *kg* für de Laval und 300 *kg* für Burmeister & Wains bei gleichem Kraftverbrauch die Entrahmung während der „besonderen“ Prüfung auch gleich vollständig sein würde. Auf Grundlage dieser Annahme würde Burmeister & Wains' Centrifuge etwa $\frac{1}{4}$ mehr Milch als de Laval's bei gleichem Kraftverbrauch und Entrahmungsgrade abrahmen können, wogegen sie in dem Versuche nur $\frac{1}{4}$ (ca. 24 pCt.) mehr abgerahmt, dies aber vollständiger abgerahmt hat.

Ein Vergleich der hier mitgetheilten Versuche mit den entsprechenden Versuchen von 1882 auf Ourupgaard¹⁾ zeigen jede wünschbare Uebereinstimmung. — Von den vorjährigen Versuchen haben wir Analysen von „sämtlicher“ abgerahmten Milch bei einstündiger Zuströmung; für einzelne Versuche mit Burmeister & Wains' Centrifuge jedoch auch einer „besonderen“ Prüfung.

Die Versuche mit einstündiger Zuströmung von ca. 225 *kg* und Analyse von „sämtlicher“ Milch sind:

1882 (Tab. XIII. l. c. 1882) Burm. & W., Geschw. 2410, Zuf. 217,5 <i>kg</i>	
April-Juli	0,22 pCt.,
September	0,25 „ . . .

Da der Zufluss hier, 0,7 *kg*, zu klein war, sind die Resultate mit 0,01 zu erhöhen, also

1882 Geschw. 2400, Zuf. 225 <i>kg</i>	0,25 pCt.,
1883 „ 2400, „ 225 „ (Tab. VIII., Ia.)	0,23 „

Für den Zufluss 350 *kg* und Geschwindigkeit 3000 haben wir bei Burmeister & Wains „sämtliche“ Milch:

1882 (Tab. XVa. l. c. 1882) 3 Versuche im Juni	0,28 pCt.,
1883 (Tab. VIII., Reihe IIa.)	0,28 „

Dagegen gab die „besondere“ Prüfung:

1882 (Tab. XVb. l. c. 1882) 3 Versuche im Juli	0,22 pCt.,
1883 (Tab. VIII., Reihe IIa.)	0,30 „

1882 wurde bei de Laval's Centrifuge die Geschwindigkeit nur bei folgenden drei mit Analysen belegten Versuchen gemessen:

1) Vgl. Tidsskrift for Landökonomi 1882.

10. Juli Geschw. 5500, Zufluss 226,5 kg	. 0,27 pCt. Fett.
12. " " 5500, " 226 5 "	. 0,21 " "
(14. " " 4856, " 215,5 "	. 0,33 ")

Nehmen wir die beiden ersten Versuche, haben wir:

1882 Geschw. 5500, Zufluss 225 kg 0,24 pCt.,
1883 " 5600, " 225 "	

Reihe I., III. u. V. berechnet für 1 Stunde:

$$\frac{0,23 + 0,25 + 0,24}{3} = 0,24 \text{ „}$$

Wäre die Geschwindigkeit in 1882 5600 statt 5500 gewesen, also 1,8 pCt. grösser, lässt sich berechnen, dass der Fettgehalt der abgerahmten Milch 0,01 pCt. (cfr. pag. 31) also 0,23 geworden wäre.

Vergleichen wir also die Versuche von 1883 mit denen von 1882, für welche die Geschwindigkeit bekannt ist, so hat de Laval's Centrifuge in diesem Jahre nicht vollständiger entfettet als im vorigen Jahre. Wenn trotzdem die diesjährigen Versuche ein etwas besseres Resultat als den Durchschnittswerth sämtlicher Versuche von 1882, wo die hinterlassene Fettmenge bei 225 kg Zuströmung 0,31 pCt. ausmachte, ergeben haben, so scheint die Ursache nur darin zu liegen, dass voriges Jahr ein Verlust an Geschwindigkeit stattgefunden hat, wogegen wir einen solchen dieses Jahr durch die Benutzung der Ausspannrolle vermieden haben.

Im Ganzen scheint es mir, dass die fünf Reihen von 1883 sowohl unter sich, wie auch mit den entsprechenden Versuchen von 1882, so gut stimmen, dass die relative Entrahmungsfähigkeit der beiden Centrifugen durch die ausgeführten Versuche hinreichend klargelegt worden ist.

Bezüglich der Schaumbildung, welche während des Centrifugirens sowohl auf Rahm wie auf abgerahmter Milch stattfindet, ist folgender Versuch ausgeführt worden. Ein Eimer, welcher 28,35 kg schaumfreier Milch und ein zweiter, der 5,65 kg schaumfreien Rahms fassen konnte, wurde während des Centrifugirens mehrere Male gewogen, gefüllt mit Milch resp. Rahm in dem Zustande, in welchem sie der Centrifuge entfloßen. Einige der Versuche sind in Ver-

bindung mit obigen Entrahmungsversuchen, andere als selbstständige Versuchsreihen ausgeführt worden. Die Temperatur der süssen Milch war bei den letzteren wie bei den ersteren Versuchen 24—25° C.; der Milchzufluss und die Rahmprocente waren etwa wie bei den vorigen Versuchen. Nach Reduction der Wägungen auf das Volumen von 100 *kg* schaumfreier Milch (oder Rahm) haben wir:

Tabelle XI.

