

Werkzeuge und Maschinen

zur

Holz-Bearbeitung,

**deren Construction, Behandlung und
Leistungsfähigkeit.**

Ein Hand- und Lehrbuch für Holz-Industrielle, Maschinen-Ingenieure
und Forstleute.

Von

W. F. Exner,

Professor an der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien.

~~~~~  
**In drei reich illustrierten Bänden.**  
~~~~~

Zweiter Band:

Handsägen und Sägemaschinen.

Dynamischer Theil.

~~~~~  
**Weimar, 1881.**

**Bernhard Friedrich Voigt.**



4941  
Die

# Handsägen und Sägemaschinen.

Dynamischer Theil.

Von

**W. F. Exner,**

Professor an der k. k. Hochschule für Bodencultur, Director des  
technologischen Gewerbe-Museums in Wien.

Mit einem aus 7 Folio-Tafeln bestehenden Atlas.

---

Weimar, 1881.

Bernhard Friedrich Voigt



# Handsägen und Sägemaschinen.

Ein dynamischer Theil.

W. F. EXNER,

Professor an der k. Hochschule für Bodenkultur, Director des  
technologischen Gewerbe-Museums in Wien

Mit einem aus 7 Holzschnitten bestehenden Atlas.

Leipzig, 1881.

Verlag von C. F. Voigt



Leipzig, 1881.

Bernhard Rischel Voigt



## Vorwort.

Vor Allem muss hier auf das im Vorworte zum ersten Bande dieses Werkes Gesagte hingewiesen werden. In dem Plane des Unternehmens hat sich seit dem Erscheinen des ersten Bandes im Jahre 1878 nichts geändert, wohl aber ist eine bedeutende Verzögerung im Erscheinen des vorliegenden Bandes eingetreten, das für einen viel früheren Zeitpunkt als den gegenwärtigen in Aussicht genommen war. Meine Stellung als Juror und Berichterstatter bei der Pariser Weltausstellung des Jahres 1878 und die Consequenzen dieser Mission, ganz besonders aber die Errichtung des technologischen Gewerbe-Museums in Wien und die Leitung der ersten Section dieses Institutes, welche Ende des vorigen Jahres eröffnet wurde, haben einen so grossen Theil meiner freien Zeit absorbiert, dass die Verfassung des zweiten Bandes dadurch einen wesentlich längeren Zeitraum in Anspruch nahm, als dieses unter normalen Verhältnissen der Fall gewesen wäre. Indessen ist dieser Umstand dem vorliegenden Bande wohl sehr zu statten gekommen, da die Zahl der von mir in Gemeinschaft mit dem Herrn Ingenieur G. Lauböck durchgeführten dynamometrischen Untersuchungen an Sägemaschinen inzwischen angewachsen ist, ferner auf zwei wichtige literarische Erscheinungen volle Rücksicht genommen werden konnte. Professor Hermann Fischer in Hannover veröffentlichte im vorigen Jahre die höchst beachtenswerthe Schrift: „die Holzsäge, ihre Form, Leistung und Behandlung in Schneidemühlen“ und eine Folge dieser Publication war die im Beginne des laufenden Jahres in Druck gelegte Abhandlung über Leistung und Arbeitsverbrauch der Säge von Professor Schmidt in Stuttgart. Auf beide Arbeiten wurde bei Verfassung des nun vorliegenden zweiten Bandes, soweit es zweckmässig erschien, Rücksicht genommen.

Unmittelbar bevor das Manuscript in die Druckerei wanderte, wurden die Beschlüsse der Delegirten-Versammlung der Deutschen technischen Hochschulen in Berlin am 2. April 1880 in Beziehung auf eine einheitliche Bezeichnung mathematisch-technischer Grössen



bekannt. Ich hielt es für meine Pflicht auf diese Beschlüsse, soweit es irgend thunlich war, Rücksicht zu nehmen und dieses hatte eine neuerliche Umarbeitung des Manuscriptes und damit eine weitere Verzögerung des Erscheinens des zweiten Bandes zur Folge.

Der dynamische Theil der Handsägen und Sägemaschinen enthält nun folgende Abschnitte:

- I. Vorbegriffe und Terminologie;
  - II. Untersuchungen über die Leistung der Handsägen;
  - III. Aeltere Theorien über Leistungsfähigkeit und Arbeitsverbrauch der Sägemaschinen;
  - IV. Neuere Theorien über Leistungsfähigkeit und Arbeitsverbrauch der Sägemaschinen;
  - V. Versuche über Leistung und Arbeitsverbrauch an Sägemaschinen;
  - VI. Regeln für den Bau der Sägemaschinen;
- Schlussfolgerungen.

Um den Preis des Werkes nicht allzusehr zu steigern, war ich auf die möglichste Einschränkung des Umfanges bedacht.

Schliesslich muss ich noch hervorheben, dass mich bei Herstellung der Tafeln der Assistent an meiner Lehrkanzel und Directions-Adjunct des technologischen Gewerbe-Museums in Wien, Herr Ingenieur G. Lauböck, wesentlich unterstützte, was ich hiermit dankend anerkenne. Bei der eine sehr langwierige Arbeit erfordernde Umrechnung älterer Daten für den zweiten Abschnitt betheiligte sich auch Herr Ingenieur F. Walla, der gegenwärtige Leiter der technischen Fachschule für Holzindustrie in Bergreichenstein.

Dem fachmännischen Leser wird es nicht entgehen, dass das ganze Material, welches der vorliegende zweite Band behandelt, noch einer grossen Entwicklung fähig ist, ja dass wir eigentlich erst am Beginne jener Periode uns befinden, welche eine erschöpfende und endgiltige Lösung einer Reihe von Fragen, die sich auf die Construction der Säge beziehen, durch Veranstaltung ausgedehnter experimenteller Forschungen herbeiführen wird. Zur Verfolgung dieses Zieles eine weitere Anregung zu geben, ist ja mit einer der Zwecke des nun zum Abschlusse gelangten Buches über Handsägen und Sägemaschinen.

Wien, im Juli 1880.

W. F. Exner.



# Inhaltsverzeichnis.

|                                                                                                                         | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Erster Abschnitt.</b>                                                                                                |       |
| Vorbegriffe und Terminologie . . . . .                                                                                  | 1     |
| <b>Zweiter Abschnitt.</b>                                                                                               |       |
| Untersuchungen über die Leistung der Handsägen . . . . .                                                                | 9     |
| <b>Erstes Capitel.</b>                                                                                                  |       |
| Uebersicht der neueren Untersuchungen über den Wirkungsgrad der Quersägen . . . . .                                     | 13    |
| Experimentelle Untersuchungen von Robert Micklitz . . . . .                                                             | —     |
| Experimentelle Untersuchungen von A. Kayser . . . . .                                                                   | 18    |
| Versuche von Ihrig . . . . .                                                                                            | —     |
| Experimentelle Untersuchungen über die Leistung der Thüringer Bauchsäge in Buchenholz von Richard Hess . . . . .        | 19    |
| Experimentelle Untersuchungen über die Giessener, Schwarzwälder, Thüringer und Spessarter Säge von Karl Gayer . . . . . | 22    |
| Experimentelle Untersuchungen der Thüringer Säge von Tuisko Lorey . . . . .                                             | 25    |
| Untersuchungen von Oscar Betzhold . . . . .                                                                             | 26    |
| Weitere Untersuchungen über die Leistung verschiedener Quersägen von Richard Hess . . . . .                             | 31    |
| Experimentelle Untersuchungen des Verfassers . . . . .                                                                  | 34    |
| Experimentelle Untersuchung fünf verschiedener Bauchsägen von Forstmeister Glanz in Bolechow . . . . .                  | 37    |
| <b>Zweites Capitel.</b>                                                                                                 |       |
| Zusammenstellung der im Vorangehenden mitgetheilten Versuchsergebnisse und Folgerungen aus denselben . . . . .          | 39    |
| Normalsäge für grünes Kiefernholz . . . . .                                                                             | 42    |
| Normalsäge für grünes Fichten- und Tannenholz . . . . .                                                                 | 43    |
| Normalsäge für grünes Buchenholz . . . . .                                                                              | —     |
| Normalsäge für grünes Eichenholz . . . . .                                                                              | 44    |
| Normalsäge für trockenes Nadelholz . . . . .                                                                            | —     |
| Arbeitsaufwand pro 1 qm stündliche Schnittfläche in Pferdestärken . . . . .                                             | 45    |
| Ueber die Methode, welche bei der Vornahme von Untersuchungen der Handquersägen einzuhalten ist . . . . .               | 47    |
| <b>Drittes Capitel.</b>                                                                                                 |       |
| Weitere Untersuchungen mit Handsägen . . . . .                                                                          | 55    |
| <b>Dritter Abschnitt.</b>                                                                                               |       |
| Aeltere Theorien über Leistung und Arbeitsverbrauch der Sägemaschinen . . . . .                                         | 57    |



## Vierter Abschnitt.

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Neuere Theorien über Leistung und Arbeitsverbrauch der Sägemaschinen                           | 67 |
| Untersuchungen über den Widerstand beim Schneiden des Holzes von Prof. Schneider und Dr. Weiss | 69 |
| Theorie der Sägearbeit von Prof. W. Kankelwitz                                                 | 72 |
| Studien über Form, Leistung und Behandlung der Maschinsägen von H. Fischer                     | 75 |
| Theorie von Professor Carl Schmidt                                                             | 81 |
| Kraftbedarf der Gattersägemaschinen nach Kankelwitz                                            | 88 |

## Fünfter Abschnitt.

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Versuche über Leistung und Arbeitsverbrauch an Sägemaschinen | 91 |
|--------------------------------------------------------------|----|

### Erstes Capitel.

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Die Gattersäge                                                            | 95 |
| I. Schwartensäge (GH) von Johann Zimmermann in Chemnitz                   | —  |
| II. Verticales Halbgatter in der Parquettenfabrik von K. Leistler in Wien | 97 |
| III. Bundgatter von S. Worssam & Co., Chelsea, London                     | 99 |

### Zweites Capitel.

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| Die Circularsäge                                               | 105 |
| I. Kreissäge (OG) von Johann Zimmermann in Chemnitz            | —   |
| II. Kreissäge (ED) von Johann Zimmermann in Chemnitz           | 106 |
| III. Amerikanische Circularsäge mit selbstthätiger Zuschiebung | 107 |

### Drittes Capitel.

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Die Bandsäge                                                                                   | 111 |
| I. Bandsäge (CD) von Johann Zimmermann in Chemnitz                                             | —   |
| II. Bandsäge der Deutschen Werkzeug-Maschinenfabrik, vorm. Sondermann & Stier                  | 112 |
| III. Bandsäge von Perin, Panhard & Co., Paris                                                  | 113 |
| IV. Bandsäge an der Universaltschlermaschine; Patent Siewerdt von der Maschinenfabrik Oerlikon | 117 |

## Sechster Abschnitt.

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| Regeln für den Bau der Sägemaschinen | 119 |
|--------------------------------------|-----|

### Erstes Capitel.

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| Das Werkzeug                               | 121 |
| Zahntheilung                               | —   |
| Blattdicke                                 | 122 |
| Spannung, Länge und Breite der Gattersägen | —   |
| Abmessungen der Circularsäge und Zugehör   | 123 |
| Bandsägen                                  | 124 |

### Zweites Capitel.

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Bewegung der Säge und Zuschiebung des Holzes                                                                                       | 125 |
| Vorschub                                                                                                                           | —   |
| Hubhöhe                                                                                                                            | —   |
| Hubzahl                                                                                                                            | 126 |
| Gatterrahmen                                                                                                                       | 127 |
| Lenkstangen                                                                                                                        | —   |
| Führungen und Gatterzapfen                                                                                                         | 130 |
| Kurbelzapfen, Schwungräder, Gegengewichte an den Schwungrädern, Riemenscheiben, Dimensionen der Gatterwellen und Gatterwellenlager | 131 |
| Schlussfolgerungen                                                                                                                 | 133 |



# Erster Abschnitt.

## Vorbegriffe und Terminologie.



# Erster Abschnitt.

## Vorbezüge und Terminologie.



Im ersten Bande dieses Werkes: „Sägen, descriptiver Theil“, wurden jene Begriffe definirt und Bezeichnungen für dieselben angegeben, welche sich auf die Gestalt des Zahnbesatzes beziehen. Jetzt, wo es sich darum handelt, die Leistungsfähigkeit der Sägen zu erörtern, werden noch weitere Grundbegriffe entwickelt und Bezeichnungen für dieselben gewählt werden müssen. Diese Aufgabe bildet den Inhalt des ersten Abschnittes des vorliegenden zweiten Bandes.

Da aber auch in dem dynamischen Theil die Schilderung von Werkzeugen vorkommt, jener nämlich, die in Untersuchung gezogen worden sind, so dürfte es zur Bequemlichkeit des Lesers dienen, hier eine Recapitulation jener Begriffe zu geben, die im ersten Bande erörtert worden sind und gleichzeitig die Bezeichnungen mitzutheilen, welche von nun ab für dieselben gebraucht werden\*).

#### Recapitulation.

- e Schrankbreite in Millimetern,
- $\varphi$  Schrankwinkel in Graden,
- t Zahntiefe in Millimetern,
- a Zahntheilung in Millimetern,
- B Brustwinkel in Graden,
- R Rückenwinkel in Graden,
- S Spitzenwinkel in Graden,
- b Blattdicke in Millimetern,
- (s) Schnittbreite in Millimetern,
- l Blattlänge in Millimetern,
- L Zahnlückengrösse in Quadratmillimetern,
- F Zahnfläche in Quadratmillimetern,
- T Theilungsfläche in Quadratmillimetern,
- $\psi$  Positionswinkel in Graden,
- $L_1$  spezifische Zahnlückengrösse in Quadratmillimetern,
- C Zahnungscapacität,
- $\frac{L}{T} = m$ .

Ein in die Theorie der Sägen durch Karmarsch eingeführter Begriff ist die relative Zahnschneidbreite. Für ein gleich tiefes Eingreifen und einen gleich grossen Spitzenwinkel des Zahnes

\*) Wir halten uns wesentlich, so weit dies möglich ist, an die von der Conferenz der Delegirten der technischen Hochschulen zu Berlin am 2. April 1880 in Beziehung auf eine einheitliche Bezeichnung mathematisch-technischer Grössen gemachten Vorschläge.



kann die Grösse der Fläche, mit welcher der Zahn im Holze wirklich arbeitet, eine verschiedene sein. Die Grösse dieser Fläche wird um so beträchtlicher werden, je kleiner der Brustwinkel ist; damit wachsen aber die Reibungswiderstände, und wird auch in der entstehenden Schnittfurche ein grösserer Raum durch die Zahnspitze ausgefüllt, folglich der Ausbreitung der Spähne entzogen.

Es ist auf **Taf. III, Fig. 1**, in sehr vergrössertem Massstabe die Entfernung der parallelen Linien  $wx$  und  $yz$  das Mass der Tiefe, auf die ein einzelner Zahn in das Holz eindringt. Man denke sich ferner unter 1, 2 und 3 einen zurückspringenden, einen rechtwinkligen und einen überhängenden Zahn dargestellt, deren Spitzenwinkel  $S$  übereinstimmend gleich  $60^\circ$  angenommen ist.  $B$  ist bei dem Zahne  $1=120^\circ$ , bei Zahn  $2=90^\circ$  und bei dem Zahn  $3=70^\circ$ . In diesem Falle verhalten sich die Grundlinien der arbeitenden Zahntheile, hier die schraffirten Dreiecke, und somit auch ihre Flächenräume, wie die Zahlen  $1 : 1,5 : 4,596$ . Man kann also zur Vergleichung verschiedener Bezahnungen die in Rede stehende Grösse, welche von Karmarsch, relative Zahnschneidbreite genannt wurde, benutzen, wenn man sie durch Verhältnisszahlen ausdrückt, denen der Abstand  $wy$  oder  $xz$  als Einheit zu Grunde liegt. Es ist einleuchtend, dass, abgesehen von anderen Verhältnissen und Rücksichten, eine geringe relative Zahnschneidbreite der Leistung der Säge zum Vortheil gereicht\*). Bei dem in unserer Figur dargestellten Falle ist die relative Zahnschneidbreite

für Zahn 1 = 1,1547

für Zahn 2 = 1,7320

für Zahn 3 = 5,3073.

Die Tiefe des Schnittes  $\tau$ , welche jeder einzelne Zahn bei einem Hub im Holze macht, ist in den gewöhnlichen Fällen sehr gering. Bedeutet  $a$  die Theilung,  $H$  die Länge des Zuges oder Hubes der Säge in Metern, so ist  $1000 \frac{H}{a}$  die Zahl der zur Action gelangenden Zähne.

Nennen wir ferner die Vorrückung oder Zuschiebung des Holzes pro Hub oder Zug, für einen Sägestoss  $z$ , so ist die Schnitttiefe für den einzelnen Zahn

$$\tau = \frac{a \cdot z}{1000 H} \quad (1)$$

Diese Schnitttiefe für einen einzelnen Zahn oder, was dasselbe ist, die Zuschiebung pro Zahn und Hub stellt sich in der Regel ausserordentlich gering, wie das folgende Beispiel beweisen mag:

|                    | für weiches Holz | für hartes Holz |
|--------------------|------------------|-----------------|
| $a$                | 50 mm            | 30 mm           |
| $H$                | 1 m              | 0,72 m          |
| $1000 \frac{H}{a}$ | 20               | 24              |
| $a$                |                  |                 |

\*) Eine ähnliche Betrachtung stellt Prof. H. Fischer in seinem 1879 bei Rudolf Gaertner in Berlin erschienenen Buche: „Die Holzsäge“, Seite 4 u. 5, an.



|             | für weiches Holz | für hartes Holz |
|-------------|------------------|-----------------|
| $z$         | 5,5 mm           | 3,6 mm          |
| $a \cdot z$ | 0,275 mm         | 0,15 mm         |
| $1000 H$    |                  |                 |

Diese beiden Beispiele beziehen sich auf das Sägen des Holzes nach der Länge. Beim Quersägen ist in der Regel die Zuschiebung des Holzes pro Zahn und Hub eine meist noch viel geringere.

Grosse relative Zahnschneidenbreite ist zulässig und sogar zweckmässig bei Sägen, welche eine grosse Betriebskraft erfordern und unter grosser Vorrückung des Holzes arbeiten, am meisten jedoch bei Kreissägen, wo wegen der zugleich stattfindenden ansehnlichen Geschwindigkeit die Zähne einer grösseren Widerstandsfähigkeit bedürfen.

Ausser den Zuschiebungen für die ganze Säge pro Schnitt und jener pro Zahn, die wir mit  $z$  und  $\tau$  bezeichnet haben, wurde von Hartig auch noch der Begriff der Zuschiebung, die auf einen Millimeter Sägenbewegung entfällt, eingeführt. Diese von Hartig mit dem Ausdruck relative Zuschiebung bezeichnete Grösse nennt derselbe Autor  $\zeta$ . Nennt man  $H$ , wie früher die Hubhöhe, so ist

$$\zeta = \frac{z}{1000 H} \quad (2)$$

Die von Karmarsch eingeführte Grösse der Zuschiebung pro Zahn oder die Schnitttiefe des Zahnes oder Spahndicke  $\tau$ , rechnet sich aus dem von Hartig aufgestellten Begriff der relativen Zuschiebung  $\zeta$  nach der Formel

$$\tau = a \zeta \quad (3)$$

Multipliziert man die Dicke des Holzes oder Schnitthöhe mit der Zuschiebung pro Schnitt, so erhält man die Schnittfläche für einen Sägehub, welche von allen activen Zähnen vereint erzeugt werden muss. Diese Grösse beträgt für obige zwei Beispiele 2750 und 1836 qmm, wonach auf jeden einzelnen Zahn 137,5 und 76,5 qmm entfallen. Gewiss treten in einzelnen Fällen hierfür bedeutend grössere Zahlen auf.  $F_o = h \cdot z_o$

Wir bezeichnen in Zukunft die Schnittfläche pro Hub in Quadratmetern mit  $F_o$ , die Schnittfläche pro Stunde in Quadratmetern mit  $F_h$  und die Touren-, Hub-, oder Spielzahl der Säge pro Minute mit  $n$ . Es ist demnach

$$F_h = 60 \cdot n \cdot F_o \quad (4)$$

Nun wären noch die Bezeichnungen für den Arbeitsverbrauch anzugeben.

Die Betriebskraft einer Sägemaschine oder einer Handsäge für den Leergang, also für den Zustand der Bewegung, ohne dass gleichzeitig der Rohstoff bearbeitet wird, soll mit  $N_o$  bezeichnet werden, dagegen bedeutet  $N_1$  die Betriebskraft in Pferdestärken ausschliesslich für die Sägearbeit selbst, während  $N$  die gesammte Betriebskraft für das Handwerkzeug oder die Maschine während der Arbeit darstellt. Es ist demnach

$$\begin{aligned} N &= N_o + N_1 \text{ oder} \\ N_1 &= N - N_o \end{aligned} \quad (5)$$

*totaler Verlust*

*Handwritten notes on the right margin:*  
 $N = N_o + N_1$   
 $N_1 = N - N_o$   
 $N_o = h \cdot z_o$



Dividirt man die Betriebskraft für die Arbeit oder Nutzleistung durch die Schnittfläche pro Stunde  $F_h$ , so erhält man die Nutzarbeit pro Quadratmeter Schnittfläche und Stunde in Pferdestärken, welche von Hartig mit  $\varepsilon$  bezeichnet wurde

spec. Nutzarbeit

$$\varepsilon = \frac{N - N_0}{F_h}$$

von einer operierbaren Säge  
muss man in Minuten in  
in Schnittfläche zu rechnen.

Es wurde bereits bemerkt, dass die Schnittbreite (die Dicke jenes Holzkörpers, welcher durch den Sägenschnitt zerspahrt wird,) etwas grösser, als die Schrankbreite ist. Dieses Plus ist allerdings eine sehr geringe, in vielen Fällen kaum messbare Grösse. Trotzdem muss die Schrankbreite, mit welcher Dimension die Säge in das Holz eintritt und die Schnittbreite  $s$  unterschieden werden.

Multipliziert man die stündliche Schnittfläche  $F_h$  oder die Schnittfläche pro Hub  $F_0$  mit  $s$ , so erhält man das Schnittvolumen pro Stunde oder pro Hub  $V_h$  oder  $V_0$ . Da  $s$  in Millimetern ausgedrückt wird, so erhalten wir folgende Ausdrücke

$$V_h = \frac{F_h \cdot s}{1000} \quad (7.)$$

$$V_0 = \frac{F_0 \cdot s}{1000} \quad (8.)$$

Dividirt man die Nutzleistung  $N - N_0$  durch den pro Stunde zerspachten Holzkörper  $V_h$ , so erhält man die Nutzleistung pro Cubikmeter und Stunde in Pferdestärken, den sog. specifischen Arbeitswerth für die Säge. Wir bezeichnen denselben mit  $\varepsilon_1$  und es ist demnach

$$\varepsilon_1 = \frac{N - N_0}{V_h} = \frac{1000 (N - N_0)}{F_h \cdot s} \quad (9.)$$

Dieser Begriff ist in der einschlägigen Literatur bei den Sägen noch nicht benützt worden, man hat sich vielmehr unter Vernachlässigung der Schnittbreite  $s$  gewöhnlich an die Nutzarbeit pro Quadratmeter Schnittfläche und Stunde ( $\varepsilon$ ) gehalten.

Die Beziehung zwischen  $\varepsilon$  und  $\varepsilon_1$  ist übrigens eine äusserst einfache, denn

$$\varepsilon_1 = \frac{1000 \varepsilon}{s} \quad (10.)$$

Von dem Schnittvolumen des compacten Holzkörpers ist zu unterscheiden das Volumen, welches die Spähne, die aus jenem erzeugt wurden, einnehmen. Man nennt dieses kurz Spahnvolumen und hat wieder zu unterscheiden zwischen stündlich und pro Hub erzeugtem Spahnvolumen. Das Volumen der Spähne beträgt nach Karmarsch im ungepressten Zustande 4 bis  $5\frac{1}{2}$  mal ( $\mu$ ) das Volumen des massiven Holzes, aus welchem sie entstanden sind. Die Grenzen dieses Verhältnisses liegen noch weiter auseinander, wenn die verschiedene Beschaffenheit der Holzart und der Sägen, sowie die verschiedene Gebrauchsweise der letzteren in Berücksichtigung gezogen wird.



Um diese Angelegenheit durch ein Beispiel zu illustriren, setzen wir vorübergehend  $\mu = 5$ . Aus dieser Annahme würde folgen, dass die Summe der Räume aller Zahnücken auf der zur Wirkung kommenden Sägenlänge wenigstens 5 mal so gross sein müsste, als das massive Schnittvolumen bei einem Stoss der Säge. Ziehen wir hier das weiter oben gegebene Beispiel (S. 4) wieder an und nehmen wir weiter:

|                                    |          |          |
|------------------------------------|----------|----------|
| die arbeitende Sägenlänge          | 1,0 m    | 0,72 m   |
| Schnittfläche pro Hub ( $F_0$ )    | 2750 qmm | 1836 qmm |
| geringste Summe der Lücken         | 13750 „  | 9180 „   |
| wirksame Zähne                     | 20       | 24       |
| geringster Flächenraum einer Lücke | 688 qmm  | 383 qmm  |

In der Praxis wird man der Sicherheit wegen die Zahlen der letzten Reihe, etwa  $1\frac{1}{2}$  mal so gross machen als sie aus der Rechnung sich ergeben. Man bemerkt, dass wir in dem eben angeführten Beispiel statt das stündliche massive Schnittvolumen mit dem stündlichen Spahnvolumen zu vergleichen, die Schnittfläche pro Hub der Summe der Zahnückenflächen gegenüber gestellt haben. Es ist dies gestattet, nachdem man dabei einfach die Schnittbreite, mit welcher sowohl die Schnittfläche, als auch die Zahnückenfläche multiplicirt werden müsste, um die betreffenden Volumina zu erhalten, vernachlässigt hat. Es muss nämlich die Summe aller stündlich zur Verfügung stehenden Zahnückenräume  $\mu$  mal grösser sein als  $V_h$ , es muss ebenso die Summe aller pro Hub zur Verfügung stehenden Zahnückenräume  $\mu$  mal grösser sein als  $V_o$ , es muss endlich die Summe aller  $L$  pro Sägestoss  $\mu$  mal grösser sein als  $F_o$ . Verlangt nach obigem die Vermehrung der Leistungsfähigkeit der Säge an und für sich eine Vermehrung der Zähne, so fordert gerade dann die grössere Masse erzeugter Spähne eine Vergrösserung der Zahnücken, folgerecht eine Vergrösserung der Zähne selbst und damit eine Verringerung der Anzahl derselben. So entsteht ein Widerspruch zwischen den Forderungen, der durch die Zahnform möglichst ausgeglichen werden muss.

Die Ermittlung von  $V_h$  und  $V_o$  bietet nicht die geringste Schwierigkeit dar, dagegen ist die experimentelle Ermittlung des Spahnvolumens eine kaum mit Sicherheit zu lösende Aufgabe. Die Spähne befinden sich nämlich im Sägenschnitt zweifellos in einem Zustand der Pressung, ohne dass es gelingen kann, den Grad der Pressung nach Ansammlung der ausgeworfenen Spähne genau wieder zu treffen und dies müsste doch geschehen, um das Spahnvolumen, wie es im Schnitte auftritt, nachher durch den Versuch, zu ermitteln. Man wird also durch das Experiment stets nur einen Annäherungswerth für das gesammte Spahnvolumen erlangen können. Trotzdem dürfte die Aufstellung eines weiteren Begriffes in dieser Richtung von Werth sein. Dividirt man das Spahnvolumen durch das Gewicht der Spähne, so erhält man das Volumen der Spähne pro Gewichtseinheit, das sogenannte spezifische Spahnvolumen  $\eta$ . Es ist einleuchtend, dass das spezifische Spahnvolumen einen Massstab für die Feinheit und auch für die Gestalt der Spähne giebt. Sind nämlich die Spähne sehr grob



und unregelmässig gestaltet, so wird ein grosses spezifisches Spahnvolumen resultiren. Es ist nebst dem Aussehen der Schnittfläche der einzige Anhaltspunkt zur Beurtheilung desjenigen, was man „Schönheit des Schnittes“ nennt, ein Factor der bei Beurtheilung der Sägearbeit in qualitativer Beziehung keine geringe Wichtigkeit besitzt.

Ausser dem specifischen Spahnvolumen ist aber auch die durch das Gewicht bestimmte Menge der Spähne, welche in einem bestimmten Zeitabschnitt durch die Säge erzeugt werden, geeignet, einen Massstab für die Leistung des Werkzeuges abzugeben.

### Uebersicht der im vorliegenden Bande gebrauchten Bezeichnungen.

- n** Tourenzahl, Hubzahl, Spielzahl pro Minute,
- $\tau$**  Tiefe des Schnittes pro Zahn, Zuschiebung pro Zahn, Spahndicke in Millimetern,
- z** Zuschiebung pro Hub,
- z"** Zuschiebung pro Secunde,
- z'** „ „ Minute,
- w** Zuschiebungsgeschwindigkeit des Holzes im Allgemeinen,
- v** Geschwindigkeit der Säge im Allgemeinen,
- $\zeta$**  relative Zuschiebung, Vorrückung des Holzes pro Millimeter Sägehub,
- H** Hubhöhe der Säge in Metern,
- h** Blochhöhe in Metern,
- d** Durchmesser der Bloche,
- F<sub>0</sub>** Schnittfläche pro Hub in Quadratmetern,
- F"** Schnittfläche pro Secunde in Quadratmetern,
- F'** „ „ Minute,
- F<sub>h</sub>** Schnittfläche pro Stunde in Quadratmetern,
- V<sub>0</sub>** Schnittvolumen, Volumen des zerspahnnten Holzkörpers pro Hub in Cubikmetern,
- V<sub>h</sub>** Schnittvolumen pro Stunde in Cubikmetern,
- $\vartheta$**  specifisches Spahnvolumen,
- N** gesammte Betriebskraft in Pferdestärken,
- N<sub>0</sub>** Leergangsarbeit, Nebenleistung in *PS*,
- N<sub>1</sub>** = Nutzarbeit, Sägearbeit in *PS*,
- $\varepsilon$**  specifische Nutzarbeit auf die Schnittfläche bezogen,
- $\varepsilon_1$**  specifische Nutzarbeit auf das Schnittvolumen bezogen,
- $\frac{1}{\varepsilon_1}$**  Schnittvolumen pro Pferdestärke, Nutzarbeit und Stunde,
- $\eta$**  Wirkungsgrad,
- $\nu$**  Zifferwerth von  $\frac{1}{\varepsilon_1}$  für bestimmte Holzarten,
- Z** Zahl der Sägeblätter in einem Gatterrahmen,
- P** zusätzliche Nutzarbeit (Vermehrung von  $\varepsilon$ ) bei Zunahme von **Z**,
- $\mu$**  Zerspahnungscoefficient.



## Zweiter Abschnitt.

### Untersuchungen über die Leistung der Handsägen.



## Zweiter Abschnitt.

### Untersuchungen über die Leistung der Handsgen.

Die Handsgen sind die wichtigsten Organe der menschlichen Arbeit. Sie sind die Werkzeuge, die den Menschen ermöglichen, die Natur zu beherrschen und die Welt zu gestalten. Die Leistung der Handsgen ist daher von großer Bedeutung für das Leben und die Arbeit des Menschen. In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Arten der Handsgen untersucht und ihre Leistungsfähigkeit analysiert. Es wird gezeigt, wie die Handsgen durch verschiedene Faktoren wie die Art der Arbeit, die Dauer der Arbeit und die Gesundheit des Menschen beeinflusst werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind von großer Bedeutung für die Entwicklung von Arbeitsmethoden und die Verbesserung der Arbeitsbedingungen.

Die Handsgen sind in verschiedene Arten unterteilt, die sich in ihrer Form und Funktion unterscheiden. Die wichtigsten Arten sind die Fausthand, die Greifhand und die Zeigefingerhand. Jede Art hat ihre eigenen Stärken und Schwächen. Die Fausthand ist besonders geeignet für schwere Arbeiten, die Greifhand für feine Arbeiten und die Zeigefingerhand für präzise Arbeiten. Die Leistung der Handsgen kann durch verschiedene Maßnahmen verbessert werden, wie zum Beispiel durch die Verwendung von Werkzeugen, die die Arbeit erleichtern, oder durch die Durchführung von Übungen, die die Muskulatur stärken.



ten. Es ist daher auch die forstliche Literatur, welche die meisten Arbeiten über diesen Gegenstand enthält. Da gerade diese dem Techniker weniger zugänglich ist, so wird um so mehr in einem Werke, das die Betriebskreise bestimmt ist, welche sich mit Holzverarbeitung befassen, eine erste Würdigung der diesbezüglichen Bestrebungen der forstlichen Kreise am Platze sein.

Die Handsägen waren für andere als forstliche Zwecke nur ganz ausnahmsweise Gegenstand experimenteller Untersuchungen. Auch hat das Resultat derselben einen verhältnissmässig geringen Werth, da die Bedeutung besonders der Handsägen für Längsschnitt im Vergleich zur Maschinenarbeit, was die Leistung betrifft, eine sehr untergeordnete ist.

Die Handsäge spielt bei der ersten Ausgestaltung des Holzes unmittelbar nach Fällung der Baumstämme eine sehr hervorragende Rolle. Sowohl beim Hochwald, bei Oberholz des Mittelwaldes, als auch bei Ausschlagwäldern höheren Umtriebes, wird — eine sorgfältige Holznutzung vorausgesetzt — die Quersäge das am häufigsten und im grössten Umfang benutzte Werkzeug darstellen. Nachdem die genannten Betriebsarten der Forstwirthschaft in der Holzproduction überwiegen, so folgt schon hieraus, dass die Säge überhaupt bei der forstlichen Hauptnutzung d. i. bei der Holzgewinnung unter allen Werkzeugen am meisten in den Vordergrund tritt. Aber auch bei dem Ablängen der Klötze vor der Auslieferung derselben an die Dampfsäge und bei der Erzeugung von Klatferholz ist die Handquersäge das fast ausschliesslich benützte Werkzeug. Was speciell die Klatferholzerzeugung anbelangt, so hat Oberlandforstmeister Robert Micklitz, ehemals Director der mähr.-schles. Forstschule zu Aussee, im Jahre 1860 in den Supplementen zu Heyer's allg. Forst- und Jagdzeitung, die Ergebnisse von Versuchen publicirt, welche nachweisen, dass unter wechselnden Bedingungen für die Klatferholzerzeugung der Sägegebrauch sich nahezu auf die Hälfte der gesammten Arbeitsdauer oder auch wohl darüber ausdehnt. Einschliesslich des Fällens der Bäume stellt sich der Antheil der Zeit, welcher auf den Sägegebrauch entfällt, auf 0,6 der gesammten Arbeitszeit, binnen welcher überhaupt Werkzeuge thätig sind, heraus. Daraus folgert Micklitz ganz richtig, dass die Bemühungen, welche auf Verbesserung, beziehungsweise auf die Bekanntschaft mit den wirksamen Bedingungen bei den Holzhauerwerkzeugen gerichtet sind, namentlich der Säge zugewendet sein müssen. Würde auch schon dieser Hinweis auf die von einem hervorragenden Fachmann im Forstwesen behauptete Wichtigkeit der Quersäge genügen, um eine kritische Wiedergabe der Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit der Quersäge zu rechtfertigen, so soll doch noch hier hervorgehoben werden, dass die Quersäge in den Holz verarbeitenden Gewerben eine sehr wichtige Rolle spielt, eine Rolle, welche durch die Concurrenz seitens der Maschinenarbeit weniger beeinträchtigt wurde, als dies bei irgend einer anderen Gattung von Handsägen der Fall ist. Forstleute waren es zumeist, welche sich über die Leistungsfähigkeit der Quersäge Kenntniss zu verschaffen such-



ten. Es ist daher auch die forstliche Literatur, welche die meisten Arbeiten über diesen Gegenstand enthält. Da gerade diese dem Techniker weniger zugänglich ist, so wird um so mehr in einem Werke, das für alle Berufskreise bestimmt ist, welche sich mit Holzverarbeitung befassen, eine ernste Würdigung der diesbezüglichen Bestrebungen der forstlichen Kreise am Platze sein.

Die Handsägen waren für andere als forstliche Zwecke nur ganz ausnahmsweise Gegenstand experimenteller Untersuchungen. Auch hat das Resultat derselben einen verhältnissmässig geringen Werth, da ja die Bedeutung besonders der Handsägen für Längsschnitt im Vergleiche zur Maschinensäge, was die Leistung betrifft, eine sehr untergeordnete ist.

Die Handsäge spielt bei der ersten Ausgestaltung des Holzes unmittelbar nach Fällung der Baumstämme eine sehr hervorragende Rolle. Sowohl beim Hochwald, bei Oberholz des Mittelwaldes, als auch bei Ausschlagwäldern höherer Ländereien wird — eine sorgfältige Holz-  
nutzung vorausgesetzt — die Quersäge das am häufigsten und im grössten Umfang benutzte Werkzeug dargestellt. Nachdem die genannten Betriebsarten der Forstwirtschaft in der Holzpro-  
duction überwiegen, so folgt schon hieraus, dass die Säge über-  
haupt bei der forstlichen Hauptnutzung d. i. bei der Holzgewinnung unter allen Werkzeugen am meisten in den Vordergrund tritt. Aber  
auch bei dem Ablängen der Klöße vor der Anlieferung derselben zu die Dampfsäge und bei der Erzeugung von Klotzholz ist die  
Handsäge das fast ausschliesslich benutzte Werkzeug. Was  
speciell die Klotzholzerzeugung anbelangt, so hat Oberforst-  
meister Robert Nicklitz, ehemals Director der mährisch-schles.  
Forstschule zu Aussau, im Jahre 1866 in den Supplementen zu  
Heyer's allg. Forst- und Jagdzeitung, die Ergebnisse von Versuchen  
publicirt, welche nachweisen, dass unter wechselnden Bedingungen für  
die Klotzholzerzeugung der Sägeverbrauch sich nahezu auf die Hälfte  
der gesammten Arbeitsdauer oder auch wohl darüber ausdehnt.  
Einschliesslich des Fällens der Bäume stellt sich der Antheil der  
Zeit, welcher auf den Sägeverbrauch entfällt auf 0,6 der gesamm-  
ten Arbeitszeit, während welcher überdies Werkzeuge eintauschbar  
heraus. Daraus folgert Nicklitz ganz richtig, dass die Beseitigung  
welcher auf Verbesserung, beziehungsweise auf die Bekanntheit  
mit den wirksamen Bedingungen bei den Holzhanerwerkzeugen ge-  
richtet sind, namentlich der Säge, zugewendet sein müssen. Würde  
auch schon dieser Hinweis auf die von einem hervorragenden Fach-  
mann im Forstwesen behauptete Wichtigkeit der Quersäge genügen,  
um eine kritische Wiederlage der Untersuchungen über die Leistungs-  
fähigkeit der Quersäge zu rechtfertigen, so soll doch noch hier  
hervorgehoben werden, dass die Quersäge in den Holz verarbeitun-  
gen Gewerben eine sehr wichtige Rolle spielt, eine Rolle, welche  
durch die Concurrenz seitens der Maschinenarbeit weniger beein-  
trächtigt wurde, als dies bei irgend einer anderen Gattung von Hand-  
sägen der Fall ist. Forstleute waren es zunächst, welche sich über  
die Leistungsfähigkeit der Quersäge Kenntnisse zu verschaffen such-



## Erstes Capitel.

### Uebersicht der neueren Untersuchungen über den Wirkungsgrad der Quersägen.

#### Experimentelle Untersuchungen von Robert Micklitz\*).

Von den Versuchen Robert Micklitz' reproduciren wir nur diejenigen, welche ausreichende Daten über die verwendeten Werkzeuge, über die bei den Versuchen eingeschlagene Methode und daher eine klare Erkenntniss von der Bedeutung der Resultate geben.

Micklitz untersuchte Fichtenholz von verschiedener Stärke bei starkem Winterfrost und während der Herbstzeit unter Verwendung einer Bügelsäge, wie sie in der Gegend von Weisswasser in Nordböhmen gewöhnlich in Verwendung steht.

Um eine vollständig präzise Vorstellung von der Bezeichnung dieser Bügelsäge zu geben, verweisen wir auf **Taf. I, Fig. 1**, welche eine auf Naturgrösse reducirte Copie der von Micklitz selbst in verjüngtem Massstabe gegebenen Abbildung darstellt.

Folgende Charakteristik der Bezeichnung, welche aus dieser Figur und den weiteren Daten über diese Säge entnommen sind, ergibt:

$B = 112^{\circ}$ ,  $R = 68^{\circ}$ ,  $S = 44^{\circ}$ ,  $a = 17$  mm,  $t = 11,5$  mm,  $T = 195,5$  qmm,  $L = 101,7$  qmm,  $m = 0,52$ ,  $s = 0,35$ ,  $C = 59,1$ ,  $e = 3$  mm.

Wie erwähnt, wurde Holz von verschiedener Stärke für den Versuch verwendet. Die dabei erreichte Schnittfläche ist in jedem Falle eine andere\*\*).

\*) Supplemente zur allgemeinen Forst- und Jagdzeitung von Dr. Gustav Heyer, 1860.

#### \*\*.) Bügelsäge Taf. I, Fig. 1.

| Fichtenholz (gefroren).                   |                                                   | Fichtenholz (zur Herbstzeit).             |                                                   |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Stammdurchmesser in<br>Millimetern<br>$d$ | Minutl. Schnittfläche<br>in Quadratmetern<br>$F'$ | Stammdurchmesser in<br>Millimetern<br>$d$ | Minutl. Schnittfläche<br>in Quadratmetern<br>$F'$ |
| 95 . . . .                                | 0,0830                                            | 150 . . . .                               | 0,0722                                            |
| 120 . . . .                               | 0,0550                                            | 160 . . . .                               | 0,0642                                            |
| 150 . . . .                               | 0,0330                                            | 180 . . . .                               | 0,0538                                            |
| 160 . . . .                               | 0,0260                                            | 185 . . . .                               | 0,0535                                            |



Ausserdem untersuchte Micklitz auch Kiefernholz von verschiedenem Stammdurchmesser mit derselben Bügelsäge \*).

Die von Micklitz angeführten Daten sind in alten österreichischen Massen ausgedrückt und mussten von uns in metrisches Mass umgerechnet werden.

Micklitz knüpft an diese drei Versuchsreihen einige Bemerkungen, die hier Platz finden sollen: „Die Abweichungen in der

| Fichtenholz (gefroren).                 |                                                 | Fichtenholz (zur Herbstzeit).           |                                                 |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Stammdurchmesser in<br>Millimetern<br>d | Minutl. Schnittfläche<br>in Quadratmetern<br>F' | Stammdurchmesser in<br>Millimetern<br>d | Minutl. Schnittfläche<br>in Quadratmetern<br>F' |
| 170 . . . . .                           | 0,0307                                          | 200 . . . . .                           | 0,0615                                          |
| 190 . . . . .                           | 0,0383                                          | 205 . . . . .                           | 0,0554                                          |
| 220 . . . . .                           | 0,0372                                          | 220 . . . . .                           | 0,0730                                          |
| 240 . . . . .                           | 0,0371                                          | 225 . . . . .                           | 0,0550                                          |
| 270 . . . . .                           | 0,0383                                          | 235 . . . . .                           | 0,0482                                          |
| 300 . . . . .                           | 0,0480                                          | 245 . . . . .                           | 0,0505                                          |
| 320 . . . . .                           | 0,0405                                          | 245 . . . . .                           | 0,0465                                          |
| 330 . . . . .                           | 0,0378                                          | 250 . . . . .                           | 0,0545                                          |
| 360 . . . . .                           | 0,0412                                          | 255 . . . . .                           | 0,0472                                          |
| 370 . . . . .                           | 0,0428                                          | 260 . . . . .                           | 0,0485                                          |
| 375 . . . . .                           | 0,0445                                          | 270 . . . . .                           | 0,0655                                          |
| 395 . . . . .                           | 0,0378                                          | 275 . . . . .                           | 0,0630                                          |
| 400 . . . . .                           | 0,0422                                          | 280 . . . . .                           | 0,0570                                          |
| 415 . . . . .                           | 0,0416                                          | 295 . . . . .                           | 0,0612                                          |
| 430 . . . . .                           | 0,0424                                          | 300 . . . . .                           | 0,0480                                          |
| 440 . . . . .                           | 0,0383                                          | 310 . . . . .                           | 0,0490                                          |
| 450 . . . . .                           | 0,0394                                          | 320 . . . . .                           | 0,0408                                          |
| 470 . . . . .                           | 0,0392                                          | 335 . . . . .                           | 0,0430                                          |
| 485 . . . . .                           | 0,0372                                          | 350 . . . . .                           | 0,0383                                          |
| 500 . . . . .                           | 0,0393                                          |                                         |                                                 |
| 520 . . . . .                           | 0,0414                                          |                                         |                                                 |
| 520 . . . . .                           | 0,0198                                          |                                         |                                                 |
| 540 . . . . .                           | 0,0327                                          |                                         |                                                 |
| 560 . . . . .                           | 0,0250                                          |                                         |                                                 |
| 590 . . . . .                           | 0,0212                                          |                                         |                                                 |

\*) Bügelsäge Taf. I, Fig. 1.

| Kiefernholz.                            |                                                 | Kiefernholz.                            |                                                 |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Stammdurchmesser in<br>Millimetern<br>d | Minutl. Schnittfläche<br>in Quadratmetern<br>F' | Stammdurchmesser in<br>Millimetern<br>d | Minutl. Schnittfläche<br>in Quadratmetern<br>F' |
| 90 . . . . .                            | 0,0395                                          | 330 . . . . .                           | 0,0680                                          |
| 120 . . . . .                           | 0,0580                                          | 335 . . . . .                           | 0,0590                                          |
| 130 . . . . .                           | 0,0600                                          | 340 . . . . .                           | 0,0520                                          |
| 140 . . . . .                           | 0,0522                                          | 350 . . . . .                           | 0,0480                                          |
| 180 . . . . .                           | 0,0535                                          | 355 . . . . .                           | 0,0498                                          |
| 215 . . . . .                           | 0,0695                                          | 370 . . . . .                           | 0,0552                                          |
| 245 . . . . .                           | 0,0932                                          | 390 . . . . .                           | 0,0493                                          |
| 265 . . . . .                           | 0,0435                                          | 400 . . . . .                           | 0,0612                                          |
| 265 . . . . .                           | 0,0725                                          | 400 . . . . .                           | 0,0508                                          |
| 270 . . . . .                           | 0,0570                                          | 415 . . . . .                           | 0,0452                                          |
| 290 . . . . .                           | 0,0660                                          | 420 . . . . .                           | 0,0398                                          |
| 300 . . . . .                           | 0,0722                                          | 450 . . . . .                           | 0,0432                                          |
| 315 . . . . .                           | 0,0625                                          | 480 . . . . .                           | 0,0402                                          |
| 320 . . . . .                           | 0,0545                                          | 560 . . . . .                           | 0,0416                                          |



minutlichen Schnittfläche liegen nicht in einem Beobachtungsfehler, sondern sind durch die ungleiche Dichte des Holzes an verschiedenen Stellen, am häufigsten durch Astwurzeln, auf welche manche Schnitte treffen, veranlasst; die grösseren Astmengen im Gipfel der Stämme verursachen auch nicht selten einen längeren Zeitbedarf zum Schneiden, als eine kleinere minutliche Schnittfläche bei astfreien Schaft-sectionen". Diese Bemerkung ist gewiss stichhaltig, sie erklärt aber keineswegs vollkommen die Schwankungen in der Grösse der minutlichen Schnittfläche, im Gegentheil, würde man blos diese drei Versuchsreihen vor Augen haben, so müsste man eine Abhängigkeit der minutlichen Schnittfläche von der Grösse des Durchmessers in der Art constatiren, dass das Maximum von  $F'$  bei gefrorenem Fichtenholz zwischen 270 mm und 430 mm Durchmesser, ferner bei nicht gefrorenem Fichtenholz bei dem Durchmesser von 220 mm und beim Kiefernholz bei einem Durchmesser von 245 mm erreicht wird.

Micklitz hat nun ferner noch Werkzeuge steyrischer Provenienz und darunter eine steyrische Säge **Taf. I, Fig. 2**, zu Untersuchungen benützt. Aus der Figur entnimmt man, dass diese Säge eine unterbrochene Bezaehlung besitzt, nur muss noch hinzugefügt werden, dass zwischen je 6 Schneidezähnen ein stumpfer, etwas kurzer Raumzahn angebracht ist.  $e$  beträgt bei dieser Säge, wenn sie in weichem Holz angewendet wird, 3 mm, bei Verwendung im harten Holz 2,5 mm. Das Sägeblatt verdünnt sich vom Zahnbesatz gegen den Rücken zu. Die Handhaben, welche auf angeschweissten Angeln sitzen, haben zur fast geradlinigen Rückenante eine Neigung von  $75^\circ$ . Zur Beurtheilung der Zahnform dienen die folgenden Daten:

$B = 115^\circ$ ,  $R = 65^\circ$ ,  $S = 50^\circ$ ,  $a = 24$  mm,  $t = 12$  mm,  $T = 288$  qmm,  $L = 216$  qmm,  $m = 0,75$ ,  $s = 0,38$ ,  $C = 61,6$ ,  $e = 2,5$  mm und 3 mm.

Mit dieser Säge wurden Versuche, sowohl in Buchenholz, als in Tannenholz ausgeführt\*).

Ausser diesen hier mitgetheilten Versuchsreihen des genannten Autors hat derselbe noch Versuche mit verschiedenen anderen Quer-

**\*) Steyrische Säge Taf. I, Fig. 2.**

| Buchenholz.                        |                                           | Tannenholz.                        |                                           |
|------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|
| Stammdurchmesser in<br>Millimetern | Minutl. Schnittfläche<br>in Quadratmetern | Stammdurchmesser in<br>Millimetern | Minutl. Schnittfläche<br>in Quadratmetern |
| $d$                                | $F'$                                      | $d$                                | $F'$                                      |
| 210                                | 0,0306                                    | 200                                | 0,0307                                    |
| 220                                | 0,0275                                    | 250                                | 0,0246                                    |
| 290                                | 0,0265                                    | 290                                | 0,0330                                    |
| 300                                | 0,0206                                    | 325                                | 0,0194                                    |
| 360                                | 0,0260                                    | 365                                | 0,0247                                    |
| 500                                | 0,0217                                    | 395                                | 0,0245                                    |
| 570                                | 0,0228                                    | 395                                | 0,0305                                    |
|                                    |                                           | 420                                | 0,0225                                    |
|                                    |                                           | 480                                | 0,0312                                    |
|                                    |                                           | 616                                | 0,0356                                    |
|                                    |                                           | 620                                | 0,0302                                    |



sägen durchgeführt, welche hier desshalb nicht mitgetheilt wurden, weil entweder das Werkzeug nicht genau bestimmt oder die Ergebnisse nicht ziffermässig aufgezählt worden sind.

Aus der gesammten Arbeit glaubt Micklitz die nachstehenden Folgerungen ziehen zu können: „Ein guter Theil des Zeitbedarfes hängt nothwendig gar nicht oder nur untergeordnet von der Form und Beschaffenheit der gebräuchlichen Werkzeuge, sondern namentlich von der Behendigkeit und Rührigkeit der Arbeiter ab, wobei jedoch auch die nachfolgenden Einflüsse und Umstände ihr Recht haben. In stark geneigten Lagen ist der Werkzeuggebrauch und die andere Arbeit schwieriger, daher die Gesamtleistung der Holzmacher eine geringere. Mit steigendem Härtegrad und zunehmender Beastung der Stämme sinken die Resultate der Holzschlägerei sehr stark. Obgleich jede andere Säge ähnliches leistet, wie die steyrische Säge, wenn sie nur von gutem Stahl erzeugt, vollkommen gerade und eben in den Blattflächen ist, nach dem Rücken merklich dünner zuläuft, wenn sie ferner sorgfältig, namentlich zum Schneiden nach unten und seitwärts geschärfte, nicht blos zum Herausstossen der Faser eingerichtete Zähne mit guter und gleichlaufender Schränkung hat; so besitzt doch die steyrische Säge darin, dass sie Dank ihrem bogigem Schneiderande, entsprechend geneigten Handhaben, grösserer Anzahl von Raumzähnen und dadurch vermindelter Reibung den Arbeiter weniger anstrengt, oder bei gleicher Anstrengung mehr leistet, einen wesentlichen Vorzug. — Allerdings muss die Dichte der Zahnreihe, die grössere oder geringere Entfernung zwischen je 2 Zähnen dem Localbedarfe, je nachdem sehr starke oder schwache Stämme vorwiegend sind, angepasst und die Säge entsprechend geführt werden; namentlich darf sie nur gezogen, nicht, — wie es bei Bügelsägen möglich und üblich ist, — gleichzeitig von der entgegengesetzten Seite auch kräftig zurückgestossen werden. Der Bügel erhält in der That die Spannung der Säge, somit auch ihre Geradheit. Gleichwohl ist er nach meiner Ansicht weniger für lange Sägen, als für kurze, die also nur einen Spannreitell von geringerer Dimension und Schwere brauchen, zumal für einmännige (auf den Stoss geschärfte) zu empfehlen. Im starken Holze endlich ist sehr oft der Bügel hinderlich und es wird desshalb die Säge ausgespannt und ohne denselben gebraucht.“

Ausser diesen, von Robert Micklitz allein vorgenommenen Untersuchungen hat derselbe auch in Gemeinschaft mit seinem Bruder Julius Micklitz die schlesische Säge **Taf. I, Fig. 3**, in Buchen-, Fichten- und Tannenholz zur Anwendung gebracht\*).

Diese Säge ist keine Bauchsäge, sondern eine Säge mit geradlinig unterbrochener Dreiecksbezahnung und mit an beiden Enden

\*) Aus dem Zusammenhange des Textes scheint nämlich mit ziemlicher Sicherheit hervorzugehen, dass die schlesische Quersäge aus dem Altvatergebiete, welche die Brüder Micklitz zu Versuchsreihen verwendet haben, wirklich die in der angezogenen Abhandlung bildlich dargestellte schlesische Säge ohne nähere Bezeichnung sei.



angenietetem Oehre zur Aufnahme der Handgriffe. Zur Erläuterung der Fig. 3 diene:

$B = 111^{\circ}$ ,  $R = 69^{\circ}$ ,  $S = 42^{\circ}$ ,  $a = 29,5$  mm,  $t = 10,8$  mm,  $T = 218,6$  qmm,  $L = 271,6$  qmm  $m = 1,19$ ,  $s = 3,98$ ,  $C = 199$ ,  $e = 3$  mm\*).

Um die sämmtlichen Versuchsergebnisse von Robert Micklitz und von Robert und Julius Micklitz unter einander zu vergleichen, haben wir eine graphische Darstellung der Versuchsergebnisse in der Weise angefertigt, dass die Stammdurchmesser als Abscissen, die minutlichen Schnittflächen als Ordinaten aufgetragen wurden. Diese Darstellungsweise der Versuchsergebnisse ist sehr übersichtlich und wir haben sie blos deshalb hier, so wie bei den folgenden Mittheilungen nicht reproducirt, um die Herstellungskosten des Buches nicht unnöthig zu erhöhen. Aus der Betrachtung dieser graphischen Darstellung, sowie aus der Lectüre der Tabellen wird man zu folgenden Ergebnissen gelangen.

Die böhmische Bügelsäge ergibt im Allgemeinen ein viel grösseres  $F'$ , als die steyrische Säge, welche in Beziehung auf Leistung mit der schlesischen Säge auf ziemlich einer Stufe steht. Bei der steyrischen und schlesischen Säge liefert die Buche die niedrigsten Werthe von  $F'$ , bei der böhmischen Bügelsäge, mit welcher Buchenholz nicht untersucht wurde, ergibt das gefrorene Fichtenholz auffallend geringere Werthe von  $F'$ , als das nicht gefrorene Fichtenholz.

Die Leistung bei der Kiefer überragt im Allgemeinen um etwas wenigens jene der zur Herbstzeit gefällten Fichte. Bei drei mit der Bügelsäge untersuchten Hölzern liegen die Maxima von  $F'$  zwischen 100 und 350 mm Stammdurchmesser, bei der steyrischen Säge sind solche Maxima nicht ausgesprochen. Zwischen der Buche, Fichte und Tanne bei der schlesischen Säge ist der Vergleich sehr erschwert, wenn nicht ganz unmöglich durch den Umstand, dass bei jeder dieser Holzarten anders dimensionirte Versuchsstücke zur Anwendung kamen. Soviel scheint indessen gewiss, dass mit dieser bei der Fichte mehr erzielt wurde, als bei der Tanne. Die mit der steyrischen Säge und mit der schlesischen Säge gewonnenen Versuchsergebnisse zeigen verhältnissmässig gutgestaltete Curven, während bei den Versuchsergebnissen mit der Bügelsäge so starke

\*) Schlesische Säge, Taf. I. Fig. 3.

| Buchenholz. |        | Fichtenholz. |        | Tannenholz. |        |
|-------------|--------|--------------|--------|-------------|--------|
| d           | F'     | d            | F'     | d           | F'     |
| 370 . .     | 0,0246 | 350 . .      | 0,0326 | 500 . .     | 0,0316 |
| 380 . .     | 0,0238 | 370 . .      | 0,0265 | 510 . .     | 0,0343 |
| 385 . .     | 0,0223 | 375 . .      | 0,0317 | 520 . .     | 0,0355 |
| 410 . .     | 0,0240 | 385 . .      | 0,0335 | 525 . .     | 0,0314 |
| 430 . .     | 0,0270 | 395 . .      | 0,0305 | 535 . .     | 0,0226 |
| 440 . .     | 0,0280 | 400 . .      | 0,0318 | 535 . .     | 0,0325 |
| 460 . .     | 0,0260 | 410 . .      | 0,0396 | 560 . .     | 0,0276 |
| 480 . .     | 0,0280 | 420 . .      | 0,0345 | 595 . .     | 0,0278 |
| 490 . .     | 0,0276 | 430 . .      | 0,0335 | 630 . .     | 0,0224 |
| 530 . .     | 0,0223 | 470 . .      | 0,0393 |             |        |



Sprünge zu bemerken sind, dass dieselben kaum durch die Beschaffenheit des Holzes erklärt werden können.

### Experimentelle Untersuchungen von A. Kayser.

Der genannte Autor unternahm fast gleichzeitig mit Micklitz auf dem Isenburg'schen Forstrevier in Wächtersbach eine Reihe von Versuchen mit 4 verschiedenen Sägen, welche er in der allgemeinen Forst- und Jagdzeitung, August 1861 veröffentlichte. Die von Kayser untersuchten Sägen sind eine Tyroler Bauchsäge mit M-Zähnen, eine Tyroler Bauchsäge mit ununterbrochener Dreiecksbezahnung, ferner eine Tyroler Säge mit ununterbrochener Dreiecksbezahnung und endlich eine gerade Zimmermannssäge mit Wolfszähnen. Die untersuchten Sägen sind in der angegebenen Schrift umständlich beschrieben und durch sehr gute Abbildungen in Naturgrösse versinnlicht. Die Versuche wurden mit frisch gefälltem Buchenstammholz in den Monaten November bis Januar 1860/61 angestellt. Leider sind die Versuchsergebnisse in einer höchst unglücklichen Weise zur Mittheilung gelangt. Kayser stellt nämlich die Versuchsergebnisse der ersten drei angeführten Sägen in Vergleich mit den Resultaten, welche mit der letzterwähnten erzielt wurden und sagt beispielsweise: die Säge A gewährt bei einer Durchmesserstärke des Holzes von 24 cm eine Mehrleistung von 9% ohne übrigens jene Leistung zu definiren, welche um 9% übertroffen wurde. Allerdings gelangt Kayser auf diese Art zu gewissen Schlussfolgerungen und findet unter Anderem, dass die Tyroler M-Zahnsäge unter gewissen Verhältnissen die gerade Zimmermannssäge um  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{3}$  der Leistung überragt. Nachdem die Ergebnisse der Kayser'schen Arbeit mit den Resultaten, welche alle andere Autoren erzielt haben, nicht in Vergleich gesetzt werden können, nachdem insbesondere die stetige Bezugnahme der Kayser'schen Versuche selbst auf eine gerade Zimmermannssäge den Werth der Versuche an und für sich für weitere Folgerungen sehr problematisch machen, so haben wir es unterlassen, die von Kayser untersuchten Sägen hier vorzuführen und beschränken uns auch bezüglich der Versuchsergebnisse auf die blosser Erwähnung der Kayser'schen Bestrebungen, welche allerdings in eine Zeit fallen, die man mit Bezug auf das forstliche Versuchswesen fast als „prähistorische“ bezeichnen könnte.

### Versuche von Ihrig.

Im December 1861 veröffentlichte die „Allgemeine Forst- und Jagdzeitung“ eine Fortsetzung der Arbeiten Kayser's, durch den fürstlich Isenburg'schen Forstmeister Ihrig. Derselbe benützte 3 von jenen 4 Sägen, welche Kayser in Buchenholz untersucht hatte, beschränkte jedoch die Versuche auf Stammstärken von 440 bis 500 mm. Das Endergebniss dieser Untersuchungen war, dass eine der 3 Sägen um 63% mehr als eine andere der 3 Sägen leistet. Die minutliche Schnittfläche bei einer Blochdicke von



475 mm betrug bei dieser besten der von Ihrig untersuchte, einer sogenannten Tyroler Waldsäge 0,045 qm.

Thüringer Säge, Taf. I, Fig. 4

# Experimentelle Untersuchungen über die Leistung der Thüringer Bauchsäge in Buchenholz von Richard Hess.

Die von Hess durchgeführten Versuche wurden im December 1861, Januar und Februar 1862 vorgenommen\*).

Mehrere Versuchsreihen wurden immer von je einer aus 2 Mann bestehenden Holzhauerparthie ausgeführt. Die Trennung der liegenden Stämme erfolgt nach  $\frac{2}{3}$  m langen Sectionen. Indem wir bezüglich der allgemeinen Gestalt der sogenannten Thüringer Bauchsäge auf das im I. Band darüber gesagte verweisen, stellen wir hier die von Hess gebrauchte Versuchssäge mit ununterbrochener Bezaehlung auf **Taf. I, Fig. 4**, dar.

**B** = 117°, **R** = 63°, **S** = 54°, **a** = 12 mm, **t** = 12 mm, **T** = 144 qmm, **L** = 72 qmm, **m** = 0,50, **s** = 0,50, **C** = 70,7.

Dazu bemerken wir noch Folgendes: Das Blatt ist an der Zahnseite am stärksten und nimmt gegen den Rücken hin stetig ab; zuweilen ist die stärkste Dicke nicht unmittelbar an der Zahnwurzelinie, sondern erst auf die Entfernung von 37 — 50 mm zu constatiren. Sowohl die Zahnsitzenlinie, als der Rücken sind gewölbt und zwar ist der Krümmungsradius der Rückenante 1,5 bis 2,0 m, während der Krümmungshalbmesser der Zahnsitzenlinie circa 1 m, beträgt e 3,9 — 4,3 mm. Die am Blatte befestigten Oehre besitzen einen Durchmesser von 25 — 50 mm im Lichten. Die Griffe sind 200 — 250 mm lang, rund abgedreht und 25—50 mm stark, in den Ringen, dort wo sie mit der Hand angefasst werden, etwas stärker. Man gebraucht diese Säge sowohl für Hart- als auch für Weichhölzer. Von den durch Hess durchgeführten Versuchsreihen werden wir nicht sämtliche hier aufnehmen, weil die dabei in Anwendung gebrachten Holzstärken innerhalb sehr enger Grenzen liegen und zum Theil so gering sind, dass sie keinen Anhaltspunct zum Vergleich mit den anderen Versuchsreihen bieten.

Hess hat zehn Versuchsreihen gemacht, von denen wir folgende hier vorführen; die Versuchsreihen 1 — 2 und 3 — 7 sind von je einer und derselben Bedienungsmannschaft besorgt worden.

\*) Das von Hess gewählte Gotha'sche Mass wurde von ihm selbst auf österreichisches Mass reducirt, um die Vergleichswerthe mit den Arbeiten der beiden Micklitz herzustellen. Wir haben jedoch auch die Versuche von Hess auf metrisches Mass umgerechnet.

|        |     |
|--------|-----|
| 2310,0 | 012 |
| 2310,0 | 012 |
| 2310,0 | 012 |
| 2310,0 | 012 |
| 2310,0 | 012 |

|        |     |
|--------|-----|
| 2310,0 | 251 |
| 2310,0 | 241 |
| 2310,0 | 274 |
| 2000,0 | 284 |
| 2700,0 | 291 |
| 2010,0 | 296 |
| 2000,0 | 292 |
| 1000,0 | 212 |
| 2000,0 | 272 |



Thüringer Säge, Taf. I, Fig. 4.

| 1) Buchenholz<br>(55—60 jährig).                           |        | 2) Buchenholz<br>(190 mm Durchmesser in<br>der Brusthöhe). |        | 3) Buchenholz<br>(100 jährig).                             |        |
|------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------|--------|
| d                                                          | F'     | d                                                          | F'     | d                                                          | F'     |
| 105                                                        | 0,0114 | 95                                                         | 0,0090 | 130                                                        | 0,0142 |
| 115                                                        | 0,0170 | 95                                                         | 0,0060 | 170                                                        | 0,0123 |
| 120                                                        | 0,0141 | 95                                                         | 0,0075 | 180                                                        | 0,0132 |
| 130                                                        | 0,0171 | 135                                                        | 0,0124 | 180                                                        | 0,0141 |
| 135                                                        | 0,0249 | 135                                                        | 0,0156 | 185                                                        | 0,0150 |
| 145                                                        | 0,0271 | 135                                                        | 0,0187 | 190                                                        | 0,0120 |
| 145                                                        | 0,0203 | 145                                                        | 0,0135 | 215                                                        | 0,0152 |
| 145                                                        | 0,0226 | 155                                                        | 0,0238 | 225                                                        | 0,0136 |
| 155                                                        | 0,0238 | 160                                                        | 0,0257 | 230                                                        | 0,0128 |
| 160                                                        | 0,0257 | 170                                                        | 0,0277 | 230                                                        | 0,0102 |
| 170                                                        | 0,0277 | 170                                                        | 0,0184 | 240                                                        | 0,0125 |
| 180                                                        | 0,0211 | 180                                                        | 0,0211 | 245                                                        | 0,0132 |
| 180                                                        | 0,0141 | 185                                                        | 0,0150 | 250                                                        | 0,0119 |
| 180                                                        | 0,0106 | 185                                                        | 0,0113 | 265                                                        | 0,0130 |
|                                                            |        | 190                                                        | 0,0120 | 265                                                        | 0,0126 |
|                                                            |        | 215                                                        | 0,0114 | 270                                                        | 0,0119 |
|                                                            |        | 240                                                        | 0,0075 | 280                                                        | 0,0127 |
|                                                            |        |                                                            |        | 290                                                        | 0,0113 |
|                                                            |        |                                                            |        | 290                                                        | 0,0108 |
|                                                            |        |                                                            |        | 300                                                        | 0,0117 |
|                                                            |        |                                                            |        | 310                                                        | 0,0091 |
| 4) Buchenholz<br>(587 mm Durchmesser in<br>der Brusthöhe). |        | 5) Buchenholz<br>(90—110 jährig).                          |        | 6) Buchenholz<br>(322 mm Durchmesser in<br>der Brusthöhe). |        |
| d                                                          | F'     | d                                                          | F'     | d                                                          | F'     |
| 95                                                         | 0,0117 | 95                                                         | 0,0120 | 95                                                         | 0,0188 |
| 95                                                         | 0,0121 | 120                                                        | 0,0117 | 120                                                        | 0,0186 |
| 105                                                        | 0,0152 | 155                                                        | 0,0106 | 145                                                        | 0,0169 |
| 120                                                        | 0,0138 | 190                                                        | 0,0160 | 170                                                        | 0,0184 |
| 215                                                        | 0,0169 | 195                                                        | 0,0128 | 190                                                        | 0,0160 |
| 225                                                        | 0,0188 | 230                                                        | 0,0143 | 200                                                        | 0,0181 |
| 240                                                        | 0,0151 | 250                                                        | 0,0119 | 215                                                        | 0,0288 |
| 240                                                        | 0,0188 | 260                                                        | 0,0108 | 225                                                        | 0,0169 |
| 280                                                        | 0,0124 |                                                            |        | 230                                                        | 0,0238 |
| 300                                                        | 0,0168 |                                                            |        | 240                                                        | 0,0251 |
| 335                                                        | 0,0147 |                                                            |        | 265                                                        | 0,0152 |
| 380                                                        | 0,0170 |                                                            |        | 265                                                        | 0,0169 |
| 385                                                        | 0,0120 |                                                            |        | 265                                                        | 0,0182 |
| 395                                                        | 0,0167 |                                                            |        | 280                                                        | 0,0166 |
| 415                                                        | 0,0154 |                                                            |        | 280                                                        | 0,0186 |
| 425                                                        | 0,0106 |                                                            |        | 290                                                        | 0,0179 |
| 425                                                        | 0,0158 |                                                            |        | 290                                                        | 0,0181 |
| 445                                                        | 0,0112 |                                                            |        | 310                                                        | 0,0159 |
| 475                                                        | 0,0101 |                                                            |        | 310                                                        | 0,0167 |
| 480                                                        | 0,0097 |                                                            |        | 310                                                        | 0,0181 |
| 490                                                        | 0,0077 |                                                            |        | 310                                                        | 0,0210 |
| 500                                                        | 0,0106 |                                                            |        |                                                            |        |
| 505                                                        | 0,0092 |                                                            |        |                                                            |        |
| 515                                                        | 0,0094 |                                                            |        |                                                            |        |
| 575                                                        | 0,0083 |                                                            |        |                                                            |        |



## 7) Buchenholz (70—80jährig).

| d           | F'     | d           | F'     |
|-------------|--------|-------------|--------|
| 290 . . . . | 0,0152 | 325 . . . . | 0,0152 |
| 290 . . . . | 0,0180 | 325 . . . . | 0,0158 |
| 310 . . . . | 0,0106 | 325 . . . . | 0,0178 |
| 310 . . . . | 0,0136 | 335 . . . . | 0,0148 |
| 310 . . . . | 0,0138 | 335 . . . . | 0,0158 |
| 310 . . . . | 0,0166 | 360 . . . . | 0,0128 |
| 310 . . . . | 0,0181 | 360 . . . . | 0,0138 |

Hess zieht aus seinen Versuchsergebnissen folgende Conclusionen: Die Thüringer Säge steht bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit weder der schlesischen noch der steyrischen, von Micklitz untersuchten Säge nach. Er neigt sich sogar der Ansicht hin, dass die Thüringer Säge den österreichischen Sägen vorzuziehen sei, nimmt indessen Anstand, dieses unbedingte Urtheil auszusprechen, da die Zahl der von ihm gemachten Versuchsreihen nicht im Verhältniss zu jener steht, welche Micklitz unternommen hat, da ferner in der Verschiedenartigkeit der Hölzer ein die Grundlagen und Voraussetzungen der Versuche ungleich machendes Moment liegen kann. Hess sagt ferner: „Die meiste Aehnlichkeit hat die Thüringer Säge mit der steyrischen Säge, von der sie sich nur durch die engere Stellung der Schneidezähne, durch die Gestalt des Rückens und den Mangel an Raumzähnen unterscheidet. Dass sie in Buchenholz mehr zu leisten scheint, als die steyrische Säge, trotzdem diese nach dem Urtheil von R. und J. Micklitz im Allgemeinen sämmtlichen übrigen böhmischen und mährischen Sägen vorzuziehen ist, würde sich nach meiner unmassgeblichen Ansicht hauptsächlich aus dem Mangel an Raumzähnen und der unmittelbaren Aufeinanderfolge der Schneidezähne erklären. Ob indess unsere Säge auch in Nadelholz mit der steyrischen concurren kann, will ich umsomehr dahingestellt sein lassen, als hier zweckmässig angebrachte Raumzähne und Zwischenräume entschieden von Erfolg sind.“

Am förderlichsten wirkt die Thüringer, wie die steyrische Säge in mittelstarkem, etwa 150 — 300 mm starkem Holz. In sehr starkem Holz bei Astreichthum leisten sie bedeutend weniger; ebenso ist dass Schnittresultat binnen gleichen Zeiträumen in sehr schwachem Holze ein weit geringeres, weil bei der geringen Stabilität schwacher Hölzer das Ansetzen der Säge und der Beginn des Sägeactes viel Zeit in Anspruch nimmt, nur wenige Secunden flott gesägt werden kann und auch die Wirkung durch das leichtere Forttrutschen des zu zerschneidenden Holzes wesentlich beeinträchtigt wird. Es ist dies nur eine Bestätigung der Micklitz'schen Folgerungen“.

Der Auffassung von Hess, dass die Thüringer Säge nach seinen Versuchen der von Micklitz für Buchenholz untersuchten schlesischen und steyrischen Säge äquivalent sei, können wir nicht beistimmen. Die graphische Darstellung der Hess'schen Versuche, in welche wir auch die Versuche der Gebrüder Micklitz eingetragen haben, zeigt, dass die Thüringer Säge nur bei drei Versuchsreihen und zwar bei den Versuchsreihen 1, 2 und 6 und nur



in den Maxima, die diese Versuchsreihen ergeben haben, mit den Durchschnittswerthen der steyrischen und schlesischen Säge übereinstimmen. Dabei konnte die Thüringer Säge diese der Durchschnittsleistung der beiden Micklitz'schen Sägen entsprechenden Maxima nur erreichen bei dem äusserst günstigen Stammdurchmesser von 120 — 250 mm. Die Versuche von Micklitz erstrecken sich aber auf Stammstärken von 250 — 500 mm. Es scheint uns also zweifellos, dass die steyrische und auch die schlesische Bauchsäge die von Hess patronisirte Thüringer Säge im Buchenholz überragen. Als mustergiltig müssen wir bei den Hess'schen Versuchsreihen hervorheben, die grosse Zahl der von ihm angestellten Versuche, welche eine indispensable Vorbedingung für die Zuverlässigkeit der Versuchsergebnisse ist.

Die Hess'sche Arbeit zeichnet sich durch grossen Fleiss und grosse Accuratesse aus, auch ist die Beschreibung der von ihm verwendeten Säge, wenn auch nicht in technischer Ausdrucksweise gehalten, doch sehr umständlich und deshalb werthvoll.

Nachdem wir die Prämisse, nämlich die Gleichwerthigkeit der Thüringer Säge mit der steyrischen und schlesischen Bauchsäge angefochten haben, so können wir auch nicht allen Folgerungen zustimmen, welche Hess in Beziehung auf den Bau der Säge zieht. Dagegen ist gewiss für die Thüringer Säge richtig, was er über den Einfluss der Stammstärke auf die Leistung sagt. Hess selbst hat es unterlassen, aus der Gegenüberstellung der Versuchsergebnisse und der Standortverhältnisse, sowie der Betriebsart und der Dimensionen der Hölzer an den verschiedenen Versuchsorten, irgend ein Gesetz abzuleiten. In der That ist es auch uns unmöglich, einen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Standortverhältnissen, Höhendimensionen der Bäume u. dergl. und den Versuchsergebnissen zu entdecken.

Das einzige, aber immerhin werthvolle Ergebniss der Hess'schen Arbeit scheint uns die Möglichkeit einen Durchschnittswerth der Schnittleistung der Thüringer Säge für das Buchenholz abzuleiten. Die Curven, welche die Hess'schen Versuchsreihen darstellen, zeigen gleichfalls jene unvermeidlichen Unregelmässigkeiten; dieselben sind jedoch nicht so beträchtlich, als dass sie irgend welche Zweifel an der bei der Arbeit angewendeten Sorgfalt erwecken müssten.

Experimentelle Untersuchungen über die Giessener, Schwarzwälder, Thüringer und Spessarter Säge von  
Karl Gayer.

In den Wintern 1869/70 und 1870/71 bemühte sich Professor Gayer das Verhältniss der Leistungen mehrerer ihm zu Gebote stehender Waldsägen durch vergleichende Versuche zu ermitteln. Von einer Feststellung der absoluten Leistung sah Gayer von vornherein aus triftigen Gründen ab.

Die 4 Sägen, welche Gayer seinen Untersuchungen zu Grunde legte, waren folgende:



1) Eine Giessener Säge von Unverzagt. Die Länge des Blattes am geraden Rücken gemessen betrug 1,42 m, in der Mitte hatte das Blatt eine Breite von 182 mm, an den beiden Enden noch 100 mm. Das Material war Gussstahl, der Zahnbesatz ist durch 55 gleichschenklige Schneide- und 7 gleichmässig vertheilte Raumzähne gebildet.

Wir stellen die Bezeichnung auf **Taf. I, Fig. 17**, dar.

$B = 117^\circ$ ,  $R = 63^\circ$ ,  $S = 54^\circ$ ,  $a = 20$  mm,  $t = 15$  mm,  $T = 300$  qmm,  $L = 188$  qmm,  $m = 0,62$ ,  $s = 0,47$ ,  $C = 68,5$ .

2) Eine Schwarzwälder Säge von der kgl. württembergischen Hütte zu Friedrichsthal bei Freudstadt. Sogenannte Tyrolerform, mit enger Bezeichnung; sie ist eine Bogensäge mit geradem Rücken. Das Blatt ist am Rücken 1,44 m lang, in der Mitte 167 mm breit und verjüngt sich vollständig nach beiden Enden. Das Material ist sehr guter Gussstahl, der Zahnbesatz wird durch 95 Schneidezähne gebildet; Raumzähne sind nicht vorhanden, die Schneidezähne sind gleichschenklige Dreiecke, deren Gestalt aus **Taf. I, Fig. 18**, hervorgeht.

$B = 117^\circ$ ,  $R = 63^\circ$ ,  $S = 54^\circ$ ,  $a = 15$  mm,  $t = 16$  mm,  $T = 240$  qmm,  $L = 120$  qmm,  $m = 0,50$ ,  $s = 0,53$ ,  $C = 72,8$ .

3) Eine Thüringer Säge, aus Georgenthal bezogen, identisch mit der von Prof. Hess auf **Taf. I, Fig. 4**, dargestellten. Das Blatt ist nach der Sehne des Rückens gemessen 1,27 m lang, hat 190 mm Breite in der Mitte und verjüngt sich nach den beiden Enden bis auf 47 mm. Das Material ist guter Gussstahl, den Zahnbesatz bilden 100 gleichschenklige Schneidezähne, Raumzähne fehlen. Bezüglich der übrigen Daten verweisen wir auf die bei der Untersuchung von Hess gegebene Uebersicht.

4) Eine Spessarter Säge, d. i. eine gerade Quersäge. Das Blatt ist am Rücken 1,54 m lang, hat in der Mitte 150 mm Breite, welche an den äussersten Enden allerdings nur mehr 120 mm misst, die Zahnlinie ist also nicht vollkommen gerade, die Krümmung aber verschwindend klein im Vergleich zur Länge des Blattes. Das Material ist gewalztes Schmiedeeisen mit ziemlich glatten Blattflächen. Der Zahnbesatz wird durch 23 M-Zähne gebildet (**Taf. I, Fig. 19**).

$B = 94^\circ$ ,  $R = 51^\circ$ ,  $S = 43^\circ$ ,  $a = 40$  mm,  $t = 13,5$  mm,  $T = 540$  qmm,  $L = 378$  qmm,  $m = 0,70$ ,  $s = 0,23$ ,  $C = 47,9$ .

Ausser diesen 4 Sägeexemplaren benutzte Gayer anfänglich noch eine fünfte, eine steyrische Säge. Dieselbe scheint jedoch von so unvollkommener Beschaffenheit gewesen zu sein, dass sie mit Recht in Folge der gleich anfänglich erzielten, überaus schlechten Resultate weiter ausser Betracht gelassen wurde. Sie war aus gehämmertem Schmiedeeisen mit höchst unebenen Blattflächen hergestellt und konnte daher als ein Repräsentant dieser Gattung von Sägen nicht angesehen werden.

Schon aus dieser Beschreibung der von Gayer verwendeten Versuchssägen muss man erkennen, wie gründlich Gayer im Verhältniss zu seinen Vorgängern seine Aufgabe erfasst hat\*).

\*) Unbegreiflich ist es uns allerdings, warum dieser Autor das so wichtige Datum über Blattdicke und Schrankbreite anzugeben unterliess.



Die von Gayer überdies angegebenen Verhältnisse zwischen **F** und **L** haben wir aus den im ersten Abschnitt des I. Bandes angegebenen Gründen hier nicht reproducirt, dagegen durch das Datum über die spezifische Zahnlückengrösse ersetzt.

Gayer beurtheilt die Leistung der Sägen ausschliesslich durch die minutliche Schnittfläche **F'**, welcher er die Stärke des Holzes und dessen Qualität gegenüberstellt. Jede der vorbeschriebenen Sägen wurde an demselben Stamm unmittelbar nach der Fällung in Thätigkeit gesetzt und bis zum vollständigen Durchschneiden ununterbrochen darin erhalten. Bei jeder Holzart wurden für die betreffende Stärkeklasse mit derselben Säge in der Regel 3 Schnitte gemacht. Leider standen nicht für jede der untersuchten Holzart immer sämtliche Stärkeklassen zu Gebote\*).

Verhältniss der Leistung der 4 Sägen.

| S ä g e                      | Fichte | Kiefer | Buche | Eiche | Birke | Schwarzpappel |
|------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|---------------|
| Spessarter Säge . . . . .    | 1,00   | 1,00   | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00          |
| Giessener Säge . . . . .     | 1,50   | 1,92   | 0,91  | 1,38  | 1,72  | 1,94          |
| Thüringer Säge . . . . .     | 2,16   | 2,56   | 1,25  | 1,50  | 1,46  | —             |
| Schwarzwälder Säge . . . . . | 2,30   | 2,76   | 1,45  | 1,54  | 2,91  | 1,64          |

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass bei den Gayer'schen Versuchen für Nadelholz die Schwarzwälder und Thüringer Säge den Sieg davongetragen haben. Die beiden anderen Sägen werden durch

\*)

| S ä g e                      | d       | F'     |        |       |       |       |               |
|------------------------------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|---------------|
|                              |         | Fichte | Kiefer | Buche | Eiche | Birke | Schwarzpappel |
| Giessener Säge . . . . .     | 180—250 | 0,037  | 0,053  | 0,025 | 0,045 | 0,027 | —             |
|                              | 300—350 | 0,025  | 0,044  | 0,029 | —     | 0,011 | 0,043         |
|                              | 400—500 | 0,018  | —      | 0,028 | 0,034 | —     | 0,023         |
| Schwarzwälder Säge . . . . . | 180—250 | 0,067  | 0,081  | 0,046 | 0,051 | 0,045 | —             |
|                              | 300—350 | 0,029  | 0,057  | 0,034 | —     | 0,020 | 0,038         |
|                              | 400—500 | 0,023  | —      | 0,015 | 0,029 | —     | 0,018         |
| Thüringer Säge . . . . .     | 180—250 | 0,056  | 0,078  | 0,031 | 0,051 | 0,024 | —             |
|                              | 300—350 | 0,030  | 0,050  | 0,020 | —     | 0,009 | —             |
|                              | 400—500 | 0,026  | —      | 0,010 | 0,022 | —     | —             |
| Spessarter Säge . . . . .    | 180—250 | 0,024  | 0,026  | 0,025 | 0,027 | 0,019 | —             |
|                              | 300—350 | 0,018  | 0,024  | 0,023 | —     | 0,014 | 0,022         |
|                              | 400—500 | 0,010  | —      | 0,019 | 0,025 | —     | 0,013         |



die erstgenannten bis zum doppelten Betrage der Leistung übertraffen; bei Laubholz hingegen ist es die Schwarzwälder und die Giessener Säge, welche die grössere Leistungsfähigkeit besitzen, während die Thüringer Säge zurückbleibt. Soll mit einer Säge sowohl Laub- als Nadelholz geschnitten werden, so steht die Schwarzwälder Säge unbedingt allen anderen voran, sie übertrifft z. B. die Spessarter Säge nahezu um das Doppelte. Was die Verschiedenheit der Sägeleistung überhaupt je nach der Holzstärke betrifft, so ergibt sich dieselbe:

bei der Fichte in schwachem Holze (180 — 250 mm) gleich 1 gesetzt, für mittleres Holz (300 — 350 mm) mit 0,55 und bei starkem Holz (400 — 450 mm) mit 0,42;

bei der Buche in schwachem Holz (180 — 250 mm) gleich 1 gesetzt, für mittleres Holz (300 — 350 mm) gleich 0,83, für starkes Holz (400 — 450 mm) gleich 0,57.

Gayer selbst giebt übrigens zu, dass diesen Ziffern keine grössere Wichtigkeit beigelegt werden darf, weil zu ihrer sicheren Feststellung ein grosses Versuchsmaterial zu Gebote stehen muss. Gleiches gilt für die Ermittlung des Widerstandes, welchen die verschiedenen Holzarten je nach ihrer qualitativen Beschaffenheit der Säge überhaupt entgegensetzen.

Zur Entscheidung dieser Fragen und um endlich überhaupt über die Grundsätze ins Klare zu kommen, welche die Leistungsfähigkeit der Waldsäge bedingen, hat Gayer dem bayerischen Staatsministerium der Finanzen die Veranstaltung von vergleichenden Versuchen im Grossen vorgeschlagen. Die „Monatsschrift für Forst- und Jagdwesen, von Dr. Franz Baur“ enthält in ihrem Jahrgang 1871 die Arbeit Gayer's, welche wir hier im Auszug wiedergegeben haben. In derselben Nummer dieser Zeitschrift ist auch eine Instruction zur Vornahme von Versuchen über die Leistungsfähigkeit der Waldsägen, verfasst von Prof. Gayer enthalten. Wir werden auf diese Instruction bei einer späteren Gelegenheit zurückkommen.

### Experimentelle Untersuchungen der Thüringer Säge von Tuisko Lorey\*).

Die von Lorey untersuchte Säge gehört zu den Thüringer Sägen und ist nahezu übereinstimmend mit der von Prof. Gayer untersuchten. Die Sehne der Rückenkante misst 1,25 m, die Krümmung der Rückenkante entspricht einem Kreis von 5,23 m Durchmesser, die Breite des Blattes beträgt in der Mitte 150 mm, dasselbe verjüngt sich nach den beiden Enden zu bis 40 mm, der Krümmungsradius der Zahnspitzenlinie beträgt 1,4 m. Genau in der Richtung der den beiden Endpunkten der Zahnspitzenlinie zugehörigen Krümmungshalbmesser stehen die Griffe der Säge, welche also gegen die Rückenlinie nach innen geneigt erscheinen. Die Zähne, 100 an Zahl, sind einfache Dreieckszähne, um

\*) Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, December 1872.



einen halben Millimeter breiter und länger sonst aber vollständig mit Fig. 4, Taf. I, übereinstimmend, Raumzähne sind nicht vorhanden. Aus den Versuchsergebnissen in Fichtenholz — andere Holzarten hat Lorey nicht untersucht — haben wir eine Uebersicht zusammengestellt\*).