	Etwaige Geschwindigkeit		Ein Vol. von 100 <i>kg</i> enthielt <i>kg</i>	
	Burm. & Wains	de Laval	Burm. & Wains	de Laval
A) Abgerahmte Milch in Verbindung mit (Tab. XII.):				
den Versuchen am 10. Septbr. . . .	2880	5600	65,4	76,7
" " " 12. " . . .	3000	5600	64,0	77,1
" " " 14. " . . .	2950	5580	70,2	75,0
" " " 15. " . . .	2950	5590	66,8	74,8
Ausserdem folgende Versuche:				
19. Septbr. . . .	2400	5600	70,2	75,7
20. " . . .	2400	5600	70,5	75,3
21. " . . .	2400	5600	65,3	72,7
22. u. 23. Septbr.	3000	6500	66,0	72,7
Durchschnitt:	—	—	67,3	75,0
B) Rahm:				
19. Septbr. . . .	2400	5600	82,3	94,7
20. " . . .	2400	5600	91,2	96,5
21. " . . .	2400	5600	77,0	97,3
22. u. 23. Septbr.	3000	6500	78,8	96,5
Durchschnitt:	—	—	82,3	96,3

Also ist die Schaumbildung am grössten bei Burmeister & Wains' Centrifuge; bei abgerahmter Milch ist der Unterschied nicht gross, bei Rahm dagegen verhältnissmässig grösser. Der vom Schaum gebildete „leere“ Raum macht in Procenten des ganzen Volumens:

Bei abgerahmter Milch:

für Burmeister & Wains' Centrifuge . . . 32,7 pCt.,
 „ de Laval's . . . 25,0 „

Bei Rahm:

für Burmeister & Wains' Centrifuge . . . 17,7 pCt.,
 „ de Laval's . . . 3,7 „

Indem ich diesen Bericht schliesse, statte ich meinen besonderen Dank ab für die werthvolle Hülfe, die uns während der Ausführung der Versuche vom Besitzer von Vestervigkloster zu Theil wurde. Herr Breinholt hat nicht nur als Vertreter der Jury die einzelnen Versuche und die Ausarbeitung des Versuchsplanes genau verfolgt, sondern auch sehr activ an der Ausführung der Versuche Theil genommen. Besonders muss ich hervorheben, dass sein mechanisches Talent und sein praktisches Auge über mancherlei Schwierigkeiten hinweg geholfen hat.

Meine sämmtlichen praktischen Mitarbeiter, die Herren Oberassistenten Lunde und Leegaard und die Herren Assistenten Vestergaard und Petersen waren an der Ausführung der besprochenen Versuche betheilig; Herr Lunde, der 1882 die Entrahmungsversuche mit Centrifugen auf Ourupgaard leitete, hat auch dies Jahr die tägliche Leitung der Versuche gehabt.

Tabelle XII. (Haupttabelle).

	Süsse Milch			pCt. Rahm, beson- dere Prüf.	Minuten			Beson- dere Prüf., Milch pr. St. kg	Um- dreh. pr. Minute	pCt. Fett in der abgerahmten Milch					
	C.°	im Ganz. kg	beson- dere Prü- fung kg		ehe wäh- rend besond. Prüfung	Zum letzten Inhalt	besondere Prüfung			sämtliche Milch		Eis, 10 Stund.			
				Storch			Se- belien	Storch	Se- belien						
Vorläufige Versuche.															
August 10.	Burm. . . .	20,5	136,5	85,3	10,9	17	22	10	232,5	3000	0,248	0,246	—	—	—
	Laval. . . .	22,3	137,5	87,05	13,1	20	22	5	237,5	7000	0,211	0,213	—	—	—
"	11. Burm. . . .	21,4	145	92,95	15,5	16	16	10	348,5	3000	0,395	0,396	—	—	—
	Laval. . . .	20,8	142,5	93,85	16,6	17	16	5	352,0	7000	0,376	0,387	—	—	—
"	13. Burm. . . .	21,6	150	101,5	16,3	17	26	10	234,0	2383	0,305	0,338	—	—	—
	Laval. . . .	21,1	132,5	81,5	17,2	20	22	5	222,5	5614	0,242	0,257	—	—	—
Planmässige Vers.															
Reihe 1.															
a)	Burm. Ctf. {	23,0	114,5	52,1	18,9	21	14	12	223,5	2400	0,248	0,260	0,173	0,209	—
	{ Sept. 6	23,5	100	50,6	18,0	17	13	10	233,5	2408	0,255	0,253	0,228	0,223	1,173
	Durchschn. . .	23,3	107,25	51,35	18,5	19	13½	11	228,5	2404	0,254		0,208		—
b)	de Laval's Ctf. {	24,1	100	50,75	20,2	18	14	6	217,5	5621	0,188	0,220	0,220	0,230	—
	{ Sept. 6	22,2	101,5	50,45	21,7	15	13	6	233,0	5546	0,258	0,242	0,248	0,233	—
	Durchschn. . .	23,2	100,75	50,60	21,0	16½	13½	6	225,5	5584	0,227		0,233		—
Reihe 2.															
f)	Burm. Ctf. {	25,0	105	54,1	19,4	16	9	10	360,5	3010	0,227	0,253	0,169	0,171	—
	{ Sept. 5	22,9	103	51,2	13,9	15	9	10	341,5	3000	0,345	0,366	0,257	0,262	1,099
	Durchschn. . .	24,0	104	52,65	16,7	15½	9	10	351,0	3005	0,298		0,215		—
b)	de Laval's Ctf. {	24,4	97	51,25	15,6	20	9	6	341,5	7022	0,256	0,289	0,251	0,272	—
	{ Sept. 5	24,1	100	46,70	16,5	16	8	6	350,5	7000	0,311	0,309	0,316	0,324	—
	Durchschn. . .	24,3	95,5	49,0	16,1	18	8½	6	346,0	7011	0,291		0,291		—

	Süsse Milch			pCt. Rahm, besondere Prüf.	Minuten			Besondere Prüf., Milch pr. St. kg	Umdreh. pr. Minute	pCt. Fett in der abgerahmten Milch						
	C. °	im Ganz. kg	besondere Prüfung kg		ehe besond. Prüfung	während besond. Prüfung	zum letzten Inhalt			besondere Prüfung		sämtliche Milch		Eis, 10 Stund.		
										Storch	Sebelien	Storch	Sebelien			
Reihe 3.																
a) Burm. Ctf.	Aug. 29	23,5	113	63,8	10,0	18	17	10	225	3000	0,15 ₉	0,14 ₅	0,12 ₂	0,13 ₉	0,79 ₀	
	Sept. 12	26,1	100	51,6	18,8	17	14	10	221	3000	0,13 ₁	0,11 ₆	0,11 ₆	0,10 ₇	1,15 ₂	
Durchschn. . .		24,8	106,5	57,7	14,4	17½	15½	10	223	3000	0,13 ₈		0,12 ₁		—	
b) de Laval's Ctf.	Aug. 29	25,8	100	51,85	13,0	18	14	6	222	5614	0,24 ₈	0,25 ₆	0,28 ₆	0,29 ₄	—	
	Sept. 12	24,4	100	53,4	22,3	17	14	6	229	5607	0,21 ₉	0,21 ₄	0,25 ₇	0,24 ₇	—	
Durchschn. . .		25,1	100	52,65	17,7	17½	14	6	225,5	5611	0,23 ₄		0,27 ₁		—	
Reihe 4.																
a) Burm. Ctf.	Sept. 14	24,1	96,5	48,15	16,7	16	10	10	289	2950	0,26 ₇	0,27 ₁	0,18 ₀	0,20 ₂	1,33 ₆	
	Sept. 15	25,9	97,5	49,5	15,2	15	10	10	297	2950	0,19 ₃	0,18 ₃	1,15 ₁	0,15 ₄	1,17 ₉	
Durchschn. . .		25,0	97,0	48,85	16,0	15½	10	10	293	2950	0,22 ₉		0,17 ₂		—	
b) de Laval's Ctf.	Sept. 14	25,2	93	48,55	15,2	15	10	6	291,5	5580	0,33 ₃	0,36 ₉	0,36 ₀	0,35 ₄	—	
	Sept. 15	24,6	93,5	51,95	15,7	13	10½	6	304	5590	0,38 ₃	0,38 ₆	0,35 ₆	0,34 ₉	—	
Durchschn. . .		24,9	93,25	50,25	15,5	14	10½	6	298	5585	0,38 ₀		0,35 ₅		—	
Reihe 5.																
a) Burm. Ctf.	Sept. 9	24,4	104,5	52,3	22,1	16	11	10	285,5	2883	0,21 ₉	0,19 ₉	0,17 ₀	0,15 ₅	—	
	Sept. 10	26,4	100	55,75	16,6	15	12	10	279	2883	0,21 ₄	0,20 ₈	0,16 ₅	0,17 ₀	1,11 ₄	
Durchschn. . .		25,4	102,25	54,05	19,4	15½	11½	10	282,5	2883	0,21 ₀		0,16 ₅		—	
b) de Laval's Ctf.	Sept. 9	26,3	105	57,35	21,8	20	15	6	229,5	5607	0,24 ₃	0,23 ₃	0,24 ₈	0,25 ₁	—	
	Sept. 10	24,0	100	48,90	14,8	16	13	6	225,5	5600	0,23 ₈	0,25 ₁	0,24 ₈	0,24 ₇	—	
Durchschn. . .		25,2	102,5	53,15	18,3	18	14	6	227,5	5604	0,24 ₁		0,24 ₉		—	

A n h a n g.

Die bei der Centrifugenprüfung benutzten Dynamometer

beschrieben von C. Borch, Docent der Maschinenkunde am Polytechnikum zu Kopenhagen.

Bei der Centrifugenprüfung wurden zwei Dynamometer benutzt, die zu diesem Zwecke nach Angabe des Herrn Fjord in der Maschinenfabrik von Borch & Henrichsen zu Kopenhagen verfertigt waren. Das eine, ein Zugdynamometer, war dazu bestimmt, die Zugfähigkeit des Pferdes unmittelbar zu messen, während das Rotationsdynamometer so direct wie möglich, die auf das Vorgelege der Centrifuge überführte Arbeit angeben sollte.

Das Zugdynamometer gehört zu der Art von Dynamometern, die sich hier zu Lande unter dem Namen „Krafthammel“ (Kraftschwengel) entwickelt haben. Der Apparat hat wesentlich die Form eines Schwengels, nur mit der Modification, die nothwendig ist, um Platz für die Feder und den Schreibapparat zu erhalten.

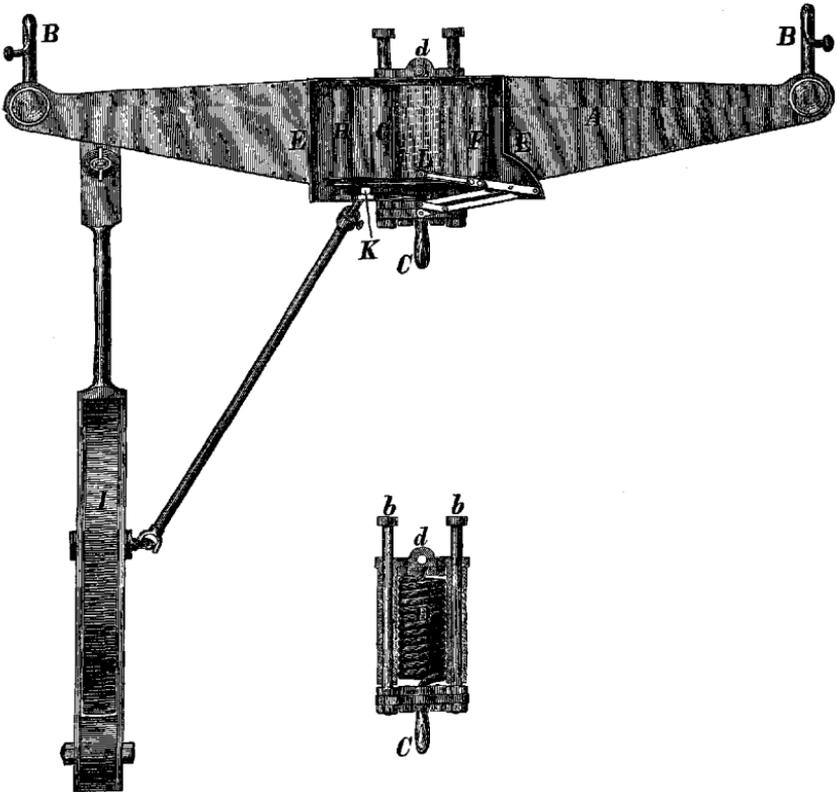
Diese Form rührt ursprünglich vom älteren Winstrup her, wurde aber später vom Wagefabrikant Berg bedeutend verbessert. Letzterer verfertigte den Apparat ganz aus Eisen, versah ihn mit einer Regnier'schen Feder, wozu alsdann der jüngere Winstrup später einen automatischen Schreibapparat fügte; dieser war mit einem von der Feder bewegten Bleistift versehen, wodurch die Curve auf eine mit Papier überzogene Trommel, welche sich während der Benutzung des Apparates, von auf der Erde laufenden Rädern bewegt, langsam drehte, abgezeichnet wurde. Diesen Apparat hatte ich besondere Gelegenheit kennen zu lernen als Richter bei der 14. Dänischen landw. Ausstellung in Svendborg auf Fyn, wo er zu sämmtlichen Kraftmessungen gebraucht wurde und sich als sehr brauchbar erwies, wo aber auch alle seine Fehler hervortraten. Insonderheit drängten sich zwei Fehler auf: 1. das Papier wurde in einigen Minuten vollgeschrieben, während es doch am Liebsten zu einem halbstündigen oder längeren Versuche ausdauern sollte; 2. war es schwierig, die Kraft genau zu notiren, denn der Bleistift bewegte sich mit einer so äusserst geringen Kraft, dass ein unbedeutender Widerstand, wie z. B. eine vergrösserte Reibung u. dgl., ihn zurückhalten konnte. Das Instrument musste deshalb nach jedem Versuche mit grösster Sorgfalt geputzt, getrocknet und geschmiert werden, und dennoch mussten viele Versuche umgemacht werden, weil es sich zeigte, dass der Bleistift ausser Wirkung gesetzt werden konnte durch den Staub, welcher vom Winde auf den Apparat hinaufgeführt wurde. Diese Unannehmlichkeit ist von der Figur der Feder (eine längliche Ovallinie, die nach ihrer grössten Axe gestreckt wird) bedingt; andererseits bietet aber diese Form den Vortheil, dass die Feder bei möglichst kleinem Gewichte doch einen grossen Zug vertragen kann, und dies ist von wesentlicher Bedeutung, damit der Apparat nicht zu schwer wird. Der in Svendborg benutzte Kraftschwengel konnte einen Zug von 700 kg messen.