Die Maximalschnittfläche ergibt sich bei Lorey zwischen 200 und 270 mm Stammstärke und zwar zu 0,07 qm. Die Maximalschnittfläche in demselben Holze und mit derselben Säge ergab sich bei Gayer gleichfalls in jenem Fichtenholz, welches eine ähnliche Stärke besass, nämlich bei der Stärkeklasse von 180 — 250 mm, jedoch bleibt die mittlere Schnittfläche, bei Gayer mit 0,056 qm gegenüber jener bei Lorey ziemlich weit zurück, was der letztere Autor dadurch zu erklären bestrebt ist, dass er Versuchsarbeiter zur Verfügung hatte, welche mit dieser der experimentellen Untersuchung unterzogenen Säge von Jugend auf arbeiteten, während Gayer solche Arbeiter nicht verwendete. Auch Lorey hat der Thüringer Säge eine Säge mit M-Zähnen gegenübergestellt, welche im Allgemeinen der von Gayer untersuchten Spessarter Säge gleichkommt und gelangte bei einer Versuchsreihe in Kiefernholz zur Ueberzeugung, dass die Leistungsfähigkeit dieser Art von Sägen eine ausgesprochen inferiore sei. Es stimmt also der Versuch von Lorey in seinen Hauptergebnissen mit jenem von Gayer überein. In einer Fussnote der Lorey'schen Abhandlung wird dem Krümmungsradius der Zahnschneidlinie eine entscheidende Bedeutung zugeschrieben. Wenn man das auch noch vorläufig dahingestellt sein lassen muss, so dürfte jedoch ganz richtig sein, die Längsachse der Griffe mit der Richtung der den Endpunkten des Sägeblattes zugehörigen Krümmungshalbmesser der Zahnschneidlinie zusammenfallen zu lassen.

#### Untersuchungen von Oscar Betzhold.

Auch diese Untersuchungen sind in der „Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung“ veröffentlicht und zwar im Märzhefte des Jahres 1873.

Betzhold untersuchte verschiedene Sägen, welche wir nun der Reihe nach mit den gewonnenen Versuchsergebnissen vorführen.

#### \*) Thüringer Säge, Taf. I, Fig. 4.

| Fichtenholz. |        | Fichtenholz. |        |
|--------------|--------|--------------|--------|
| d            | F      | d            | F      |
| 83           | 0,0530 | 238          | 0,0760 |
| 100          | 0,0527 | 250          | 0,0796 |
| 113          | 0,0690 | 263          | 0,0746 |
| 125          | 0,0668 | 275          | 0,0672 |
| 138          | 0,0582 | 288          | 0,0615 |
| 500          | 0,0616 | 300          | 0,0571 |
| 163          | 0,0654 | 313          | 0,0697 |
| 175          | 0,0637 | 325          | 0,0677 |
| 188          | 0,0631 | 338          | 0,0614 |
| 200          | 0,0739 | 350          | 0,0678 |
| 213          | 0,0888 | 375          | 0,0614 |
| 225          | 0,0901 |              |        |



Betzhold hat sämtliche Versuche mit Buchenholz durchgeführt und verwendete hierbei 2 Arbeiterpaare. Da jedoch nach seinen eigenen Angaben das eine Arbeiterpaar im Ganzen kräftiger und geübter war, so theilen wir hier nur jene Ergebnisse mit, welche dieses Arbeiterpaar erzielt hat.

Gebogene Wolfszahnsäge aus Friedrichsthal mit mässig gekrümmtem Rücken und stark gebogener Zahnspitzenlinie, Länge des Blattes von Griff zu Griff 1,42 m, Breite in der Mitte 140 mm, an beiden Enden 90 mm, den Zahnbesatz bilden 49 Wolfszähne.

**Taf. I, Fig. 5.**

$B = 93^\circ$ ,  $R = 57^\circ$ ,  $S = 36^\circ$ ,  $a = 26$  mm,  $t = 12$  mm,  $T = 312$  qmm,  $L = 204$  qmm,  $m = 0,65$ ,  $s = 0,46$ ,  $C = 67,8^*$ ).

Grosse steyrische Säge, bezogen aus Ischl, gerader Rücken, stark gekrümmte Zahnspitzenlinie. Das ziemlich dünne Blatt ist 1,52 m lang, in der Mitte 200 mm breit und verjüngt sich vollkommen nach beiden Enden; der Zahnbesatz besteht aus 54 Schneide- und 6 ungleichmässig vertheilten Raumzähnen, **Taf. I, Fig. 6.** Ferner ist:

$B = 116^\circ$ ,  $R = 64^\circ$ ,  $S = 52^\circ$ ,  $a = 23,4$  mm,  $t = 15,5$  mm,  $T = 362,7$  qmm,  $L = 277,4$  qmm,  $m = 0,76$ ,  $s = 0,49$ ,  $C = 70^{**}$ ).

Kleine steyrische Säge, gleichfalls aus Ischl bezogen, von der vorigen nur durch die Grösse verschieden; das Blatt ist 1,25 m lang. **Taf. I, Fig. 7.**

$B = 112^\circ$ ,  $R = 68^\circ$ ,  $S = 44^\circ$ ,  $a = 20$  mm,  $t = 13$  mm,  $T = 260$  qmm,  $L = 221,5$  qmm,  $m = 0,85$ ,  $s = 0,55$ ,  $C = 74,1^{***}$ ).

\*) Gebogene Wolfszahnsäge, **Taf. I, Fig. 5.**

| Buchenholz. |        | Buchenholz. |        |
|-------------|--------|-------------|--------|
| d           | F'     | d           | F'     |
| 155         | 0,0708 | 290         | 0,0495 |
| 175         | 0,0688 | 310         | 0,0503 |
| 205         | 0,0639 | 315         | 0,0492 |
| 210         | 0,0670 | 325         | 0,0508 |
| 245         | 0,0602 | 330         | 0,0513 |
| 250         | 0,0613 | 335         | 0,0511 |
| 260         | 0,0601 | 340         | 0,0474 |
| 270         | 0,0498 | 360         | 0,0485 |

\*\*) Grosse steyrische Säge aus Ischl, **Taf. I, Fig. 6.**

| Buchenholz. |        | Buchenholz. |        |
|-------------|--------|-------------|--------|
| d           | F'     | d           | F'     |
| 140         | 0,0660 | 245         | 0,0578 |
| 165         | 0,0642 | 305         | 0,0528 |
| 170         | 0,0649 | 310         | 0,0467 |
| 175         | 0,0578 | 330         | 0,0407 |
| 220         | 0,0616 | 340         | 0,0413 |
| 225         | 0,0555 | 340         | 0,0439 |
| 235         | 0,0605 | 345         | 0,0398 |
| 240         | 0,0572 | 370         | 0,0422 |

\*\*\*) Kleine steyrische Säge, **Taf. I, Fig. 7.**

| Buchenholz. |        | Buchenholz. |        |
|-------------|--------|-------------|--------|
| d           | F'     | d           | F'     |
| 140         | 0,0577 | 180         | 0,0664 |
| 150         | 0,0558 | 190         | 0,0587 |
| 170         | 0,0563 | 210         | 0,0630 |



Friedrichsthaler Säge mit Raumzähnen. Sowohl Rücken- als Zahnschneidekante sind gebogen; das Blatt, nach der Sehne der Rücken- und Zahnschneidekante gemessen, ist 1,35 m lang, in der Mitte 150 mm breit und verjüngt sich nach beiden Enden bis auf 45 mm, den Zahnbesatz bilden 64 Schneide- und 4 gleichmässig vertheilte Raumzähne. **Taf. I, Fig. 10.**

$B = 118^\circ$ ,  $R = 62^\circ$ ,  $S = 56^\circ$ ,  $a = 19,5$  mm,  $t = 12,5$  mm,  $T = 243,7$  qmm,  $L = 149,4$  qmm,  $m = 0,65$ ,  $s = 0,42$ ,  $C = 64,8^*$ ).

Friedrichsthaler Säge ohne Raumzähne. Rücken und Zahnseite sind gekrümmt, das Blatt hat eine Länge von 1,34 m und ist in der Mitte 150 mm breit, ununterbrochene Bezeichnung. **Taf. I, Fig. 11.**

$B = 118^\circ$ ,  $R = 62^\circ$ ,  $S = 56^\circ$ ,  $a = 13$  mm,  $t = 13$  mm,  $T = 169$  qmm,  $L = 84,5$  qmm,  $m = 0,50$ ,  $s = 0,50$ ,  $C = 70,7^{**}$ ).

Giessener Säge von Unverzagt, mit geradem Rücken und gekrümmter Zahnschneidekante, das Blatt hat eine Länge von 1,38 m, ist in der Mitte 160 mm und an beiden Enden 90 mm breit. Der

| Buchenholz. |        | Buchenholz. |        |
|-------------|--------|-------------|--------|
| d           | F'     | d           | F'     |
| 215         | 0,0574 | 230         | 0,0530 |
| 220         | 0,0518 | 240         | 0,0494 |
| 220         | 0,0556 | 245         | 0,0544 |
| 220         | 0,0570 | 250         | 0,0556 |
| 220         | 0,0617 | 275         | 0,0557 |
| 230         | 0,0445 |             |        |

**\*) Friedrichsthaler Säge mit Raumzähnen, Taf. I, Fig. 10.**

| Buchenholz. |        | Buchenholz. |        |
|-------------|--------|-------------|--------|
| d           | F'     | d           | F'     |
| 85          | 0,0569 | 255         | 0,0458 |
| 110         | 0,0570 | 260         | 0,0522 |
| 135         | 0,0538 | 270         | 0,0484 |
| 145         | 0,0620 | 275         | 0,0457 |
| 155         | 0,0567 | 280         | 0,0456 |
| 195         | 0,0598 | 300         | 0,0424 |
| 215         | 0,0532 | 305         | 0,0447 |
| 225         | 0,0442 | 310         | 0,0431 |
| 235         | 0,0531 | 325         | 0,0479 |
| 240         | 0,0494 | 345         | 0,0407 |
| 245         | 0,0515 |             |        |

**\*\*) Friedrichsthaler Säge ohne Raumzähne, Taf. I, Fig. 11.**

| Buchenholz. |        | Buchenholz. |        |
|-------------|--------|-------------|--------|
| d           | F'     | d           | F'     |
| 105         | 0,0579 | 245         | 0,0464 |
| 125         | 0,0670 | 250         | 0,0526 |
| 145         | 0,0522 | 260         | 0,0483 |
| 185         | 0,0576 | 270         | 0,0471 |
| 185         | 0,0598 | 275         | 0,0557 |
| 200         | 0,0598 | 280         | 0,0568 |
| 215         | 0,0589 | 285         | 0,0456 |
| 225         | 0,0542 | 285         | 0,0461 |
| 230         | 0,0509 | 295         | 0,0432 |
| 235         | 0,0531 | 315         | 0,0418 |
| 235         | 0,0542 |             |        |



Zahnbesatz wird durch 60 gleichschenklige Schneide- und 9 gleichmässig vertheilte Raumzähne gebildet; die letzteren sind an der Basis 11 mm breit, die Zahnform ist übrigens auf **Taf. I, Fig. 9**, dargestellt. Man sieht, dass sich dieselbe von der gleichfalls als Giessener Säge bezeichneten Versuchssäge Gayer's **Taf. I, Fig. 17**, wesentlich in der Zahnform unterscheidet.

$B = 119^\circ$ ,  $R = 61^\circ$ ,  $S = 58^\circ$ ,  $a = 18$  mm,  $t = 15$  mm,  $T = 270$  qmm,  $L = 126$  qmm,  $m = 0,46$ ,  $s = 0,39$ ,  $C = 62,4^*)$ .

Thüringer Säge mit geradem Rücken und sehr stark gebogener Bauchseite. Das 1,06 m lange Blatt ist in der Mitte 170 mm breit und verjüngt sich nach beiden Enden hin bis auf 40 mm. Den Zahnbesatz bilden 83 dicht aneinander gereimte Zähne in Form gleichschenkliger Dreiecke. **Taf. I, Fig. 8**.

Vergleicht man diesen Zahnbesatz mit jenem gleichfalls einer sogenannten Thüringer Säge aus derselben Bezugsquelle angehörigen, so fällt auf, dass die Schneidekanten bei der von Betzhold untersuchten Sägen offenbar beim Nachschleifen eine Wölbung erhalten haben, im Uebrigen stimmt der Zahnbesatz auch mit der auf **Taf. I, Fig. 15**, aufgeführten Thüringer Säge der späteren Versuche von Hess aus dem Jahre 1875 so ziemlich überein.

Für die von Betzhold zur Untersuchung angewendete Thüringer Säge gilt ferner:

$B = 125^\circ$ ,  $R = 55^\circ$ ,  $S = 70^\circ$ ,  $a = 10$  mm,  $t = 11$  mm,  $T = 110$  qmm,  $L = 49$  qmm,  $m = 0,45$ ,  $s = 0,49$ ,  $C = 70^{**})$ .

Ausser diesen 7 Sägen hat Betzhold noch eine sogenannte Harzer Säge untersucht. Da diese aber nicht von demselben Arbeiterpaar gehandhabt wurde, so haben wir dieselbe nicht weiter in Betracht gezogen.

\*) Giessener Säge, **Taf. I, Fig. 9**.

| Buchenholz.   |        | Buchenholz.   |        |
|---------------|--------|---------------|--------|
| d             | F'     | d             | F'     |
| 190 . . . . . | 0,0630 | 305 . . . . . | 0,0487 |
| 215 . . . . . | 0,0872 | 310 . . . . . | 0,0394 |
| 225 . . . . . | 0,0468 | 310 . . . . . | 0,0407 |
| 270 . . . . . | 0,0513 | 325 . . . . . | 0,0380 |
| 285 . . . . . | 0,0383 | 325 . . . . . | 0,0411 |
| 285 . . . . . | 0,0387 | 335 . . . . . | 0,0410 |
| 295 . . . . . | 0,0391 | 345 . . . . . | 0,0377 |
| 300 . . . . . | 0,0442 | 355 . . . . . | 0,0358 |

\*\*) Thüringer Säge, **Taf. I, Fig. 8**.

| Buchenholz.   |        | Buchenholz.   |        |
|---------------|--------|---------------|--------|
| d             | F'     | d             | F'     |
| 125 . . . . . | 0,0492 | 290 . . . . . | 0,0385 |
| 140 . . . . . | 0,0466 | 305 . . . . . | 0,0422 |
| 150 . . . . . | 0,0481 | 305 . . . . . | 0,0430 |
| 160 . . . . . | 0,0481 | 310 . . . . . | 0,0423 |
| 170 . . . . . | 0,0470 | 310 . . . . . | 0,0427 |
| 190 . . . . . | 0,0460 | 315 . . . . . | 0,0455 |
| 200 . . . . . | 0,0483 | 325 . . . . . | 0,0437 |
| 205 . . . . . | 0,0483 | 335 . . . . . | 0,0445 |
| 285 . . . . . | 0,0395 | 340 . . . . . | 0,0347 |



Ueber das zu den 7 verschiedenen Sägen verwendete Material, konnten, wie Betzhold mittheilt, keine sicheren Angaben gemacht werden. In Betreff der steyrischen Säge muss noch bemerkt werden, dass dieselbe in einem eigenthümlichen Zustand, mit sehr weiter Schränkung und ausserordentlich spitz gefeilten Zähnen in die Hände des Versuchsanstellers gelangte. Da die Arbeiter auf diese Zahnform nicht eingeübt waren und beim Ansetzen der Säge, dieselbe Sprünge machte, so dass die Schnittbreite bis über 10 mm anwuchs, so wurden die Zähne stumpfer gefeilt und die Säge in diesem Zustand verwendet. Es hat also diese Säge nicht die an ihr ursprünglich vorgefundene Zahngestalt beibehalten. Deshalb konnten auch die mit ihr angestellten Versuche nicht zu einer vollständig zuverlässigen Charakteristik ihrer Leistungsfähigkeit führen. Die Versuche sind im März 1872 im 100 — 120 jährigen Buchenabtriebschlag des Forstortes Mühlenberg angestellt worden. Exposition: mässig geneigter Südosthang; Bonität: Buche dritter Klasse; Boden: bunter Sandstein. Die Stämme, welche zerschnitten wurden, waren Tags vorher gefällt und ausgeastet worden. Bei der Zusammenstellung der Resultate sind 3 Stärkekassen gebildet worden, die erste Klasse umfasst die Stärke von 300 bis 350 mm Durchmesser, die zweite von 200 bis 290 mm, die dritte von 100 bis 190 mm.

### Zusammenstellung der Leistung der Sägen nach Stärkekassen

| Sägen                                           | Minutliche Schnittflächen in Quadratmetern (Buchenholz) für einen Stammdurchmesser von $d = 100$ bis $190$ mm |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gebogene Wolfzahnsäge . . . . .                 | 0,0693                                                                                                        |
| Giessener Säge . . . . .                        | 0,0630                                                                                                        |
| Grosse steyrische Säge . . . . .                | 0,0626                                                                                                        |
| Kleine steyrische Säge . . . . .                | 0,0592                                                                                                        |
| Friedrichsthaler Säge mit Raumzähnen . . . . .  | 0,0583                                                                                                        |
| Friedrichsthaler Säge ohne Raumzähnen . . . . . | 0,0580                                                                                                        |
| Thüringer Säge . . . . .                        | 0,0480                                                                                                        |
| Sägen                                           | für einen Stammdurchmesser von $d = 200$ bis $290$ mm                                                         |
| Grosse steyrische Säge . . . . .                | 0,0569                                                                                                        |
| Gebogene Wolfzahnsäge . . . . .                 | 0,0568                                                                                                        |
| Kleine steyrische Säge . . . . .                | 0,0543                                                                                                        |
| Friedrichsthaler Säge ohne Raumzähnen . . . . . | 0,0512                                                                                                        |
| Friedrichsthaler Säge mit Raumzähnen . . . . .  | 0,0485                                                                                                        |
| Giessener Säge . . . . .                        | 0,0442                                                                                                        |
| Thüringer Säge . . . . .                        | 0,0416                                                                                                        |
| Sägen                                           | für einen Stammdurchmesser von $d = 300$ bis $350$ mm                                                         |
| Gebogene Wolfzahnsäge . . . . .                 | 0,0497                                                                                                        |
| Grosse steyrische Säge . . . . .                | 0,0433                                                                                                        |
| Thüringer Säge . . . . .                        | 0,0433                                                                                                        |
| Friedrichsthaler Säge mit Raumzähnen . . . . .  | 0,0432                                                                                                        |
| Friedrichsthaler Säge ohne Raumzähnen . . . . . | 0,0418                                                                                                        |
| Giessener Säge . . . . .                        | 0,0402                                                                                                        |



Nach dieser Versuchsübersicht würde die gebogene Wolfszahnsäge mit der grossen steyrischen Säge um den ersten Platz concurriren, also **Fig. 5** und **6, Taf. I.** Das Resultat der ersteren ist unzweifelhaft auffallend, da an den geraden Sägen die M-Zähne eines besonderen Rufes sich nicht zu erfreuen haben. Diese Erscheinung lässt sich vielleicht auf zweifache Weise erklären; einmal durch die hervorragende Güte des Materials, ein anderes Mal durch den Umstand, dass das Blatt der gebogenen Wolfszahnsäge verhältnissmässig stark ist und die Arbeiter Betzholds, obgleich ziemlich geschult, doch mit einem starken, infolge dessen auch steifen Blatt besser als mit einem dünnen, mehr schwankenden zu arbeiten vermochten.

Die beiden Friedrichsthaler Sägen, welche in sämtlichen Stärkeklassen nur um ein Geringes hinter den beiden vorgenannten Sägen zurückblieben, leisteten beinahe genau dasselbe und liefern einen Beweis dafür, dass es von Vortheil ist die Raumzähne durch eine grössere Anzahl der Schneidezähne zu ersetzen.

Die grössten Schnittflächen wurden bei Blochstärken von 200 bis 290 mm Durchmesser erreicht, die kleinsten bei allen Sägen bei den stärksten Hölzern, also bei 300 bis 350 mm. Der Widerstand, welchen das Holz dem Eindringen der Säge entgensetzte, nimmt unverhältnissmässig zu, je mehr sich die Schnittflächen dem Fusspuncte des Stammes nähern.

Die von Betzhold am Schlusse seiner Abhandlung gegen die von ihm selbst gewählte Methode geltend gemachten Bedenken führten ihn zu weiteren Propositionen für das bei derartigen Untersuchungen einzuschlagende Verfahren. Wir behalten uns vor, auf diese Betrachtungen dann zurückzukommen, wenn wir auch die von Gayer proponirte Instruction für derartige Versuche discutiren werden.

Weitere Untersuchungen über die Leistung verschiedener Quersägen von Richard Hess.

Im ersten Jahrgange des „Centralblattes für das gesammte Forstwesen“ publicirte der genannte Autor eine weitere Serie von Untersuchungen, welche er im Januar 1874 in einem circa 65 bis 70jährigen, eben gelegenen, zum Abtrieb bestimmten Kiefernbestande der Oberförsterei Schiffenberg mit vier verschiedenen Waldsägen bei 4° Kälte vorgenommen hatte. Die frisch geschärften und geschränkten Sägen wurden der Reihe nach von denselben Arbeitern geführt und bei 3 Stärkeklassen angewendet. Die erste Klasse hatte den Durchmesser von 180 bis 210 mm, die zweite von 240 bis 270 mm, die dritte von 300 bis 420 mm. Für jede Stärkeklasse wurden mit jeder Säge 5 bis 6 Schnitte geführt, welche in kurzen Abständen neben einander gelegt wurden. Es muss bemerkt werden, dass die Arbeiter der Führung der Sägen ungewohnt, dieselbe namentlich bei Beginn der Arbeit so handhabten, als wenn sie gerade Sägen zu führen hätten; erst später kamen die beiden Säger, obschon an sich in der Handhabung der Säge durchaus bewandert, in die wiegende Armbewegung, welche bei den Bogen-



sägen angewendet werden muss. Der Splint war bis auf 50 bis 60 mm tief gefroren.

Die Thüringer Säge und die Giessener Säge würden bei nicht gefrorenem Splint und die erstere in der Hand geübter Holzhauer eine grössere Leistung gegeben haben, da diese Säge mit ihrem schwachen Blatte ausserordentlich leicht geführt sein will. Ueberhaupt dürften die mit allen Sägen erzielten Resultate wohl als minimale anzusehen sein und zwar besonders deshalb, weil der Sägenschränk auf nicht gefrorenes Holz berechnet gewesen ist. Für gefrorene Stämme hätte kleiner Schränk wohl mehr geleistet. Dieser Missstand hat sich besonders bei der Führung der Thüringer Säge geltend gemacht.

Die gerade Schrotsäge, **Taf. I, Fig. 13.** Material: Schmied-eisen, Länge des Rückens 1,24 m, Länge der Zahnspitzenlinie 1,29 m, Breite der Säge in der Mitte 123 mm, am Ende 75 mm, Stärke am Rücken 1,5 mm, an der Zahnseite 3 mm, Schränkbreite 4 mm, Befestigung der Handhaben in Angeln, Krümmungsradius der Zahnspitzenlinie 3 m, Gewicht der Säge incl. Griffen 2,159 kg.

$B = 90^\circ$ ,  $R = 29^\circ$ ,  $S = 61^\circ$ ,  $a = 28$  mm,  $t = 14$  mm,  $T = 392$  qmm,  $L = 196$  qmm,  $m = 0,50$ ,  $s = 0,50$ ,  $C = 70,7^*$ ).

Sandvoss'sche Säge, **Taf. I, Fig. 14.** Material: Gussstahl, Länge der Rückenseite 1,23 m, der Zahnseite 1,23 m, Breite in der Mitte 160 mm, am Ende 90 mm, Zahnstärke am Rücken 1 mm, an der Zahnseite 1,75 mm, Befestigung der Handhaben in Angeln, Krümmungsradius 4,43 m, Gewicht der Säge incl. Griffen 2,521 kg. Daten hierzu sind:

$B = 114^\circ$ ,  $R = 66^\circ$ ,  $S = 48^\circ$ ,  $a = 20$  mm,  $t = 17$  mm,  $T = 340$  qmm,  $L = 265$  qmm,  $m = 0,78$ ,  $s = 0,66$  qm,  $C = 81,2^{**}$ ).

Thüringer Säge, **Taf. I, Fig. 15.** Material: Gussstahl, Länge der Rückenseite 1,23 m, der Zahnspitzenlinie 1,29 m, Breite in der Mitte 192 mm, am Ende 60 mm, Stärke am Rücken 1 mm, an der Zahn-

\*) Gerade Schrotsäge, **Taf. I, Fig. 13.**

| Kiefernholz. |        | Kiefernholz. |        |
|--------------|--------|--------------|--------|
| d            | F'     | d            | F'     |
| 205          | 0,0208 | 243          | 0,0181 |
| 210          | 0,0166 | 245          | 0,0165 |
| 215          | 0,0189 | 255          | 0,0153 |
| 215          | 0,0168 | 305          | 0,0123 |
| 215          | 0,0182 | 310          | 0,0116 |
| 240          | 0,0175 | 310          | 0,0108 |
| 240          | 9,0187 | 325          | 0,0118 |

\*\*) Sandvoss'sche Säge, **Taf. I, Fig. 14.**

| Kiefernholz. |        | Kiefernholz. |        |
|--------------|--------|--------------|--------|
| d            | F'     | d            | F'     |
| 190          | 0,0347 | 265          | 0,0276 |
| 195          | 0,0345 | 270          | 0,0286 |
| 195          | 0,0354 | 310          | 0,0241 |
| 200          | 0,0331 | 315          | 0,0288 |
| 210          | 0,0385 | 330          | 0,0321 |
| 245          | 0,0354 | 360          | 0,0359 |
| 255          | 0,0306 | 385          | 0,0246 |



seite 1 mm, Befestigung der Handhaben: Oehre, Krümmungsradius 0,957 m, Gewicht der Säge incl. Griffen 1,389 kg, Bezahnung Fig. 15, weitere Angaben:

$B = 115^\circ$ ,  $R = 65^\circ$ ,  $S = 50^\circ$ ,  $a = 10$  mm,  $t = 12$  mm,  $T = 120$  qmm,  $L = 60$  qmm,  $m = 0,50$ ,  $s = 0,60$ ,  $C = 77,4^*)$ .

Giessener Säge (Tyroler Säge) Taf. I, Fig. 16. Material: Gussstahl, Länge der Rückenseite 1,42 m, der Zahnseite 1,45 m, Breite in der Mitte 175 mm, am Ende 80 mm, Stärke am Rücken 1,5 mm, an der Zahnseite 1,5 mm, Handhaben in Angeln, Krümmungsradius 2,29 m, Gewicht der Säge 2,87 kg, Bezahnung Fig. 16. Ferner ist:

$B = 112^\circ$ ,  $R = 68^\circ$ ,  $S = 44^\circ$ ,  $a = 20$  mm,  $t = 15$  mm,  $T = 300$  qmm,  $L = 195$  qmm,  $m = 0,65$ ,  $s = 0,48$ ,  $C = 69,2^{**})$ .

In den Originaltabellen, welche Hess veröffentlichte, ist der Durchmesser des geschnittenen Holzes nach Maximum, Minimum und Medium angegeben, die Querschnittkreisfläche berechnet, die Zeit des Schnittes in Minuten und Secunden und die Anzahl der Doppelsägezüge gegeben, die minutliche Schnittfläche und die auf einen Sägegang reducirte relative Schnittfläche berechnet. Es ist nicht zu verkennen, dass in der Beschreibung des Werkzeuges Hess alle seine Vorgänger, deren Arbeiten bis nun erörtert wurden, an Präcision übertroffen hat. Aus den von Hess aufgestellten Folgerungen wollen wir folgende mittheilen:

Die relative Leistung der Säge nimmt mit zunehmender Stammstärke ab. Die Ausnahme von dieser Regel wird durch den Zeitverlust erklärt, der bei den ersten Sägezügen im schwachen Holze des Frostes halber sehr bedeutend gewesen ist.

Wird die Leistung der geraden Säge gleich 100 gesetzt, so leistet die Thüringer Säge um 114 Proc., die Sandvoss'sche Säge

\*) Thüringer Säge, Taf. I, Fig. 15.

| Kiefernholz. |        | Kiefernholz. |        |
|--------------|--------|--------------|--------|
| d            | F'     | d            | F'     |
| 205          | 0,0275 | 258          | 0,0274 |
| 205          | 0,0264 | 310          | 0,0377 |
| 205          | 0,0354 | 340          | 0,0373 |
| 250          | 0,0207 | 355          | 0,0356 |
| 250          | 0,0218 | 375          | 0,0323 |
| 250          | 0,0227 | 403          | 0,0259 |
| 255          | 0,0269 |              |        |

\*\*) Giessener Säge, Taf. I, Fig. 16.

| Kiefernholz. |        | Kiefernholz. |        |
|--------------|--------|--------------|--------|
| d            | F'     | d            | F'     |
| 185          | 0,0424 | 255          | 0,0298 |
| 185          | 0,0414 | 270          | 0,0395 |
| 185          | 0,0375 | 310          | 0,0401 |
| 200          | 0,0325 | 315          | 0,0374 |
| 205          | 0,0396 | 320          | 0,0487 |
| 245          | 0,0393 | 338          | 0,0459 |
| 250          | 0,0313 | 350          | 0,0409 |
| 250          | 0,0331 | 365          | 0,0359 |
| 255          | 0,0397 |              |        |



um 141 Proc. und die Giessener Säge um 11 Proc. im Durchschnitt mehr, als jene gerade Säge\*).

Die Giessener Säge trug demnach in allen Positionen den Sieg davon. Wir erinnern daran, dass dies unsere in der **Fig. 16** dargestellte Säge ist, welche aber einigermaßen von der in **Fig. 9** und von jener in **Fig. 17** dargestellten Giessener Säge von Betzhöld und Gayer abweicht. Die von Gayer gleichfalls bei Kiefernholz untersuchte Thüringer und Giessener Säge haben höhere Resultate geliefert. Diese Verschiedenheit glaubt Hess aus den verschiedenen Bedingungen der Untersuchungen erklären zu können, das Gegenteil dürfte allerdings schwer nachzuweisen sein. Auffallend ist immerhin die exorbitant höhere Leistung der von Micklitz bei Kiefernholz untersuchten Bügelsäge, welche jedoch nicht zu den renommirtesten Sägegattungen gehört.

#### Experimentelle Untersuchungen des Verfassers \*\*).

Ich erhielt im Juli 1875 vom k. k. österr. Ackerbauministerium den Auftrag, mich an der im September zu eröffnenden Lehrmittelausstellung in Mödling zu betheiligen. Ich fasste dabei den Plan, dass Rothbuchenholz nach verschiedenen Richtungen hin zu untersuchen und probirte bei dieser Gelegenheit eine Reihe von 30 verschiedenen Quersägen in grünem Rothbuchenholz. Die sämtlichen Querschnitte wurden in einem und demselben Stammabschnitt von ca. 1550 mm Länge und einem Durchmesser am Fussende von 420 mm, am Zopfende von 400 mm vorgenommen. Das Holzstück, welches überdies eine gleichmässige Dichte, homogene Rinde und gar keinen Fehler im Holze zeigte, war zu den Versuchen sehr geeignet. Die Querschnittsfläche hatte der ganzen Länge

---

\*) Prof. Fischer sagt in seinem Buche: „Die Holzsäge“ über die Bogenform der Zahnsitzenlinie folgendes:

„Von einer strengen Gesetzmässigkeit, wie sie bei den Maschinensägen eingehalten und beobachtet werden kann, ist in Beziehung auf die Zuschiebung bei den Handsägen nicht die Rede. Sehr häufig wird hier nach dem Gefühl des Arbeiters die Zuschiebung durch den Druck der Hand oder durch das Eigengewicht der Säge oder durch beides gleichzeitig bewerkstelligt. Bei den meisten Handsägen ist die zur Verfügung stehende Kraft ungenügend, um alle im Holz befindlichen Zähne mit der zweckmässigsten Grösse von  $z$  gegen das Holz zu bewegen. Der Arbeiter fühlt aber unbewusst, dass die Arbeit weniger gefördert wird durch Anwendung des ihm möglichen  $z$  für alle Zähne und zieht es daher vor, einzelne Zähne mit stärkerer Zuschiebung wirken zu lassen, während die grösste Zahl gar nicht arbeitet.“

Bei gerader Zahnsitzenlinie kann derselbe das in Rede stehende durch bogenförmige Bewegung der Säge erreichen. Soll der Arbeiter die Schnittfläche möglichst glatt erhalten, wofür ein kleines  $z$  vorthailhaft ist, so wendet er eine geradlinige Sägenbewegung an. Sonst braucht man immer eine bogenförmige Bewegung der Säge, auch bei geraden Zahnsitzenlinien. Um diese bogenförmige Bewegung bei grösseren Quersägen zu erleichtern, giebt man der Säge die sogenannte Bauchform.

\*\*) Studien über das Rothbuchenholz von Prof. W. F. Exner, als Manuscript gedruckt Wien 1875, in Commission bei Faecy und Frick; ferner Centralblatt für das gesammte Forstwesen. April 1877.



des Trummes nach so geringe Abweichungen, dass bei jedem Schnitte eine nahezu gleiche Arbeit zu bewältigen war.

Der Einfluss dieser Abweichungen auf das Resultat ist wohl kaum ein grösserer als der von Fehlerquellen, welche dabei unvermeidlich waren. Es wurde ferner die Vorsicht gebraucht, dass nach jedem Schnitte eine Pause von einigen Minuten für die Arbeiter eintrat, damit sie immer mit gleicher Kraft an das Werk gehen konnten. Bei dem ganzen Versuche wurde dasselbe Arbeiterpaar verwendet.

Bei jedem Schnitte konnte die Körperhaltung die gleiche sein, soweit dies das Werkzeug gestattete; auch stand jeder Arbeiter immer auf der gleichen Seite.

Jeder Schnitt wurde 50 mm von dem Ende des Klotzes entfernt geführt, die bei jedem Schnitte erzeugten Spähne wurden vollständig gesammelt, in ein calibriertes Becherglas zusammengeschüttet und dann jedesmal mit  $\frac{1}{2}$  kg belastet. Diese scheinbar rohe Bestimmung des Spahnvolumens führt doch bei einiger Uebung zu ziemlich verlässlichen Ergebnissen.

Ausserdem wurde die jeweilige Quantität Sägespähne auf einer genauen Wage gewogen. Das Gewicht der Sägespähne ist abgesehen von dem während und nach dem Schnitte verdunsteten Wasser gleich dem Gewichte des zerspahnnten Holzkörpers, welches letzteres aber aus dem Schnittvolumen und dem specifischen Gewichte des Holzes gefunden werden kann. Man hat also ein durch den Calcul bestimmtes Gewicht der Sägespähne und ein direct durch Wägung gefundenes. Das erstere kann sehr gut als Controlle der Schnittbreite verwendet werden, welche durch directe Messung schwer zu ermitteln ist. Mit Rücksicht auf die Grenzen des Umfanges vorliegenden Buches war es unmöglich, die sämmtlichen Zahnformen der von mir verwendeten Sägen hier abzubilden und ich muss in dieser Beziehung auf den Atlas zum I. Bande verweisen.

In der Tabelle I sind nun die sämmtlichen Daten über die einzelnen Versuchssägen sowie die mit ihnen erzielten Resultate eingetragen. Dabei sind die Sägen nach der mit ihnen gewonnenen minutlichen Schnittfläche geordnet.

In den weiteren Erörterungen werden wir uns der in der ersten Columne stehenden Ordnungszahl zur Bezeichnung der Säge bedienen.

Als leistungsfähigste Säge musste bei dem mittleren Durchmesser von 410 mm in grünem Rothbuchenholz die niederösterreichische oder Wienerwald-Bauchsäge aufgefasst werden. Dieselbe ist auf **Taf. I, Fig. 12**, dargestellt.

Abgesehen hiervon, glaube ich aus den Versuchsergebnissen ableiten zu können, dass für grünes Rothbuchenholz nicht unter 1 mm Blattdicke am Rücken,  $1\frac{1}{2}$  mm Blattdicke an der Zahnseite und  $2\frac{1}{2}$  mm Schrankdicke herabgegangen werden darf.

Prof. Rudolph Escher in Zürich, welcher meine Arbeit im „Civil-Ingenieur“, 22. Band, 5. und 6. Heft discutirte, gelangte zur weiteren Folgerung, dass a nicht unter 19 mm herabsinken darf und dass Zähne mit kleinem Spitzenwinkel günstiger arbeiten, als solche mit grossem.



Das für die in **Fig. 12** dargestellte Säge so überaus günstige Ergebniss veranlasste mich, dieselbe auch für verschiedene Stärkeklassen zu untersuchen. Es waren Durchmesser von 265 bis 500 mm vorhanden; die erhaltenen Schnittflächen zeigten eine ziemlich deutliche Abnahme gegen die stärkeren Querschnitte hin\*).

Vergleicht man die durch die Wienerwald-Säge erhaltenen minutlichen Schnittflächen mit jenen bei anderen Sägen und von anderen Autoren in Rothbuchenholz erzielten, so sieht man, dass die ersteren die Leistungen aller anderer Bauchsägen bei der gegebenen Blochstärke um ein Bedeutendes überragen. Am nächsten kommen noch die von Betzhold als die besten anerkannten Sägen: die von Betzhold untersuchte gebogene Wolfzahnsäge und die grosse steyrische Säge, endlich die Thüringer Säge; aber auch diese lieferten in der grössten Stärkekategorie bei  $d = 300$  bis 350 mm ein bedeutend geringeres Ergebniss, als die von mir untersuchte Wienerwald-Säge.

Im Jahre 1877 gelangte ich in den Besitz einer *American cross-cut-saw*, die schon im ersten Bande beschrieben wurde und deren Bezeichnung ich hier abermals auf **Taf. I, Fig. 24**, vorführe. Die zugehörigen Daten sind aus der weiter unten folgenden Tabelle ersichtlich.

Um die Leistungsfähigkeit dieser in Amerika verbreiteten und in fachmännischen Kreisen renommierten Quersäge zu prüfen, verglich ich dieselbe mit anderen Sägen, sowohl gegenüber trockenem Weichholz als auch bei grünem Rothbuchenholz. Es stand mir ein meiner Sammlung angehöriger, seit 1873 aufbewahrter, nahezu cylindrischer Bloch der nordischen Ceder (*Larix sibirica*) zur Verfügung, dessen mittlerer Durchmesser  $d = 650$  mm war. Derselbe konnte wohl als vollkommen ausgetrocknet aufgefasst werden, war aber leider an einigen Stellen, wie sich nach Beginn des Versuches herausstellte, etwas gestockt. Ausserdem verschaffte ich mir einen ebenfalls nahezu cylindrischen Bloch Rothbuche von einem frisch gefällten Baume aus dem Hainbacher Revier, welcher einen mittleren Stammdurchmesser von  $d = 430$  mm zeigte. Die angeschlossene Tabelle über die Versuchsergebnisse ist wieder nach den mit den Sägen gewonnenen minutlichen Schnittflächen geordnet.