Bei den Centrifugen ist der Widerstand jedoch so regelmässig, wie wir ihn nur bei wenigen anderen Arbeitsmaschinen finden, weshalb man hier eine weit grössere Genauigkeit fordern darf, als die Regnier'sche Feder zu leisten vermag. Man musste der Feder also eine andere Form geben, so dass der Bleistift sicherer geführt wird, ohne dass doch der Apparat wesentlich schwerer wird. Um dies zu erreichen, musste die Messung von so grossen Zügen aufgegeben werden; die Feder ist nur berechnet zur Messung eines Zuges bis zu 200 kg, was reichlich ist, wenn man bedenkt, dass die regelmässige ausdauernde Zugkraft eines Pferdes 65 kg nicht überschreitet, für zwei Pferde also höchstens 130 kg wird. Einzelne kurzdauernde gewaltsame Züge, welche die Tragfähigkeit der Feder weit überschreiten, werden natürlich immer vorkommen, aber solche

brauchen ja nicht gemessen zu werden, und sie werden einfach unschädlich gemacht durch eine Hemmungsvorrichtung, welche die weitere Spannung der Feder über 200 kg hinaus verhindert.

Die Figur 1 zeigt das Zugdynamometer von oben gesehen, nebst die Feder *D*, die hier aus dem Instrumente herausgenommen gedacht ist. *A* ist der eigentliche Kraftschwengel; er besteht aus ganz dünnen, eisernen, zusammengenieteten Platten, die einen geschlossenen Kasten bilden, von derartigen Dimensionen, dass die nothwendige Stärke erreicht ist und dass er Platz für die Feder enthält. *B B* sind die Pferdehaken, *C* der Haken zur Verbindung des Dynamometers mit dem Göpelarm; die Feder *D* ist für sich, in der unteren Figur gezeigt.

Fig. 1.



Die Feder besteht aus einem dicken runden Draht aus Gussstahl, schraubenförmig aufgewunden. Jedes der beiden Enden ist in seinem Querstücke befestigt, von welchen das Vorderste mittelst des Bolzens *d* mit dem Schwengel *A* verbunden ist. Das hintere Querstück trägt den Haken *C* und ausserdem die beiden Bolzen *b*, welche durch röhrenähnliche Verlängerungen des vorderen Querstückes geführt sind, und sowohl als Steuerung dienen, so dass die Feder gegen schiefe Züge geschützt ist, als auch zur Verhinderung der Ueberanstrengung der Feder durch zu gewaltige Züge, indem die Bolzenköpfe dann als

Sperrvorrichtung fungiren. Der Bolzen *d* ist die einzige Verbindung zwischen der Feder und dem Schwengel, so dass also letzterer eine schräge Stellung nach der einen oder anderen Seite einnehmen kann, ohne dass dieses Einfluss auf die Feder bekommt. Die Schreibvorrichtung findet sich im Kasten *E* über dem Schwengel, doch nicht auf diesem befestigt, sondern vom vordersten Querstücke der Feder getragen. *F* ist eine Magazinrolle, auf welcher ein Papierstreifen von bedeutender Länge aufgewickelt ist. Das freie Ende des Papiers wird zwischen zwei Transporteurrollen gehalten, von welchen die obere *G* in der Zeichnung sichtbar ist. Durch Federkraft werden diese beiden Rollen gegen einander gedrückt und indem sie in entgegengesetzten Richtungen langsam rotiren, ziehen sie das Papier von der Rolle *F* und führen dasselbe auf die Diagrammrolle *H*, wo es aufgewickelt wird. Zur Bewegung der Transporteurrollen dient das Rad *I*, welches auf der Erde läuft und mittelst einer Welle nebst einigen Universalkuppelungen und einer Schraube ohne Ende, die eine Transporteurrolle dreht; diese führt mittelst Zahnradverbindungen wieder die andere Rolle. Die Welle am Rade *I* zur Schraube *K* muss verlängert und verkürzt werden können, je nach der Stellung des Rades; sie besteht deshalb aus zwei Stücken, von welchen das dem Rade am nächsten liegende bohl ist und eine Hülse bildet für das andere Stück, so dass letzteres eine ziemliche Strecke in die Hülse gleiten kann. Die beiden Theile sind übrigens mittelst Feder und Nuth mit einander verbunden.

Der Bleistift *L* wird von dem hintersten Querstücke der Feder bewegt, jedoch nicht unmittelbar, aber mittelst einer Hebelverbindung (eine Art Pantograph), wodurch der Stift eine geradlinige Bewegung ausführt, die vier Mal so gross ist, wie die Formveränderung der Feder. Ausserdem findet sich ein „Nullstift“, der seinen Platz unverändert behält und dabei eine gerade, die Nulllinie zeichnet, von welcher aus die Ordinaten des Diagrammes gemessen werden.

Für das Rotationsdynamometer fand sich hier zu Lande kein Vorbild. Von ausländischen Instrumenten fanden sich zwar viele nach verschiedenen Principien construiert, aber keines derselben liess sich in diesem Falle anwenden, wo verhältnissmässig grosse Arbeitsmengen mit sehr grosser Genauigkeit gemessen werden sollten. Um diesen Forderungen zu genügen, musste man die Bewegung dergestalt überführen, dass 1. des Dynamometers eigene Friction nicht oder jedenfalls nur in geringem Grade mit gemessen wird; 2. nicht die ganze Kraft, sondern nur eine so grosse Kraft, die eben erforderlich ist, um den Zeichenapparat zu bewegen, auf diesen zu wirken kommt. Diese Bedingungen lassen sich schwierig gleichzeitig erfüllen, wozu noch kommt, dass die Feder, wenn man sie mit rotiren lässt, von der Centrifugalkraft beeinflusst wird, so dass sie bei verschiedener Geschwindigkeit eine verschiedene Kraft angiebt. Lässt man sie aber ruhig liegen, so entsteht eine Friction durch Ueberführung der Kraft von dem rotirenden Theile des Apparates auf die ruhende Feder.

Diese Aufgabe wurde von Herrn Constructeur L. C. Nielsen gelöst. Als Feder nahm er eine einfache cylindrische stählerne Stange, die central in dem beweglichen Theile des Apparates liegt und hiermit fest verbunden ist, so dass sie während der Bewegung sich um ihre eigene Axe dreht; in dieser Weise rotirt sie also mit, wird aber nicht von der Centrifugalkraft beeinflusst. Die Feder wird nicht durch die Wirkung der zu messenden Kraft aus dieser centralen Stellung herausgebogen, sie windet sich um ihre Axe, und die hierbei erlittene Formveränderung dient als Mass der Kraft.

Fig. 2 zeigt den Apparat im Durchschnitt und von der Seite gesehen; in Fig. 3 sieht man ihn undurchschnitten von oben, doch ist aus den beiden äussersten Riemenscheiben ein Stück herausgenommen, um den darunter liegenden Mechanismus zu zeigen.

Fig. 2.

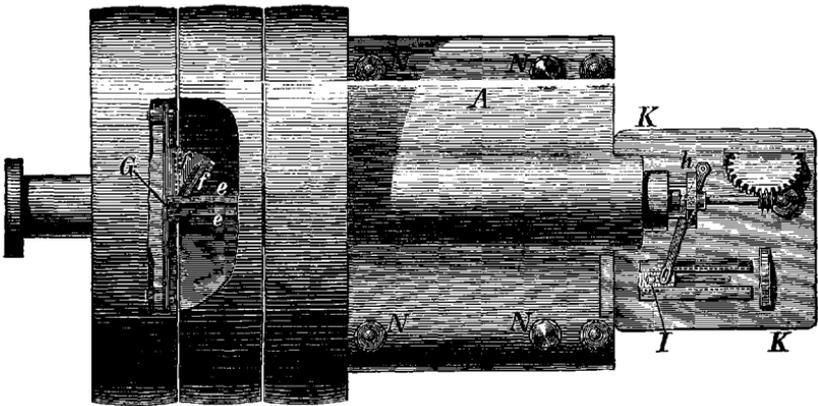
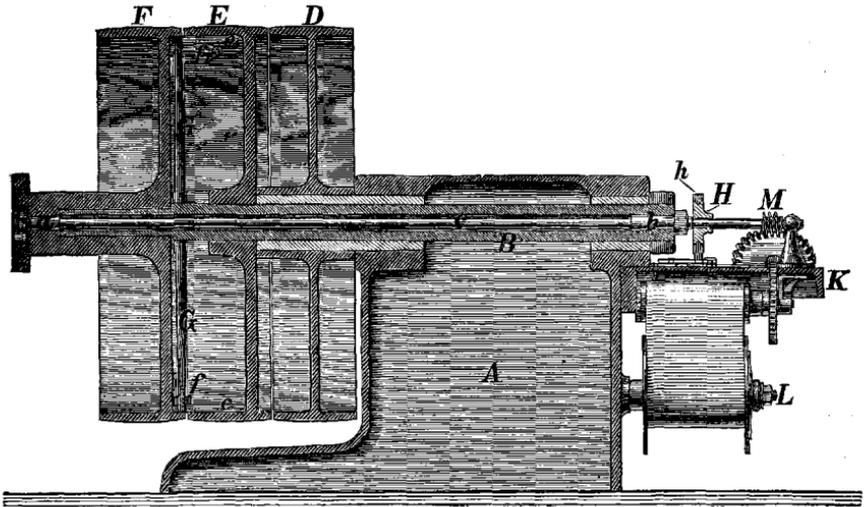


Fig. 3.

A ist ein schweres hohlgegossenes Fundament aus Gusseisen, worin sich die Lager für die Welle *B* befinden; diese ist aus Stahl und ihrer Axe nach durchbohrt, um Raum für die als Feder dienende stählerne Stange *C* darzubieten. *D*, *E* und *F* sind drei Riemenscheiben. *D* sitzt lose auf der Welle und dient nur dazu den Riemen aufzunehmen, wenn der Apparat ausser Bewegung gesetzt werden soll. *E* ist auf die Welle *B* festgekeilt und empfängt die Bewegung von der Kraftmaschine; *F* führt sie wiederum auf das Vorgelege der Centrifuge über. Die letzte Scheibe sitzt auf eine etwas dünnere Verlängerung der Welle *B*, ist aber nicht darauf festgekeilt. Dagegen ist ihr verlängerter Nabe bei *a* mit