Aus der Tabelle II erhellt, dass die amerikanische Querschneidsäge beim trockenen Nadelholz über alle Concurrentinnen den Sieg davon getragen hat. Am nächsten kam ihr die steyrische und die galizische Bauchsäge; auch in Beziehung auf das Schnittvolumen zeigte sich die amerikanische Querschnittssäge als diejenige, welche den geringsten Holzverbrauch durch den Schnitt hervorrief und

\*) **Niederösterreichische Bauchsäge, Taf. I, Fig. 12.**

| Buchenholz. |        | Buchenholz. |        |
|-------------|--------|-------------|--------|
| d           | F'     | d           | F'     |
| 265         | 0,0786 | 400         | 0,0449 |
| 200         | 0,0534 | 410         | 0,0492 |
| 330         | 0,0521 | 420         | 0,0386 |
| 365         | 0,0765 | 430         | 0,0403 |
| 375         | 0,0550 | 500         | 0,0438 |



### I. Leistung von Sägen beim Querschneiden grünen Rothbuchenholzes.

| Nr.     | Name der Säge                                     | Maße                 |                    |                   |                     |        |            |            |               |          |           | Material | Eigenschaften |             |        |              |          |                                                        |            |        |       |       |      |
|---------|---------------------------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------|------------|------------|---------------|----------|-----------|----------|---------------|-------------|--------|--------------|----------|--------------------------------------------------------|------------|--------|-------|-------|------|
|         |                                                   | Länge<br>in Klaftern | Breite in Klaftern | Dicke des Blattes | Gewicht des Blattes | Schank | Festigkeit | Nutzwinkel | Spitzenwinkel | Thallung | Zähigkeit |          | Lebensdauer   | Verhältniss | Milim. | Quadratmeter | Cub.-Cm. | Gramm.                                                 | Centigrade |        |       |       |      |
| I.      | Niederösterreichische Bandsäge                    | 1400                 | 273                | 34                | 1                   | 2,757  | 2,5        | 108        | 72            | 36       | 19        | 12       | 228           | 174         | 0,60   | 0,48         | 60,3     | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, mit Kreuzziehen.      | 5,5        | 0,0358 | 744,0 | 365,0 | 1900 |
| II.     | ditto.                                            | 1320                 | 275                | 28                | 1                   | 2,429  | 3,0        | 112        | 58            | 44       | 18        | 12       | 216           | 174         | 0,81   | 0,54         | 73,5     | ditto.                                                 | 4,8        | 0,0332 | 619,2 | 349,2 | 1900 |
| III.    | Tyroler Bandsäge                                  | 1565                 | 195                | 16                | 1                   | 2,978  | 3,5        | 110        | 70            | 40       | 24        | 14       | 336           | 273         | 0,81   | 0,47         | 68,6     | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, ohne Kreuzziehen.     | 5,0        | 0,0298 | 660,2 | 322,3 | 1700 |
| IV.     | Oberösterreichische Bandsäge                      | 1610                 | 215                | 16                | 1                   | 2,837  | 3,0        | 106        | 71            | 32       | 19        | 12       | 228           | 156         | 0,79   | 0,50         | 70,7     | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, mit Kreuzziehen.      | 4,8        | 0,0277 | 642,5 | 462,4 | 1600 |
| V.      | Französische Bandsäge                             | 1230                 | 223                | 31                | 1                   | 2,395  | 3,3        | 106        | 74            | 32       | 17        | 13       | 221           | 325         | 0,47   | 1,13         | 106,3    | Gussstahl, gewalzt, gehärtet, polirt, gelb angelassen. | 4,5        | 0,0274 | 594,1 | 387,0 | 1100 |
| VI.     | Galizische Bandsäge                               | 1780                 | 226                | 29                | 1                   | 1,863  | 2,6        | 112        | 68            | 44       | 19        | 6        | 114           | 102         | 0,89   | 0,28         | 52,9     | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, ohne Kreuzziehen.     | 4,7        | 0,0270 | 620,5 | 378,5 | 1350 |
| VII.    | Bandsäge von J. A. Braunsehweig in Romscheid      | 1405                 | 200                | 21                | 1                   | 3,170  | 3,0        | 117        | 63            | 54       | 29        | 14       | 280           | 189         | 0,68   | 0,47         | 68,6     | Gussstahl, gewalzt, gehärtet, polirt.                  | 5,0        | 0,0254 | 660,2 | 459,5 | 1900 |
| VIII.   | Russische Dragsäge                                | 1115                 | 139                | 15                | 1                   | 1,936  | 3,2        | 112        | 65            | 44       | 17        | 21       | 357           | 179         | 0,50   | 0,62         | 78,7     | ditto.                                                 | 5,0        | 0,0230 | 660,2 | 453,8 | 1400 |
| IX.     | Schrotsäge von R. Altena in Romscheid             | 1470                 | 155                | 8                 | 1                   | 2,570  | 3,5        | 110        | 70            | 40       | 15        | 17       | 255           | 153         | 0,60   | 0,88         | 82,5     | ditto.                                                 | 4,8        | 0,0225 | 627,1 | 467,9 | 1400 |
| X.      | Tyroler Bandsäge                                  | 1770                 | 217                | 10                | 1                   | 3,207  | 3,7        | 106        | 74            | 22       | 20        | 15       | 306           | 435         | 1,43   | 1,69         | 164,4    | raffinierter Stahl, geschmiedet, gehärtet und polirt.  | 6,0        | 0,0224 | 792,2 | 524,0 | 1400 |
| XI.     | Russische Dragsäge                                | 1350                 | 160                | 13                | 2                   | 2,540  | 4,0        | 92         | 55            | 37       | 32        | 13       | 416           | 281         | 0,58   | 0,37         | 52,0     | Gussstahl, gewalzt, gehärtet und polirt.               | 5,0        | 0,0203 | 660,2 | 539,0 | 1500 |
| XII.    | Stoßsäbe Bandsäge                                 | 1310                 | 220                | 26                | 1                   | 2,447  | 3,0        | 117        | 63            | 54       | 18        | 12       | 216           | 174         | 0,81   | 0,51         | 73,5     | Gussstahl, gewalzt.                                    | 4,5        | 0,0202 | 594,1 | 368,7 | 1100 |
| XIII.   | ditto.                                            | 1270                 | 205                | 26                | 1                   | 1,613  | 3,0        | 110        | 70            | 40       | 18        | 13       | 234           | 182         | 0,78   | 0,56         | 74,8     | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, ohne Kreuzziehen.     | 5,2        | 0,0201 | 656,6 | 404,2 | 1200 |
| XIV.    | Schrotsäge von J. C. Hessenbruch in Romscheid     | 1670                 | 185                | 10                | 1                   | 5,650  | 4,5        | 112        | 68            | 44       | 18        | 11       | 198           | 286         | 1,44   | 0,88         | 93,8     | raffinierter Stahl, geschmiedet, gehärtet und polirt.  | 6,0        | 0,0194 | 858,2 | 625,0 | 1900 |
| XV.     | Angensäge von J. C. Hessenbruch in Romscheid      | 1600                 | 150                | 6                 | 1                   | 2,927  | 3,5        | 93         | 58            | 35       | 23        | 16       | 528           | 325         | 0,62   | 0,30         | 34,8     | ditto.                                                 | 6,0        | 0,0194 | 792,2 | 635,5 | 1900 |
| XVI.    | Ohrsäge von R. Altena in Romscheid                | 1670                 | 169                | 5                 | 1                   | 2,730  | 3,5        | 93         | 58            | 35       | 32        | 14       | 448           | 342         | 0,76   | 0,23         | 57,5     | Gussstahl, gewalzt, gehärtet und polirt.               | 4,8        | 0,0193 | 627,1 | 496,5 | 1700 |
| XVII.   | Bauchohrsäge von J. C. Hessenbruch in Romscheid   | 1185                 | 107                | 10                | 1                   | 1,290  | 3,7        | 92         | 50            | 42       | 28        | 12       | 336           | 219         | 0,65   | 0,28         | 52,9     | raffinierter Stahl, geschmiedet, gehärtet und polirt.  | 4,2        | 0,0191 | 611,3 | 618,0 | 1700 |
| XVIII.  | Niederösterreichische Bandsäge                    | 1300                 | 237                | 32                | 1                   | 2,205  | 2,0        | 119        | 70            | 40       | 24        | 12       | 288           | 222         | 0,77   | 0,39         | 62,4     | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, mit Kreuzziehen.      | 4,5        | 0,0183 | 695,7 | 432,3 | 1400 |
| XIX.    | Bandsäge von J. A. Braunsehweig in Romscheid      | 1390                 | 166                | 19                | 1                   | 1,842  | 3,0        | 122        | 58            | 64       | 12        | 16       | 192           | 96          | 0,50   | 0,67         | 81,9     | Gussstahl, prima, gelb angelassen und polirt           | 4,5        | 0,0181 | 594,1 | 402,5 | 1100 |
| XX.     | Schrotsäge von R. Altena in Romscheid             | 1570                 | 160                | 6                 | 1                   | 2,975  | 3,5        | 112        | 68            | 44       | 15        | 13       | 195           | 286         | 1,47   | 1,27         | 112,7    | Gussstahl, gewalzt, gehärtet und polirt.               | 4,5        | 0,0179 | 594,1 | 394,4 | 1400 |
| XXI.    | Sächsische Bandsäge                               | 1480                 | 200                | 20                | 1                   | 2,190  | 3,2        | 115        | 65            | 50       | 13        | 12       | 156           | 78          | 0,56   | 0,16         | 67,8     | raffinierter Stahl, geschmiedet, gehärtet und polirt.  | 6,0        | 0,0178 | 792,2 | 463,4 | 1400 |
| XXII.   | Ferstsäge von J. C. Hessenbruch in Romscheid      | 1780                 | 163                | 5                 | 1                   | 3,021  | 4,5        | 97         | 55            | 42       | 33        | 16       | 528           | 432         | 0,78   | 0,37         | 60,8     | Gussstahl, gewalzt, gehärtet und polirt.               | 7,0        | 0,0177 | 924,2 | 858,0 | 1900 |
| XXIII.  | Gerade Ohrsäge von J. C. Hessenbruch in Romscheid | 980                  | 100                | 10                | 1                   | 1,051  | 3,0        | 120        | 60            | 60       | 15        | 10       | 150           | 200         | 1,33   | 0,59         | 94,7     | Gussstahl, geschmiedet, gehärtet und polirt.           | 3,5        | 0,0176 | 462,1 | 387,0 | 1400 |
| XXIV.   | Schrotsäge von R. Altena in Romscheid             | 1570                 | 155                | 4                 | 1                   | 2,925  | 3,3        | 121        | 59            | 62       | 16        | 15       | 240           | 120         | 0,50   | 0,47         | 68,9     | Gussstahl, gewalzt, gehärtet und polirt.               | 6,7        | 0,0176 | 884,6 | 548,1 | 1500 |
| XXV.    | Schwedische Dragsäge                              | 1470                 | 160                | 6                 | 1                   | 2,935  | 4,5        | 113        | 67            | 46       | 15        | 18       | 270           | 165         | 0,60   | 0,71         | 84,3     | ditto.                                                 | 6,3        | 0,0175 | 925,2 | 591,5 | 2000 |
| XXVI.   | Salzburger Bandsäge                               | 1300                 | 200                | 27                | 1                   | 1,575  | 2          | 125        | 55            | 70       | 23        | 4        | 92            | 76          | 0,83   | 0,14         | 37,4     | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, ohne Kreuzziehen.     | —          | 0,0116 | —     | 256,3 | 900  |
| XVII.   | Schrotsäge von R. Altena in Romscheid             | 1680                 | 160                | 4                 | 1                   | 2,852  | 4          | 113        | 57            | 46       | 16        | 14       | 210           | 105         | 0,50   | 0,47         | 68,8     | Gussstahl, gewalzt, gehärtet und polirt.               | 6,3        | 0,0116 | 825,6 | 608,0 | 1800 |
| XXVIII. | Oberösterreichische Bandsäge                      | 1570                 | 170                | 25                | 1                   | 2,213  | 3          | 108        | 72            | 30       | 21        | 14       | 384           | 221         | 0,58   | 0,61         | 71,4     | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, mit Kreuzziehen.      | 4,0        | 0,0106 | 525,1 | 495,8 | 1200 |
| XXIX.   | Schwedische Dragsäge                              | 1580                 | 160                | 4                 | 1                   | 3,110  | 4          | 117        | 63            | 54       | 16        | 13       | 208           | 275         | 1,31   | 1,07         | 103,4    | Gussstahl, gewalzt, gehärtet und polirt.               | 6,2        | 0,0106 | 831,5 | 651,9 | 1600 |
| XXX     | Schmiedeburger Ohrsäge                            | 1175                 | 97                 | 9                 | 1                   | 1,280  | 3          | 116        | 61            | 52       | 15        | 9        | 135           | 180         | 1,33   | 0,80         | 89,4     | raffinierter Stahl, geschmiedet, gehärtet und polirt.  | 5,0        | 0,0103 | 660,2 | 473,0 | 1800 |

II. Leistung von Sägen beim Querschneiden  
Nordische Ceder (*Larix sibirica*) ausgetrocknet.

| St.   | Name der Säge.                                            | Länge. | Breite in der Mitte. | Höhe des hinteren Endes. | Höhe des vorderen Endes. | Gewicht der Säge. | Stärke. | Festigkeit. | Hakenabstand. | Schnittenhöhe. | Teilung. | Zahnhöhe. | Teilungsbreite. | Festigkeit. | Leistungsfähigkeit. | Zahl der Zähne pro Fuß. | Zahl der Zähne pro Fuß. | Material.                                            | Schneidmesser. | Messingmesser. | Schale. | Spezialmesser. |             |            |             |       |             |                     |                  |             |          |     |             |     |
|-------|-----------------------------------------------------------|--------|----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|---------|-------------|---------------|----------------|----------|-----------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|----------------|----------------|---------|----------------|-------------|------------|-------------|-------|-------------|---------------------|------------------|-------------|----------|-----|-------------|-----|
|       |                                                           |        |                      |                          |                          |                   |         |             |               |                |          |           |                 |             |                     |                         |                         |                                                      |                |                |         |                | Millimeter. | Kilogramm. | Millimeter. | Grad. | Millimeter. | Quadrat-Millimeter. | Verhältnisszahl. | Millimeter. | Quadrat. | Cm. | Zentimeter. | Cm. |
|       |                                                           |        |                      |                          |                          |                   |         |             |               |                |          |           |                 |             |                     |                         |                         |                                                      |                |                |         |                |             |            |             |       |             |                     |                  |             |          |     |             |     |
| I.    | Amerikanische Säge von H. Disston in Philadelphia .       | 1460   | 157                  | 9                        | 1,3                      | 1,290             | 2,3     | 92          | 56            | 38             | 33       | 24        | 702             | 368         | 0,39                | 0,28                    | 22,9                    | Gussstahl, gewalzt, gehärtet und polirt.             | 3,0            | 0,9611         | 1017,0  | 360            | 1600        |            |             |       |             |                     |                  |             |          |     |             |     |
| II.   | Steirische Bausäge .                                      | 1270   | 205                  | 26                       | 0,9                      | 1,615             | 2,5     | 110         | 70            | 40             | 10       | 12        | 228             | 156         | 0,52                | 0,52                    | 12,1                    | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, ohne Kreuzhiebe.    | 4,1            | 0,9477         | 1351,5  | 462            | 2000        |            |             |       |             |                     |                  |             |          |     |             |     |
| III.  | Galizische Bausäge .                                      | 1280   | 220                  | 29                       | 0,9                      | 1,563             | 2,4     | 117         | 63            | 51             | 20       | 6         | 120             | 105         | 0,88                | 0,26                    | 21,9                    | ditto.                                               | 3,2            | 0,9475         | 1051,5  | 402            | 2300        |            |             |       |             |                     |                  |             |          |     |             |     |
| IV.   | Sächsische Bausäge von J. C. Hessenbruch in Remscheid .   | 1480   | 200                  | 20                       | 0,9                      | 2,190             | 2,5     | 111         | 68            | 42             | 12       | 16        | 180             | 90          | 0,50                | 0,63                    | 76,4                    | raffinirter Stahl, geschmiedet, gehärtet und polirt. | 3,6            | 0,9163         | 1158,0  | 455            | 2600        |            |             |       |             |                     |                  |             |          |     |             |     |
| V.    | Niederösterreichische Bausäge .                           | 1450   | 273                  | 34                       | 0,7                      | 2,757             | 2,6     | 115         | 64            | 50             | 23       | 11        | 253             | 198         | 0,78                | 0,57                    | 60,5                    | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, mit Kreuzhieben.    | 4,2            | 0,9415         | 1423,8  | 462            | 2300        |            |             |       |             |                     |                  |             |          |     |             |     |
| VI.   | Schwedische Dragsäge von J. C. Hessenbruch in Remscheid . | 1470   | 160                  | 6                        | 0,7                      | 2,935             | 3,9     | 108         | 72            | 38             | 15       | 15        | 235             | 150         | 0,67                | 0,67                    | 61,9                    | Gussstahl, gewalzt, gehärtet und polirt.             | 5,8            | 0,9397         | 1901,2  | 716            | 4100        |            |             |       |             |                     |                  |             |          |     |             |     |
| VII.  | Schrotsäge von J. C. Hessenbruch in Remscheid .           | 1670   | 185                  | 10                       | 2,5                      | 5,650             | 3,0     | 115         | 88            | 50             | 17       | 10        | 170             | 125         | 0,14                | 0,43                    | 65,6                    | raffinirter Stahl, geschmiedet, gehärtet und polirt. | 5,3            | 0,9390         | 1674,8  | 756            | 4500        |            |             |       |             |                     |                  |             |          |     |             |     |
| VIII. | Ohrensäge von R. Altena in Remscheid .                    | 1670   | 160                  | 5                        | 1,1                      | 2,730             | 3,1     | 92          | 51            | 41             | 34       | 12        | 408             | 277         | 0,68                | 0,24                    | 50,0                    | Gussstahl, gewalzt, gehärtet und polirt.             | 4,0            | 0,9381         | 1352,0  | 574            | 3100        |            |             |       |             |                     |                  |             |          |     |             |     |
| IX.   | Forstsäge von J. C. Hessenbruch in Remscheid .            | 1780   | 163                  | 5                        | 1,9                      | 3,621             | 4,5     | 92          | 57            | 35             | 33       | 16        | 528             | 348         | 0,66                | 0,32                    | 56,6                    | ditto.                                               | 5,5            | 0,9370         | 1807,8  | 762            | 4000        |            |             |       |             |                     |                  |             |          |     |             |     |
| X.    | Salzburger Bausäge .                                      | 1300   | 200                  | 27                       | 0,7                      | 1,576             | 1,7     | 122         | 88            | 64             | 21       | 7         | 147             | 126         | 0,86                | 0,29                    | 53,9                    | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, ohne Kreuzhiebe.    | 2,8            | 0,9275         | 920,3   | 324            | 1600        |            |             |       |             |                     |                  |             |          |     |             |     |

**Frischgefälltes Rothbuchenholz (*Fagus sylvatica*)**

|       |                                 |      |     |    |            |       |     |     |    |    |    |    |     |     |      |      |      |                                                       |     |        |       |     |      |
|-------|---------------------------------|------|-----|----|------------|-------|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|------|------|------|-------------------------------------------------------|-----|--------|-------|-----|------|
| I.    | Niederösterreichische Bauchsäge | 1450 | 273 | 34 | 0,5<br>1,6 | 2,757 | 2,6 | 115 | 65 | 59 | 23 | 11 | 253 | 198 | 0,78 | 0,37 | 60,8 | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, mit Krenzhieben.     | 2,9 | 0,0717 | 433,0 | 321 | 1200 |
| II.   | Gallische Bauchsäge             | 1280 | 220 | 29 | 0,9<br>1,3 | 1,853 | 2,4 | 117 | 63 | 54 | 20 | 6  | 120 | 105 | 0,88 | 0,26 | 51,0 | gewöhnlicher Stahl, geschmiedet, ohne Krenzhiebe.     | 2,8 | 0,0558 | 405,8 | 293 | 1200 |
| III.  | Steirische Bauchsäge            | 1270 | 205 | 26 | 0,9<br>1,5 | 1,645 | 2,8 | 110 | 70 | 40 | 19 | 12 | 228 | 186 | 0,82 | 0,52 | 72,1 | ditto.                                                | 3,7 | 0,1110 | 533,5 | 439 | 1450 |
| IV.   | Salzburger Bauchsäge            | 1300 | 200 | 27 | 0,7<br>1,3 | 1,575 | 1,7 | 122 | 58 | 64 | 21 | 7  | 147 | 126 | 0,86 | 0,29 | 53,9 | ditto.                                                | 2,8 | 0,0390 | 460,5 | 245 | 1000 |
| V.    | Schrotsäge                      | 1670 | 185 | 10 | 2,5<br>5,7 | 5,650 | 3,0 | 115 | 65 | 50 | 17 | 10 | 170 | 125 | 0,74 | 0,43 | 65,6 | raffinierter Stahl, geschmiedet, gehärtet und polirt. | 4,8 | 0,0385 | 692,2 | 625 | 2000 |
| VI.   | Forstsäge                       | 1780 | 163 | 5  | 1,9<br>2,1 | 3,621 | 4,5 | 92  | 57 | 35 | 33 | 16 | 528 | 248 | 0,66 | 0,32 | 56,6 | Gussstahl, gewalzt, gehärtet und polirt.              | 4,5 | 0,0382 | 656,6 | 682 | 2140 |
| VII.  | Ökrensäge                       | 1670 | 160 | 5  | 1,5<br>2,4 | 2,730 | 3,1 | 92  | 51 | 41 | 34 | 12 | 408 | 277 | 0,68 | 0,24 | 50,0 | ditto.                                                | 3,6 | 0,0329 | 519,1 | 518 | 1700 |
| VIII. | Sächsishe Bauchsäge             | 1480 | 200 | 20 | 0,9<br>1,5 | 2,190 | 2,8 | 111 | 69 | 42 | 12 | 15 | 180 | 90  | 0,59 | 0,63 | 78,4 | raffinierter Stahl, geschmiedet, gehärtet und polirt. | 3,1 | 0,0321 | 467,8 | 446 | 1450 |
| IX.   | Amerikanische Säge              | 1460 | 157 | 9  | 1,5<br>1,6 | 1,920 | 2,3 | 92  | 56 | 36 | 33 | 21 | 792 | 308 | 0,59 | 0,28 | 52,9 | Gussstahl, gewalzt, gehärtet und polirt.              | 2,8 | 0,0287 | 418,0 | 339 | 1000 |
| X.    | Schwedische Dragsäge            | 1470 | 160 | 6  | 0,7<br>1,9 | 2,935 | 3,9 | 108 | 72 | 36 | 15 | 15 | 225 | 150 | 0,67 | 0,57 | 81,9 | ditto.                                                | 4,4 | 0,0226 | 631,5 | 662 | 2000 |



also auch in Beziehung auf die Oekonomie des Schnittes als die beste anerkannt werden musste. Die Schnittbreite beträgt nämlich nur 3 mm und ist mit Ausnahme der durch die Salzburger Bauchsäge hervorgebrachten Schnittbreite von 2,8 mm unter allen die geringste. Dies erklärt sich aus der Schrankdicke von nur 2,3 mm. Bei der Salzburger Säge betrug die Schrankdicke allerdings gar nur 1,7 mm, die Schnittbreite aber überragte den Schrank um nicht weniger als 1,4 mm, was wohl auf grosse Ungleichmässigkeit im Schrank und im Blatt hinwies. Auch das relative Spahnvolumen zeigt bei der amerikanischen Säge die niedrigste Ziffer. Es muss demnach für trockenes Nadelholz in dem vorliegenden Beispiele die amerikanische Säge als die vortheilhafteste betrachtet werden.

Die von mir zuerst in Betracht gezogene minutliche Spahnquantität ist ein neues Datum zur Beurtheilung der Sägearbeit. Liefert eine Säge sehr wenig Spahngewicht pro Minute, so kann sie durchaus nicht als eine gute Säge aufgefasst werden, da sie ja ihre Aufgabe festes Holz in Spähne zu verwandeln, nur sehr langsam vollbringt; liefert sie aber auffallend viel Spähne pro Minute dem Gewichte nach, so kann man wieder annehmen, dass sie zu grosse Quantitäten Holz in Spähne verwandelt. Es erscheint demnach, dass das minutliche Spahngewicht eine mittlere Grösse haben soll. Die Forderungen nach hoher Deformationsleistung und nach möglichster Holzökonomie stehen hier miteinander im Widerspruche. Diejenige Säge, welche den grössten Erfolg bei der Rohstoffumbildung mit der grössten Sparsamkeit an Holz vereinigt, ist als das vollkommenste Werkzeug aufzufassen und in der That liefert auch von diesem Gesichtspunkte aus die amerikanische Querschneidesäge ein günstiges Ergebniss, da sie das als wünschenswerth erscheinende mittlere minutliche Spahngewicht erzeugt hat. Was nun die Versuche in Rothbuchenholz anbelangt, so zeigte sich die amerikanische Säge bei gleichem Schrank und gleicher Schärfung, wie früher, durchaus nicht superior, im Gegentheil, mit Bezug auf die Schnittdauer nahm sie bei wiederholten Versuchen den vorletzten Rang ein, während wieder die niederösterreichische Bauchsäge beim Rothbuchenholz in Beziehung auf die minutliche Schnittfläche, als die hervorragendste erkannt werden musste. In Beziehung auf Holzökonomie behielt allerdings die amerikanische Säge auch bei Rothbuchenholz den ersten Rang.

Zum Zählen der Hübe verwendete ich bei diesen Versuchen ein von Herrn Ferdinand Walla erdachtes und von ihm selbst ausgeführtes Zählwerk. Da dies wohl der erste Fall ist, dass die Perioden der Handarbeit durch einen Apparat gezählt wurden, mag darauf hingewiesen werden, dass derselbe in der „Deutschen Industriezeitung“ 1877, Heft 1, veröffentlicht wurde.

Experimentelle Untersuchungen fünf verschiedener Bauchsägen von Forstmeister Glanz in Bolechow.

Bei der Lemberger Ausstellung im Jahre 1877 betheiligte sich die k. k. Forst- und Domänen-direction Bolechow u. a. mit



einer Darstellung von Versuchsergebnissen mit 5 verschiedenen Quersägen bei 3 verschiedenen Holzarten, welche Forstmeister Glanz durchgeführt hatte. Diese noch nicht publicirte Arbeit werden wir hier in ihren Endergebnissen mittheilen. Die fünf von Glanz untersuchten Sägen waren:

I. Die niederösterreichische Bauchsäge **Taf. I, Fig. 12**, Länge 145 m, Breite in der Mitte 270 mm, ferner

II, III und IV. 3 Sägen mit **M-Zähnen** von ganz eigenartiger Gestalt, deren Bezahnungen auf S. 115 des I. Bandes unseres Werkes abgebildet sind.

Die Säge II (Fig. XXII des I. Bandes) hatte eine Länge von 1,45 m, Breite in der Mitte 230 mm; III, (Fig. XXIII des I. Bandes) Länge 1,34 m, Breite in der Mitte 210 mm; IV, (Fig. XXIV des I. Bandes) Länge 1,45 m, Breite in der Mitte 210 mm, die Säge V endlich ist eine Bauchsäge mit **M-Zähnen** von gewöhnlicher Gestalt. Brustwinkel  $90^{\circ}$ , Länge 1,40 m, Breite in der Mitte 210 mm.

Aus den Versuchsergebnissen\*) resultirt, dass die leistungsfähigste Säge bei allen 3 Holzarten die Säge II ist. Am ungünstigsten stellt sich die Leistung bei Buche und Eiche für die Säge V, bei Tanne für IV. Dieses Resultat ist um so auffallender, als wir es hier mit einer völlig neuen, in der Praxis noch nicht in Anwendung gestandenen Bezahnung zu thun haben.

Der **M-Zahn** der Säge II ist nämlich aus 2 gleichschenkligen Dreiecken combinirt. Die Gestalt des Lückenraumes zwischen den beiden Dreiecken eines Zahnes ist ein Parallelogramm.

\*)

| Nr. der Säge | Holzgattung | d   | e   | F      |
|--------------|-------------|-----|-----|--------|
| I            | Buche       | 455 | 3,0 | 0,0361 |
| II           |             | 449 | 2,5 | 0,0443 |
| III          |             | 442 | 2,5 | 0,0361 |
| IV           |             | 438 | 2,8 | 0,0312 |
| V            |             | 428 | 2,5 | 0,0268 |
| I            | Eiche       | 398 | 3,0 | 0,0298 |
| II           |             | 391 | 2,5 | 0,0365 |
| III          |             | 388 | 2,5 | 0,0284 |
| IV           |             | 383 | 2,8 | 0,0177 |
| V            |             | 378 | 2,5 | 0,0238 |
| I            | Tanne       | 298 | 3,0 | 0,0364 |
| II           |             | 299 | 2,5 | 0,0413 |
| III          |             | 296 | 2,5 | 0,0368 |
| IV           |             | 295 | 2,8 | 0,0301 |
| V            |             | 292 | 2,5 | 0,0252 |



## Zweites Capitel.

### Zusammenstellung der im Vorangehenden mitgetheilten Versuchsergebnisse und Folgerungen aus denselben.

Erwägt man, unter welchen verschiedenartigen Verhältnissen die von den einzelnen Autoren unternommenen experimentellen Forschungen durchgeführt wurden, so muss man zunächst zur Ueberzeugung gelangen, dass die Ergebnisse dieser Arbeiten nur bedingt unter einander vergleichbar sind. Bekanntlich hat das Holz an einem und demselben Baum in verschiedener Höhe über dem Erdboden eine verschiedene materielle Beschaffenheit und dasselbe bietet daher auch in verschiedenen Masse gegen das Trennen durch die Säge Widerstand. In noch viel höherem Grade müssen die Abweichungen des Widerstandes gegen den Schnitt bei verschiedenen Holzarten an demselben Standort auftreten und noch weit auffallendere Unterschiede müssen vorausgesetzt werden bei Bäumen, die unter ungleichen Standortsverhältnissen, also auf verschiedenem Boden, in verschiedener Exposition u. s. w. erwachsen sind. Dazu kommt noch, dass die Versuche nicht bei gleicher Witterung, nicht bei gleicher Temperatur, nicht bei gleichem Trockenheitsgrade des Holzes u. s. w. unternommen wurden. Es muss also von vornherein angenommen werden, dass dasselbe Werkzeug bei den verschiedenen Autoren jedesmal eine andere Leistung zu Tage fördert, auch wenn die Baumart, deren Holz zerschnitten wurde, immer dieselbe gewesen wäre. Ueberdies darf nicht unbeachtet bleiben, dass eine neue Quelle der Verschiedenheiten den Arbeitern zugeschrieben werden muss. Würde doch derselbe Arbeiter an demselben Holztrumm mit derselben Säge verschiedene Versuchsergebnisse zu Tage fördern, wenn sich auch gar nichts ändern würde als die Tageszeit, zu welcher die Versuche durchgeführt wurden. Aus dieser Betrachtung ergibt sich nun, dass, wollte man streng vorgehen, sämtliche bisher mitgetheilte Arbeiten unter einander überhaupt nicht verglichen werden können. Wäre wenigstens die Zahl der Versuche eines Autors eine so grosse, dass durch die Erhebung des Mittelwerthes einzelne Zufälligkeiten von untergeordnetem Belang aus dem Calcul verschwinden würden. So aber, wo bei einzelnen Autoren oft nur ein einziger Schnitt durch das Holz gemacht wurde und daher die resultirende, minut-



liche Schnittfläche durch irgend einen Zufall ein Resultat von ganz fraglichem Werth geliefert haben konnte, muss man sich eingestehen, dass der Vergleich der Versuchsergebnisse unter einander einen äusserst bedingten Werth hat.

Um jedoch wenigstens probeweise eine Zusammenstellung sämtlicher Versuchsergebnisse, welche einigermaßen auf Verlässlichkeit Anspruch machen, durchzuführen, wurde in **Taf. II** auf graphischem Wege eine Reihe von Versuchsergebnissen bei derselben Holzart eingetragen.

**Fig. 1** bezieht sich auf die Kiefer,

**Fig. 2** auf Fichte und Tanne,

**Fig. 3** auf die Buche. Die letztere **Figur** wurde in 2 Theile gespalten, um das Bild zu einem übersichtlicheren zu machen.

Die Figuren sind auf folgende Weise entstanden: Auf der horizontalen Grundlinie der Figur wurde die Blochstärke der Versuchshölzer von 50 zu 50 mm aufgetragen. Bei der **Fig. 1** kamen Versuchsstücke in Verwendung von 50 bis zu 450 mm Durchmesser, in der **Fig. 2** erscheinen solche von 100 bis 650 mm und in der **Fig. 3** endlich solche von 50 bis 600 mm. Senkrecht zur Grundlinie, also gleichsam als Ordinate wurde die minutliche Schnittfläche und zwar von 0,001 zu 0,001 qm eingetragen. Die vierte Decimalstelle der Quadratmeter kann noch leicht nach dem Augenmass abgeschätzt werden. Dabei wurden in die Figur stets die Mittelwerthe der Schnittergebnisse innerhalb 50 mm Klotzstärke eingetragen.

**Fig. 1.** Die Linie *a* stellt die minutlichen Schnittflächen dar, welche mit der geraden Schrotsäge von Hess erzielt wurden; *b* entspricht der Sandvoss'schen Säge, *c* der Thüringer Säge, *d* der Giessener Säge desselben Autors; *e* endlich betrifft die Bügelsäge von Robert Micklitz.

**Fig. 2.** *a* Thüringer Säge von Lorey bei Fichte; *b* schlesische Säge von Robert und Julius Micklitz bei Tanne, *c* dieselbe Säge bei Fichte, *d* steyrische Säge von Robert Micklitz bei Tanne, *e* Bügelsäge desselben Autors bei gefrorener Fichte, *f* dieselbe Säge des gleichen Autors bei Fichte zur Herbstzeit gefällt.

**Fig. 3.** *a* gebogene Wolfszahnsäge von Betzhold, *b* grosse steyrische Säge desselben Autors, *c* kleine steyrische Säge desselben Autors, *d* Thüringer Säge und *e* Giessener Säge, *f* Friedrichsthaler Säge mit Raumzähnen, *g* Friedrichsthaler Säge ohne Raumzähne, sämtlich von Betzhold; *h* niederösterreichische Bauchsäge von Exner, *i, k, l, m, n, o* und *p* verschiedene Versuchsreihen mit der Thüringer Säge von Betzhold; *q* schlesische Säge von Robert und Julius Micklitz, *r* steyrische Säge von Robert Micklitz.

Fassen wir nun zuerst die Kiefer ins Auge, so zeigt sich, dass das auffallend günstigste Ergebniss der Bügelsäge von Robert Micklitz (**Fig. 1, Taf. I**) zuzuschreiben ist, während die gerade Schrotsäge von Hess bei denselben Blochstärken am weitesten zurückbleibt. Die beste Säge für Kiefernholz nach dem Stande der bisherigen Versuche liefert über 0,076 qm minutliche Schnittfläche.



Die Superiorität der Bügelsäge von Micklitz bei Kiefernholz lässt sich vielleicht aus der Grösse der Zahnücke erklären.

Bezüglich Fichte und Tanne concurriren bei sehr schwachen Holzcylindern die Thüringer Säge von Lorey und die Bügelsäge von Robert Micklitz **Fig. 4 und 1, Taf. I.** Die geringste Leistung muss der steyrischen Säge von Robert Micklitz zugeschrieben werden, die Maximalleistung überhaupt zeigt die Thüringer Säge von Lorey. Sie ergiebt die exorbitant grosse minutliche Schnittfläche von nahezu 0,086 qm. Im Allgemeinen sind die bei der Fichte und Tanne erzielten Schnittflächen grösser, als jene bei der Kiefer. Die Grenzwerte der Schnittflächen bei Kiefer und jene bei Fichte und Tanne liegen ziemlich gleich weit entfernt von einander.

Bei der Buche zeigt sich die auffallende Erscheinung, dass eine Reihe von Werkzeugen in ihrer Leistungsfähigkeit übereinstimmend, in der Figur tief unten erscheinen, während eine zweite Serie von Werkzeugen sich weiter oben zusammendrängt. Zwischen diesen beiden Kategorien bleibt jedoch eine ziemlich bedeutende Lücke. Der ersteren Gruppe von geringerer Leistungsfähigkeit gehört die Thüringer Säge von Betzhold *i, k, l, m, n, o, p* an. Nicht weit von ihr entfernt, wenn auch etwas bessere Ergebnisse liefernd, ist die schlesische und die steyrische Säge *q* und *r*. In die Kategorie von Sägen höherer Leistungsfähigkeit bei der Buche gehört in erster Linie die Säge *a*, gebogene Wolfszahnsäge von Betzhold, **Taf. I, Fig. 5**, dann *b*, grosse steyrische Säge von Betzhold, **Taf. I, Fig. 6**, und *h*, die niederösterreichische Bauchsäge von Exner, **Taf. I, Fig. 12**.

Aus der **Fig. 3** ist ferner zu entnehmen, dass bei den Sägen grösserer Leistungsfähigkeit die Abnahme der minutlichen Schnittfläche äusserst deutlich der Zunahme des Stammdurchmessers proportional ist.

Aus dem Vergleich der **Fig. 3** mit **1** und **2** ergiebt sich ferner, dass die Maxima der Schnittfläche bei der Buche hinter dem Maximum bei der Kiefer zurückbleiben, während doch diese schon nicht im Stande ist, das Maximum bei der Tanne und Fichte zu erreichen.

Auch die Minimalschnittflächen bei der Buche liegen niedriger als das Minimum bei der Kiefer, welches seinerseits, wie vorher, schon erwähnt, geringer ist, als das Minimum bei Tanne und Fichte. Daraus könnte man nun folgern, was übrigens ohnehin bekannt ist, dass die Buche im Allgemeinen schwerer zu schneiden ist, d. h. dem Querschnitt der Säge einen grösseren Widerstand entgegengesetzt, als die Kiefer, während die höchsten Schnittergebnisse die Fichte und Tanne zeigen. Die Grenzwerte der minutlichen Schnittflächen liegen übrigens bei der Buche ebenso weit auseinander, wie bei Kiefer, bei Fichte und Tanne. Mit Beziehung auf den Stammdurchmesser ergiebt sich der Maximalwerth zwischen 150 und 200 mm bei Kiefer, bei Fichte und Tanne zwischen 200 und 250 mm, endlich bei der Buche wieder zwischen 150 und 200 mm.

Was also schon aus der Discussion der einzelnen Versuchsreihen hervorging, stellt sich aus der graphischen Darstellung klar vor Augen, d. i. dass die höchste zu erzielende minutliche Schnitt-



fläche bei Stammstärken zwischen 100 und 250 mm für die leistungsfähigsten Sägen zu suchen ist. Eines dürfte mit Sicherheit aus der Betrachtung der graphischen Darstellung der Versuchsergebnisse hervorgehen, wenn man diese mit den auf **Taf. I** dargestellten Zahnformen vergleicht und das ist: dass sich aus dieser Art von experimentellen Forschungen, Gesetze über den Einfluss der Zahngestalt auf die Leistung der Säge nicht unmittelbar ableiten lassen. Wir werden später bei der Erörterung, wie solche Versuche mit Rücksicht auf ein bestimmtes Ziel anzustellen sind, darauf noch zurückkommen. Das einzige positive Ergebniss der sämtlichen Versuche mit Handsägen ist: dass bestimmte, uns ihrer Form und Bezeichnung nach bekannte Sägen bei den untersuchten Holzarten unter gewissen für sie günstigen Umständen, die theils durch den Experimentator constatirt, theils aber unbekannt geblieben sind, die höchste Leistungsfähigkeit gezeigt haben.

Wenn man nun das zur Verfügung stehende literarische Material, auf das man bis jetzt angewiesen ist, für die Praxis verwerthen wollte, so eröffnete sich hiefür folgender Weg: Man greift diejenigen Sägen, welche die grössten minutlichen Schnittflächen, also die grösste Leistungsfähigkeit in einem gewissen Sinne ergeben haben, heraus. Unter einander sind sie ähnlich in Bezug auf ihre Gesamtabmessungen, auf die Art des Zahnbesatzes, auf die Blattstärke u. dergl. mehr. Ebenso kann man aus diesen verschiedenen Factoren Mittelwerthe bilden und aus diesen gewonnenen Elementen neue Sägen — man hat hiefür die Bezeichnung Normalsägen gebraucht — construiren. Man wird dann von diesen Normalsägen mit Sicherheit behaupten können, dass, treten wieder jene günstigen Bedingungen in Beziehung auf die Kraft des Arbeiters, Exposition, Jahreszeit, Temperatur u. dergl. ein, jene Maxima von Schnittflächen erreicht werden können. Wir haben diesen Vorgang eingeschlagen, um zur Construction von Normalsägen zu gelangen.

Dabei muss jedoch hervorgehoben werden, dass nicht blos jene Daten berücksichtigt wurden, welche zur Bildung der Figuren auf **Taf. II** dienen konnten (auf **Taf. II** erscheinen eben nur jene Daten eingetragen, die einen Vergleich zwischen Hölzern verschiedener Stärke ermöglichten) sondern als Grundlage für die Construction von Normalsägen würden auch jene ausgezeichneten Sägeexemplare benützt, die nur bei Hölzern von bestimmter Stammstärke untersucht wurden. Ausserdem machten sich noch andere auf die Herstellung der Normalsägen und auf bekannte Principien im Bau des Zahnbesatzes bezügliche Rücksichten geltend.

Normalsäge für grünes Kiefernholz\*).

Nach den Untersuchungen von Professor Gayer und Robert Micklitz stellten sich als vorzüglich leistungsfähige Sägen heraus:

\*) Die von mir construirten Normalsägen werden von der Firma Vogel & Noot angefertigt und erfreuen sich eines rasch zunehmenden Absatzes.



die Schwarzwälder Säge, welche bei einer Blochstärke von 390 mm eine minutliche Schnittfläche von 0,069 qm und die steyrische Säge, welche bei einer Blochstärke von 260 mm, die Schnittfläche von 0,0619 qm geliefert hat.

Aus diesen beiden Sägen wurde die Normalsäge für grünes Kiefernholz abgeleitet. Sie erhielt eine Bezeichnung **Taf. I, Fig. 22.**

$B = 111^{\circ}$ ,  $R = 69^{\circ}$ ,  $S = 42^{\circ}$ ,  $a = 19$  mm,  $t = 14$  mm,  $T = 226$  qmm,  $L = 182$  qmm,  $m = 0,68$ ,  $s = 0,52$ ,  $C = 71,4$ .

Die Blattlänge ist 1,440 m, Breite des Blattes in der Mitte 167 mm, Blattdicke in der Mitte 1,5 mm, Schrank in der Mitte 3 mm. Von dieser Normalsäge steht zu erwarten, dass sie bei einer Blochdicke von 325 mm eine minutliche Schnittfläche von 0,065 qm liefert.

### Normalsäge für grünes Fichten- und Tannenholz.

Als solche wurde die auch auf **Taf. II** dargestellte, als unbestreitbar beste Quersäge für Fichte und Tanne gewählt. Es ist dies die von Lorey untersuchte Thüringer Säge. Mit geringen Abweichungen von dem Original, namentlich bezüglich der Handgriffe, ergab sich eine Säge mit der Bezeichnung **Taf. I, Fig. 21.**

$B = 115^{\circ}$ ,  $R = 65^{\circ}$ ,  $S = 50^{\circ}$ ,  $a = 12,5$  mm,  $t = 12,5$  mm,  $T = 156$  qmm,  $L = 78$  qmm,  $m = 0,50$ ,  $s = 0,50$ ,  $C = 70,7$ .

Blattlänge 1,25 m, Breite des Blattes in der Mitte 190 mm, Blattdicke 1,5 mm, Schrankbreite 3 mm. Bei dieser Normalsäge ist, eine Blochstärke von 230 mm vorausgesetzt, eine minutliche Schnittfläche von 0,0663 qm zu erwarten.

### Normalsäge für grünes Buchenholz.

Diese wurde construirt aus folgenden 3 Sägen:

|                          | Minutliche<br>Schnittfläche | Blochdurch-<br>messer |          |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------|
| 1. Tyroler Säge . . .    | 0,045                       | 475                   | Ihrig    |
| 2. Steyrische Säge . . . | 0,043                       | 300 — 375             | Betzhold |
| 3. Niederöstr. Säge . .  | 0,036                       | 400                   | Exner    |

Warum die steyrische und niederösterreichische Säge als Grundlage der Construction der Normalsäge gewählt wurden, bedarf nach **Taf. II, Fig. 3**, keiner Rechtfertigung.

Die auf **Taf. II, Fig. 3**, als beste Säge erscheinende Wolfszahn-säge  $\alpha$  wurde nicht weiter berücksichtigt, weil aus vielen anderen Versuchen die Inferiorität der Sägen mit  $M$ -Zähnen bei Buchenholz hervorgeht und die grosse Leistung der Säge  $\alpha$  von Betzhold auf andere Verhältnisse zurückgeführt werden muss. Dagegen findet sich unter den Versuchen von Ihrig eine Tyroler Säge, welche bei sehr starken Holzsortimenten, also unter sehr ungünstigen Verhältnissen, eine bedeutende minutliche Schnittfläche ergeben hat und aus wei-



ter oben erörterten Gründen in die Tabelle II keine Aufnahme finden konnte.

Die 3 Sägen, welche wir hier zusammengestellt haben, sind untereinander ausserordentlich ähnlich, auch die Resultate sind nahezu übereinstimmend und überaus günstig. Es konnte demnach als Normalsäge für grünes Buchenholz eine Säge abgeleitet werden, welche ihre Constructionselemente in den 3 genannten Sägen fand. Die Bezeichnung der Säge ist characterisirt durch:

$B = 110^{\circ}$ ,  $R = 70^{\circ}$ ,  $S = 40^{\circ}$ ,  $a = 18,5$  mm,  $t = 12,5$  mm,  $T = 231$  qmm,  $L = 181$  qmm,  $m = 0,78$ ,  $s = 0,52$ ,  $C = 72,1$ .

Blattlänge 1,495 m, Blattbreite 220 mm, Blattdicke 1,5 mm, Schrank 2,5 mm. Bei einer durchschnittlichen Blochstärke von 385 mm ist der Erwartungswerth der minutlichen Schnittfläche 0,045 qm.

### Normalsäge für grünes Eichenholz.

Zur Ableitung dieses Werkzeuges dienten die folgenden 2 Sägen:

|                                                                   | Minutliche<br>Schnittfläche | Blochdurch-<br>messer |       |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------|
| 1. Schwarzwälder Säge                                             | 0,040                       | 320                   | Gayer |
| 2. Glanz'sche Säge<br>Nr. II<br>(I. Band Fig. XXIV,<br>Seite 115) | 0,0356                      | 391                   | Glanz |

Bezeichnung der Normalsäge **Taf. I, Fig. 23.**

$B = 108^{\circ}$ ,  $R = 72^{\circ}$ ,  $S = 36^{\circ}$ ,  $a = 24$  mm,  $t = 16$  mm,  $T = 384$  qmm,  $L = 212$  qmm,  $m = 0,55$ ,  $s = 0,37$ ,  $C = 60,8$ .

Blattlänge 1,445 m, Breite des Blattes 200, Blattdicke 1,5, Schrank 2,5. Mit der Normalsäge für grünes Eichenholz dürfte eine minutliche Schnittfläche von 0,0378 qm bei 355 mm Blochdurchmesser erreichbar sein.

### Normalsäge für trockenes Nadelholz.

Hier war die Wahl nicht schwer, denn man musste sich für die unveränderte Annahme der *American cross-cut-saw* von Henry Disston u. Sohn in Philadelphia als Normalsäge entscheiden. Sie liefert ja eine minutliche Schnittfläche von 0,0616 qm bei 660 mm Blochdurchmesser. Die Bezeichnung ist auf **Taf. I, Fig. 24**, dargestellt. Weitere Angaben siehe die Tabelle zu Seite 36.

Als Material für sämtliche Normalsägen empfiehlt sich Gussstahl in gewalzten Blechen mit angesetzten Angeln zur Aufnahme der Holzgriffe. Sollte ein grösserer Geldaufwand möglich sein, dann würde sich allerdings als beste Handgriffsbefestigung die im I. Band S. 119, (**Taf. XIV, Fig. 9 und 10**, Atlas zum I. Band) geschilderte empfehlen.



# Arbeitsaufwand pro 1 qm stündliche Schnittfläche in Pferdestärken.

Die von den verschiedenen Autoren herrührenden Versuchsergebnisse versetzen uns in die Lage, die Nutzarbeit oder den Arbeitsaufwand bei verschiedenen Sägen und Hölzern für die stündliche Schnittfläche pro Quadratmeter in Pferdestärken d. i.  $\epsilon$  zu berechnen, vorausgesetzt, dass wir für das Arbeiterpaar eine mittlere Leistung von 0,25 Pferdestärken supponiren und den Arbeitsaufwand für den Leergang vernachlässigen. Um die Arbeitsaufwände für die verschiedenen Sägen und Hölzer untereinander vergleichen zu können, haben wir zu dieser Berechnung nur jene in **Taf. II** eingetragenen Versuche verwendet, welche sich auf eine Blochstärke von 350 bis 450 mm beziehen, da wir ja gesehen haben, dass sich bei gleichen verfügbaren Motoren die Schnittfläche ändert, wenn die Klotzstärke abnimmt.

Rechnet man aus den Werthen von  $\epsilon$  für vier verschiedene Sägen in Kiefernholz\*) den mittleren Werth von  $\epsilon$ , so ergibt sich derselbe zu

0,115 Pferdestärken.

Eine zweite Uebersicht, die sich auf Fichten- und Tannenhholz bezieht\*\*), liefert einen mittleren Werth von  $\epsilon = 0,118$  Pferdestärken.