der Feder *C* fest verbunden, wogegen das andere Ende dieser Feder bei *b* mit der Welle *B* verbunden ist. Man wird nun einsehen, dass, wenn eine Kraft zur Umdrehung von *E* wirkt, um einen Widerstand auf *F* zu überwinden, wird diese auf *E* angreifende Kraft zwar *F* bewegen können, aber sie muss sich dann durch die Welle *B* zum Punkte *b* und hiervon durch die Feder nach *a* fort-pflanzen. Die Feder wird vom ganzen Kraftmomente gewunden, wodurch die Scheibe *E* sich einen kleinen Winkel dreht, ehe *F* seine Rotation beginnt. So lange der Apparat in Thätigkeit ist, wird *E* stets etwas voraus von *F* sein, und die Grösse dieses Vorsprunges ist ein Ausdruck für die wirkende Kraft, und soll nun auf einen das Diagramm zeichnenden Bleistift überführt werden. Um dies zu erreichen, finden sich auf der inwendigen Seite des Radkranzes der Scheibe *E* auf jeden von zwei einander diametral entgegengesetzten Stellen zwei parallele, geradlinige Schienen *e* und dicht unter denselben sind zwei ähnliche aber schräg-stehende Schienen *f* auf der Scheibe *F* befestigt. Die Stange *G* greift mit einem Zapfen an jedem Ende sowohl zwischen die Schienen *e* wie zwischen *f* ein, so dass seine Stellung also eben da sein wird, wo die Zwischenräume der Schienenpaare sich kreuzen. Dieser Kreuzungspunkt wird sich aber, der gegen-seitigen Bewegung der Scheiben *E* und *F*, d. h. der Grösse der wirkenden Kraft entsprechend, der Welle parallel bewegen. Die Mitte der Stange *G*, die also bei Veränderung der Kraft hin und her längs der Welle wandert, bildet eine ringförmige Erweiterung, welche die Welle umschliesst, und von dieser Erweiterung gehen zwei lange dünne Zugstangen, die in Nuthen in der Welle verborgen und mit ihrem entgegengesetzten Ende an dem Ringe *H* befestigt sind. Dieser Ring *H* sitzt auf einer directen Verlängerung der Feder *C* und bewegt sich also, der Variation der Kraft entsprechend, hin und her auf der Welle, rotirt aber natürlich auch mit, so lange der Apparat in Thätigkeit ist, wesshalb er von einem zweiten Ringe *h* umgeben ist. Letzterer bewegt sich mit dem ersteren geradlinig hin und her, ist aber an der Rotation Theil zu nehmen verhindert. Mittelst einer Hebelvorrichtung führt der Ring *h* die Bewegung vier Mal vergrössert auf einen Schlitten *I* über, der zwischen ein Paar Schienen auf dem Tische *K* gleitet und mittelst eines Bleistiftes durch eine im Tische angebrachte Spalte auf das unter dem Tische langsam vorbeiwandernde Papier die Curve zeichnet. Die Nulllinie wird von einem besonderen fest-stehenden Bleistift angegeben. Das Papier kommt von der grossen Magazin-rolle *L* und wird von zwei Transporteurrollen hervorgezogen. Die Bewegung der letzteren geschieht mittelst einer Schraube *M*, die in ein mit 40 Zähnen versehenes Zahnrad hineingreift; die Welle des Zahnrades trägt wieder eine Schraube, die ein auf der einen Transporteurrolle sitzendes ähnliches Rad treibt. Diese Rolle dreht sich also nur ein Mal für je 1600 Drehungen der Welle *B*. Es ist dies zwar eine sehr langsame Bewegung, aber nichts desto weniger bekommen die Diagramme eine ganz bedeutende Länge, wenn der Apparat schnell rotirt und der Versuch sich über eine halbe Stunde oder mehr erstreckt.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit wird mittelst eines gewöhnlichen Touren-zählers abgelesen, der in Verbindung mit dem oberen Ende der Welle des ersten Zahnrades steht.

Die nachstehenden Figuren geben in natürlicher Grösse Fragmente von einigen von den Dynamometern gezeichneten Diagramme. — Fig. 4, 5, 6 und 7 sind dem Rotationsdynamometer angehörig und entsprechen etwa einer Arbeit von $4\frac{1}{2}$ Minute, also ca. $\frac{1}{7}$ der Länge des Diagrammes eines halbstündigen Versuches. Fig. 8 und 9 gehören dem Zugdynamometer und entsprechen einer Arbeit von 2 Minuten, also der Länge nach ca. $\frac{1}{15}$ des ganzen Diagrammes.

Est ist pag. 336 angeführt, dass drei Zählwerke und die Dynamometer von Minute zu Minute abgelesen wurden. Als Beispiel führen wir hier die bei den Versuchen No. 39 und No. 45 (Fig. 8 und 9) mit Zugdynamometer vor-genommenen Ablesungen an:

Fig. 4.

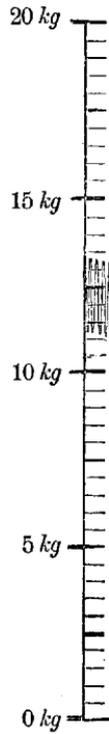
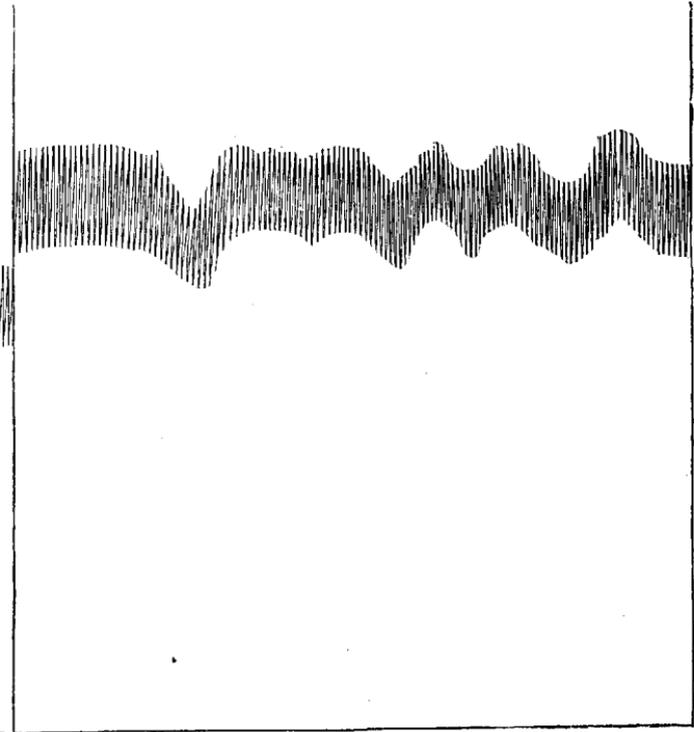


Fig. 5.