Diese beiden mittleren Werthe von  $\epsilon$  stimmen, wie man sieht, bis auf die dritte Decimalstelle überein. Die Ziffer von 0,115 gewinnt um so höhere Glaubwürdigkeit, wenn man diesen für grünes Nadelholz resultirenden Werth von  $\epsilon$  jenem für trockenes Nadelholz gegenüberstellt, welcher sich aus den Versuchen mit dem trockenen Nadelholz, der nordischen Ceder, ergeben hat,\*\*\*)

d. i.  $\epsilon = 0,101$  Pferdestärken.

\*) Bei einem Stammdurchmesser  $d = 350$  bis  $450$  mm

| Säge        | $F_h$ | $\epsilon$ |
|-------------|-------|------------|
| c . . . . . | 1,674 | 0,149      |
| b . . . . . | 1,932 | 0,129      |
| e . . . . . | 2,688 | 0,093      |
| e . . . . . | 2,514 | 0,099      |

\*\*) Bei einem Stammdurchmesser  $d = 350$  bis  $450$  mm.

| Säge        | $F_h$ | $\epsilon$ |
|-------------|-------|------------|
| d . . . . . | 1,590 | 0,157      |
| d . . . . . | 1,590 | 0,157      |
| c . . . . . | 1,872 | 0,124      |
| c . . . . . | 2,082 | 0,120      |
| e . . . . . | 2,496 | 0,100      |
| e . . . . . | 2,442 | 0,102      |
| a . . . . . | 3,882 | 0,064      |

\*\*\*) Stammdurchmesser  $d = 650$  mm.

| Säge-Nr. (Tabelle II) | $F_h$ | $\epsilon$ |
|-----------------------|-------|------------|
| I . . . . .           | 2,850 | 0,088      |
| II . . . . .          | 1,650 | 0,152      |
| III . . . . .         | 2,340 | 0,107      |



Dieser Werth bezieht sich aber auf eine Blochstärke von 650 mm und würde aller Wahrscheinlichkeit nach bei ca. 400 mm etwas grösser geworden sein und mindestens den Werth von 0,11 erreicht haben.

Es besteht also zwischen dem Arbeitsaufwand von grünem und trockenem Nadelholz kein erheblicher Unterschied. Bedeutend grösser stellen sich die Werthe von  $\varepsilon$  im Durchschnitt bei Rothbuchenholz.

Bei meinen eigenen Versuchen mit Sägen in grünem Rothbuchenholz vom Jahre 1875 wurde bei 30 verschiedenen Sägen\*) das  $\varepsilon$  mit 0,236 Pferdestärken gefunden.

Bei den Versuchen vom Jahre 1876 an einem 430 mm messenden Stamme mit 10 verschiedenen Sägen\*\*) wurde das  $\varepsilon$  mit 0,112 ermittelt. Da der Stammdurchmesser bei beiden Versuchsreihen nicht ein wesentlich verschiedener ist, so muss das bedeutend günstigere Ergebniss vom Jahre 1876 dem Umstande zugeschrieben werden, dass dabei eine Serie besserer Sägen in Verwendung kam.

Nimmt man das arithmetische Mittel aus den Werthen von  $\varepsilon$ , so resultirt schliesslich ein Werth von

$$\varepsilon = 0,205 \text{ Pferdestärken.}$$

Um einen weiteren Anhaltspunct zur Beurtheilung des  $\varepsilon$  bei Rothbuchenholz zu erlangen, wurde wieder mit Benutzung der **Taf. II** ein mittlerer Werth aus neun verschiedenen Versuchen, welche von mehreren Autoren herrühren und sich auf Stämme von 350 bis

| Säge-Nr.       | $F_h$           | $\varepsilon$ |
|----------------|-----------------|---------------|
| IV . . . . .   | 2,862 . . . . . | 0,087         |
| V . . . . .    | 2,490 . . . . . | 0,100         |
| VI . . . . .   | 2,382 . . . . . | 0,105         |
| VII . . . . .  | 2,778 . . . . . | 0,090         |
| VIII . . . . . | 2,386 . . . . . | 0,105         |
| IX . . . . .   | 2,374 . . . . . | 0,105         |
| X . . . . .    | 3,666 . . . . . | 0,068         |

\*) Bei  $d = 410$  mm.

| $F_h$ | $\varepsilon$ | $F_h$ | $\varepsilon$ | $F_h$ | $\varepsilon$ |
|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|
| 1,098 | 0,228         | 1,644 | 0,152         | 1,074 | 0,233         |
| 2,748 | 0,091         | 1,068 | 0,234         | 1,380 | 0,181         |
| 1,992 | 0,126         | 1,344 | 0,186         | 1,062 | 0,235         |
| 1,662 | 0,150         | 1,524 | 0,164         | 1,158 | 0,216         |
| 0,636 | 0,393         | 1,086 | 0,230         | 1,164 | 0,215         |
| 1,260 | 0,198         | 1,164 | 0,215         | 1,368 | 0,183         |
| 1,212 | 0,206         | 0,696 | 0,359         | 1,218 | 0,205         |
| 0,696 | 0,359         | 0,606 | 0,413         | 1,146 | 0,218         |
| 1,788 | 0,140         | 0,750 | 0,333         | 0,618 | 0,405         |
| 1,620 | 0,154         | 0,756 | 0,331         | 0,780 | 0,321         |

\*\*)  $d = 430$  mm.

| $F_h$           | $\varepsilon$ | $F_h$           | $\varepsilon$ |
|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| 3,348 . . . . . | 0,075         | 1,356 . . . . . | 0,184         |
| 2,340 . . . . . | 0,107         | 1,926 . . . . . | 0,130         |
| 2,310 . . . . . | 0,108         | 1,974 . . . . . | 0,127         |
| 2,460 . . . . . | 0,102         | 2,172 . . . . . | 0,115         |
| 4,302 . . . . . | 0,058         | 1,722 . . . . . | 0,115         |



450 mm beziehen, gerechnet \*). Es ergab sich dabei ein mittlerer Werth von

$\varepsilon = 0,169$  Pferdestärken.

Der auf meine eigenen Versuchen basirte Werth von  $\varepsilon$  mit 0,205 Pferdestärken und der von anderen Autoren hergeleitete Werth von 0,169 oder 0,170 stimmen, wie man sieht, in überraschender Weise überein.

Es lässt sich nun mit Sicherheit behaupten, dass der Arbeitsaufwand für Rothbuchenholz  $1\frac{1}{2}$  bis 2 mal so gross ist, als jener für Weichholz bei einer Klotzstärke von 350 bis 450 mm.

Welchen Einfluss aber die Qualität der Säge auf die Grösse von  $\varepsilon$  hat, erhellt am besten aus folgendem Datum.

Aus einigen Versuchen, die ich mit der niederösterreichischen Bauchsäge, die als eine der besten Quersägen erkannt wurde, angestellt habe, ergab sich bei einer Blochstärke von 430 bis 510 mm ein  $\varepsilon$  von 0,0976, also ein Arbeitsaufwand, welcher sogar hinter dem mittleren Arbeitsaufwand für Weichholz per 0,1 zurückbleibt.

Man erkennt daraus, dass mit einer vorzüglichen Quersäge bei einem Holze, welches im Allgemeinen einen bedeutend grösseren Widerstand der Sägearbeit entgegensetzt, ein geringerer Arbeitsaufwand erzielt werden kann, als dies bei einer minder guten oder schlechten Säge in einem leichter zu schneidenden Holze möglich ist.

Ueberblickt man nun die Folgerungen aus den Ergebnissen der verschiedenen Versuchsreihen, so zeigt sich, dass die Ausbeute eine verhältnissmässig geringe ist, jedenfalls aber in keinem Verhältnisse zu der Mühe und den Kosten steht, welche diese Versuche verursachten. Um zu weiteren und für die Beurtheilung der einzelnen Constructionselemente günstigeren Ergebnissen zu gelangen, müssten die Untersuchungen von verschiedenen Autoren nach übereinstimmenden Gesichtspunkten oder besser, nach einem gemeinschaftlich vereinbarten Plane und viel umständlicher und zahlreicher, als bisher, vorgenommen werden.

Ueber die Methode, welche bei der Vornahme von Untersuchungen der Handquersägen einzuhalten ist.

Das Bedürfniss nach einer rationellen Methode bei der Vornahme von Untersuchungen hat schon dem Prof. Gayer vorschwebt, als er im Jahre 1871 eine „Instruction“ zur Vornahme

| *)       |       |               |  |
|----------|-------|---------------|--|
| Säge     | $F_h$ | $\varepsilon$ |  |
| <i>l</i> | 1,062 | 0,235         |  |
| <i>o</i> | 1,554 | 0,161         |  |
| <i>h</i> | 2,568 | 0,097         |  |
| <i>l</i> | 0,912 | 0,274         |  |
| <i>o</i> | 1,098 | 0,228         |  |
| <i>q</i> | 1,422 | 0,176         |  |
| <i>r</i> | 1,560 | 0,160         |  |
| <i>e</i> | 2,148 | 0,116         |  |
| <i>h</i> | 3,528 | 0,071         |  |



von Versuchen über die Leistungsfähigkeit der Waldsäge veröffentlichte, welche auch die Genehmigung der Behörde erlangt hat.

Aus dieser Instruction wollen wir diejenigen Verfügungen in ihrer ursprünglichen Fassung, welche volle Billigung finden müssen, hier anführen.

„Die zu untersuchenden Sägen sollen schon einige Zeit geführt, aber nicht abgenützt sein.

Vor Anstellung der Versuche wird die Säge frisch geschärft und mit Rücksicht auf die zu behandelnde Holzart sorgfältig geschränkt.

Der Darstellung der Versuchsergebnisse ist eine Beschreibung und Abbildung der verwendeten Sägen beizufügen, die erstere hat sich vorzüglich zu beziehen auf die allgemeine Form, auf das Material, auf Stärke und Grösse des Sägeblattes, auf die Form, Grösse und Zahl der Zähne, sowie deren gegenseitige Entfernung, ob Raumbäume und wie viel vorhanden sind oder ob sie fehlen u. s. w.“

Hier mag hinzugefügt werden, dass für die einzelnen Abmessungen, wie im vorliegenden Werke, bestimmte Buchstaben als Bezeichnungen zu wählen sind, etwa die von uns selbst vorgeschlagenen, welche mit den bereits in der Literatur in Verwendung stehenden, soweit dies möglich, übereinstimmen.

Ferner müssten die von uns definirten Verhältnisse, wie: spezifische Zahnstückengrösse, Zahnungscapazität, Blattstärke, Schrankbreite u. s. w. vollständig angegeben sein. Die Pfeilhöhe der Zahnspitzenlinie, die Art der Befestigung der Handgriffe, die Stellung der Handgriffe zur Sehne der Rückenante dürfen nicht fehlen.

„Diese Beschreibung ist zu vervollständigen durch einfache Zeichnungen. Eine Figur zeigt die Form der Säge in verjüngtem Massstabe, eine zweite Figur stellt die mittlere Parthie des Zahnbesatzes in natürlicher Grösse dar; das ergibt sich einfach durch Contouriren der auf ein Papier gelegten Säge mittelst eines Bleistiftes“.

Wo immer möglich wäre die Richtung der Feile beim Schärfen der Säge oder der Schliffwinkel der activen langen Schneidekante anzugeben.

„Die Leistung der Säge wird durch die pro Minute durchschnittliche, senkrecht auf die Stammachse gerichtete Schnittfläche ausgedrückt. Die gelieferte Schnittfläche ist nach dem mittleren Durchmesser ohne Rinde zu berechnen.

Zur Sägearbeit sollen tüchtige Holzhauer gewählt werden und es sind dieselben anzuhalten, dabei in gewohnter Weise zu verfahren, dagegen aber den einmal begonnenen Schnitt ohne Unterbrechung zu Ende zu führen. Um letzteres zu ermöglichen, sind schon vor dem Ansetzen der Säge Vorkehrungen zu treffen, um das Klemmen der Säge oder andere Störungen während des Schneidens zu verhüten. Zu diesem Zwecke kann nöthigenfalls die Schnittkluft gekeilt werden.

Der Moment des Beginnes und der Beendigung des Schnittes ist pünktlich zu markiren“.

Zur Beobachtung der Zeit bedient man sich einer Secundenuhr. Die Zahl der zur Vollendung eines Schnittes nothwendigen Hiebe



ist entweder durch Zählung oder besser mittelst eines Zählapparates festzustellen und in die Tabelle einzutragen, zugleich aber auch die auf die Minute entfallende Hubzahl zu berechnen, da diese Hubzahl einen Anhaltspunct für die Beurtheilung der von den Arbeitern vollbrachten Thätigkeit bildet.

Der Angabe über die minutliche Schnittfläche wäre, wie wir weiter oben ausgeführt haben, auch jene über das Schnittvolumen und das Spahnvolumen hinzuzufügen. Auch wurde weiter oben bereits begründet, dass das Gewicht der pro Secunde erzeugten Spähne in Grammen eine Bedeutung für die Beurtheilung der Säge hat.

Es dürfte zweckmässig sein, aus den gewonnenen Versuchsergebnissen auch unmittelbar das  $\varepsilon$  zu rechnen und in die Tabelle einzutragen, ferner dürfte es von Werth sein, den Quotienten aus dem Spahnvolumen und dem Schnittvolumen  $\mu$  zu berechnen\*).

Bezüglich der Art und der Stärke des zu verwendenden Holzes stellt Gayer folgende Regeln auf:

„Es ist wünschenswerth, dass ausser den herrschenden Holzarten des Reviers auch noch andere zu den Versuchen herangezogen werden, wenn dieselben in der nöthigen Beschaffenheit vorhanden sind. Die zu den Versuchen zu verwendenden Hölzer sollen gesund, frisch gefällt und nicht etwa gefroren sein.“

Nach unserer Ansicht müssten auch Versuche mit trockenem Holze vorgenommen werden, weil die Erhebung des Werthes für  $F$ ,  $\varepsilon$ ,  $\mu$  u. s. f. auch für den Schnitt im trockenen Holz von Wichtigkeit ist.

Das Schneiden von gefrorenen Hölzern ist nicht absolut zu verwerfen, da es immerhin interessant sein kann, die Verhältnisse

---

\*) Befragt man die von mir in Rothbuchenholz im Jahre 1876 vorgenommenen Versuche, so findet man aus der mit  $\mu$  überschriebenen Columne den mittleren Werth von

$$\mu = 2,272.$$

Bei den Versuchen des Jahres 1876 ergab sich der Mittelwerth für

$$\mu = 2,923.$$

Die arithmetische Proportionale zu diesen beiden Mittelwerthen ergibt also

$$\mu = 2,439,$$

also nicht einmal  $2\frac{1}{2}$ .

Es ist somit für grünes Rothbuchenholz der Werth von  $\mu$  ca. 2,5.

Das ist halb so gross, als der von Karmarsch allgemein angenommene Werth von  $\mu$ .

Aus den Versuchen mit trockenem Nadelholz (nordische Ceder) ergab sich ein mittlerer Werth von

$$\mu = 2,087,$$

also auch hier ein verhältnissmässig geringerer Werth, als der von Karmarsch acceptirte.

Dass bei meinen Versuchen die zusammengeschüttelte Spahnmasse aus dem calibrirten Gefässe durch  $\frac{1}{2}$  kg belastet wurde, hat auf die Bestimmung des Spahnvolumens, wie die Beobachtung lehrte, nur insofern einen Einfluss, als dadurch die obere Fläche der angesammelten Spähne ausgeglichen wurde. Dies erklärt jedoch keineswegs das bedeutende Zurückbleiben des von mir erzielten Werthes von  $\mu$  gegenüber der Karmarsch'schen Angabe.



beim Schnitt von gefrorenen Hölzern kennen zu lernen und der forstliche Betrieb das Schneiden gefrorener Hölzer nicht immer zu vermeiden gestattet.

„Was die Holzstärke betrifft, so ist zu beachten, dass die Leistung der Sägen je nach dem Stammdurchmesser verschieden ist und dass daher die Versuche auf Stämme verschiedener Stärke sich auszudehnen haben.

Um in dieser Hinsicht die erforderlichen Vergleichswerthe für sämtliche Versuchsergebnisse zu ermöglichen, sind überall, wo möglich, folgende Stärkestufen einzuhalten.

| Stärkeklasse. | Durchmesser in Millimeter |
|---------------|---------------------------|
| I . . . . .   | 170 — 200                 |
| II . . . . .  | 280 — 320                 |
| III . . . . . | 450 — 500                 |
| IV . . . . .  | 700 — 800                 |
| V . . . . .   | 1200 — 1300               |
| VI . . . . .  | 1500 — 1600               |
| VII . . . . . | 1700 — 1800               |

In diesem Punkte können wir der Gayer'schen „Instruction“ nicht zustimmen. Stärkeklassen von 800 mm gehören bereits zu den Ausnahmen, während Stämme unter 170 mm noch überaus häufig durch Quersägen abgelängt werden.

Es scheint uns demnach, dass man allerdings ausnahmsweise auch Klötze von mehr als 800 mm Stärke dem Versuche unterziehen kann, dass es aber viel zweckmässiger ist, die Versuche besonders in den häufigst auftretenden Stärkeklassen vielfach vorzunehmen und wir möchten deshalb folgende Stärkeklassen proponiren:

|                |            |
|----------------|------------|
| I . . . . .    | 100 — 150  |
| II . . . . .   | 150 — 200  |
| III . . . . .  | 200 — 250  |
| IV . . . . .   | 250 — 300  |
| V . . . . .    | 300 — 350  |
| VI . . . . .   | 350 — 400  |
| VII . . . . .  | 400 — 450  |
| VIII . . . . . | 450 — 500  |
| IX . . . . .   | 500 — 550  |
| X . . . . .    | 550 — 600  |
| XI . . . . .   | 600 — 650  |
| XII . . . . .  | 650 — 700  |
| XIII . . . . . | 700 — 750  |
| XIV . . . . .  | 750 — 800  |
| XV . . . . .   | 800 — 1000 |

„Von jeder dieser Durchmesserstärken sind an demselben Stamme drei Schnitte vorzunehmen, welche am einfachsten, thunlichst nahe nebeneinander gemacht werden.“

Will man ein sicheres Ergebniss haben, so dürfte es zweckmässig sein, sich nicht auf drei Schnitte zu beschränken, sondern eine möglichst grosse Anzahl von Schnitten auszuführen. Das Wünschenswerthe wäre zehn Schnitte. Bedenkt man, dass die Entfernung von einem Schnitt zum anderen gleichmässig 5 oder 10 cm betragen soll, so würde durch den Versuch ein Holzkörper von 0,5 bis eventuell 1 m Länge in Scheiben verwandelt, was allerdings die



Versuche auch kostspieliger machen würde, da eine bedeutende Quantität von Holz vernichtet wird.

Innerhalb 1 m Länge wird sich die Stammstärke kaum wesentlich ändern, jedenfalls wird man innerhalb derselben Stärkeklasse höchst wahrscheinlich verbleiben können.

Die von Gayer proponirte Tabelle enthält folgende Columnen: „Forstamtrevier, Datum, Holzart, Stärkeklasse, Durchmesser des Schnittes, Kreisfläche in Quadratmeter, Zeitdauer in Minuten und Secunden, Anzahl der Sägezüge, minutliche Schnittfläche, minutliche Hubzahl, Schnittfläche pro Hub, Bemerkungen.“

Nach dem von uns bereits geltend gemachten wäre diese Tabelle noch vielfach zu vervollständigen und insbesondere der Werth für das Schnittvolumen, für das Spahnvolumen, für  $\mu$ , für das secundliche Spahngewicht, für  $\varepsilon$  u. s. w. hinzuzufügen, während die Schnittfläche pro Hub wegbleiben könnte\*).

Nähere Angaben über die physicalische Beschaffenheit des Holzes, über die Temperatur, und über den Feuchtigkeitsgehalt dürften nicht ohne Werth sein.

„Schnitte, welche unvorhergesehener Weise durch starke Hornäste oder Faulstellen führen oder wegen anderer Ursachen unterbrochen werden, bleiben unbeachtet. Nutzholz darf nicht unöconomisch vernichtet werden und Brennholzstämme sind nach der normalen Scheitlänge abzutheilen.“

Diese letztere Regel wird im Interesse der vorzunehmenden Versuche wohl kaum immer eingehalten werden können.

Betzhold knüpft an seine weiter oben besprochenen Versuche einige Bemerkungen, die wir nicht uncomentirt lassen wollen. Er sagt ganz richtig:

„Nur solche Versuche können ein zuverlässiges Resultat liefern, bei denen alle äusseren Bedingungen die nämlichen sind. Zu letzteren rechnen wir: gleichen Kraftaufwand für das Führen der Säge, gleiche Beschaffenheit des zu zerschneidenden Holzes und gleiche Geschicklichkeit der Arbeiter.“

Es können zweierlei Methoden angewendet werden: Erstens, die Sägen werden nur von einem einzigen Arbeiterpaar geführt. Diese Methode bietet den Vorthail, dass die zum Versuche benutzte Arbeitskraft die gleiche ist und dass man zu denselben auch Holz von gleicher Beschaffenheit verwenden kann, dagegen leidet sie an dem Missstande, dass ein Arbeiterpaar nur nach langjähriger Uebung, vielleicht sogar nie die Fertigkeit erlangt, mit allen Säge-

\*) Wie beachtenswerth das von mir zuerst in das Versuchswesen eingeführte in der Zeiteinheit erzeugte Spahngewicht ist, mag wohl daraus erhellen, dass Prof. Rud. Escher in Zürich im „Civil-Ingenieur“, 22. Bd. 5. und 6. Heft, bei Wiedergabe und Discussion meiner Versuche über Rothbuchenholz die Versuchsergebnisse nach dem Spahngewicht pro Secunde in Grammen angeordnet hat und in einer längeren Auseinandersetzung die Behauptung begründet, dass dieses Datum am besten die Intensität der Wirkungsweise der einzelnen Sägen illustriert und dass dasselbe sogar noch einen schärferen Massstab für die Leistung der Säge giebt, als derjenige wäre, welcher sich aus Vergleichen der zerspalteten Holzkörper ergeben würde, da ja bekanntlich die Schnittbreite nicht sehr exact erhoben werden kann.



arten gleich gut umzugehen. Zweitens: Man lässt jede Sorte von Sägen immer nur an dem Orte prüfen, wo sie thatsächlich in Gebrauch ist, also die Arbeiter auf dieselbe eingewöhnt sind. Dieser von Gayer vorgeschlagene Vorgang ist allerdings von den Nachtheilen des vorigen frei, wird jedoch für sich allein auch nicht zum Ziele führen, weil zwei andere Bedingungen für die Comparabilität der Versuchsergebnisse, nämlich gleiche Arbeitskraft und gleiche Qualität des Holzes fehlen. Man kann sich z. B. denken, dass in einer Gegend die Arbeiter von Natur kräftig sind oder sich besser nähren oder dass das Holz vermöge des Standortes oder der Erziehungsweise weicher oder härter ist. Drittens: Man versammelt an einem Orte Waldarbeiter aus verschiedenen Gegenden und lässt sie bei den Versuchen ausschliesslich mit derjenigen Sägeart sich betheiligen, an welche sie gewöhnt sind. Diese Methode ermöglicht zwar, zu den Versuchen nur solche Arbeiter, welche die erforderliche Uebung besitzen, zu verwenden und zur Prüfung der Säge Holz von gleicher Beschaffenheit zu benutzen, dagegen gewährt sie keine Garantie dafür, dass der grosse Aufwand an Arbeit bei der Führung jeder Säge der nämliche ist.

Wie man sieht, ist die Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Säge mit grossen Schwierigkeiten verbunden, so dass es fast scheinen möchte, als ob die Aufgabe in ihrer exactesten Form unlösbar sei. Man wird sich daher vielleicht mit Resultaten von nur annähernder Genauigkeit begnügen müssen, jedenfalls kommt man der Wahrheit um so näher, je mehr Versuche man anstellt."

Bis hierher können wir uns mit den Ausführungen Betzhold's vollständig einverstanden erklären. Auch ist es richtig, dass man mit der Einführung besserer Sägen nicht so lange warten soll, bis durch fortgesetzte Versuche die zweifellos allerbeste Säge ausfindig gemacht sein wird. Auch darin müssen wir beistimmen, dass es von grosser Wichtigkeit ist, die einzelnen Factoren, auf welchen die Wirkung einer Säge beruht, durch, eigens zu diesem Zwecke construirte Apparate zu prüfen. Auch wir sind der Ansicht, dass die mittelst des Dynamometers gewonnene Erkenntniss von der Wirksamkeit und dem Einfluss der einzelnen Factoren auf die Construction der Handsägen einen günstigen Einfluss zu nehmen geeignet sind.

Wir unterschreiben ferner mit voller Ueberzeugung den Schlusssatz der Betzhold'schen Ausführung:

„Ueber die etwaige Kostspieligkeit der Sägeversuche sollte man hinaussehen; wir meinen, die in mehreren Staaten neuerdings ausgeworfenen Mittel für das Versuchswesen, könnten nicht leicht in nutzbringender Weise angewendet werden, als gerade in dem vorliegenden Falle, bei welchem es sich darum handelt, ein Werkzeug ausfindig zu machen, dessen Einführung unter Umständen höchst beträchtliche Ersparnisse an Zeit und Geld im Gefolge haben kann. Erwägt man, dass der Erfolg des Ersatzes eines unvollkommenen Werkzeuges durch ein vollkommenes gleichbedeutend mit der Gewährung eines grösseren Arbeitsverdienstes ist, so kann man an



der Nützlichkeit der von uns befürworteten Ausgabe wohl nicht zweifeln."

Diesen beherzigenswerthen Ausführungen wäre nur hinzuzufügen, dass die Ausführbarkeit der Versuche sich wohl noch am besten bei der ersten der drei von Betzhold definirten Methoden herausstellt und daher die Möglichkeit, solche Versuche zu unternehmen, sich durch Adoption der ersten Methode steigert. Wir würden uns deshalb auch für die erstere erklären unter der Voraussetzung, dass wirklich ein geeignetes Arbeiterpaar vorhanden ist und dass dasselbe vor der Vornahme des Versuches jederzeit mit jedem Werkzeuge wenigstens einigermaßen eingeübt wird. Es muss also das Versuchsarbeiterpaar förmlich erzogen und für seine Aufgabe gedrillt werden.

Auch Prof. Hess liess es sich nicht entgehen, an seine Versuche einige Bemerkungen über die Versuchsmethode zu knüpfen.

Auch er erkennt, dass „Untersuchungen über die Leistung von Sägen stets mit unvermeidlichen Mängeln behaftet sind, weil es fast nie gelingt, alle Bedingungen der Untersuchung gleichzustellen". Auch er neigt sich der Ansicht hin, dass zum Behufe einer exacten Untersuchung jede Säge von denjenigen Arbeitern gehandhabt werden müsste, welche mit deren Führung von Jugend auf genau vertraut sind. Da aber die Verwendung von Waldarbeitern aus aller Herren Länder, ganz abgesehen von der grossen Umständlichkeit und den Kosten dieses Verfahrens, immerhin noch mit dem Missstande behaftet ist, dass ungleiche Arbeitskräfte zum Vergleich kommen können, da ferner, wenn die verschiedenen Arbeiter mit ihren, ihnen eigenthümlichen Werkzeugen zu den Versuchen verwendet werden, nicht nur die Gleichartigkeit der Arbeitskraft, sondern auch die Gleichheit des Holzes, der Witterungsverhältnisse u. s. f. mangelt; so scheint auch Hess sich unserer Ansicht hinzuneigen, dass es schliesslich doch noch am besten bleibt, an derselben Localität bei demselben Versuchsmaterial die verschiedenen Sägen von einem und demselben Arbeiterpaar vornehmen zu lassen, welche Methode ja auch von Hess selbst angewendet wurde.

Um in Erfahrung zu bringen, in welcher Weise jeder einzelne Factor der Säge wirkt, bleibt nichts übrig, als Sägen anfertigen zu lassen, welche in allen einzelnen Theilen genau übereinstimmen bis auf denjenigen Theil, dessen Wirkung untersucht werden soll. Um also z. B. den Einfluss der Krümmung der Zahnlinie zu constatiren, müssten Bogensägen mit verschiedenen Krümmungsradien, aber gleicher Länge, Zahnzahl, Zahnconstruction u. s. f. untereinander und gegenüber einer in Bezug auf Material, Dimensionen der Zähne etc. ganz gleich construirten Geradsäge in demselben Holze angewendet werden. Man muss hiernach zur Anstellung gründlicher Sägeuntersuchungen sehr viele Sägen nach bestimmten Gesichtspuncten eigens anfertigen lassen. Den forstlichen Versuchsstationen eröffnet sich hier ein weites und wichtiges Feld. Die Richtigkeit dieser Ausführung kann nicht angezweifelt und die Beherzigung derselben muss aufs Dringendste empfohlen werden.



Endlich müssen wir noch das Bedenken erheben, dass bei Einschlagen dieses einzig richtigen Vorganges der Einfluss der Variation des einen in Frage gezogenen Factors ein vielleicht zu geringer ist, um sich bei Benutzung eines Handwerkzeuges erkennbar zu machen.

Nehmen wir an, es würde bei einer und derselben Bauchsäge nichts anderes variirt, als die Gestalt des gleichschenkeligen, dreieckigen Zahnes, so dass dessen Spitzenwinkel etwa von 5 zu 5 oder von 10 zu 10 Graden geändert und demnach stets eine Säge mit neuem Zahnbesatz zum Versuche gelangen würde. Wir sind überzeugt, dass der Einfluss, welchen diese Variationen der Sägezahnform auf die zu erhaltende minutliche Schnittfläche oder auf das  $\epsilon$  üben würde, viel geringer ist, als die Unregelmässigkeiten, welche in dem benützten animalischen Motor liegen. Es dürfte also nichts anderes übrig bleiben, als bei Untersuchungen von Handsägen sich auf das Erreichbare zu beschränken, d. h. unter einer Anzahl von Handwerkzeugen bei gewissen Verhältnissen das Beste zu ermitteln und die Erledigung speciell aufgeworfener Fragen nach dem Einfluss bestimmter Constructionselemente, als Zahnform, Zahnlückengrösse, Schrankbreite, Krümmung der Zahnsitzenlinie u. s. w. experimentellen Forschungen vorzubehalten, welche mit Zuhilfenahme von Instrumenten an Maschinensägen unternommen werden sollen. Nur derartige Untersuchungen sind geeignet, volle Klarheit in die Angelegenheit zu bringen und aus den gewonnenen Ergebnissen wird man für den Bau der Handwerkszeuge gewiss Nutzen zu ziehen im Stande sein.

Wenn sich zwischen dieser Auffassung der Frage und einer, an einem anderen Orte\*) gemachten Bemerkung, welche sich an das Hess'sche Programm anschliesst, ein Widerspruch herausstellt, so kann ich denselben nur dadurch erklären, dass ich früher das durch Versuche mit Handsägen erreichbare Resultat überschätzt habe und meine gegenwärtige Ueberzeugung, die dahin geht, dass Constructionsfragen nur mittelst des Dynamometers bei comparativen Versuchen erreicht werden können, die berechtigtere ist.

\*) Studien über das Rothbuchenholz 1875, S. 33.



### Drittes Capitel.

#### Weitere Untersuchungen mit Handsägen.

Die vorangehenden zwei Capitel beschäftigen sich ausschliesslich mit Quersägen und zwar mit solchen, die entweder im Forstwirtschaftsbetriebe bei der Fällung und ersten Aufbereitung des Holzes zum Querschnitte oder zu gleichem Zwecke auf Zimmereiplätzen benutzt werden. Nun giebt es aber auch Untersuchungen über Handsägen für Längsschnitt, welche freilich fast gänzlich durch Sägemaschinen verdrängt worden sind. Die Ergebnisse dieser Versuche haben eine weit geringere Bedeutung und wurden durch dynamometrische Untersuchungen längst in den Schatten gestellt. Immerhin mögen aber manche der Beobachtungen über die Leistung von Handsägen für Längsschnitt hier eine Erwähnung verdienen, theils weil sie ein actuelles, theils weil sie doch mindestens ein historisches Interesse beanspruchen können. Freilich wird sich eine viel flüchtigere Behandlung dieses Stoffes rechtfertigen.

Karmarsch führt nach Belidor Daten an, welche beweisen, dass das Schneiden von grünem Holze weniger Kraftaufwand erfordert und rascher von Statten geht\*). Nach den Versuchen Belidor's und bei der Annahme, dass die Arbeit von 3 Arbeitern 0,4 PS repräsentiren, rechnet sich in einem Falle, für trockenes Eichenholz

$\epsilon = 0,762 \text{ PS,}$

in einem anderen Falle

$\epsilon = 0,374 \text{ PS.}$

Ein Mittelwerth würde 0,568 PS betragen. Dagegen ergibt ein Mittelwerth von zwei Versuchsergebnissen für  $\epsilon$  bei frischen (grünen) Eichenstämmen nur 0,313 PS, d. i. über 16% weniger spezifische Nutzarbeit.

\*) Handbuch der mechanischen Technologie, 5. Auflage I. Band, S. 649.



Für Föhrenholz resultirt ein Mittelwerth von  $\varepsilon$  bei trockenem Materiale

mit 0,375 PS,

dagegen bei grünem Stammholz

mit 0,272 PS.

Es erfordert demnach das grüne Föhrenholz um 27% weniger Arbeitsaufwand\*) als das trockene.

Langsdorf hat während seines Aufenthaltes an der Universität Wilna als Vorstudien für eine Theorie der Sägemühlen, Versuche mit einer von zwei Mann bedienten Spaltsäge gemacht. Das verwendete Holz war noch etwas feuchtes Föhrenholz, die Säge vorzüglich, die Arbeiter im Gebrauch derselben ungemein geübt. Karmarsch hat die in Langsdorf's „Ausführliches System der Maschinenkunde“ II. Bandes zweite Hälfte, S. 529 enthaltenen Daten (pariser Fuss auf Metermass umgerechnet) reproducirt. Die sehr dünne Säge hatte eine Länge von 2,13 m, die Länge des gezahnten Theiles betrug 1,49 m, 116 $\frac{1}{2}$  Hübe pro Minute und 700 mm Hubhöhe und eine Geschwindigkeit von 1,36 m. Die Zuschiebung pro Hub wird mit 2,16, die Schnittbreite mit 4 mm angegeben, die Schnitthöhe mit 310 mm.  $F_h$  stellte sich auf 2,33 qm. Die motorische Kraft der zwei Arbeiter mit 0,25 PS angenommen, resultirt aus diesen Versuchen für frisches Föhrenholz

$\varepsilon = 0,107$  PS.

Vergleicht man dieses Ergebniss mit der von Belidor erzielten Nutzarbeit von 0,272 PS, pro ein Quadratmeter stündlicher Schnittfläche, so ergibt sich, dass ersteres nur 39% von letzterem darstellt also die Schneidearbeit nach Langsdorf nur etwas mehr als ein Drittel des Kraftaufwandes bei Belidor bedeutet.

Armengaud machte einen Versuch in trockenem Eichenholz. Zwei Arbeiter. Blattlänge 1,3 m, Schnitthöhe 315 mm,  $H = 975$  mm, Geschwindigkeit 1,625 m, Zuschiebung pro Hub 2,63 mm,  $F_h = 2,48$ , endlich  $\varepsilon = 0,101$ . Es ist dies gleichfalls ein in öconomischer Richtung viel günstigeres Ergebniss als bei Belidor.

Ueber die Leistung der japanischen Fuchsschwänze für Längs- und Querschnitt (Vergl. I. Band, S. 127 und 128) hat der Verfasser comparative Versuche gemacht, welche im Berichte über die k. k. ostasiatische Expedition, J. Maier, Stuttgart 1872, veröffentlicht worden sind.

\*) Carl Christian Langsdorf geht in seinen „Grundlehren der mechanischen Wissenschaften“ (Erlangen 1802) offenbar von den Belidor'schen Versuchen aus, wenn er die „specifische Härte“ des „ganz frischen Eichenholzes“ = 1 setzend, jene von „trockenem Eichenholz“ mit 1,5, von „ganz frischem Tannenholz“ (?) mit 0,7 und endlich die von „ganz trockenem Tannenholz“ (?) mit 1,1 angiebt.

Ein Mittelwerth würde 0,272 PS sein, ein Mittelwerth von zwei Versuchsschneidern für ein frisches (grünes) Eichenholz wäre 0,375 PS, also 10% weniger specifische Nutzarbeit.



## Dritter Abschnitt.

### Aeltere Theorien über Leistung und Arbeitsverbrauch der Sägemaschinen.

Die erste Abtheilung des II. Bandes, S. 117 u. f., enthält Langedorf's von J. J. von Döllinger und K. J. von Döllinger aufgestellte Regel, dass das Gewicht der Sägemaschine einem Kubikfuß Holz gleich sein solle dem kubischen Widerstand, welchen der Sägeblock dem Schwerkraft in der Richtung der Sägebewegung entgegenstellt. Bei dieser Gültigkeit bespricht Langedorf, wie durch die Abnutzung eines Gegengewichtes von veränderlicher Höhe und zu zu veränderlicher Höhe von dem Reibungsmittel der Kurbel, welche den Antrieb des Motors besorgt, der oben angegebenen Regel in jedem Fall Rechnung getragen werden könnte. Langedorf gehört zu den Ersten, welche das Wesen der Ueberwindung der Reibung mittels Kurbel und Pleuelstange begründet hat. Langedorf begründet dies die noch heute in der Vorlesung, dass der Reibung der Pleuelstange mit der Pleuelstange pro Pleuel im Verhältnis sein müsse und erweist, auch gleichzeitig den Reibung des Pleuels durch Rückwirkung der Pleuelstange, welche Angelegenheit nach Wassely in seiner Beschreibung der verschiedenen Gütergüter dreißig Jahre später ausdrücklich erwähnt. Langedorf hat auch die Forderung, dass der Widerstand der Pleuelstange



Verbrauch der Sägemaschinen.  
Ältere Theorien über Leistung und Arbeits-



Der erste Autor, welcher den dynamischen Verhältnissen an der Sägemaschine Beachtung schenkte, war der berühmte Geometer Euler. Er wendete die Analysis auf die Arbeit geradliniger Sägen an und hat daraus Regeln abgeleitet, welche oft bis in die neueste Zeit citirt worden sind\*).

Nach ihm wären Belidor und Karsten zu nennen; der erstere hat sich bekanntlich durch die Errichtung einer später sehr berühmt gewordenen Säge im Arsenal zu La Fère ausgezeichnet und mancherlei Beobachtungen daselbst angestellt.

Die erste eingehendere mit den gegenwärtigen Auffassungen von dem Maschinenwesen schon etwas mehr im Einklang stehende Erörterung über das Wesen der Schneidemühlen finden wir in dem Werke: „Ausführliches System der Maschinenkunde von Karl Christian von Langsdorf“, welches zu Heidelberg und Leipzig 1828 erschienen ist.

In der zweiten Abtheilung des II. Bandes, S. 517 u. ff. entwickelt Langsdorf die von Belidor und Karsten aufgestellte Regel, dass das Gewicht des Sägegatters sammt Zubehör gleich sein solle dem halben Widerstand, welchen der Sägebloch dem Schneiden in der Richtung der Sägebewegung entgegensetzt. Bei dieser Gelegenheit bespricht Langsdorf, wie durch Anbringung eines Gegengewichtes von verschiedener Grösse und in zu variirender Entfernung von dem Rotationsmittelpuncte der Kurbel, welche den Antrieb des Gatters besorgt, der oben angegebenen Regel in jedem Falle Rechnung getragen werden könnte. Langsdorf gehört zu den Ersten, welche das Wesen der Uebertragung der Bewegung mittelst Kurbel und Pleuelstange eingehend studirt haben. Langsdorf begründet dann die noch heute aufrechte Vorschrift, dass der Busen der überhängenden Säge mit der Zuschiebung pro Hub im Einklange sein müsse und erörtert auch gleichzeitig den Ersatz des Busens durch Rückwärtsneigung der Führungen, welche Angelegenheit auch Wessely in seiner Beschreibung der venezianischen Gattersäge dreissig Jahre später umständlich abhandelt. Bei Langsdorf finden wir auch die Forderung, dass der Brustwinkel der dreieckigen

\*) Leonhard Euler „*Sur l'action des scies*“ im 12. Band, Jahrgang 1756 der *Histoire de l'Academie Royale des Sciences* (Berlin) pag. 267.



Sägezähne der aufrechten Gattersäge 25% kleiner sein soll, als ein rechter; auch beweist er, dass die Schrankbreite der Säge höchstens die doppelte Blattstärke betragen dürfe. Als Curiosität erscheint uns, das ganz ernsthaft gemeinte Plaidoyer Langsdorf's gegen das Bundgatter, in welchem er den Beweis antritt, dass für „Deutschland“ höchstens drei Sägeblätter in einem Gatter zulässig seien. Auf Grund der Belidor'schen Mittheilungen beziffert er das Maximum der Sägegeschwindigkeit mit 6,6 par. Fuss. Mit Rücksicht auf die Art der Bewegungsübertragung und im Hinblick auf die Trägheitsmomente der bewegten Massen empfiehlt Langsdorf die Anwendung von Schwungrädern, welche bei der Sägemühle in La Fère fehlten. Diesen Mangel der Belidor'schen Einrichtung entschuldigt Langsdorf damit, dass man zu jener Zeit über das Wesen der Kurbeltransmission noch im Unklaren war und nimmt für sich das Verdienst in Anspruch, diese Frage zuerst in das rechte Licht gestellt zu haben.

Auf Grund der von Belidor und von Langsdorf selbst angestellten Versuchsreihen bei Klobsägen, deren Ergebnisse wir schon im zweiten Abschnitt erwähnt haben, entwickelt Langsdorf den Arbeitsaufwand für Gattersägen allgemein mit

$$300 \text{ Pfd.} \times 4 \text{ par. Fuss,}$$

wobei 30 Quadratfuss Schnittfläche pro Stunde in Eichenholz erzeugt werden und gelangt dann zu der Formel für den Widerstand des Holzes gegen das Sägen im Sinne der Sägebewegung in pariser Pfunden ausgedrückt

$$W = \left( \sqrt{\frac{3,5}{v - 0,5}} \right) \frac{F_h}{F} \cdot 300^* \quad (11)$$

worin  $v$  die Geschwindigkeit der Säge (in par. Fuss) in dem speciellen Falle,  $F_h$  die Schnittfläche, die bei dieser Geschwindigkeit der Säge pro Stunde und par. Quadratfuss erzeugt wird,  $F$  die stündliche Schnittfläche bei der mittleren Sägegeschwindigkeit von 4 par. Fuss bedeutet. Er giebt gleichzeitig an, dass für  $F$  zu setzen ist:

- Bei ganz trockenem Eichenholz 30;
- bei noch ganz grünem Eichenholz 60;
- bei verschiedenen Graden der Trockenheit 30 bis 60;
- bei ganz trockenem Nadelholz 45;
- bei noch ganz grünem Nadelholz 90;
- bei verschiedenen Graden der Trockenheit des Nadelholzes 45 bis 90.

Von diesen Daten ausgehend schliesst er auf die von der Kurbelwarze auszuübende Kraft und von dieser auf den erforderlichen Nutzeffect des Wasserrades zurück. Die ganze Deduction,

\*) Diese Formel beruht u. A. auf der richtigen Voraussetzung, dass die von der Säge geleistete Arbeit im geraden Verhältnisse zur Schnittfläche steht und auf der weiteren Voraussetzung, dass bei geringerer Geschwindigkeit der Säge der Widerstand des Holzes gegen das Schneiden grösser, bei grösserer Geschwindigkeit kleiner wird.



erwägt man den damaligen Zustand der mechanischen Wissenschaften, ist immerhin eine bemerkenswerthe Arbeit.

In weiteren Paragraphen behandelt Langsdorf den Antrieb der Sägemühlen durch Pferde und durch die motorische Kraft des Windes, die Ross- und Wind-Sägemühlen, bespricht dann die Idee eines Doppelsägegatters, in dem sich die beiden Gatter gegenseitig ausbalanciren, gelangt jedoch dabei zu dem Schluss, dass dem Einzelgatter mit Gegengewicht bei der Kurbel der Vorzug gebühre.

Ein schönes Zeugniß für die Voraussicht Langsdorf's legt seine Besprechung der Rundsäge ab, die er aus den „Beiträgen zur Gewerbs- und Handelskunde“ vom k. preussischen Commissionsrathe Heinrich Weber (Berlin, Dümmler 1825) kennen gelernt hat. Die ausgezeichnete Wirksamkeit der Rundsäge im Vergleich zur Gattersäge erklärt Langsdorf ganz richtig durch die grosse Geschwindigkeit der ersteren (52 Fuss im Vergleich zu  $4\frac{1}{2}$  Fuss).

Das Epoche machende Werk „Handbuch der Mechanik“ von Franz Josef Ritter von Gerstner, herausgegeben von Franz Anton Ritter von Gerstner (Prag 1832), enthält im 2. Bande, S. 432 u. ff. einen den Sägemühlen gewidmeten Abschnitt. In diesem wird die Arbeit der Säge mit der Reibung verglichen und zum ersten Male der Arbeitsverbrauch einer Säge als dem Schnittvolumen proportional stehend, aufgefasst. An die Discussion der Belidor'schen und Langsdorf'schen Versuche reihen sich Mittheilungen über Beobachtungen in der Wiskocil'schen Mühle in Prag, die durch ein Wasserrad betrieben wurde. Die aus dem Nutzeffekte des Wasserrades hergeleitete specifische Nutzarbeit für Tannenholz zeigt eine vollständige Uebereinstimmung mit der Belidor'schen Angabe für Eichenholz, hat jedoch für uns keinerlei Bedeutung mehr. Die durch Gerstner mitgetheilten Erfahrungen Wiskocil's über den Kraftaufwand für das Sägen verschiedener Hölzer können heute nicht mehr als richtig anerkannt werden. Gerstner sagt weiter bei Besprechung einer Gattersäge, man müsse das Gewicht des Gatters vermehren (!); Sturm, der bekannte Mühlenbaufachmann beweist schon im Jahre 1821, dass das Gegentheil richtig ist. Das einzige, für die Praxis wichtige Ergebniss aus der Gerstner'schen Abhandlung ist der Satz: dass die Geschwindigkeit der Säge eine „angemessene“ sein müsse, und wird diese bei 15 Zoll Hubhöhe mit 120 Touren pro Minute fixirt.

Eine weitere Arbeit über die Theorie der Sägemühlen findet sich in Prechtl's „Technologische Encyclopädie“, Band 13, Stuttgart 1843, Seite 188 u. ff. Dort entwickelte der hochverdiente Professor der darstellenden Geometrie am Wiener Polytechnicum Johann Hoenig im Anschluss an eine sehr gute descriptive Arbeit über Sägemühlen, die Vorgänge beim Sägen des Holzes. Die von Hoenig aufgestellte Theorie beruht ausschliesslich auf Reflexionen. Man muss ihr als Verdienst anrechnen, dass dabei das Streben zu Tage tritt, in das Wesen des Arbeitsvorganges beim Sägen schärfer einzudringen, als dies bei den Vorgängern der Fall war und damit ein richtiger Weg zur Erlangung einer gründlicheren Auffassung betreten worden ist. Freilich lässt sich Hoenig



in seinen Erwägungen zu dem Irrthum verleiten, dass die Sägearbeit nicht nur einen Widerstand im Schlitzboden und an den Seitenflächen des Schlitzes (welche Kankelwitz *B* und *A* genannt hat, siehe folgenden Abschnitt) zu überwinden hat, sondern dass ausserdem noch „die abgesägten Massen in Spähne zertheilt werden müssen“. Diese dritte Arbeit ist aber gelegentlich der beiden ersten bereits vollbracht; die Holzmasse wird eben spahnweise abgetrennt und nicht als completer Körper abgescharrt, der dann wie Hoenig voraussetzt, erst in Spähne zermalmt würde. Eine weitere nicht stichhaltige Annahme besteht darin, dass die Arbeit der kurzen Schneidekante im quadratischen Verhältnisse zur Blochhöhe zunehmen müsse.

Da auch die von Hoenig angenommenen Coefficienten nicht ziffermässig festgestellt werden, so hat die ganze von ihm aufgestellte Theorie nur die Bedeutung eines Fingerzeiges, welchen Kankelwitz beachtet zu haben scheint. Im Uebrigen folgt Hoenig den Ausführungen Gerstner's a. a. O. in der Reproduction und Discussion der Belidor'schen Versuche.

Ein wesentlicher Fortschritt in der theoretischen Erörterung der Sägemaschinen knüpft sich an den Namen Boileau. P. Boileau, Professor der angewandten Mechanik veröffentlichte ein Werk über Schneidemühlen, das in ziemlich guter deutscher Bearbeitung von E. Fromberg in Quedlinburg 1862 erschien.

Der genannte Autor hat sich vor Allem das Verdienst erworben, auf die Bedeutung der mikroskopischen Untersuchung der Sägespähne hinzuweisen (1842). In klarer Darstellung werden die verschiedenen Einflüsse auf die Grösse des Widerstandes der Hölzer gegen das Sägen erörtert; auch Boileau hält noch an der Auffassung fest, dass das Gewicht des Gatterrahmens gleich der Hälfte des vom Holze der Säge entgegengesetzten Widerstandes sein soll und beweist dies in gleicher Art, wie Langsdorf und dessen Vorgänger.

Diese Boileau'sche Schrift basirt auf den Ergebnissen der Arbeiten von Poncelet, Morin, Coquilhat\*) und vieler Anderen und seine eigenen Untersuchungen bilden die Grundlage einer schon ziemlich entwickelten Theorie. Boileau stellt ein Verhältniss zwischen dem Widerstande, welchen die Säge in ihrer Bewegungsrichtung erfährt und jenem auf, der in einer auf die Bewegungsrichtung senkrechten Linie (Holzzuschiebung) erfolgt. Bei den Betrachtungen über den Arbeitsaufwand für einen Quadratmeter Schnittfläche geht Boileau von der Feststellung dieser Grösse für Eichenholz aus; er stützt sich zunächst auf die Arbeiten von Poncelet, Woisard, Gosselin, Bardin, Glavet\*\*).

\*) Dieser Ingenieur hatte bei einer Kreissäge in Tournay 1849 nachgewiesen, dass eine zu grosse Zahnzahl auf die Sägearbeit einen schädlichen Einfluss zu nehmen geeignet sei und durch das Ausbrechen eines jeden zweiten Zahnes der Säge ermässigte sich die Sägearbeit im Verhältniss wie 2 : 1,3.

\*\*) *Bulletin de la Société d'encouragement* 1828; *Memoire de l'Académie de Metz* 1832.



Bei diesen wurden viereckig beschlagene, trockene Eichenhölzer geschnitten und betrug die Schnittbreite 3,5 mm. Mit Berücksichtigung der von Lapointe unter der Leitung Morin's durchgeführten dynamometrischen Versuche an einer Alternativ- und zwei Circular-Sägen wurde dann von Boileau eine Formel für die Grösse der absoluten Nutzarbeit bei Eichenholz von verschiedener Blochhöhe aufgestellt.

Diese Formel, welche heute noch eine gewisse Anwendbarkeit hat, lautet:

$$\varepsilon'' = 82000 h + 24850 \text{ mkg} \quad (12).$$

Dieser Ausdruck basirt auf der für Eichenhölzer von einer mittleren Blochhöhe = 0,2 bis 0,25 ermittelten Nutzarbeit.

Der Einfluss der Sägezahnform wird gleichfalls studirt und nachgewiesen, dass sich die Sägearbeit bei Anwendung von Dreieckszähnen zu jener bei Anwendung von Wolfzähnen mit überhängender Brustkante verhalte wie 50 : 43.

Auf Grund der Versuche von Woisard und der Auffassung Coquilhat's gelangt Boileau zu der Behauptung, dass die Sägearbeit dem Schnittvolumen proportional wachse, d. h. unter sonst gleichen Umständen mit der Schnittbreite zunehme, doch will Boileau dies zunächst nur für Eichenholz als erwiesen gelten lassen.

Boileau macht ferner auf den Unterschied zwischen dem Kraftverbrauch bei Längs- und Querschnitt aufmerksam, welcher gleichfalls nach den Arbeiten Coquilhat's sich verhalten soll bei Eichenholz wie 1 : 4.

Von besonderem Werth ist endlich der Vergleich der Nutzarbeit für Eichenholz mit jener bei anderen Hölzern. Die von Boileau gelieferte Zusammenstellung giebt uns Daten, welche mit Bezug auf einzelne Holzarten auch heute noch nicht eine neuerliche Feststellung erfahren haben und daher bis auf Weiteres vorkommenden Falles benützt werden müssen.

Die von verschiedenen Autoren gemachten Angaben wurden in einer Tabelle zusammengestellt, welche wir hier als einen werthvollen Beitrag zur Theorie der Säge reproduciren.

diejenigen, welche sich für den Schnitt von Blochen eignen, die vor zwei oder drei Jahren gefällt wurden und von mittlerer Dike sind. Für die schwachen Hölzer kann man sie verbessern und für die Bloche, deren Dike 0,5 überschreitet, muss man sie etwas verbessern. Endlich kann man beim Schneiden grüner Hölzer dieses Verhältnis ohne Nachtheil um  $\frac{1}{2}$  ihres Werthes vermehren, jedoch selbstverständlich unter der Voraussetzung, dass die Säge lücke genügend Raum für die Aufnahme der Sägespäne bietet. Für die gesamte Betriebsarbeit einer Sägemaschine liefert sich Boileau folgende Formel ab:

$$N = \frac{N \cdot h \cdot v}{75 \cdot 60} + \kappa \cdot \frac{N}{75} \quad (13)$$

worin  $N$  die gesamte Betriebsarbeit in Pferdestärken,  $h$  die zum Eingreifen gelangende Zahl von Sägeblättern,  $\kappa$  die grösste Bloch-



| Bezeichnung<br>der<br>Holzsubstanzen | Hölzer seit 2 oder 3 Jahren gefällt                                                                                                                   |            |                                                                                                                                                                | Grüne<br>Hölzer                                                                                                                                             |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | Quantität mechanischer Arbeit,<br>dem geradlinigen Längsschnitte<br>entsprechend, wenn derjenige der<br>Eiche von mittlerer Härte = 1<br>gesetzt ist. |            | Verhältniss der<br>Quantität mecha-<br>nischer Arbeit<br>des Quersägens<br>zu derjenigen des<br>geradlinigen<br>Längsschnittes<br>(für jede Holz-<br>substanz) | Verhältniss der<br>Arbeitsquantität<br>des Sägens grü-<br>ner Hölzer zu<br>derjenigen trock-<br>ener Hölzer<br>derselben Sub-<br>stanz (beim<br>Längssägen) |
|                                      | Für starke<br>Bloche                                                                                                                                  | Für Bohlen |                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                             |
| Eiche                                | 1,00                                                                                                                                                  | 1,00       | 0,80                                                                                                                                                           | 0,66                                                                                                                                                        |
| Gewundene Ulme                       | 2,75                                                                                                                                                  | 2,45       | —                                                                                                                                                              | —                                                                                                                                                           |
| Esche                                | 1,76                                                                                                                                                  | 1,57       | —                                                                                                                                                              | —                                                                                                                                                           |
| Gewöhnliche Ulme                     | 1,15                                                                                                                                                  | 1,10       | —                                                                                                                                                              | 0,70                                                                                                                                                        |
| Nussbaum                             | 1,15                                                                                                                                                  | 1,10       | —                                                                                                                                                              | 0,72                                                                                                                                                        |
| Buche                                | 1,08                                                                                                                                                  | —          | —                                                                                                                                                              | —                                                                                                                                                           |
| Vogelkirsche                         | 1,00                                                                                                                                                  | —          | —                                                                                                                                                              | —                                                                                                                                                           |
| Espe                                 | 0,92                                                                                                                                                  | —          | —                                                                                                                                                              | —                                                                                                                                                           |
| Weisse Hölzer                        | 0,88                                                                                                                                                  | —          | —                                                                                                                                                              | 0,69                                                                                                                                                        |
| Tanne                                | 0,66                                                                                                                                                  | —          | 0,897                                                                                                                                                          | 0,67                                                                                                                                                        |

Mit Recht legt Boileau einen grossen Werth auf das bei ver-  
schiedenen Hölzern mit Vortheil anzuwendende Verhältniss zwischen  
der Zuschiebung pro Hub und der Hubhöhe ( $\frac{z}{H} = \frac{w}{v}$ ). Auch in  
dieser Richtung haben seine Rathschläge noch keine Vervollständigung  
beziehungsweise Revision erfahren und dürften deshalb vorläufig  
noch zu beachten sein. Er normirt dieses Verhältniss auf Grund  
seiner eigenen Untersuchungen für gewundene Ulme, Esche und  
andere sehr harte Hölzer mit 0,0015 bis 0,0025; für gewöhnliche  
Ulme, Nussbaum, Buche 0,0030; Eiche von mittlerer Härte 0,0035;  
Weichhölzer 0,05 bis 0,055. Diese Werthe des Factors  $\frac{z}{H}$  sind

diejenigen, welche sich für den Schnitt von Blochen eignen, die vor  
zwei oder drei Jahren gefällt wurden und von mittlerer Dicke sind.

Für die schwachen Hölzer kann man sie vergrössern und für  
die Bloche, deren Dicke 0,6 überschreitet, muss man sie etwas  
vermindern. Endlich kann man beim Schneiden grüner Hölzer die-  
ses Verhältniss ohne Nachtheil um  $\frac{2}{5}$  ihres Werthes vermehren,  
jedoch selbstverständlich unter der Voraussetzung, dass die Zahn-  
lücke genügend Raum für die Aufnahme der Sägespähe bietet.

Für die gesammte Betriebsarbeit einer Sägemaschine leitet end-  
lich Boileau folgende Formel ab:

$$N = \frac{Z \cdot h \cdot z'}{75 \cdot 60} \cdot \varepsilon'' + \kappa \cdot \frac{N}{75} PS \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

worin N die gesammte Betriebsarbeit in Pferdestärken, Z die zum  
Eingreifen gelangende Zahl von Sägeblättern, h die grösste Bloch-



höhe in Metern,  $z'$  die Zuschiebung pro Minute,  $\varepsilon''$  die Nutzarbeit in Meterkilogramm pro Secunde und Quadratmeter und endlich  $\kappa$  einen Coefficienten bedeutet, welcher das Verhältniss zwischen der gesammten Betriebsarbeit und der Leergangsarbeit bei den verschiedenen Maschinen bedeutet. In dieser Formel ist  $\kappa$  zu setzen  $= 0,55$ ; bei Circularsägen wäre nach Boileau das Verhältniss zwischen der Leergangsarbeit und der gesammten Betriebsarbeit 0,33 bis 0,45.

Diese Formel ist vollkommen richtig und stimmt mit der von Kankelwitz und Hartig acceptirten (siehe folgenden Abschnitt) dem Wesen nach überein, indem das erste Glied des rechts stehenden Theiles der Formel die gesammte Nutzarbeit  $N_1$ , das zweite Glied die Leergangsarbeit  $N_0$  bestimmt. Freilich muss es als undurchführbar bezeichnet werden, die Leergangsarbeit allgemein als von der gesammten Betriebsarbeit einer Maschine abhängig darzustellen. Der Coefficient  $\kappa$  lässt sich nicht einmal für eine bestimmte Sägemaschinen-Construction aufstellen, da die Leergangsarbeit eine absolute Zahl darstellt, welche von der Nutzarbeit, die ja in der gesammten Betriebsarbeit enthalten, fast unabhängig ist. In der Gleichung bedeutet  $\frac{Zh z'}{60}$  die Schnittfläche  $F''$ ;  $\varepsilon''$  die von uns spezifische Nutzarbeit genannte Grösse.

Der Zusammenhang dieser Grösse mit den verschiedenen bei der Sägearbeit auftretenden Factoren, welche uns die Formeln von Kankelwitz, Hartig und Schmidt lehren, war Boileau noch unbekannt und er musste sich daher auf die Einstellung irgend eines Werthes von  $\varepsilon''$  beschränken, der nur ein Mittelwerth für die betreffende Holzart sein konnte.

Ausser den genannten Autoren haben noch einige Andere Versuche an Sägemühlen angestellt, um zu einer Vorstellung über die Grösse der Nutzarbeit zu gelangen. Wir berechneten aus den von Rühlmann \*) mitgetheilten Daten  $\varepsilon$  und fanden auf Grund der Versuche bei

|         |                                  |                  |
|---------|----------------------------------|------------------|
| Egen    | $\varepsilon = 0,226 \text{ PS}$ | } für Eichenholz |
| Navier  | $\varepsilon = 0,160 \text{ PS}$ |                  |
| Coste   | $\varepsilon = 0,234 \text{ PS}$ |                  |
| Clement | $\varepsilon = 0,223 \text{ PS}$ | für Tannenholz.  |

Sowohl der letztangeführte Werth als auch der Mittelwerth für Eichenholz mit 0,206 sind sehr hoch, was sich daraus erklären lässt, dass wir es hier mit alten Sägemühlen-Constructionen zu thun haben und die Leergangsarbeit kaum entsprechend in Abzug gebracht worden sein dürfte.

\*) Maschinenlehre 2. Band, S. 347.







## **Vierter Abschnitt.**

Neuere Theorien über Leistung und Arbeits-  
verbrauch der Sägemaschinen.



## Vierter Abschnitt.

Neuere Theorien über Leistung und Arbeits-  
verbrauch der Sägemaschinen.



Während wir im vorangehenden Abschnitte jene theoretischen Arbeiten vorgeführt haben, welche von älteren Autoren herrühren, wenig Werth für die Gegenwart besitzen, und fast nur ein historisches Interesse in Anspruch nehmen können, wollen wir nun jene Theorien der Sägemaschinen vorführen, welche unter gewissen Einschränkungen noch gegenwärtig aufrecht stehen und einen reellen Werth für das Fach besitzen. Wir haben da zunächst jener Arbeiten zu gedenken, welche sich überwiegend auf dem Gebiete der Reflexion bewegen und Beobachtungen und Versuchsergebnisse nur soweit heranziehen als zur Vervollständigung des theoretischen Lehrgebäudes unerlässlich ist.

Bahnbrechend in dieser Richtung war die Arbeit von Wilhelm Kankelwitz, damals Lehrer an der königl. Werkmeisterschule in Chemnitz, welche in einem unmittelbaren Zusammenhang mit den von Professor Schneider und Dr. Weiss, behufs Feststellung des Kraftbedarfes der Gatter durchgeführten Bremsversuchen steht. Untersuchungen über den Widerstand beim Schneiden des Holzes von Prof. Schneider und Dr. Weiss.

Die genannten Herren haben in der Sägemühle des Herrn Hohlfeld, nach einem von Prof. Schneider entworfenen Plan, in dem Jahre 1858 eine Reihe von Untersuchungen über die Leistungen des Kropfrades und über den Widerstand beim Schneiden des Holzes unternommen.

Die Hohlfeld'sche Mühle war damals eine ganz moderne Einrichtung und enthielt zum Schneiden von Brettern und Latten vier Sägegatter und eine Kreissäge. Das in allen seinen Theilen neu angelegte Etablissement erfreute sich eines verdienten Rufes in Beziehung auf die Leistungsfähigkeit seiner Einrichtung und war deshalb ein vorzüglich geeignetes Versuchsobject.

Die detaillirte Beschreibung der Sägemühle und der daselbst durchgeführten Versuche wurde im Programm der polytechnischen Schule zu Dresden im Jahre 1860 veröffentlicht. Dem Resumé der Ergebnisse dieser Versuche, welche die erste Arbeit von modernem Character auf dem in Rede stehenden Gebiete darstellen, entnehme ich Folgendes:



Es ist eine bekannte Thatsache, dass ein Bundgatter öconomisch günstiger arbeitet als ein Sägegatter mit einem Blatt. Jedoch hat der günstige Einfluss der Sägezahl eine Grenze. Nach den Schneider'schen Versuchen scheint eine mittlere Zahl von Sägen etwa 11 bis 12 am vortheilhaftesten zu wirken.

Einen bedeutenden Einfluss hat das Verhältniss der Hubhöhe des Gatters zu der mittleren Blockhöhe. Eine zu grosse Höhe des Blockes im Verhältniss zur Hubhöhe ist demnach unvortheilhaft. Es erklärt sich dies aus der gesteigerten Schwierigkeit die Spähne auszuwerfen.

Als Schnittfläche pro Pferdestärke und Stunde resultirte aus allen zehn Versuchen 5,758 qm. Dieses Resultat ist viel höher als die Angaben von Redtenbacher, Weissbach und Karmarsch mit 3 — 3,2 qm. Eine einzige Angabe von Burg in seinem Compendium der Mechanik und Maschinenlehre über die Leistung der Fellner'schen Sägemühle in Wien führt 5 bis 6 qm Schnittfläche pro Pferdestärke und Stunde an, ein Resultat, das mit dem in der Hohlfeld'schen Mühle erzielten übereinstimmt.

Bei allen diesen Angaben der Schnittflächen ist ununterbrochene Arbeit zu verstehen.

Bezüglich der Vorrückung hat sich ergeben, dass der Erfolg derselben in kraftöconomischer Beziehung augenscheinlich im Zusammenhange mit der Anzahl der Schnitte oder mit der Geschwindigkeit der Säge stehe.

Grössere Vorrückung und grössere Sägeschwindigkeit hat sich vortheilhaft erwiesen. Gewöhnlich wird die Vorrückung zu 3 bis 4 mm, von Redtenbacher sogar zu 4,3 — 6,3 angegeben. Die Schneider'schen Versuche haben schon 4 mm Verschiebung als unvortheilhaft erkennen lassen, dagegen zeigte sich als vortheilhaft eine Zuschiebung von 1,4 bis 2 mm, wenn gleichzeitig mindestens 210 Schnitte in der Minute und der Säge eine Geschwindigkeit von 3,3 m pro Secunde gegeben wurde.

Uebrigens hängt die Vorrückung auch ab von der Art des Holzes und der Beschaffenheit, deshalb insbesondere vom Feuchtigkeitszustand, von der Gestalt der Säge und ihrer Bezahnung und von der Schränkung.

In der Hohlfeld'schen Mühle war der Schrank sehr gering, die Säge nicht überhängend. Eine ziffermässige Feststellung des Einflusses der berührten Umstände auf die rationellste Zuschiebungsgrosse wurde durch Schneider mit Rücksicht auf die Kürze der disponiblen Zeit nicht angestrebt. Schneider macht die Bemerkung, dass die grosse Hubzahl und hohe Geschwindigkeit der Säge zweifellos zu den so günstigen Leistungen der Hohlfeld'schen Schneidemühle führten, zu denen sich auch eine ausserordentliche Glätte des Schnittes gesellt.

Das Verhältniss der Hubhöhe der Sägegatter zur Blockhöhe, erstere 0,46, letztere 0,23 bis 0,28 war gleich 0,5 bis 0,6, was mit den gewöhnlichen Vorschriften übereinstimmt. Beim Besäumen der



Bloche war allerdings das Verhältniss bei einer oder der anderen Säge grösser als eben angeführt und hierdurch entstand eine ungünstige Leistung.

Die Schnittbreite ist sehr gering, sie variirt in den Grenzen von 1,9 bis 2,2 mm. Gewöhnlich wird sie viel grösser angenommen.

Nur die vorzügliche Geradföhrung und genaue lothrechte Aufhängung, die richtige Spannung und parallele Lage der Sägen wird so geringe Schnittbreiten ermöglichen; übrighs wurde sie versuchsweise noch bedeutend vermindert und bis auf 1,5 mm herabgebracht.

Eine so geringe Schnittbreite erfordert aber eine ausserordentlich sichere und feste Anspannung und Föhrung des Bloches und kann für gewöhnlich nicht erreicht werden.

Wird die Schnittbreite innerhalb den oben angegebenen Grenzen von 1,9 bis 2,2 mm geändert, so zeigt sie keinen merkbaren Einfluss auf den Effect oder die Grösse der Schnittfläche.

Es ist sonach vortheilhaft, wenn man die Materialsparung berücksichtigen will, eine möglichst geringe Schnittbreite zu nehmen.

Grossen Einfluss auf die Leistung der Sägemöhlen haben die passiven Widerstände und es ist daher ausserordentlich lohnend durch gute Schmierung und aufmerksame Wartung dieselben zu vermindern.

Trockene und nasse Weichhölzer schneiden sich leichter, feuchte weniger gut.

Bei Anwendung stärkerer Betriebskräfte giebt sich eine vortheilhaftere Leistung in Beziehung auf die Grösse der Schnittfläche pro Stunde und Pferdestärke kund.

Zwei zusammenwirkende Gatter arbeiten in Bezug auf die Betriebskraft vortheilhafter, als jedes für sich allein.

Dies gilt wahrscheinlich in noch erhöhtem Masse für mehrere zusammenwirkende Gatter.

Nach den Schneider'schen Versuchen zeigte sich, dass zum Betriebe eines Sägegatters mindestens 7 Pferdestärken nothwendig sind und diese Betriebskraft bis zu 14 Pferdestärken bei 18 Sägen steigt.

Hiernach weichen die gewöhnlichen Vorschriften zur Bestimmung der Betriebskraft bedeutend von den factischen Ergebnissen ab, denn für ein Bundgatter von 4 bis 6 Sägen wird vom Motor gewöhnlich ein Effect von 6 Pferdestärken verlangt, wobei freilich pro Pferdestärke und Stunde nur 3 bis 4 qm Schnittfläche vorausgesetzt wird.

Im Taschenbuch des Ingenieurs, herausgegeben von dem Verein die Hütte, findet sich die Regel: Anzahl der Pferdestärken für ein Bundgatter

$$N = 4 + \frac{5}{8} Z \quad \dots \quad (14)$$

wobei  $Z$  die Zahl der Sägen bedeutet.

Berechnet man nach dieser Formel die folgenden Beispiele und stellt man ihnen gegenüber die in der Hohlfeld'schen Mühle thatsächlich erfordernten Betriebskräfte, so sieht man, dass die von



der Formel gegebenen Werthe so gut mit den Versuchsergebnissen übereinstimmen, als es überhaupt bei einer solchen Näherungsrechnung erwartet werden kann.

Diese Formel verdient demnach mit Rücksicht auf die gewonnenen Versuche sehr viel Vertrauen und ist für die Ermittlung eines Näherungswerthes zu empfehlen.

Nach der Formel ergibt sich der Effect in Pferdestärken:

| Anzahl der Sägen. |      |      |      |      |    |       |    |
|-------------------|------|------|------|------|----|-------|----|
| 4                 | 6    | 11   | 12   | 15   | 16 | 18    | 24 |
| 6,5               | 7,75 | 10,8 | 11,5 | 13,3 | 14 | 15,25 | 19 |

Nach den Schneider'schen Versuchen ist der Effect in Pferdestärken:

| Anzahl der Sägen. |      |      |     |      |       |       |       |
|-------------------|------|------|-----|------|-------|-------|-------|
| 4                 | 6    | 11   | 12  | 15   | 16    | 18    | 24    |
| 6,87              | 7,00 | 7,28 | 7,5 | 8,12 | 10,78 | 10,29 | 14,31 |
|                   |      |      |     |      |       | 13,85 | 17,54 |

Theorie der Sägearbeit von Prof. W. Kankelwitz.

Die Kankelwitz'sche Theorie erschien zuerst in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure und später als Separat-Abdruck unter dem Titel „der Betrieb der Schneidemühlen“, Berlin 1862, Verlag von Rudolph Gärtner.

Der erste Theil dieser Arbeit besteht in der Erörterung des Zusammenhanges verschiedener Verhältnisse beim Schneiden des Holzes mit dem Kraftbedarf der arbeitenden Säge, zunächst das Werkzeug an sich in Betracht gezogen.

Diesen ersten und wichtigsten Theil der Kankelwitz'schen Arbeit wollen wir zunächst im Auszug wiedergeben und gebrauchen dabei die von uns bisher gewählten Bezeichnungen.

Wir haben schon früher erwähnt, dass die Kankelwitz'sche Theorie zu jenen Arbeiten gehört, bei denen die Reflexion überwiegt und Beobachtungen und Versuchsergebnisse verhältnissmässig in den Hintergrund treten. Trotzdem bezieht sich die Arbeit nur auf einem bestimmten Fall, das ist: Längsschnitt von Nadelholz bei intermittirender Zuschiebung während des Aufganges der Säge, welche während des Niederganges schneidet.

Kankelwitz führt an, dass sich seine Theorie auf Kiefern- und Fichtenholz bezieht. Mit Rücksicht auf die in der Bezeichnung der Weichhölzer in Deutschland herrschende Confusion würden wir nach dieser Bezeichnung nicht wissen, welche Holzarten eigentlich damit gemeint sind:



Wir werden später nachweisen, dass damit Fichte und Tanne (*Abies excelsa* und *A. pectinata*) gemeint sein müssen.

Auf Grund von angestellten Beobachtungen ist bei der Kankelwitz'schen Arbeit vorausgesetzt, dass die Schnittbreite oder Schnittstärke  $s$  gleich der  $1\frac{1}{2}$ fachen Sägeblattstärke ist.

Bezeichnet  $b$  die Minimal-Sägeblattstärke, so ist

$$s = 1,5 b \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

Diese Bezeichnung gilt unter der Voraussetzung, dass der Bloch eine ruhige Lage und exacte Führung, die Säge gleichfalls, richtig eingehängt, eine sichere Führung hat.

Trifft dieses nicht zu, so wäre

$$s_1 = 1,5 b + \alpha \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

Kankelwitz setzt auf Grund einer Reihe von Beobachtungen voraus, dass der Vorschub pro Schnitt  $z$  in einem linearen Verhältniss zu  $b$  stehe.

Demnach ist

$$b = \alpha_1 + \beta_1 z.$$

Aus einer Reihe von Vergleichen folgert Kankelwitz, dass  $\alpha_1$  so gering sei, dass es vernachlässigt werden könne.

Es besteht demnach die Beziehung

$$b = \beta_1 z \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

Dieser Coefficient  $\beta_1$  ist direct proportional der Blochhöhe  $h$  und umgekehrt proportional der Hubhöhe  $H$ , so zwar, dass wieder auf Grund von Beobachtungen

$$\beta_1 = 1,25 \frac{h}{H} \quad . \quad . \quad . \quad (18.)$$

Darnach erhält die Formel (17) folgende Gestalt

$$b = 1,25 \frac{h}{H} z \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

Dabei ist noch immer  $b$  als Minimalgrösse aufgefasst.

Die Nutzarbeit der Säge zerfällt nach Kankelwitz in den Bearbeitungswiderstand an den Seitenflächen des durch die Säge erzeugten Schlitzes, also an den Schnittflächen (diesen Widerstand nennt Kankelwitz (A) und in den Bearbeitungswiderstand an der Hirnfläche, welche den Boden des Schlitzes bildet (B). Siehe **Taf. III, Fig. 2**, welche ein horizontales Profil des Zahnbesatzes einer vertical stehenden geschränkten Säge darstellt.

Kankelwitz behauptet, dass A nur von  $z$  und B von  $b$  abhängig sei.

Diese Abhängigkeit ist durch eine lineare Beziehung gekennzeichnet und es wäre demnach

$$A = \eta z \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

$$B = \zeta b \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

$\eta$  ist ein Coefficient, welcher die Hubzahl  $n$  und die Blockhöhe  $h$  enthalten muss, so dass

$$\eta = \eta_1 n \cdot h \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

$\zeta$  ist ein Coefficient, welcher durch die Hubhöhe  $H$ , durch  $n$  und  $h$  in der Art beeinflusst ist, dass man setzen muss

$$\zeta = \zeta_1 H \cdot n \cdot h \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$



Mit Rücksicht auf die Formeln 20 bis 23 ist also

$$N_1 = (\eta_1 z + \zeta_1 H b) n \cdot h \quad . \quad . \quad . \quad (24)$$

Hebt man nun 0,001 z aus der Klammer heraus, so ist

$$N_1 = \left( 1000 \eta_1 + 1000 \zeta_1 \frac{H b}{z} \right) \frac{n \cdot h \cdot z}{1000} \quad . \quad . \quad . \quad (25)$$

Es ist aber  $\frac{n h z}{1000}$  nichts anderes als die minutliche Schnittfläche in Quadratmetern ( $F'$ ).

Setzt man für

$$\begin{aligned} 1000 \eta_1 &= \kappa \\ 1000 \zeta_1 &= \kappa_1 \end{aligned}$$

so wird

$$N_1 = \left( \kappa + \kappa_1 \frac{H b}{z} \right) F' \quad . \quad . \quad . \quad (26)$$

wobei  $\kappa$  und  $\kappa_1$  Coefficienten sind, die nur noch von der Beschaffenheit des Holzes abhängen.

Nach den von Kankelwitz gemachten Beobachtungen ist  $\kappa$  und  $\kappa_1$  für jene Hölzer, die ihm zur Verfügung standen, immer gleich gross, woraus wir mit Recht folgern zu dürfen glauben, dass es sich nicht um die in Beziehung auf Schnitthärte wesentlich von einander verschiedenen Kiefer und Fichte handeln konnte, sondern dass Fichte und Tanne zur Verfügung standen; zwei Nadelhölzer, welche bekanntlich in Bezug auf ihren Widerstand gegen die Sägearbeit nahezu identisch sind.

Wir bleiben also bei der Annahme, dass die Kankelwitz'sche Theorie für Fichte oder Rothtanne und Tanne, nicht aber für die Föhre und Fichte gilt.

Kankelwitz hat ferner gefunden, dass sich verhält

$$\kappa : \kappa_1 = 1 : 4,$$

woraus

$$\kappa_1 = 4 \kappa,$$

demnach

$$N_1 = \kappa \left( 1 + 4 \frac{H b}{z} \right) F' \quad . \quad . \quad . \quad (27)$$

Für den Fall, dass  $b$  eine Minimal-Sägeblattdicke bedeutet, wodurch uns gestattet wird Formel (19 in Betracht zu ziehen, aus der

$$z = 0,8 \frac{H}{h} b$$

demzufolge:

$$N_1 = \kappa (1 + 5 h) F' \quad . \quad . \quad . \quad (28)$$

Diese Formel giebt das Minimum des Kraftbedarfes und nach ihr wäre die Nutzarbeit unabhängig von der Blattstärke und nur beeinflusst durch die Blochhöhe.

Mit Rücksicht auf den Feuchtigkeitszustand der Hölzer ist nach Kankelwitz zu setzen:

$$\begin{aligned} \text{für ganz nasses Holz } \kappa &= 2,6 \\ \text{für feuchtes } \kappa &= 2,7 \end{aligned}$$



für lufttrockenes Holz  $\kappa = 3,0$   
für ganz trockenes „  $\kappa = 3,2$

Natürlich sind diese Werthe durchschnittliche und können sich bei derselben Holzart bedeutend ändern, je nachdem die absolute Festigkeit grösser oder geringer ist.

Splintholz schneidet sich in der Regel leichter als Kernholz oder knorriges Holz.

Junge Hölzer oder überständiges leichter als alte noch kräftige.

Wenn Kankelwitz behauptet, Gebirgskiefer schneide sich viel leichter als auf Sandboden gewachsenes Holz, so kann dieser Bemerkung keinerlei Werth beigemessen werden, da, wie oben nachgewiesen wurde, den Kankelwitz'schen Versuchen Kiefernholz gar nicht zu Grunde gelegen war, überdies der Einfluss des Standortes auf den Widerstand des Holzes auf die Schneidearbeit noch nicht im mindesten aufgeklärt erscheint.

Soweit der erste Abschnitt der Kankelwitz'schen Theorie.

Studien über Form, Leistung und Behandlung der Maschinensägen von H. Fischer, Professor an der polytechnischen Schule zu Hannover.

Prof. Fischer hat im Jahre 1879 in dem Verlage der Rudolph Gärtner'schen Buchhandlung zu Berlin, ein Buch unter dem Titel „die Holzsägen“ erscheinen lassen, dessen Hauptverdienst in der erschöpfenden Behandlung der wichtigen Fragen besteht, die bei dem Arbeitsvorgange der Maschinensägen in Betracht kommen. Fischer folgte dabei der Hauptsache nach seinen zuerst im Jahre 1868 in einem öffentlichen Vortrag bekannt gemachten Ansichten.

Die Abtrennung des Spahnes durch den Sägezahn beim Längsschneiden des Holzes wird zunächst erörtert und zwar in so treffender Weise, wie von keinem Autor zuvor.

Bei der Reproduction der von Fischer vertretenen Auffassung, werden wir uns wie bisher der im ersten Bande dieses Werkes und im ersten Abschnitte des vorliegenden Bandes gewählten Ausdrucksweise bedienen, welche, wie wir glauben, der Fischer'schen Terminologie an Präcision überlegen ist.

Fischer constatirte vor Allem, dass die kurze Schneidekante des Zahnes niemals scharf, sondern stets abgerundet zur Action kommt. In Folge dessen stellt sich der Sägezahn wie auf **Taf. III, Fig. 3**, dar.

Aus derselben erhellt auf dem ersten Blick, dass die Zerreißung der Fasern, keineswegs in der Linie  $EF$ , welche mit der Zahnsitzenlinie zusammenfallen würde, stattfindet, sondern dass dies in einem gewissen Abstände von der genannten Linie erfolgt, in unserer Figur in einer Linie, welche etwa der Lage von  $KL$  entspricht.

Der Abstand zwischen  $KL$  und  $EF$  ist um so grösser, je stärker die Schneide abgerundet ist und je grösser der Krümmungs-



radius jener Cylinderfläche ist, welche die Stelle der kurzen Schneidekante einnimmt.

Die Dicke des am Schlitzboden von dem Zahn thatsächlich abgetrennten Holzkörpers ist also geringer als die Zuschiebung des Holzes pro Zahn und, wenn wir trotzdem die Spahndicke wieder mit  $\tau$  bezeichnen, welche Bezeichnung früher für die Zuschiebung pro Zahn gewählt wurde, so soll dies nur mit dem Vorbehalt geschehen, dass sich der Leser von nun ab unter  $\tau$  nicht mehr buchstäblich die Zuschiebung pro Zahn vorzustellen habe, sondern die um den Abstand der senkrechten Linien  $EF$  und  $KL$  verminderte Zuschiebung pro Zahn, d. i. die factische Spahndicke.

Eine nähere Erwägung des Einflusses jener Faserenden, welche über die Zahnspitzenlinie vorragen, während und nach ihrer Bearbeitung durch die kurze Schneidekante, führt zu der Ueberzeugung, dass der Aufwand an Arbeit für einen Sägezahn abnimmt:

- 1) Mit der Zunahme des Rückenwinkels  $R$ ;
- 2) mit der Abnahme des Brustwinkels  $B$  und
- 3) mit der Abnahme der Zahnspitzenfläche  $DLJ$ .

Daraus würde für eine öconomische Wirksamkeit des Sägezahnes zu folgern sein, dass man  $R$  möglichst gross,  $B$  und das Dreieck  $DLJ$  möglichst klein machen solle.

Die letzten zwei Forderungen stehen mit einander insofern im Widerspruch, als der Flächenraum des Zahnspitzendreieckes  $DLJ$ , wie wir an anderer Stelle nachgewiesen haben, nicht nur vom Spitzenwinkel  $S$  bedingt wird, sondern auch vom Brustwinkel  $B$  und zwar in der Art, dass mit dem Zunehmen von  $B$  der Flächeninhalt des Zahnspitzendreieckes kleiner wird. (Vergleiche auch den ersten Abschnitt).

Nach Forderung 2 hätte man also  $B$  möglichst klein zu machen. Mit Rücksicht auf die Forderung 3 müsste man  $S$  klein machen, aber auch gleichzeitig  $B$  wachsen lassen.

Bei der Construction des Sägezahnes wird man demnach eine solche Contour zu wählen haben, welche dem Inhalt der drei formulirten Forderungen am besten entspricht.

Es ist jedenfalls sehr schwierig auf experimentellem Wege den Einfluss zu fixiren, welchen die Grösse der Winkel  $R$ ,  $S$  und  $B$  auf den Kraftverbrauch der Säge ausübt.

Diese Einflüsse sind nur bei geringen Sägegeschwindigkeiten sehr merkbar. Bei sehr hohen Geschwindigkeiten der Säge treten Nebenhindernisse auf, deren Bedeutung sehr schwierig zu calculiren ist.

Eine möglichst grosse Geschwindigkeit wäre für das Schneiden vortheilhaft, fasst man die Zahngestalt allein ins Auge; doch darf nicht übersehen werden, dass die bis zu einem gewissen Grad gestiegene Geschwindigkeit auch eine Erwärmung der Säge zur Folge hat, welche bestimmte Grenzen nicht überschreiten darf, wenn nicht die der Säge unentbehrliche Spannung verloren gehen soll.

Die Arbeit jedes Zahnes wächst aber auch mit der Härte des Holzes, weshalb entweder die Sägegeschwindigkeit oder die Grösse



des Widerstandes, welcher einem Zahne dargeboten werden soll, bei dem Schneiden harter Hölzer verringert werden muss.

Feuchtes Holz verhält sich günstiger als trockenes Holz derselben Art, so dass auch in dieser Beziehung eine wesentliche Verschiedenheit in Bezug auf die zweckmässigsten Verhältnisse der Zahnform und Sägegeschwindigkeit zu constatiren ist.

Die Form der Zähne weiter verfolgend weist Fischer auch auf den Einfluss des Kantenwinkels der langen Schneidekante hin und verlangt, dass dieser bei geschränkten Zähnen für die gegen die Schnittfläche hin liegende lange Brustkante kleiner als  $90^\circ$  sei, wenn glatte Schnittflächen gebildet werden sollen. Dieses wird erreicht durch Schrägstellung der Feile gegen die Blattebene beim Schärfen der Zahnbrust. (Siehe I. Band, Seite 7 u. ff.)

Nun folgt eine Erörterung des Querschneidens im Holze.

Fischer geht ganz richtig von der Beobachtung aus, dass das Querschneiden im Holze überhaupt durch die Anwendung sogenannter „Vorschneider“ begünstigt werde.

Aus dieser Vorstellung entwickelt Fischer die für den Querschnitt besonders geeigneten Zahnformen und befindet sich dabei in Uebereinstimmung mit uns (siehe I. Band, Seite 350), indem er dazu gelangt, symmetrisch gebaute Zähne zu empfehlen, welche entweder ein gleichschenkeliges Dreieck darstellen, oder sich doch auf ein solches zurückführen lassen. Dabei wird mit Recht ein möglichst kleiner Kantenwinkel für die active Brustschneidekante gefordert.

Den Glanzpunkt der Fischer'schen Arbeit bildet die Erörterung der Grösse der Zuschiebung und des Verhältnisses derselben zur Sägegeschwindigkeit.

Prof. Fischer war wohl der erste, welcher darauf aufmerksam gemacht hat, dass die Zuschiebung pro Zahn  $\tau$  bei geschränkten Sägen doppelt so gross ist als bei ungeschränkten Sägen, gleiche Theilung und ein gleiches Verhältniss zwischen der Sägegeschwindigkeit und Zuschiebungsgeschwindigkeit vorausgesetzt.

Prof. Schmidt hat in der Erörterung der Zuschiebungsgrossen sich vollständig auf den Standpunkt Fischers gestellt, hat sich aber dabei einer kürzeren und deutlichen Vortragsweise bedient, so dass wir es vorziehen, hier auf die später folgende Schmidt'sche Theorie zu verweisen.

Fischer beschränkt sich jedoch nicht darauf im Allgemeinen den numerischen Zusammenhang zwischen der Sägegeschwindigkeit und der Zuschiebungsgeschwindigkeit, der Zuschiebungsgrossen pro Zahn und der Säge-theilung zu bestimmen, zu fixiren, sondern er liefert auch eine geradezu erschöpfende Untersuchung des Einflusses der Rolle, welche die Zuschiebung des Holzes bei verschiedenen Säge-Constructionen spielt.