Rotationsdynamometer.

Burmeister & Wains' Centrifuge.
Geschw. 3000. Zufluss 350 kg. (Tab. I, a).
(Versuch No. 5).

de Laval's Centrifuge.
Geschw. 7000. Zufluss 350 kg. (Tab. I, b).
(Versuch No. 11).

Fig. 6.

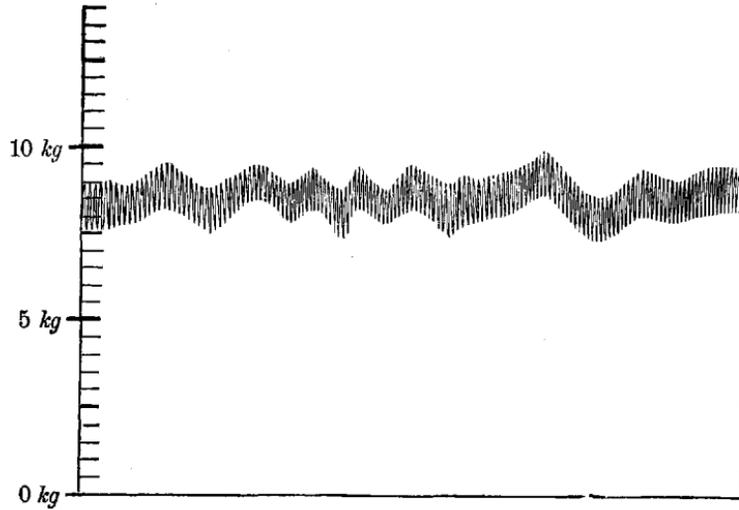
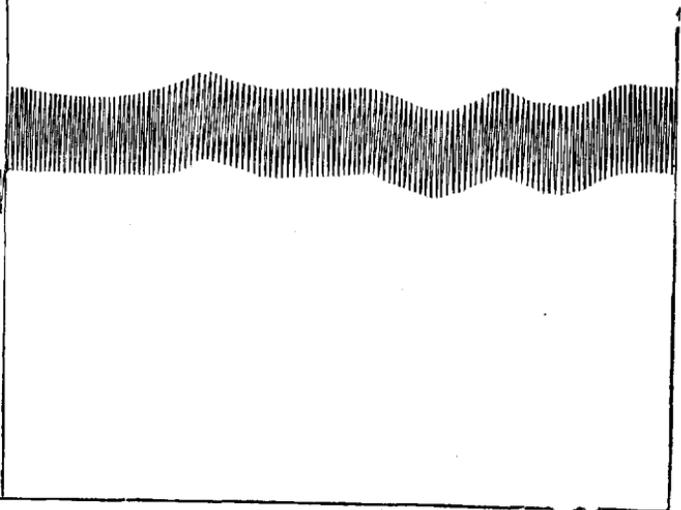


Fig. 7.

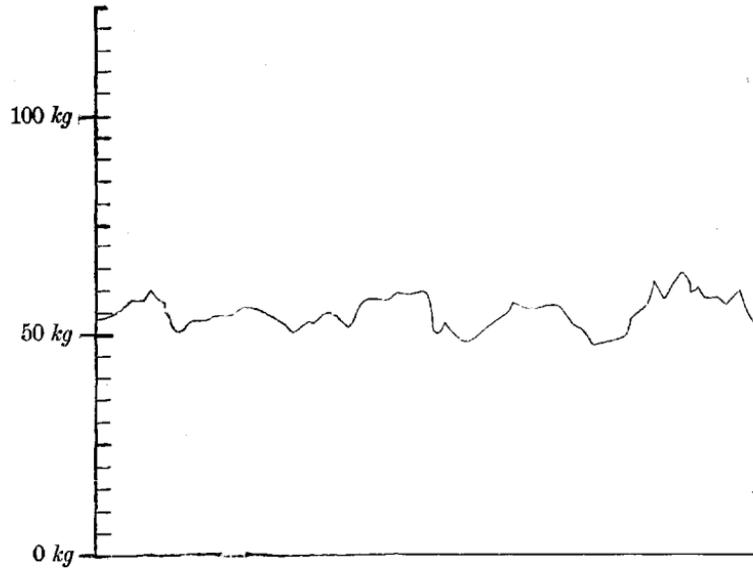


Rotationsdynamometer.

Burmeister & Wain's Centrifuge.
Geschw. 2400. Zufuss 225 kg. (Tab. I, c).
(Versuch No. 17).

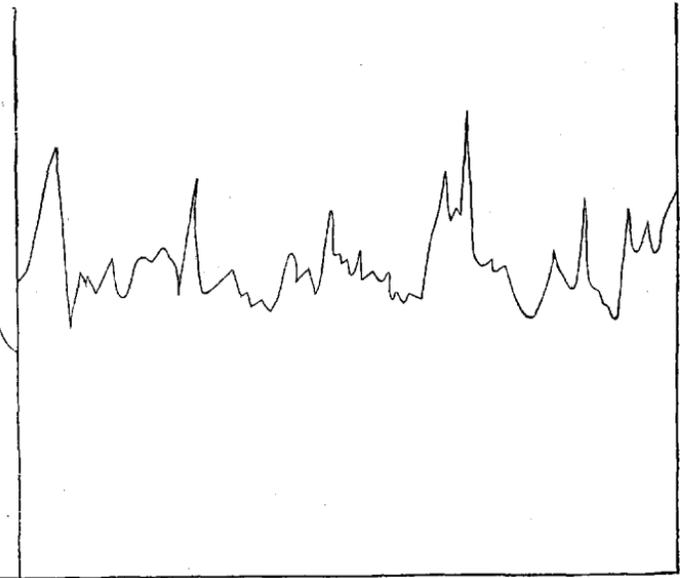
de Laval's Centrifuge.
Geschw. 5600. Zufuss 225 kg. (Tab. I, d.)
(Versuch No. 23).

Fig. 8.



Burmeister & Wains' Centrifuge.
Geschw. 2400. Zufluss 225 kg. (Tab. II, c).
(Versuch No. 39).