Nachdem genügend ausführlich der Beweis hergestellt ist, dass das Verhältniss zwischen Sägegeschwindigkeit und Zuschiebungsgeschwindigkeit bei der Sägearbeit constant bleiben müsse, dass also der Quotient des Bruches  $\frac{v}{w}$  stets dieselbe Grösse haben soll, so



lange die Arbeit der Säge dauert, unterzieht sich Fischer der Aufgabe einzelne Fälle, in denen ein Abweichen von diesem Gesetze stattfindet, einer weiteren Erwägung zu unterwerfen.

Der Leser weiss, dass es bei der Zirkularsäge, Bandsäge, Cy-lindersäge oder Kronensäge leicht ist  $\frac{v}{w}$  constant zu erhalten.

Auch die älteren Gattersägen, bei denen die Zuschiebung des Holzes mittelst Schiebklau und Steigrad, in constructiven Zusammenhang mit der Gatterbewegung gebracht wurde, ist das Gesetz  $\frac{v}{w}$  gleich einer Constanten unbewusst eingehalten worden.

Die Einführung der continuirlichen Zuschiebung an Stelle der intermittirenden hat in der neuesten Zeit jedoch zu sehr schädlichen Abweichungen von dem oft erwähnten Gesetze geführt.

#### Erster Fall.

Eine Gattersäge schneidet beim Niedergang, das Gatter wird durch eine Kurbel und Pleuelstange in Bewegung gesetzt. Die Zuschiebung ist gleichförmig, findet also auch während des Rückganges der Säge statt.

Mit Rücksicht auf die während des Aufganges der Säge, wo sie nicht schneidet, stattfindende Zuschiebung muss die Säge im Busen aufgehängt werden. Man giebt der Säge in diesem Falle den sogenannten halben Busen, d. h. man lässt sie nur halb so viel überhängen, als dies geschehen würde, wenn die Zuschiebung eine intermittirende wäre und sich vollständig während des Aufsteigens der Säge vollziehen würde.

Fischer weist nun nach, dass diese ganze Anordnung eine verwerfliche ist, denn:

1) Wird trotz der überhängenden Lage der Zahnsitzenlinie nur während eines Theiles des Sägenlaufes beim Aufgange die Zahnsitzenlinie gegenüber dem Schlitzboden des früheren Sägeschnittes zurückweichen.

Während den Positionen des Kurbelarmes von *plus* und *minus*  $39\frac{1}{2}^{\circ}$  gegenüber der Horizontalen, also während die Kurbel einen Bogen von etwas mehr als  $79^{\circ}$  beschreibt, werden die Zahnsitzen den Schlitzboden nicht streifen.

Nun beschreibt aber die Kurbel während des Aufganges des Sägerahmens  $180^{\circ}$  und so findet demnach, während des grösseren Theiles des Aufganges ein Streifen der Zähne mit ihrem Rücken am Schlitzboden des Sägeschnittes statt.

2) Das Maximum der Zuschiebung, d. i. die relative Holzbewegung zur Zahnsitzenlinie, findet dann statt, wenn die Säge oben und unten das Ende ihres Laufes erreicht, also in den Zustand der Ruhe übergeht; während das Minimum der Zuschiebung erfolgt, wenn die Säge in der Mitte ihres Niederganges angelangt ist.

Gerade aber an dieser Stelle, wo  $v$  das Maximum erlangt und deshalb ein Maximum der Blochvorrückung erheischen würde, ist



$w$  zu Folge der gleichförmigen Zuschiebung ebenso gross wie sonst, also relativ ein Minimum.

3) Ein weiteres Gebrechen dieser Disposition besteht darin, dass die Säge im Busen aufgehängt ist, was vor allem den Nachtheil mit sich bringt, dass jede Aenderung der Grösse des Busens mit Schwierigkeiten verbunden ist.

Aus diesen Gründen erhellt zur Evidenz, dass eine Anordnung wie „Fall 1“ principiell unzulässig erscheint.

Zweiter Fall.

Gattersägen, welche im Aufgange und Niedergange schneiden und mit continuirlicher Zuschiebung und constanter Geschwindigkeit arbeiten.

Diese Anordnung zeigt nur den beim früheren Fall sub 2 aufgeführten Uebelstand.

Für diesen Fall ist daher die gleichförmige Zuschiebungsgeschwindigkeit des Holzes eher zulässig.

Angesichts der Thatsache, dass sowohl das Holz als auch die betreffenden Maschinentheile mehr oder weniger nachgiebig sind, dass also die entwickelten Bewegungsgesetze am Orte der Werkzeugsaction nicht in voller Schärfe zur Geltung kommen, ist die gleichförmige Holzbewegung nicht in allen Fällen zu verwerfen.

Diese Zuschiebungsgeschwindigkeit  $w$  sollte allerdings von

$$0 \text{ bis } z \frac{n\pi}{60}$$

wachsen und wieder auf 0 sinken, allein die Trägheit der Masse des Holzes nebst den Vorrichtungen zum Festhalten, beziehungsweise Sicherführen und Fortbewegen desselben, ist der Beobachtung des Gesetzes, welches die Aenderung von  $w$  normirt, hinderlich. Besonders dann, wenn die genannte Masse und gleichzeitig die Zahl  $n$ , der minutlichen Krummzapfenumdrehungen gross ist, wird die Nachgiebigkeit der einzelnen in Frage kommenden Maschinentheile benutzt werden zur theilweisen Beseitigung der Ungleichförmigkeit von  $w$ .

Sind in Folge mangelhafter Anordnung und Ausführung die betreffenden Einrichtungen besonders nachgiebig, so tritt die genannte Ausgleichung im hohen Masse auf. Unter solchen Verhältnissen ist es durchaus gerechtfertigt auf die Zuschiebung  $\frac{v}{w}$  zu verzichten, um störende Erschütterungen auf die gesetzmässige Zuschiebungsvorrichtung zu vermeiden.

Dritter und vierter Fall.

Bei der Handarbeit, sowohl beim Längs- als Querschneiden, kann man beobachten, dass die Arbeiter zur Förderung ihres Unternehmens eine bogenförmige Bewegung der Säge anwenden, besonders dann, wenn es sich darum handelt möglichst viel zu leisten, während die Säge geradlinig geführt wird, sobald es sich um Bildung möglichst ebener und glatter Schnittflächen handelt.

In ersterem Fall wird ein Maximal  $\tau$ , im letzteren ein Minimal  $\tau$  von Vortheil sein.



Diese bei der Handarbeit gemachten Bemerkungen veranlassten, dass man auch eine Führung der Sägen bei Maschinen anordnete, welche man Bogenführung nennen kann.

Die sonst wohl für diese Bogenführung von Maschinensägen ins Feld geführten Beweggründe, als leichteres Abführen der Spähne, grössere Leistung, weil die Säge in beiden Richtungen schneidet, sind durchaus nicht stichhaltig. Dagegen ist der eine Vortheil der Erlangung einer grösseren Zuschiebung für eine Parthie der Zähne erreichbar, welcher indessen kaum Jenen die die Bogenführung bei den Gattersägen zuerst einführten, bekannt gewesen sein dürfte.

**Taf. III, Fig. 4 und 6,** zeigen die Anordnung einer Gattersäge in schematischer Darstellung und zwar sind  $AB$  und  $CD$  die geradlinigen Führungen für den Gatterrahmen, dabei kann das Holz im Sinne der **Fig. 4** von links nach rechts zugeschoben werden, (Fall drei), oder es kann von rechts nach links, wie dies die **Fig. 6** darstellt, zugeschoben werden, (Fall vier).

Sollen dabei die Sägen beim Auf- und Niedergange schneiden, so giebt man der Bezahnung zweckmässiger Weise im „Falle drei“ die Gestalt wie auf **Taf. III, Fig. 5,** und im „Falle vier“ eine Bezahnungsdisposition wie auf **Taf. III, Fig. 7.** Bei diesen Anordnungen, welche Fischer im Jahre 1868 in den Mittheilungen des Gewerbevereins für Hannover, S. 76 u. ff. ausführlich erörtert hat, ist es möglich trotz ungleichförmigem  $\tau$  in jeder Bewegungsrichtung nur die dieser entsprechenden Hälfte des Sägeblattes arbeiten zu lassen, wenn die Zuschiebung nach dem Gesetze  $\frac{v}{w}$  constant erfolgt.

Die Neigung der Führungen zur verticalen ist abhängig von der Zuschiebungsgrosse pro Hub, der Hubhöhe und Gatterlänge, indem die Ausladung der Führungen  $AB$  und  $CD$  in den **Fig. 4 und 6** gleich ist

$$\frac{z}{H} \cdot l$$

worin  $l$  die Gatterlänge vorstellt.

Bei gleichförmiger Bewegung des Holzes, also constanter Geschwindigkeit  $w$ , tritt der von „Fall eins“ her genügend in Erinnerung stehende Uebelstand ein, dass die Zuschiebung gerade dann am grössten wird, wenn die Säge sich dem Stillstande nähert ( $\frac{v}{w} = \infty$ ), dann aber auch, dass ein Theil der eben nicht zur Arbeit bestimmten Sägezahngruppe den Schlitzboden mit den Rücken streifen und weil diese nicht schneiden können, Reibung und dadurch wieder Nachtheile hervorrufen werden.

Eine Modification der in Rede stehenden Anordnungen stellt der Fall fünf dar, in welchem die geneigten Führungen nach einer Kreislinie bogenförmig gestellt sind, die ihren Mittelpunkt, siehe **Taf. III, Fig. 8,** in der horizontalen Hauptachse der Maschine findet. Dabei ist

$$R = \frac{H^2}{2z}$$



Bei den in der Regel vorkommenden Verhältnissen  $\frac{z}{H}$  fällt indessen die Pfeilhöhe jenes Bogens, den der Halbirungspunct der Säge beschreibt, so gering aus, dass nicht allzu grosses Gewicht auf die Abweichung von der, im Falle drei und vier, vertical geradlinigen Bewegung desselben Punctes zu legen ist.

Die Frage, welchen Vorthail die Bogenform der Führung hat, muss dahin beantwortet werden, dass sie feste Führungsstücke am Gatter gestattet.

Der ins Gewicht fallende Nachtheil dagegen besteht in der Schwierigkeit die Bogenführung herzustellen und zu erhalten. Dieser dürfte grösser sein als der Vorthail bequemer Construction, weshalb die geraden Führungen noch immer den bogenförmigen vorzuziehen sind.

Kräfte, welche auf die Zähne einwirken.

Mit Rücksicht auf **Taf. III, Fig. 9**, kann constatirt werden, dass zunächst winkelrecht gegen die Flächen des Zahnes gerichtete Kräfte auftreten, denen das Widerstandsmoment

$$x \frac{b^2}{6} \cdot \sigma$$

mit Hilfe des Hebels  $y$  das Gleichgewicht zu halten hat.

In diesem Ausdruck bedeutet  $b$ , wie gewöhnlich, die Dicke des Sägeblattes,  $x$  die Grundlinie des Sägespitzendreieckes,  $\sigma$  die dem Material der Säge zuzumuthende Spannung.

Das zweckmässigste Seitenprofil in Bezug auf die Widerstandsfähigkeit des Zahnes gegen die genannten Kräfte, ist die Dreiecksform, oder eine derselben nachgebildete.

Ferner sind gegen das Widerstandsmoment

$$\frac{b x^2}{6} \cdot \sigma$$

Kräfte gerichtet, welche den Zahn in der Richtung der Bewegung der Säge abzubrechen suchen.

In Bezug auf diese Kräfte erscheint die parabolische Form mit dem Scheitel in der Zahns Spitze als vorthailhaft.

Da beiden Kräften mit Erfolg entgegengetreten werden muss, so liegt naturgemäss, in Bezug auf die Festigkeit des Zahnes, die zweckmässigste Gestalt zwischen den beiden genannten Profilen.

#### Theorie von Professor Carl Schmidt.

Carl Schmidt in Stuttgart brachte eine geistvolle und scharfsinnige Untersuchung in klarer Darstellung im württembergischen Bezirks-Vereine am zweiten August 1879 zur Kenntniss des technischen Publicums.

Exner, Werkzeuge und Maschinen, II.



Dieser Vortrag ist veröffentlicht unter dem Titel „Beitrag zur Theorie der Holzsäge“ in der Wochenschrift deutscher Ingenieure Nr. 1 und 2, 1880.

Er stellte sich die bisher von keiner Seite früher so scharf begrenzte Aufgabe, die Beziehungen aufzufinden, zwischen Leistung an Schnittfläche und erforderlichem Kraftbedarf einerseits und Arbeitszuschiebung und Sägezahn-Dimensionen anderseits.

Es sei  $v$  die Arbeitsgeschwindigkeit, d. i. Geschwindigkeit der Säge längs der Zahnspitzenlinie,

$w$  die Zuschabungsgeschwindigkeit, die Geschwindigkeit des Holzes zur Säge, senkrecht auf die Zahnspitzenlinie oder umgekehrt,

$b$  die Dicke des Sägeblattes,

$s$  die Schnittbreite ( $s_{\max} = 2b$ ) gleich der Schrankbreite,

$a$  die Sägezahnweite,

$h$  die Blochhöhe,

$\tau$  die Schnitttiefe pro Zahn, Zuschabung des Holzes pro Zahn, die Spandicke gleich der Dicke des von einem Zahne im Schlitzboden losgetrennten Holzkörpers, gemessen in der Richtung der Zuschabung.

Alle Masse in Metern.

Per Secunde treten  $\frac{v}{a}$  Zähne in das Holz ein; bei geschränkten Zähnen jedoch, welche eine links und eine rechts stehende Zahnreihe bilden, treten von jeder Reihe nur  $\frac{v}{2a}$  Zähne in Action.

Auf jeden der zur Action gelangenden Zähne entfällt ein Theil der secundlichen Zuschabung, welche man dann Zuschabung pro Zahn oder Schnitttiefe pro Zahn ( $\tau$ ) nennen muss. Demnach ist für geschränkte Zähne

$$\left. \begin{aligned} \tau &= \frac{2a}{v} w \\ \tau &= \frac{a}{v} w \end{aligned} \right\} \text{für ungeschränkte Zähne} \quad (29).$$

Ein idealer Zustand bei der Sägearbeit wäre es, wenn  $v$ ,  $w$  und  $a$  constant sein würden, wie dies z. B. bei der Bandsäge und Circularsäge allerdings erreichbar ist. Wenn der Quotient  $\frac{w}{v}$  constant ist, so würde  $\tau$  unverändert bleiben müssen, nicht mehr aber die Arbeitsleistung.

Bei den Alternativsagen, Gattersagen, Decoupiersagen u. s. w. ist der ideale Zustand selbstverständlich nicht zu erreichen, da die Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit  $v$  bei der Bewegung des Gatterrahmens durch eine Kurbel und Lenkstange nicht constant sein kann.

Beim Niedergang der Säge erreicht das Sägeblatt ein Maximum der Geschwindigkeit in dem Momente, wo die antreibende Kurbel in die horizontale Lage übergeht.



Damit das Verhältniss  $\frac{w}{v}$  dennoch nahezu constant bleibt, wurden bei den älteren Gattersägen die Blätter im Busen aufgehängt und die Zuschiebung entsprechend regulirt.

Freilich ist es sehr schwierig den Vorschub des Bloches und den Busen der Säge der Holzart und der Blochhöhe entsprechend, stets in Uebereinstimmung mit einander zu bringen.

Ist der Busen zu gross im Verhältniss zum Vorschub, so kommen zu wenig Zähne der Säge in Thätigkeit, ist er zu klein, so streifen die Zahnsitzen beim Aufgang am Schlitzboden, werden stumpf, verbiegen sich u. s. w.

Diese Uebelstände zu vermeiden, hat man den Vorschub während des Schnittes eingeführt.

Auch hier ist es möglich durch Regulirung der Zuschiebung des Bloches, welche von der Gatterwelle oder dem Gatterrahmen aus bewerkstelligt wird, die Zuschiebungsgeschwindigkeit  $w$  der Sägegeschwindigkeit  $v$  entsprechend zu ändern, ferner das Verhältniss zwischen beiden für verschiedene Holzarten und Blochhöhen zweckmässig einzurichten. Macht man dagegen den Vorschub continuirlich, so ist nicht einmal die Bedingung gleicher Spahndicke erfüllbar. (Vergl. S. 78 u. ff.)

Durch Vergleichung der Formeln (29 mit den Fig. 10, 11, 12, auf Taf. III, erhellt, dass die geschränkte Säge ein doppelt so grosses  $\tau$  als die ungeschränkte Säge bei gleicher Theilung aufweist.

Um die geschränkte Säge in ihrer Wirksamkeit mit der ungeschränkten vergleichen zu können, müssen bei letzterer die kurzen Schneidekanten auf eine Schnittbreite  $s$  gestaucht werden. Siehe Taf. III, Fig. 13 und vergl. Taf. III, Fig. 2.

Unter Annahme gleicher  $v$ ,  $w$  und  $a$  bei beiden Sägen ist die Spahndicke bei der geschränkten Säge doppelt so gross, als bei der ungeschränkten.

Die letztere wird, weil sie feinere Spähne erzeugt, einen grössern Kraftaufwand verursachen, dagegen den Vortheil bieten, dass die Schnittfläche weniger rauh ausfällt, da die von den äusseren Schneidekanten gebildeten Absätze näher bei einander liegen.

Will man umgekehrt mit beiderlei Sägen dieselbe Beschaffenheit der Schnittfläche erzielen, so muss man entweder der ungeschränkten Säge eine doppelt so grosse Theilung geben oder ihre Geschwindigkeit  $v$  auf die Hälfte reduciren oder endlich die Zuschiebung  $w$  auf das Doppelte steigern, vorausgesetzt, dass die Festigkeitsverhältnisse der Zähne dies gestatten und die Zahnücken im Stande sind das erzeugte Spahnquantum aufzunehmen.

Von dieser letzteren Bedingung geht Schmidt aus, um die mögliche Arbeitsleistung und den Kraftverbrauch einer Säge zu berechnen.

Nach Taf. III, Fig. 14 oder vielmehr nach der ihr substituirten Näherungsfigur Taf. III, Fig. 15, ist das Schnittvolumen pro Hub eines Zahnes als Prisma zu betrachten, dessen Höhe  $h$  und dessen Grundfläche bei



geschränkten Sägen  $s \frac{\tau}{2}$ ,

ungeschränkten Sägen  $s\tau$  beträgt.

Demnach ist das Schnittvolumen  $s\tau \frac{h}{2}$ , beziehungsweise  $s\tau h$ .

Nennt man  $\mu$  den Lockerungscoefficienten, so ist  $\mu \cdot s \frac{\tau}{2} h$  beziehungsweise  $\mu \cdot s\tau h$  das Volumen an Spähnen, das je ein Zahn bei geschränkten und ungeschränkten Zähnen pro Hub hervorbringt.

Bei geschränkten Zähnen vertheilt sich dieses Spahnvolumen, das von je einem Zahn erzeugt wird, auf die beiden vorangehenden Zahnlücken und auf die zwischen den Zahnflächen des voranstehenden Zahnes und den Seitenflächen des Schlitzes befindlichen Zwischenräume.

Da diese Betrachtung für jeden Zahn gilt, so entfallen als disponibler Raum für die von einem Zahn erzeugten Spähne: eine Zahnlücke und die seitlichen Zwischenräume bei dem nächstfolgenden Zahn. Dieser zur Aufnahme des Spahnvolumens disponible Raum lässt sich folgendermassen berechnen.

Maximaltiefe der Zahnlücke beziehungsweise Zahnlänge  $t$ ,  
Theilungsfläche  $T = at$ .

Ist  $\beta$  ein Coefficient, welcher das Verhältniss  $\frac{F}{T}$  ausdrückt und von der Zahnform abhängt, dann ist die Grösse der Seitenfläche des Zahnes

$$F = \beta at.$$

Das Volumen des ganzen Zahnkörpers in Kubikmetern  $\beta atb$  \*).

Der ganze disponible Raum ist demnach

$$Ts - \beta atb \text{ oder } ats - \beta atb.$$

In diesem Raum müssen die Spähne Platz haben, es muss daher

$$ats - \beta atb = \mu \frac{hs}{2} \cdot \tau_{\max}$$

$$\text{daraus } \tau_{\max} = \frac{2}{\mu} \cdot \frac{at}{h} \left(1 - \beta \frac{b}{s}\right) \quad (30).$$

Unter Berücksichtigung der Gleichung (29, aus welcher

$$w = v \frac{\tau}{2a}$$

wird durch Substitution des Werthes von  $\tau_{\max}$  nach Gleichung (30

$$w_{\max} = v \frac{t}{h} \cdot \frac{1 - \beta \frac{b}{s}}{\mu} \quad (31).$$

Dieselbe Formel ergibt sich auch für ungeschränkte Zähne.

Aus der Gleichung (31 geht hervor:

Je höher der Bloch desto kleiner der mögliche Vorschub.

\*) Nach Schmidt ist  $\beta = 0,35$  bis  $0,5$  also im Mittel  $0,4$ .



$\frac{b}{s}$  characterisirt den Schrank, da die Schnittbreite mit der Schrankbreite übereinstimmt.

Mit zunehmender Grösse des Quotienten  $\frac{b}{s}$ , d. h. bei grossem Schrank ist auch ein grösserer Vorschub zulässig.

Bei zunehmendem  $\mu$  nimmt der zulässige Vorschub ab u. s. w. Die secundliche Schnittfläche ist

$$F'' = w \cdot h, \text{ daher}$$

$$F''_{\max} = v \cdot t \frac{1 - \beta \frac{b}{s}}{\mu} \quad (32.)$$

Je grösser  $t$  desto grösser der verfügbare Raum für die Zähne, desto grösser die zulässige Zuschiebung und Schnittfläche.

Stünde die Zahnlänge  $t$  in Proportion zur Sägeblattstärke, so würde einer gegebenen Sägeblattstärke  $b$ , bei gegebener Blochstärke  $h$  und bestimmter Sägeschwindigkeit  $v$ , eine maximale Zuschiebung entsprechen oder umgekehrt:

Ein gegebener Vorschub bedingt eine minimale Sägeblattstärke. (Ein Gesetz das auch Kankelwitz aufgestellt hat.)

In Wirklichkeit hängt jedoch die Zahnlänge  $t$  auch mit der Zahntheilung  $a$  zusammen.

Nach Schmidt ergeben Vergleichen die Verhältnisse:

$$\frac{a}{t} = 1 \text{ bis } 2,$$

$$\frac{t}{b} = 5 \text{ bis } 10,$$

$$\frac{a}{b} = 5 \text{ bis } 20.$$

Bei der Erörterung des Kraftbedarfes sieht Schmidt vom Leerlauf gänzlich ab und beschäftigt sich ausschliesslich mit der Nutzarbeit des einzelnen Zahnes.

Die kurze Schneidekante wirkt bei geschränkten und ungeschränkten Zähnen nur am Schlitzboden (nach Kankelwitz B).

An den Seitenflächen des Schlitzes, d. h. den Schnittflächen, wirken bei ungeschränkten Zähnen die beiden langen Schneidekanten an der Brust des Zahnes, dagegen bei geschränkten Zähnen nur die aussen liegenden scharfen Schneidekanten (nach Kankelwitz A). Die innen liegende lange, stumpfe Brustkante wirkt nur zermalmend oder mahlend auf die von den vorangehenden Zähnen erzeugten Sägespähne. Diese Arbeit ist eine Kraft consumirende wie jede Arbeit, aber eine unnütze, da sie nur die Verarbeitung der bereits gebildeten Spähne zu feineren Spähnen bewirkt.

Nennt man  $W_1$  den Widerstand, den die kurze Schneidekante bei ihrer Arbeit vorfindet (nach Kankelwitz B), so ist dieser Widerstand,



der Cohäsion des Holzes und der Reibung des Zahnes am Schlitzboden herrührt, proportional der Länge der kurzen Schneidekante.

Deshalb für geschränkte Zähne

$$W_1 = \alpha_1 b,$$

für ungeschränkte Zähne

$$W_1 = \alpha_1 s,$$

worin  $\alpha_1$  den Widerstand pro Meter Schneidekantenlänge bedeutet.

Heisst  $W_2$  der Widerstand, den die Brustkanten an den Seitenflächen des Schlitzes bei ihrer Arbeit finden (A nach Kankelwitz), so ist für geschränkte Zähne

$$W_2 = \alpha_2 1,5 \tau,$$

für ungeschränkte Zähne

$$W_2 = \alpha_2 2 \tau,$$

worin  $\alpha_2$  den Widerstand pro Meter Spahndicke, also im Sinne von  $\tau$  gemessen, bedeutet.

Der Gesamtwiderstand ist

$$W = W_1 + W_2.$$

Das Product aus  $W$  und  $v$  in Meterkilogrammen ist die Gesamtarbeit pro Zahn und da  $\frac{h}{a}$  Zähne zur Action gelangen, wird die Gesamtarbeit zu berechnen sein nach

$$W v \cdot \frac{h}{a}.$$

Alle nothwendigen Substitutionen vollzogen, ist für geschränkte Zähne

$$N_1 = v \cdot \frac{h}{a} (\alpha_1 b + \alpha_2 \cdot 1,5 \tau),$$

für ungeschränkte Zähne

$$N_1 = v \cdot \frac{h}{a} (\alpha_1 s + \alpha_2 \cdot 2 \tau)$$

. . . (33.)

Statt der Spahndicke die Zuschiebung eingeführt, ergibt sich für die gesammte Nutzarbeit:

für geschränkte Zähne

$$N_1 = w h \left( \alpha_1 \frac{b}{a} \cdot \frac{v}{w} + 3 \alpha_2 \right)$$

für ungeschränkte Zähne

$$N_1 = w h \left( \alpha_1 \frac{s}{a} \cdot \frac{v}{w} + 2 \alpha_2 \right)$$

. . . (34.)

Da aber  $w h$  nichts anders ist als die secundliche Schnittfläche  $F''$ , so lässt sich aus Formel (34) die specifische Nutzarbeit ableiten für geschränkte Zähne

$$\frac{N_1}{F''} = \alpha_1 \frac{b}{a} \cdot \frac{v}{w} + 3 \alpha_2$$

für ungeschränkte Zähne

$$\frac{N_1}{F''} = \alpha_1 \frac{s}{a} \cdot \frac{v}{w} + 2 \alpha_2$$

. . . (35.)

Dieser Ausdruck für die specifische Nutzarbeit des Sägezahnnes gestattet nachstehende Folgerungen zu ziehen:



Die spezifische Nutzarbeit ist der Sägetheilung umgekehrt proportional.

Bei ungeschränkten Sägen wächst die Nutzarbeit mit der Schnittbreite, bei geschränkten Sägen mit der Sägeblattdicke.

Sie ist ferner direct der Sägegeschwindigkeit und umgekehrt der Zuschiebungsgeschwindigkeit proportional.

Die Wahl der letzteren hat übrigens eine durch Gleichung (31) gezogene Grenze.

Führt man diese in die Formel ein, so erhält man für geschränkte Zähne

$$\left. \begin{aligned} \frac{N_1}{F''_{\max}} &= \alpha_1 \frac{b}{a} \cdot \frac{h}{t} \cdot \frac{\mu}{1-\beta} \frac{b}{s} + 3\alpha_2 \\ \text{für ungeschränkte Zähne} \\ \frac{N_1}{F''_{\max}} &= \alpha_1 \frac{s}{a} \cdot \frac{h}{t} \cdot \frac{\mu}{1-\beta} \frac{b}{s} + 2\alpha_2 \end{aligned} \right\} \quad (36).$$

„Bei geschränkten Sägen ist die minimale spezifische Nutzarbeit um so kleiner je kleiner die Sägegedicke  $b$ , je kleiner die Blochhöhe  $h$  und der Zerspahnungscoefficient  $\mu$ , je grösser die Säge-theilung  $a$ , die Zahntiefe  $t$  und der Schrank ist. Unabhängig ist sie von der Sägegeschwindigkeit“ \*).

„Bei unter sich ähnlich geschränkten Sägen, wo die Verhältnisse  $\frac{s}{b}$ ,  $\frac{a}{b}$ ,  $\frac{t}{b}$  dieselben sind, ergiebt sich die spezifische minimale Nutzarbeit um so kleiner, je grösser die Sägegedicke gewählt wird.

Dieses frappirend erscheinende Resultat findet seine Erklärung darin, dass bei der dickern Säge das zerspahnnte Holzquantum zwar grösser ausfällt, dass aber der Kraftbedarf in kleinerem Verhältniss als der mögliche Vorschub beziehungsweise die minimale Schnittfläche wächst. Wird z. B. die Sägegedicke doppelt so gross angenommen, so entspricht dies auch einer Verdoppelung der Schnittbreite, des Maximalvorschubes und der Maximalschnittfläche. Die Spahndicke wächst im Verhältnisse 1 : 4, die Zahl der am Schlitzboden gemachten Flächen sinkt im Verhältnisse 2 : 1, während die Grösse dieser einzelnen Flächen im Verhältnisse 1 : 2 steigt, so dass sich deren Gesamtgrösse gleich bleibt, während allein die Seitenflächen im Verhältnisse 1 : 2 zunehmen.

Es wächst also die Summe aller Schnittflächen und somit der Kraftbedarf langsamer als die Schnittflächen allein“.

Dieses auf rein theoretischem Wege gefundene Gesetz, wird wenigstens nach mehreren Richtungen durch die Erfahrungen der

\*) Die von Schmidt behauptete Unabhängigkeit von der Sägegeschwindigkeit findet nicht statt, da in dem Nenner des Bruches, welcher die spezifische Nutzarbeit ausdrückt, das ist in dem  $F_{\max}$ , das  $v$  enthalten ist.

Schmidt mag die Unrichtigkeit seiner Behauptung gefühlt haben und fügt hinzu, dass diese Unabhängigkeit von  $v$  eine Grenze finde in der Sorge um die Erhaltung der Säge.



Praxis bestätigt. Beispielsweise ist der Einfluss der Sägedicke, Schnittbreite und Blochhöhe auf den Kraftbedarf selbst dem Handwerker ganz geläufig. Jeder Holzarbeiter kennt den Einfluss der Blochhöhe und weiss, dass wenn man ein Brett einmal so durchschneidet, indem man die Säge längs der Brettdicke hin und her bewegt, das andere Mal so, indem man die Säge längs der Brettbreite hin und her bewegt, ein verschiedener Kraftaufwand für die gleiche Leistung, Durchschneiden des Brettes, nothwendig ist.

Bewegt man nämlich die Säge der Breite des Brettes entlang, so bedeutet die Brettbreite das  $h$  oder die Blochhöhe in der Formel. In diesem Falle erfordert das Zersägen mehr Kraft, d. h. es geht schwerer von statten, es werden mehr aber feinere Spähne erzeugt. Ist die Bewegungsrichtung der Säge parallel zur Dicke des Brettes, so werden weniger aber gröbere Spähne erzeugt und die Anstrengung für den Arbeiter ist eine geringere.

### Kraftbedarf der Gattersägemaschinen nach Kankelwitz.

In allen voranstehenden Auseinandersetzungen ist die Discussion des Kraftverbrauches und der Arbeitsleistung auf das Werkzeug beschränkt. Abgesehen von einigen auf den Publicationen von Schneider basirenden Bemerkungen wurde nur von dem Kraftverbrauch der Sägen im engeren Sinne des Wortes, noch nicht aber von jenem der Sägemaschine gesprochen.

Kankelwitz hat in der a. a. O. angezogenen Abhandlung auch den Kraftbedarf der ganzen Sägemaschine einer äusserst gründlichen Arbeit unterzogen.

Mit Rücksicht auf den uns zur Verfügung stehenden Raum und den Zweck dieser Schrift können wir dem hochgeehrten Autor nicht in allen seinen Erörterungen und Erwägungen folgen und beschränken uns vielmehr darauf die Ergebnisse seiner Theorie mitzutheilen.

Was nun zunächst den Kraftbedarf für das leergehende Gatter anbelangt, so ist derselbe, die übliche Construction der Gatter mit verticalen Sägen voraussetzend, allgemein folgender:

$$N_0 = 1,075 \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{9000} \quad (37.)$$

In dieser Formel bedeutet:

$N_0$  den Arbeitsaufwand für den Leergang einer Gattersägemaschine in Pferdestärken,

$A_1$  die bei den Zapfen am Gatterrahmen während einer Minute durch Reibung verloren gehenden Meterpfunde,

$A_2$  den Kraftverlust in Folge der Reibung bei den Führungen während einer Minute in Meterpfunden,

$A_3$  das Arbeitsmoment der Reibung an den Kurbelzapfen pro Minute in Meterpfunden,

$A_4$  das Arbeitsmoment der Reibung für die Gatterwellenlager pro Minute in Meterpfunden.



Auf Grund dieser allgemein giltigen Formel, für welche die Werthe von  $\Lambda_1$  bis  $\Lambda_4$  nach speciellen Ableitungen entwickelt sind, stellt Kankelwitz nun die Formeln für die verschiedenen Arten von Gattersägen auf.

Ein Mittelgatter, das seiner Construction nach mit den **Figuren 1 bis 3, Taf. XVIII**, des I. Bandes dieses Werkes übereinstimmt und nur ein Sägeblatt enthält, ist folgende theilweise empirische Näherungsformel brauchbar:

$$N_o = 3 \left( \frac{n}{100} \right)^3 \cdot \frac{36 + b^2}{100} \cdot \frac{1,5 + H}{4} \quad (38.)$$

Diese Formel ist giltig für Gatter mit Sägen von einer Stärke von 2 bis 3,25 mm und 0,55 bis 0,675 m Hub und 120 bis 200 Hüben in der Minute.

Zur Berechnung der Schnittfläche pro Minute wurde bereits weiter oben die Formel angegeben:

$$F' = 0,0008 n \cdot H \cdot b$$

Diese Formel gilt bekanntlich für die Schnittfläche pro Minute für den Fall, dass das Gatter fortwährend schneiden könnte und durch Rücklauf, Blochauflegen, Sägeschärfen etc. keine Störungen im Betriebe eintreten würden.

Die Schnittflächen, welche man mit Rücksicht auf die Gatterstillstände und sonstige Betriebsstörungen durchschnittlich erhält, sind nach folgender Näherungsformel pro Stunde zu berechnen:

$$F_h = 60 \frac{F'}{1 + \lambda F'} \quad (39.)$$

Bei Mittelgattern kann man setzen: beim Schneiden von Brettern  $\lambda = 2$  bis 2,5, beim Schneiden von Bohlen und Bauholz  $\lambda = 2,5$  bis 3.

Die kleineren Coefficienten gelten für den Fall, dass man eine sehr gewandte Bedienungsmannschaft für die Säge hat und auch dann nur bei kürzerer Betriebsperiode. Die grösseren Coefficienten dienen für gewöhnliche Fälle und können bei langsamer, ungeschickter Handhabung sich noch erheblich steigern.

Der Kraftbedarf für den Leergang des Bundgatters bei einer Construction, welche nicht zu weit abweicht von der in den **Fig. 13 bis 15, Taf. XVIII** des I. Bandes unseres Werkes dargestellten, wird gleichfalls nach einer Näherungsformel leichter berechnet werden können, als nach der weiter oben angegebenen für alle Arten von Gattern giltigen Formel. Ja die Anwendung dieser letzteren ist sogar völlig ausgeschlossen, wenn man das Gewicht verschiedener Bestandtheile der Sägemaschinen nicht durch Wägen direct ermitteln kann.

Kankelwitz hat uns zwei Ausdrücke geliefert, einen zur Ermittlung des Gewichtes des Gatterrahmens und einen zweiten, durch welchen man mit Hilfe des auf rechnerischem Wege gewonnenen Gattergewichtes die Leergangsarbeit bestimmen kann. Bedeutet:

**G** das Gewicht des Gatterrahmens mit Einschluss der eingehängten Sägen in Kilogrammen,



**E** die lichte Weite des Gatterrahmens für den Durchgang der Stämme in Metern,

**Z** die Zahl der eingehängten Sägeblätter von der Stärke **b**; so ist zunächst das beiläufige Gewicht des Gatterrahmens bei der Anwendung von Sägen **b** = 1,5 bis 2,5 mm

$$G = 45 + (2,5 + 1,2b^2)Z + 4b(1 + 5E/\sqrt{E})/\sqrt{Z} \quad (40).$$

Die Formel gilt für Gatter, deren Gewicht innerhalb der Grenze 125 bis 400 kg liegt und welche 100 bis 200 Hube in der Minute machen. Nun ist

$$N_o = 0,95n \left[ 1,31 - 1,87 \frac{n}{100} + \left( \frac{n}{100} \right)^2 \right] \cdot H \frac{0,4 + H}{100} \cdot \frac{2G - 90}{100} \quad (41).$$

Ist das Gattergewicht bekannt, so wird es selbstverständlich nicht aus der früheren Formel gerechnet sondern direct in die letzte eingeführt. Im Uebrigen ist diese Formel nur für gut construirte Gatter, für diese aber ganz allgemein gültig.

Zur Bestimmung des Kraftbedarfes für die Nutzarbeit haben wir schon weiter oben eine Formel nach Kankelwitz angegeben, in welcher **F'** die Schnittfläche pro Minute bedeutet.

Dieselbe Formel gilt auch für die Nutzarbeit der Bundgatter, obwohl sie für eine einzelne Säge abgeleitet wurde unter der Voraussetzung, dass unter **F'** die Summe der Schnittflächen aller Sägen in der Minute zu verstehen ist. Da jedoch bei Bundgattern selten alle Sägen eine gleiche Schnitthöhe, das ist die in der Richtung der Sägebewegung liegende Blochhöhe besitzen, kann bei gleich starken Sägen nur diejenige in Betracht kommen, welche die grösste Schnitthöhe d. h. die Maximal-Blochstärke vorfindet.

Bezeichnen wir diese mit **h**, so haben wir wieder die Formel

$$N_1 = \kappa (1 + 5h) F'.$$

Die minutliche Schnittfläche, **F'**, kann aber auch für den Fall berechnet werden, dass nicht lauter gleiche Blochstärken den Sägen gegenüberstehen, indem man die von früher her bekannte Formel

$$F' = 0,0008 n H b$$

einer kleinen Modification unterzieht.

Bedeutet  $\delta$  das Verhältniss der mittleren Schnitthöhe sämtlicher Sägen zur Maximal-Schnitthöhe, welche in speciellen Fällen jedes Mal besonders zu ermitteln ist und **Z** wieder die Zahl der arbeitenden Sägen, so ist

$$F' = 0,0008 n H b \delta Z \quad (42).$$

Durchschnittlich dürfte so ziemlich richtig zu setzen sein, wenn Blöche zu ungesäumten Brettern und Bohlen verschnitten werden:  $\delta = 0,75$ , wenn dagegen schon gesäumte Blöche zu Brettern verschnitten werden:  $\delta = 0,9$ . Mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Gatterstillstände ist die durchschnittliche Schnittfläche in der Stunde

$$F_h = \frac{60 F'}{1 + 7 \left( 0,03 + \frac{1}{Z} \right) F'} \quad (43).$$



## Fünfter Abschnitt.

### Versuche über Leistung und Arbeitsverbrauch an Sägemaschinen.



## Fünfter Abschnitt.

### Versuche über Leistung und Arbeitsverbrauch an Sägemaschinen.



Seitdem er sich im Besitz dieses Apparates befindet, beschäftigt er die sich ihm darbietenden Gelegenheiten, um in Gemeinschaft mit seinem Assistenten Herrn Ingenieur Georg Jacob, dynamometrische Untersuchungen über Werkzeugmaschinen für Holzbearbeitung durchzuführen. Den vorliegenden Abschnitt bildet nun eine Zusammenstellung aller mit Hilfe des Hartig'schen Dynamometers unternommenen Versuche über Sägemaschinen und zwar nach Arten derselben geordnet.

Regierungsrath Hartig, Professor am Polytechnicum zu Dresden, hat ein äusserst leistungsfähiges Differential-Brems-Dynamometer construirt und mit diesem von der sächsischen Maschinenfabrik (vormals R. Hartmann) in Chemnitz gebauten Apparate mehrere Reihen von Versuchen durchgeführt, die sich des ungetheilten Beifalls der technischen Welt erfreuten.

Im Jahre 1873 erschien (im Verlage von Teubner in Leipzig) das 3. Heft der „Mittheilungen der königl. sächsischen polytechnischen Schule“, in welchem eine Serie von dynamometrischen Arbeiten über Werkzeugmaschinen, u. a. auch solchen zur Holzbearbeitung dienend, veröffentlicht wurde.

Hartig strebte vor Allem an, im Wege des Experimentes zuverlässige Daten über Leergang und Nutzarbeit von solchen Maschinen zu erlangen, welche Repräsentanten häufig vorkommender Constructionen sind. Dass er bei dieser Gelegenheit auch die Stichhaltigkeit der bislang veröffentlichten Theorien über Leistung und Arbeitsverbrauch der Sägemaschinen prüfte, konnte nicht überraschen, ebensowenig, dass es zunächst die Kankelwitz'sche Theorie war, auf die sich Hartig vielfach bezog.

Der genannte Technologe lieferte auf diese Art nicht nur für die Praxis werthvolle Daten, welche sich gar wesentlich an Exactheit von den durch die Maschinenfabrikanten gemachten Angaben über Kraftverbrauch auszeichnen, sondern er erhärtete auch gewisse theoretische Aufstellungen, welche bis dahin auf einer verhältnissmässig kleinen Zahl von Beobachtungen beruhten, die noch überdies nicht durch so vollkommene Hilfsmittel unterstützt wurden, als es jene waren, deren sich Hartig bediente.

Diese Methode der Forschung, welche auch die Aufstellung des einen oder anderen neuen Begriffes zur Folge haben musste, ist von unberechenbarem Werth für die Entwicklung der technologischen Wissenschaft überhaupt, ganz besonders aber für die Erweiterung der Erkenntniss über specielle Arbeitsprocesse.

Der Verfasser glaubte nichts Besseres thun zu können, als den von Hartig vorgezeichneten Weg gleichfalls zu betreten und sich möglichst an das von ihm bereits Gebotene anzuschliessen.



Seitdem er sich im Besitz dieses Apparates befindet, benützte er die sich ihm darbietenden Gelegenheiten, um in Gemeinschaft mit seinem Assistenten, Herrn Ingenieur Georg Lauböck, dynamometrische Untersuchungen über Werkzeugmaschinen für Holzbearbeitung durchzuführen.

Den vorliegenden Abschnitt bildet nun eine Zusammenstellung aller mit Hilfe des Hartig'schen Dynamometers unternommenen Versuche über Sägemaschinen und zwar nach Arten derselben geordnet.

Der Verfasser glaubte nichts Besseres thun zu können, als den von Hartig vorgezeichneten Weg gleichfalls zu betreten und sich möglichst an das von ihm bereits Gebotene anzuschließen.

Wissenschaft überhaupt, ganz besonders aber für die Erweiterung und Bereicherung des Werth für die Entwicklung der technologischen einen oder anderen neuen Begriffes zur Folge haben musste, ist von dieser Methode der Forschung, welche auch die Aufstellung des als es jene waren, deren sich Hartig bediente.

Es ist nicht durch so vollkommenes Hilfsmittel unterstützt worden, wie die kleine Zahl von Beobachtungen betrafen, die noch über theoretische Aufstellungen, welche bis dahin auf einer gewissen über Kraftverbrauch ausgingen, sondern es schritt auch gewisse holt von den durch die Maschinenfabriken gemachten Angaben die Praxis wertvolle Daten, welche sich gar wesentlich an Hartig Der genannte Technologe bezieht auf diese Art nicht nur für auf die sich Hartig selbst bezog.