Fig. 9.



de Laval's Centrifuge.
Geschw. 5600. Zufluss 225 kg. (Tab. II, d).
(Versuch No. 45).

Zugdynamometer.

Kraftmessungen am 20. August 1883. Versuch No. 39. Fig. 8.
 Burmeister & Wains' kleine Centrifuge.

Zeit	Angabe der Zählapparate			Zug- dynamometer <i>kg</i>	Umdrehungen der Centrifuge pr. Minute
	Centrifuge	Vorgelege	Göpelwelle		
4 45'	453 500	9 890	5473	54,5	—
4 46'	455 900	10 230	5409	53	2400
4 47'	458 300	10 570	5344	51	2400
4 48'	460 800	10 910	5279	52	2500
4 49'	463 200	11 250	5214	51	2400
4 50'	465 600	11 590	5150	50	2400
4 51'	468 000	11 930	5088	50	2400
4 52'	470 400	12 260	5024	49	2400
4 53'	472 800	12 590	4962	51	2400
4 54'	475 200	12 920	4900	52,5	2400
4 55'	477 500	13 250	4837	52,5	2300
4 56'	480 000	13 600	4770	54,5	2500
4 57'	482 400	13 950	4704	53	2400
4 58'	484 800	14 280	4641	51	2400
4 59'	487 200	14 620	4578	50,5	2400
5 0'	489 700	14 960	4512	50,5	2500
5 1'	492 100	15 290	4449	50,5	2400
5 2'	494 500	15 630	4386	51,5	2400
5 3'	496 900	15 970	4321	50	2400
5 4'	499 300	16 290	4259	49,5	2400
5 5'	501 700	16 630	4195	47,5	2400
5 6'	504 000	16 960	4132	47,5	2300
5 7'	506 300	17 280	4073	49,5	2300
5 8'	508 600	17 610	4010	52,5	2300
5 9'	511 000	17 940	3947	51,5	2400
5 10'	513 400	18 280	3883	50	2400
5 11'	515 800	18 610	3820	48,5	2400
5 12'	518 200	18 950	3758	49,5	2400
5 13'	520 500	19 270	3694	53,5	2300
5 14'	522 900	19 610	3632	55,5	2400
5 15'	525 400	19 960	3566	53	2500
5 15'	525 400	19 960	3566		
4 45'	453 500	9 890	5473		
In 30 Min.	71 900	10 070	1907		
In 1 Min.	2 397	335,7	63,57	51,2	2397

Kraftmessungen am 17. August 1883. Versuch No. 45. Fig. 9.
de Laval's Centrifuge.

Zeit	Angabe der Zählapparate			Zug- dynamometer <i>kg</i>	Umdrehungen der Centrifuge pr. Minute
	Centrifuge	Vorgelege	Göpelwelle		
7 36'	758 700	8 050	7678	69,5	—
7 37'	764 400	8 610	7613	66,5	5700
7 38'	770 100	9 220	7549	65	5700
7 39'	775 500	9 810	7486	70	5400
7 40'	781 100	10 390	7423	71,5	5600
7 41'	786 700	10 970	7358	70	5600
7 42'	792 400	11 580	7294	71	5700
7 43'	798 100	12 160	7228	65	5700
7 44'	803 700	12 760	7164	69	5600
7 45'	809 100	13 310	7100	70	5400
7 46'	814 700	13 930	7036	71	5600
7 47'	820 400	14 530	6971	71,5	5700
7 48'	825 900	15 130	6907	73	5500
7 49'	831 600	15 710	6843	68,5	5700
7 50'	837 200	16 310	6778	68,5	5600
7 51'	842 700	16 890	6715	67,5	5500
7 52'	848 200	17 450	6653	68,5	5500
7 53'	853 600	18 040	6590	71,5	5400
7 54'	859 100	18 610	6527	72	5500
7 55'	864 600	19 210	6464	69	5500
7 56'	870 200	19 790	6401	68	5600
7 57'	875 700	20 370	6338	70,5	5500
7 58'	881 300	20 960	6274	69	5600
7 59'	886 900	21 540	6209	70,5	5600
8 0'	892 500	22 110	6145	71	5600
8 1'	898 100	22 730	6081	71,5	5600
8 2'	903 800	23 330	6016	72	5700
8 3'	909 500	23 920	5951	67,5	5700
8 4'	915 200	24 520	5887	69	5700
8 5'	920 800	25 110	5822	69,5	5600
8 6'	926 400	25 700	5757	68,5	5600
8 6'	926 400	25 700	5757		
7 36'	758 700	8 050	7678		
In 30 Min.	167 700	17 650	1921		
In 1 Min.	5 590	588,3	64,30	69,5	5590

Berichtigungen.

Folgende Schreibfehler sind bei der von uns vollzogenen Correctur übersehen worden:

S. 6, Anm. Zeile 12: „der Monteur H. C. Petersen“, soll heissen „der Monteur des Herrn H. C. Petersen“.

S. 7, Zeile 13: „den Zug eines Riemens,“ soll heissen „den Zug eines Riemens in die zugehörige Riemenscheibe“.

S. 10, Zeile 6 v. u.: „ $450 \left(\frac{1}{4}\right)^2 = 703$ “, soll heissen „ $225 \left(\frac{1}{4}\right)^2 = 351,5$ “.

„ 13, „ 3 „ o.: $\frac{0,000364 \times}{168,1 \times 11,855}$, soll heiss. $0,000364 \times 168,1 \times 11,855$ “.

„ 13, „ 13 „ u.: „S. 341“, soll heissen „S. 342“.

„ 15, „ 18 „ o.: „S. 343“, „ „ „S. 344“.

„ 19, „ 4 „ u.: „S. 347“, „ „ „S. 348“.

„ 22, „ 13 „ o.: „h m“, „ „ „h Meter“.

„ 23, „ 20 „ o.: „S. 351“, „ „ „S. 352“.

„ 32. Die Zahlen der Verticalreihen 3. und 4. sind sämmtlich zu halbiren, also:

3.	4.
55,9	50,15
51,35	49,5
48,8	47,35
<u>48,15</u>	<u>43,0</u>
<u>48,20</u>	<u>49,35</u>
51,05	47,5

Für N. J. Fjord:

J. Sebelin, Assistent.