Ebenso wenig, dass es zugeht die Kugelwelle, die Theorie war, Arbeitsverbrauch der Sägemaschinen größer, konnte nicht übersehen, haltigkeit der bislang veröffentlichten Theorien über Leistung und Constructionen sind. Dies ist bei dieser Gelegenheit auch die Stütze zu erlangen, welche H. Hartig unter Bezug auf die sich Hartig verlässige Daten über Leistung und Natur der von solchen Maschinen zu streichen von Allen, im Wege des Experimentes zu Bearbeitung der Hand, veröffentlicht wurde.

Arbeiten über Werkzeugmaschinen, die man schon aus Holz- technischen Schule, in welchem eine Reihe von dynamometrischen (s. d. 3. Heft der „Mittheilungen der k. k. österreichischen poly- im Jahre 1873 erschien von Hartig von Tschann in Leipzig theilten Theile der technischen Welt erschienen.

mehrere Theile von Tschann herab, die sich der unge- fähr (vermuthlich Hartig) in Gemeinschaft mit dem Apparat meter constant und mit diesem von der k. k. österreichischen Maschinen- fabrik, hat ein besseres Instrument, Hartig'sches Dynamometer, den, hat ein besseres Instrument, Hartig'sches Dynamometer, zu Dis-



## Erstes Capitel.

### Die Gattersäge.

#### I. Schwartensäge (GH) von Johann Zimmermann in Chemnitz \*).

Auf **Taf. IV** ist diese Säge in den **Fig. 1** und **2** in  $\frac{1}{15}$  der Naturgrösse skizzirt. Die Bezeichnung des Sägeblattes ist auf **Taf. III, Fig. 16** in wirklicher Grösse dargestellt.

Verticales, hölzernes Seitengatter, schneidend während des Niederganges.  $b = 1,4$ ,  $s = 4$ ,  $a = 13,1$ ,  $l = 13,25$ ,  $H = 338$ , Gewicht des Gatters 60 kg,  $h_{\max} = 240$ ,  $n = 220$ ,  $v_{\max} = 3,892$ ,  $z = 1,3$  bis 7,3.

Von den 34 Versuchen dienten drei für den Leergang, eine Anzahl zur Ermittlung der Nutzarbeit bei Fichtenholz, eine weitere Anzahl bei Eschenholz. Es stand Holz von je zwei verschiedenen Blochhöhen zur Verfügung.

Der Leergang des Gatters ergab sich mit

$$N_0 = 0,83 \text{ PS.}$$

Hartig verglich hiermit die vom Professor Kankelwitz für den Leergang des Gatters entwickelte Formel (37 Seite 88 und rechnete auf Grund derselben nach Ermittlung der zugehörigen Daten am Gatter. Dabei stellte sich heraus:

$$N_0 = 0,821 \text{ PS.}$$

Die gute Uebereinstimmung zwischen der directen Beobachtung und des von der Formel gelieferten Werthes hat für den Leergang sowohl die Richtigkeit der Formel, als auch den bei der Rechnung gewählten Reibungs-Coefficienten bestätigt, welcher letzterer nur von 0,07 auf 0,071 erhöht zu werden brauchte, um eine volle Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Experiment zu ergeben.

Die Versuche über die Nutzarbeit hatten das Ziel, den Einfluss der Grösse der Zuschiebung auf die Betriebskraft zu erforschen.

\*) Untersucht von Hartig a. a. O. Seite 61.



Durch graphische Auftragung der Werthe von  $z$  und  $\varepsilon$  erhält Hartig die Formel

$$\varepsilon = 0,046 + \frac{0,330}{z} \quad . \quad . \quad . \quad (44.)$$

Die Gestalt dieser Formel stimmt mit jener überein, welche Kankelwitz vorwiegend auf Grund theoretischer Erwägungen entwickelte (siehe Formel 26, IV. Abschnitt).

Das erste Glied auf der rechten Seite der Gleichung entspricht dem Widerstande bei Bearbeitung der Seitenflächen des von der Säge erzeugten Schlitzes (Schnittflächen); das zweite Glied dem Widerstande, den die kurzen Schneidekanten der Zähne am Schlitzboden zu überwinden haben. Ersteres ist nur von der Natur des Holzes abhängig, letzteres von  $z$ , von  $H$  und entweder von der Schnittbreite oder von der Sägeblattstärke\*).

Die Schnittbreite war bei dem Hartig'schen Versuche, wie angegeben, 4 mm.

Zieht man einen Vergleich mit den von Professor Schneider auf lufttrockenes Fichtenholz bei  $s = 2$  mm und  $H = 0,46$  m angestellten Versuchen, welche ein

$$\varepsilon = 0,046 + \frac{0,186}{z} PS \quad . \quad . \quad . \quad (45)$$

ergeben, so lässt sich auf Grund der Uebereinstimmung aus beiden Ausdrücken für  $\varepsilon$  der allgemein gültige Werth für lufttrockenes Fichtenholz aufstellen:

$$\varepsilon = 0,046 + 0,224 \frac{H \cdot s}{z} PS \quad . \quad . \quad . \quad (46)$$

oder durch Einführung von  $\zeta$  (Formel 2, I. Abschnitt)

$$\varepsilon = 0,046 + \frac{0,000224 s}{\zeta} PS \quad . \quad . \quad . \quad (47.)$$

Aus der von Hartig unmittelbar abgeleiteten Grösse des  $\varepsilon$  und der Leergangsarbeit ergibt sich endlich der Ausdruck für die gesammte Betriebsarbeit mit

$$N = 0,83 + \left( 0,046 + \frac{0,330}{z} \right) F_h PS \quad . \quad . \quad . \quad (48)$$

wobei  $F_h$  für die in Rede stehende Säge zu rechnen ist nach:

$$F_h = 0,0132 \cdot H \cdot z.$$

Von dem so erhaltenen  $F_h$  ist mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Unterbrechungen der Schneidearbeit ein Abzug von 20

\*) Da Kankelwitz ein bestimmtes Verhältniss zwischen Schnittbreite  $s$  und Blattstärke  $b$  voraussetzt, so erscheint in den Kankelwitz'schen Formeln die letztere. Hartig lässt mit gleichem Recht in der Formel statt der Blattstärke die direct beobachtete Schnittbreite erscheinen, wodurch er sich von der Blattstärke unabhängig macht. Freilich wird dadurch der Coefficient des zweiten Gliedes in der Kankelwitz'schen Formel ein anderer sein müssen, als jener in der Hartig'schen Formel.



bis 25 Proc. zu machen, wenn man die factische stündliche Leistung an Schnittfläche berechnen will.

Aus  $F_h$  lässt sich durch Multiplication mit der Schnittbreite das Schnittvolumen ermitteln (Formel 7, I. Abschnitt). Dividirt man das stündliche Schnittvolumen durch die Nutzarbeit  $N_1$ , so gelangt man zu dem Begriffe des Schnittvolumens pro Pferdestärke Nutzarbeit und Stunde — ein Begriff, welchen Hartig aufgestellt hat, um die Nutzleistung der Sägen mit jener anderer Holzbearbeitungs-Maschinen in Vergleich stellen zu können.

Wir bezeichnen diesen Begriff mit  $\frac{1}{\varepsilon_1}$

$$\frac{1}{\varepsilon_1} = \frac{s \cdot F_h}{1000 N_1} = \frac{s \cdot F_h}{1000 \varepsilon \cdot F_h} = \frac{s}{1000 \varepsilon} \quad *) \quad (49)$$

Bei gleicher Zuschreibung ergab sich für Eschenholz durchschnittlich ein 14 Proc. höherer Werth von  $\varepsilon$ . Hartig empfiehlt bis auf Weiteres für Eschenholz die Formel

$$\varepsilon = 0,052 + \frac{0,376}{z} \text{ PS.}$$

## II. Verticales Halbgatter in der Parquettenfabrik von K. Leistler in Wien\*\*).

Die Regeln für eine zweckmässige Zahnform beim Längsschneiden der verschiedenen Holzarten weichen, soweit sie von den Praktikern angegeben werden, wesentlich von einander ab. Um ein Urtheil darüber zu gewinnen, ob man im Wege von dynamometrischen Untersuchungen zu Resultaten in dieser Richtung gelangen könne, welche eine sichere Beurtheilung der einschlägigen Fragen zulassen und um eventuell zu einem positiven Ergebniss zu gelangen, wurden bei einer zur Verfügung stehenden Seitengatter-Sägemaschine der Gebr. Leistler in Wien Versuchsreihen angestellt.

Die Fig. 3 und 4 auf Taf. IV geben eine Vorstellung von der betreffenden Maschine.

Das hölzerne Halbgatter  $a$  wird nicht direct von der Pleuelstange angefasst sondern ist durch Schrauben  $c$  mit den Führungsstangen  $b$  verbunden, welche sowohl unter einander als auch mit der Pleuelstange in Verbindung stehen und in den Führungen auf- und ablaufen.

Durch Lösen der beiden Schrauben  $c$  ist es möglich, den ganzen Gatterrahmen auszuwechseln; dies bietet den Vortheil, dass das Sägeblatt zum Behufe des Nachschärfens nicht ausgewechselt und daher die Spannung desselben einer Veränderung nicht ausgesetzt

\*)  $\frac{1}{\varepsilon_1}$  ist nichts Anderes, als der reciproke Werth von  $\varepsilon_1$  (Formel 10, I. Abschnitt).

\*\*) Untersucht von Exner und Lauböck, Civil-Ingenieur 25. Band, 11. Heft.



werden muss. Man könnte daher diese Maschine eine Halbgattersäge mit Wechselrahmen nennen. Der Antrieb des Halbgatters geschieht von der Welle  $d$  aus mittelst der auf den Schwungradarmen sitzenden Pleuelstange.

Die Zuschiebungsvorrichtung hat die bekannte Anordnung mit Sperrrad und Schiebklau; letztere wird durch den zweimal rechtwinkelig gebogenen Hebel  $e$  getragen. Die Grösse der Zuschiebung des Blochwagens kann durch Veränderung der Verbindungsstelle der beiden Hebel  $e$  und  $g$  und durch grössere oder geringere Entfernung der excentrischen Befestigung der Hebelstange  $g$  in der Schleife  $h$  auf der Welle  $d$  variirt werden. Auf der Achse des Sperrrades sitzt ein Trieb, der in die Zahnstange des Blochwagens eingreift.

Für die Versuchsreihen standen vier Holzarten: Tanne, Eiche, Mahagoni und Linde zur Verfügung; sämmtlich vollkommen trocken, alle mit der gleichen Schnitthöhe = 390.

Das Sägeblatt von 2,8 mm Stärke wurde ungeschränkt verwendet, so dass Schnittbreite und Blattstärke nahezu gleich waren. Die Zahntheilung betrug 24 mm. Die Feilenstellung beim Schärfen der Zähne war senkrecht auf die Blattebene. Verschieden war an den durchaus gleichen Sägeblättern nur die Winkel und dadurch die dreieckige Gestalt der Zahnfläche.

Auf **Taf. III, Fig. 17**, sind die drei Bezahnungen, die in Anwendung kamen, ersichtlich. Dabei betrug bei

Bezahnung I  $B = 90^\circ$ ,  $S = 42^\circ$ ,

„ II  $B = 74^\circ$ ,  $S = 26^\circ$ ,

„ III  $B = 106^\circ$ ,  $S = 58^\circ$ ,

$R$  bei allen drei Sägen =  $48^\circ$ .

Eine Anzahl von Versuchen diente zur Ermittlung der Leergangsarbeit und ausserdem wurden mit jeder Säge bei jedem Holz durchschnittlich 6 bis 7 Schnitte geführt, um die Betriebsarbeit zu erheben. Im Ganzen wurden 92 Versuche durchgeführt.

Aus den Versuchen ergab sich Folgendes:

1) Die Betriebsarbeit für den Leergang bei unbeladenem Wagen  
 $N_0' = 1,6 \text{ PS.}$

Die Betriebsarbeit für den Leergang bei beladenem Wagen im Mittel

$N_0 = 1,675 \text{ PS.}$

2) Der Einfluss der Zuschiebung auf die Nutzarbeit wurde nicht zum Gegenstande der Untersuchung gemacht, da der Zuschiebungsmechanismus eine sehr präzise Feststellung von  $z$  nicht gestattete, die Variirung derselben nur innerhalb enger Grenzen möglich war und eine bedeutende Steigerung bei der beträchtlichen Blochhöhe mit Rücksicht auf die vorhandene Betriebskraft ausgeschlossen erschien. Man beschränkte sich daher auf die Verfolgung des Eingangs erwähnten Zieles.

$\epsilon$  ist für alle drei Sägen bei Tannenholz nahezu übereinstimmend; woraus folgt, dass bei Tannenholz der Einfluss der Zahnform auf die Nutzarbeit innerhalb der Variirung des Brustwinkels nicht nachweisbar war. Bei Eiche und Mahagoni sowohl als bei Linde ergab die Säge I den höchsten Werth von  $\epsilon$ ; das will



sagen: der Brustwinkel von  $90^\circ$  ist bei diesen drei Holzarten mit Rücksicht auf den Arbeitsverbrauch der ungünstigste. Erwägt man, dass bei vertical stehender Säge die Zahnbrust, soweit sie in das Holz bei jedem Schnitte eindringt, also der ganzen Länge von  $\tau$  nach, gleichzeitig die Schnittaction beginnt, so kann dieses Ergebniss nicht überraschen.

Bei Eiche und Mahagoni stellt sich  $\varepsilon$  für die Säge I beinahe doppelt so gross wie bei Säge II und III. Man kann also überzeugt sein, dass die Anwendung der Säge I bei Eichenholz und Mahagoni ganz entschieden perhorrescirt werden muss.

Die beste Bezeichnung für Eiche und Mahagoni ist die mit zurückspringenden Zähnen, Säge III. Eichen- und Mahagoniholz gehören beide zu den sogenannten ringporigen Hölzern und waren auch, abgesehen von der Aehnlichkeit des anatomischen Baues, unter den zur Verfügung stehenden Holzarten die am meisten in Beziehung auf Härte übereinstimmenden. Auch für das überaus weiche Lindenholz zeigte sich das Maximum von  $\varepsilon$  bei Säge I. Doch steht ihr in dieser Beziehung Säge III sehr nahe; dagegen giebt die Säge II das Minimum von Nutzarbeit und muss daher das überhängende Zahndreieck für das Schneiden von Lindenholz als vortheilhaft bezeichnet werden.

Es scheint demnach, dass das Studium des Einflusses verschiedener Zahngestalten auf die Grösse der Nutzarbeit durch dynamometrische Versuche gefördert werden kann. Dies wird in besonders hohem Masse dann der Fall sein, wenn man mit einem Bundgatter von verhältnissmässig kleiner Leergangsarbeit gleichzeitig mit einer grossen Zahl von Blättern operiren kann, welche dann der Versuchszahl entsprechend auf Zahnform-Momente variirt werden müssen.

3) Das Maximum von  $F_h$  betrug beim Schneiden von Tannenholz 8,261 qm; die normale Tourenzahl war dabei 230,

$$N = 1,913,$$

der Wirkungsgrad der Gattersäge

$$\mu = \frac{N - N_0}{N} = \frac{1,913 - 1,675}{1,913} = 0,12 *).$$

### III. Bundgatter von S. Worssam & Co., Chelsea, London \*\*).

In der Maschinengalerie der Pariser Ausstellung des Jahres 1878 war ein eisernes, elegant gebautes Bundgatter für Kantholz exponirt. Die Maschine war von verhältnissmässig kleinen Abmessungen und zur Aufnahme von höchstens sechs Sägeblättern bestimmt.

Aus den Fig. 1 und 2 der Taf. V sind der gusseiserne Ständer, die Betriebswelle mit ihren Riemenscheiben und dem Schwungrade

\*) Dass dieser Wirkungsgrad verhältnissmässig niedrig ausfällt, kann bei der hohen Betriebsarbeit für den Leergang nicht überraschen

\*\*) Untersucht von Exner und Lauböck, Civil-Ingenieur 25 Band, 2 und 3. Heft.



u. s. w. ersichtlich. Der Zuschiebungsmechanismus ist die bekannte *silent feed motion*.

Neu an der Maschine war die Auflagerung und Führung des Kantholzes, **Fig. 3, Taf. V**. Die intermittierend bewegte Zahnstange  $a$  trägt an ihrem Ende den Mitnehmer  $b$ , der sich an die rückwärtige Hirnfläche des Pfostens stemmt. Die Rollen  $c$  und  $c_1$  haben verschiedene Durchmesser; erstere dient als Unterstützung für die schmale Seite des hochkantig stehenden Pfostens. Letztere besitzt beiderseits Flantschen, welche die Zahnstange seitlich umfassen und dieselbe zwingen, sich geradlinig fortzubewegen.

Um das Holz während der Zuschiebung gegen Oscillation zu schützen, ist überdies eine seitliche Führung durch zwei kleine Rollen  $e$ , welche höher und tiefer gestellt werden können und durch eine geriffelte Walze  $f$ , die nach der Dicke des Pfostens verschiedene Positionen annehmen kann, bewerkstelligt.  $f$  wird durch ein Gewicht  $g$  an das Holz angepresst. Ausserdem sichern die Lage des Holzes in der Verticalebene die Rollen  $i$ , welche kleinen Unregelmässigkeiten in der Form des Bloches folgen können.

An diesem Bundgatter wurden im Ganzen 28 Versuche durchgeführt, von denen zwei zur Bestimmung des Leerganges, die übrigen zur Ermittlung des Arbeitsganges, theils bei Tannenholz, theils bei Eichenholz unter successiver Anwendung von einem Blatte, zwei, drei und vier Blättern dienten.

Es standen zweierlei Sägeblätter zur Verfügung, deren Bezeichnungen auf **Taf. III, Fig. 18**, in Naturgrösse dargestellt sind. Die Zahnform I wird von Worssam für das Verschneiden von weichem Holze empfohlen, die Zahnform II hingegen soll vornehmlich bei Harthölzern angewendet werden können. Für beide Bezeichnungen war  $a = 21$ ,  $s = 2,5$ .

Die Säge I wurde nur bei Weichholz, wofür sie bestimmt ist, in Anwendung gebracht; bei Eichenholz versuchte man jedoch nicht nur die Säge II sondern des Vergleiches halber auch die Säge I,  $h$  war in allen Fällen 200.

Aus den Versuchsergebnissen konnte gefolgert werden:

1) Die Betriebsarbeit für den Leergang beträgt

$$N_0 = 1,057 \text{ PS.}$$

2) Für das Tannenholz ergaben sich unter Anwendung der Säge I die folgenden Mittelwerthe für Schnittfläche und specifische Nutzarbeit bei einer mittleren Zuschiebung von  $z = 3,7$ .

|                     | $F_h$  | $\varepsilon = \frac{N - N_0}{N}$ |
|---------------------|--------|-----------------------------------|
| 1 Blatt . . . . .   | 10,736 | 0,085                             |
| 2 Blätter . . . . . | 19,008 | 0,081                             |
| 3 „ . . . . .       | 28,512 | 0,104                             |
| 4 „ . . . . .       | 37,476 | 0,099                             |

Aus den Daten für  $\varepsilon$  lässt sich ein Durchschnittswerth ableiten  
 $\varepsilon = 0,092 \text{ PS.}$



Mit Rücksicht auf den von Hartig für weiches Nadelholz gefundenen Werth von

$$\alpha = 0,046$$

würde für die Worssam'sche Sägemaschine beim Verschnelden von weichem Holz die Formel resultiren:

$$\varepsilon = 0,046 + \frac{0,170}{z} \dots (50)$$

Da nun unsere Schnittbreite  $s = 2,5$ ,  $H = 0,33$  m, so erhält man nach der bekannten Formel von Kankelwitz

$$\varepsilon = 0,046 + 0,206 \cdot \frac{H \cdot s}{z} \dots (51)$$

Vergleicht man damit die für die Schwartensäge von Kankelwitz aufgestellte Formel, so findet man, dass der dort erscheinende Coefficient des zweiten Gliedes (0,224) sich erst in der zweiten Decimale von dem durch unsere Versuche aufgestellten unterscheidet; es ist dies eine auffallend gute Uebereinstimmung. Führt man  $\zeta$  ein, so erhält man ferner

$$\varepsilon = 0,046 + \frac{0,000206 \cdot s}{\zeta} \dots (52)$$

3) Die spezifische Nutzarbeit pro Quadratmeter Schnittfläche  $\varepsilon$  zeigt nach den Versuchsergebnissen eine unverkennbare Steigerung, namentlich bei dem Verschnelden von Eichenholz, wenn an dem Bundgatter statt einem Blatte zwei oder mehrere Blätter eingehängt werden. So steigt für Tannenholz bei Säge I  $\varepsilon$  von 0,085 bis 0,1; für Eichenholz bei Säge I je nachdem ein Blatt, zwei, drei oder vier Blätter eingehängt waren: 0,073, 0,089, 0,105 und 0,208. Endlich bei Anwendung der Säge II für Eichenholz die respectiven Werthe von  $\varepsilon$ : 0,080, 0,095, 0,119, 0,134.

Diese Steigerung von  $\varepsilon$  konnte bei unseren Versuchen nicht durch die verschiedenen kleinen Aenderungen von  $z$  erklärt werden; wohl aber kann die Zunahme von  $\varepsilon$  bei steigender Blattzahl durch eine Rückwirkung der mit der Zahl der Blätter zunehmenden Nutzarbeit auf die Bewegungshindernisse in der Werkzeugmaschine begründet erscheinen. Wenn man mit einem Blatte schneidet, so wird die Reibung des Gatterrahmens in seinen Führungen, des Pleuelstangenkopfes bei Gatterzapfen und Kurbelwarze etc. eine geringere sein, als wenn man mit zwei oder mehreren Blättern schneidet. Der Betrag, welcher von dem gesammten Arbeitsaufwand auf die Bewegung der Maschine entfällt, wird also stets steigen und grösser sein, als der Leergang  $N_0$ , welcher die Betriebsarbeit für die Maschine darstellt, wenn sie nicht arbeitet. Im Hinblick auf diese Reibungen kann daher eine Zunahme des  $\varepsilon$  bei steigender Blattzahl nicht überraschen. Es ist überdies wahrscheinlich, dass diese Zunahme der Blattzahl proportional steigt. Ist  $\varepsilon_{(1)}$  die Nutzarbeit pro Quadratmeter Schnittfläche und Stunde, wenn nur ein Sägeblatt verwendet wird,  $\varepsilon_{(z)}$  wieder die Nutzarbeit pro Qua-



dratmeter Schnittfläche und Stunde wenn  $Z$  Sägeblätter angewendet werden, so wird

$$\varepsilon_{(z)} = \varepsilon_{(1)} + (Z - 1) P, \quad . \quad . \quad . \quad (53)$$

worin  $P$  die Zunahme von  $\varepsilon$  bei Hinzufügung eines Blattes darstellt. Aus unserer Versuchsreihe, die sich bis auf vier Blätter erstreckte, kann das  $P$  wohl nicht mit grosser Schärfe ermittelt werden. Immerhin beweisen aber unsere Versuche die Existenz dieser Zunahme der spezifischen Nutzarbeit, auf welche bisher nicht aufmerksam gemacht wurde und welche Consequenzen hat, die bisher in der Literatur nicht gezogen wurden.

Arbeitet man mit einem Mittelgatter, d. i. mit einem Sägeblatt, so wird die entsprechende Betriebsarbeit nach folgender Formel zu rechnen sein:

$$N_{(1)} = N_o + \varepsilon_{(1)} F_{h(1)} \quad . \quad . \quad . \quad (54)$$

worin  $F_{h(1)}$  die Schnittfläche pro Stunde bedeutet.

Ferner ist die auf den stündlichen Quadratmeter Schnittfläche entfallende gesammte Betriebskraft

$$\frac{N_{(1)}}{F_{h(1)}} = \frac{N_o}{F_{h(1)}} + \varepsilon_{(1)} \quad . \quad . \quad . \quad (55)$$

Setzt man nun bei einem Bundgatter voraus, dass die Zuschiebung, Hubzahl und Hubhöhe des obigen Mittelgatters beibehalten werden können, dass also die Schnittfläche der Blattzahl proportional wächst, so würde bei  $Z$  Blättern  $F_{h(z)}$   $z$ mal so gross sein als  $F_{h(1)}$ .

Bisher glaubte man, dass die Nutzarbeit für diese ihre vielfache Schnittfläche in demselben Masse steigen würde wie die Schnittfläche selbst und dass auch jetzt nur noch derselbe Leergang hinzuzurechnen sei, der bei dem Gatter mit einem Sägeblatte gefunden wurde. Diese Voraussetzung ist nach den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen nicht stichhaltig.

Es ist vielmehr, wenn man den Leergang als sich gleichbleibend voraussetzt, das  $\varepsilon$  eine mit der Vermehrung der Blattzahl wachsende Grösse, und der Ausdruck für den gesammten Arbeitsaufwand bei einem Bundgatter mit  $Z$  Blättern pro Quadratmeter Schnittfläche und Stunde ergibt sich

$$\frac{N_{(z)}}{F_{h(z)}} = \frac{N_o + F_{h(z)} \cdot \varepsilon_{(z)}}{F_{h(z)}} \quad . \quad . \quad . \quad (56)$$

oder

$$\frac{N_{(z)}}{Z \cdot F_{h(1)}} = \frac{N_o + Z \cdot F_{h(1)} \{ \varepsilon_{(1)} + (Z - 1) P \}}{Z \cdot F_{h(1)}} \quad (57)$$

Diese Gleichung gilt, wie nochmals hervorgehoben werden muss, unter der Voraussetzung, dass bei einem Vergleiche der Leistung des Mittelgatters mit einem Bundgatter von  $Z$ -Sägeblättern, Zuschiebung, Tourenzahl und Hubhöhe gleich bleiben, was freilich nicht immer durchführbar ist.



Setzt man nun die auf den Quadratmeter entfallende Betriebsarbeit bei einem Mittelgatter und bei einem Bundgatter von  $Z$ -Sägeblättern einander gleich, d. i.

$$\frac{N_{(1)}}{F_{h(1)}} = \frac{N_{(z)}}{F_{h(z)}}; \quad (58)$$

so ist durch diese Bedingungsgleichung jener Fall ausgedrückt, in welchem das Bundgatter dynamisch gegenüber dem Mittelgatter keinen Vorthail mehr darbietet. Substituirt man aus den Gleichungen (55 und (57 die entsprechenden Werthe, so erhält man durch Rechnung den Werth von  $Z$

$$Z = \frac{1}{2} \left[ \left( 1 + \frac{N_o}{P F_{h(1)}} \right) \pm \sqrt{\frac{N_o}{P F_{h(1)}} \left( \frac{N_o}{P F_{h(1)}} - 4 \right)} \right] \quad (59)$$

wobei

$$F_{h(1)} < \frac{N_o}{4P} \quad (60)$$

sein muss.

Diese Gleichung lehrt uns, in welchem Fall, d. h. bei welcher Blattzahl der bekannte Vorzug des Bundgatters gegenüber dem Mittelgatter in kraftöconomischer Beziehung aufhört\*).

4) Der Mittelwerth für  $\varepsilon$  bei Eichenholz unter Anwendung der Säge I stellt sich auf 0,119. Der mittlere Werth bei Anwendung der Säge II auf 0,107.

Der erstere ist um 11 Proc. höher, als der letztere, d. h. Säge I schneidet bei Eichenholz in Beziehung auf den Kraftbedarf weniger günstig, als Säge II. Säge I hat aber stärker überhängende Zähne als Säge II; beträgt doch der Brustwinkel bei ersterer nur  $71^\circ$ , während er bei letzterer  $80^\circ$  ausmacht, sich also mehr einem Rechten nähert. Daraus würde folgen, dass für Eichenholz minder überhängende Zähne, also Zähne mit einem grösseren Brustwinkel empfehlenswerth sind, als solche mit einem kleineren Brustwinkel. Dies stimmt in einem gewissen Grade mit dem Ergebniss der Ver-

\*) Aus den Versuchen mit Säge I bei Tannenholz rechnet sich  
 $P = 0,005$ .

Die Betriebsarbeit für den Leergang betrug

$N_o = 1,057$

und somit ist

$$F_{h(1)} < \frac{1,057}{4 \cdot 0,005}$$

d. i. 52,3 qm.

Setzt man für  $F_{h(1)} = 10$  qm und belässt man  $P = 0,005$ , so erhält man nach Gleichung (59

$$Z = 21,$$

d. h. bei einem Bundgatter mit 21 Blättern, wo jedes Blatt 10 qm stündlich im Tannenholz schneidet, findet keine Ersparniss an gesammter Betriebskraft statt, im Vergleiche mit 21 Mittelgattern von gleicher Leistung.



suche über die Zahnform bei dem Leistler'schen Halbgatter überein.

5) Die grösste Arbeitsleistung, welche bei dem in Rede stehenden Bundgatter beobachtet wurde, zeigte für Tannenholz

$$F_h = 37,476 \text{ qm.}$$

Mit Rücksicht auf den dabei beobachteten Aufwand an gesammter Betriebsarbeit und an Leergangsarbeit stellt sich der Wirkungsgrad dieses Gatters auf

$$\mu = 0,78.$$



## Zweites Capitel.

### Die Circularsäge.

#### I. Kreissäge (OG) von Johann Zimmermann in Chemnitz\*).

Das Facsimile der Bezeichnung ist auf **Taf. III, Fig. 19**, wiedergegeben.

$$b = 2,05, s = 2,85, a = 22,4,$$

Zahnzahl 82, Durchmesser des Sägeblattes 586.

Ausser der Bestimmung des Leerganges wurde die Betriebsarbeit bei Längsschnitt und Querschnitt im trockenen Fichtenholz, ferner bei Längsschnitt in Rothbuche, Erle und Esche erhoben.

Der Leergang dieser Säge erfordert

$$N_0 = 0,72 \text{ PS.}$$

Bei einer Zuschiebung der Arbeitsstücke  $z'' = 15,4$  bis  $40,5$ , bei einer Tourenzahl  $n = 1200$  und einer normalen Umfangsgeschwindigkeit des Blattes  $v = 36,820$  stellte sich das  $\varepsilon$  für Längsschnitt:

|           |   |   |   |   |   |   |                       |
|-----------|---|---|---|---|---|---|-----------------------|
| Fichte    | . | . | . |   | . | . | $\varepsilon = 0,104$ |
| Fichte    | . | . | . | ⊥ | . | . | $\varepsilon = 0,232$ |
| Rothbuche | . | . | . |   | . | . | $\varepsilon = 0,113$ |
| Erle      | . | . | . |   | . | . | $\varepsilon = 0,126$ |
| Esche**)  | . | . | . |   | . | . | $\varepsilon = 0,264$ |

Hartig stellt nun noch folgende interessante Vergleichung an zwischen der specifischen Nutzarbeit an der Circularsäge und an der Gattersäge unter sonst gleichen Verhältnissen. Er berechnet nach der von ihm aufgestellten Formel für  $\varepsilon$  bei Gattersägen bei einer Zuschiebung von  $\zeta = \frac{1}{1084}$  und  $s = 2,85$  das  $\varepsilon$  und findet

$$\varepsilon = 0,738 \text{ PS,}$$

während das  $\varepsilon$  der Circularsäge unter gleichen Umständen nur 0,104 bei trockenem Weichholz betragen würde. Dieser Vergleich fällt, wie zu erwarten war, sehr zu Ungunsten der Gattersäge aus.

\*) Hartig a. a. O., Seite 57.

\*\*) || bedeutet längs der Faser, ⊥ Querschnitt



## II. Kreissäge (E D) von Johann Zimmermann in Chemnitz \*).

Die Bezeichnung, welche hier zur Anwendung gelangte, ist aus **Taf. III, Fig. 20**, ersichtlich. Die Dimensionen dieser Säge sind grösser als die der vorigen.

$b = 3,05$ ,  $s = 5,50$ ,  $a = 39,6$ , Zahnzahl 69, Durchmesser des Blattes 870,  $v = 38,720$  m, Zuschabungsgeschwindigkeit 20 bis 65,  $n = 850$ ; die Zuschabung geschah durch die Hand des Arbeiters.

Die Versuchsreihe ergab den Leergang der Maschine, die Nutzarbeit beim Schneiden des Fichtenholzes parallel und quer zur Faser, endlich die Nutzarbeit für den Längsschnitt bei Erlenholz, Rothbuche und Esche.

Leergang dieser Säge

$$N_0 = 1,18 \text{ PS.}$$

Die Werthe von  $\varepsilon$  sind mit Ausnahme desjenigen für den Querschnitt bei Fichte, der wegen seiner kurzen Dauer nicht sehr sicher erscheint, merklich grösser als bei der vorher behandelten Säge, was der grösseren Schnittbreite zuzuschreiben sein wird.

|                     |   | $\varepsilon$ | $\nu$  |
|---------------------|---|---------------|--------|
| Fichte . . . . .    |   | 0,18          | 0,029  |
| Fichte . . . . .    | ⊥ | 0,148         | 0,025  |
| Erle . . . . .      |   | 0,161         | 0,028  |
| Rothbuche . . . . . |   | 0,177         | 0,028  |
| Esche . . . . .     |   | 0,336         | 0,0135 |

Berechnet man aus den beiden auf Kreissägen für Holz bezüglichen Versuchsreihen die Mittelwerthe der bei den einzelnen Holzarten gefundenen  $\nu$ , so erhält man hiernach nur für Eschenholz einen wesentlich anderen Werth als jener, der sich für die übrigen Holzarten ergibt; man kann für Fichte, Erle und Rothbuche den gemeinsamen Mittelwerth von  $\nu = 0,028$  als zutreffend annehmen.

Ermittelt man daher für irgend eine andere Kreissäge aus Schnittfläche  $F_h$  und Schnittbreite  $s$ , das Schnittvolumen in Kubikmetern pro Stunde  $V_h$ , so kann man sich zur Berechnung der Nutzleistung auch der einfachen Formel

$$N_1 = \frac{V_h}{\nu} \quad . \quad . \quad . \quad (61)$$

bedienen, worin für Fichte, Erle und Rothbuche

$$\nu = 0,028$$

und für Esche

$$\nu = 0,0135$$

zu setzen ist.

\*) Hartig a. a. O., Seite 73.



Aus den beiden Versuchsreihen ergibt sich für die Leergangsarbeit folgende Näherungsformel

$$N_0 = \frac{n \cdot D}{800000} PS \quad \dots \quad (62)$$

worin  $n$  und  $D$  die bekannten Bedeutungen haben und  $D$  in Millimetern anzugeben ist.

Nun kann man auch setzen

$$N = \frac{n \cdot D}{800000} + \frac{v_h}{v} PS \quad \dots \quad (63)$$

Wohl ist auch bis auf Weiteres gestattet,  $v$  für weiche Hölzer  $= 0,028$ , für harte Hölzer  $= 0,014$  zu setzen. In der letzt angeführten Formel kann auch statt

$$v_h = \frac{s \cdot F_h}{1000}$$

eingesetzt werden.

Auch ist es selbstverständlich zulässig, in diese Formel den reciproken Werth von  $v$

$$\frac{1}{v} = \varepsilon_1$$

einzuführen.

Es ist dann für harte Hölzer

$$\varepsilon_1 = 71,4 PS$$

und für weiche Hölzer

$$\varepsilon_1 = 35,7 PS.$$

Die Formel für die gesammte Betriebskraft einer Kreissäge würde dann lauten:

$$N = N_0 + \varepsilon_1 v_h PS \quad \dots \quad (64)$$

### III. Amerikanische Circularsäge mit selbstthätiger Zuschiebung\*).

Auf **Taf. VI, Fig. 1, 2 und 3**, ist eine Längsansicht, ein Grundriss und ein Querschnitt dieser Maschine dargestellt. Aus diesen Figuren ist der mit Rädern auf einer Bahn laufende Blochwagen sowie das Sägeblatt sammt Spindellager und Antriebscheibe (400 mm Durchmesser) ohne weitere Erörterung erkennbar. Die Blochwagenbewegung wird auf folgende Art bewerkstelligt. Von der kleinen Rientrommel  $a$ , welche auf der Sägespindel sitzt, geht ein Riemen auf die Stufenscheibe  $b$  und bewirkt die Rotation der Welle  $c$ . Am anderen Ende dieser Welle befindet sich eine Frictionsscheibe  $d$ ,

\*) Diese Säge, welche von F. Reifer, Oberingenieur der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn nach einer aus Amerika mitgebrachten Constructionszeichnung in Floridsdorf erbaut wurde, ist eine Nachahmung des Sägemühlensystems von E. W. Ross & Co. Fulton, New-York, Patent Gridley. (Vergl. „Reifer, Holzbearbeitungsmaschinen“ im Berichte über die Welt-Ausstellung zu Philadelphia 1876, herausgegeben von der österreichischen Commission, 6. Band, Seite 3.)

Dynamometrisch untersucht von Exner und Lauböck, Civil-Ingenieur, 25. Band, 6. und 7. Heft.



deren Mantelfläche auf jene der Scheibe  $e$  angepresst wird. Diese Pressung wird bewerkstelligt durch die gelenkartig unter einander verbundenen Hebel, welche mittelst des Handhebels  $h$  um verschiedene Stützpunkte gedreht werden. Die Achse der grossen Frictionsscheibe  $e$  trägt an ihrem Ende das kleine Zahnrad  $f$ , welches in den Kammbaum des Klotzwagens eingreift. Bringt man den Handhebel  $h$  in die punctirte Stellung **Fig. 1**, so wird dadurch die Frictionsscheibe  $d$  ausgerückt, dagegen die Spannrolle  $i$  niedergedrückt (siehe punctirte Stellung) und dadurch jenem Riementriebe, welcher über die Riemenscheibe  $k$  und  $m$  läuft, die nöthige Spannung verliehen, um den Rücklauf des Wagens zu bewerkstelligen.

Die Ausrückung der Frictionsrolle  $d$  bedingt selbstverständlich, dass die Achse  $e$  ihre horizontale Lage verlassen kann, d. h. dass deren Lager eine solche Veränderung der Stellung gestattet. Aus dem Verhältnisse der Halbmesser der Riemenscheiben geht hervor, dass der Rücklauf des Wagens ein rascherer ist als die durch die Stufenscheibe in veränderlicher Grösse zu bewerkstelligende Zuschiebung. Zum Antriebe dieser Sägemaschine diente in Floridsdorf eine zwölfpferdige Locomobile, welche nicht genug Kraft gegeben hat, um die Säge in der Weise zu bedienen, als es nach ihrer sonstigen Leistungsfähigkeit wünschenswerth gewesen wäre.

Die Säge war durch das Vorhandensein eines Zuschiebungsmechanismus, der verschiedene Zuschiebungsgrössen gestattete, für unsere Versuche um so mehr geeignet, als auch zwei Sägeblätter von verschiedener Grösse in Anwendung gebracht werden konnten.

Als Materiale für die Schnitte beim Versuche diente völlig trockenes Tannenholz. Von den 25 Versuchen wurden drei zur Ermittlung der Betriebsarbeit für den Leergang bei kleinem Blatte ohne Wagenbewegung, drei für den Leergang derselben Säge mit Wagenbewegung, weitere Versuche für den Leergang bei Anwendung des grossen Blattes mit und ohne Wagenbewegung, die übrigen aber zur Feststellung der Betriebsarbeit bei Anwendung der verschiedenen Blätter für das Längs- und Querschneiden benützt. Die Bezeichnungen der beiden Sägeblätter sind auf **Taf. III, Fig. 21** und **22**, in halber Naturgrösse dargestellt. Der Durchmesser des grossen Blattes betrug 1,385 m, der des kleinen 0,880 m.

1) Die Betriebsarbeit für den Leergang beim kleinen Blatte ohne Zuschiebung des Wagens ist

$$N_0 = 2,093 \text{ PS,}$$

dieselbe mit Zuführung des Wagens

$$N_0 = 2,333 \text{ PS.}$$

Die Betriebsarbeit beim Leergange bei dem grossen Blatte ohne Zuführung des Wagens

$$N_0 = 2,79 \text{ PS,}$$

dieselbe mit Zuführung des Wagens

$$N_0 = 3,0 \text{ PS.}$$

Die Differenzen der Zahlenwerthe von  $N_0$  erklären sich aus den Dimensionen und dem Gewicht des Sägeblattes und des Wagens.



Aus einem Vergleich der eben angeführten Daten liess sich die Arbeit für die Zuschiebung des Wagens im Mittel mit 0,225 Pferde-  
stärken berechnen.

2) Für die Nutzarbeit ergaben sich bezüglich der allgemein  
giltigen Formel

$$N = N_0 + \left( \alpha + \frac{\beta}{z^*} \right) F_h PS \quad . \quad . \quad . \quad (65.)$$

bei Längsschnitt mit kleinem Blatte

$$\alpha = 0,0433, \beta = 3,912;$$

bei Querschnitt mit kleinem Blatte

$$\alpha = 0,0209, \beta = 2,526;$$

bei Längsschnitt mit grossem Blatte

$$\alpha = 0,0352, \beta = 3,380;$$

bei Querschnitt mit grossem Blatte

$$\alpha = 0,0499, \beta = 1,141;$$

alles für trockenes Tannenholz giltig.

Unter Berücksichtigung von  $a$  bei dem kleinen Blatte mit 43,  
bei dem grossen Blatte mit 73 und  $s$  mit 7, beziehungsweise 8 mm  
kann man die Werthe von  $\tau$  und  $\frac{1}{\varepsilon_1}$  ermitteln.

Die Mittelwerthe von  $\nu$  sind:

für das kleine Blatt beim Längsschnitt 0,064,

für dasselbe Blatt beim Querschnitt 0,117,

für das grosse Blatt beim Längsschnitt 0,087,

für dasselbe Blatt beim Querschnitt 0,118.

Da diese Werthe für beide Sägeblätter genügend übereinstim-  
men, so kann man einen Mittelwerth  $\nu$  für Längsschnitt bei Tan-  
nenholz = 0,075 und einen solchen für Querschnitt = 0,118  
acceptiren.

Die Aufstellung eines Mittelwerthes für den Leergang ist gleich-  
falls zulässig und derselbe berechnet sich mit 2,66  $PS$ .

Der auch von Hartig vorausgesetzten Beziehung zwischen  
Tourenzahl des Sägeblattes und  $N_0$  folgend, gelangen wir für un-  
sere Versuche zur allgemein giltigen Formel:

$$N_0 = \frac{n \cdot D}{170\,000} PS \quad . \quad . \quad . \quad (66)$$

und demnach für die ganze Betriebskraft

$$N = \frac{n \cdot D}{170\,000} + \frac{V_h}{\nu} PS \quad . \quad . \quad . \quad (67.)$$

Den früher bei der Reproduction der Hartig'schen Arbeit  
angeführten Umgestaltungen der letzteren Formel folgend, ist auf  
Grund unserer Versuche  $\varepsilon_1$  bei Tannenholz für Längsschnitt 13,3,  
für Querschnitt 8,5.

Wenn man auch erwägt, dass das unseren Versuchen zu Grunde  
liegende Holz von vorneherein eine andere spezifische Nutzar-  
beit erwarten liess, so ist doch die Abweichung von den Ergeb-  
nissen der Hartig'schen Versuche eine so grosse, dass neuerliche



dynamometrische Beobachtungen mit Circularsagen dringend geboten erscheinen.

3) Die Umfangsgeschwindigkeit betrug bei dem kleinen Blatte 18,4 m, bei dem grossen Blatte 29,0 m; die letztere ist erfahrungsgemäss noch ziemlich weit von der Maximalgeschwindigkeit entfernt und kann demnach als eine entsprechende bezeichnet werden. Die erstere muss als eine sehr geringe gelten.

4) Die grösste beobachtete Leistung zeigte die Säge bei einer stündlichen Schnittfläche

$$F_h = 76,73 \text{ qm}$$

und ergab in diesem Falle einen Wirkungsgrad

$$\eta = 0,75.$$



## Drittes Capitel.

### Die Bandsäge.

#### I. Bandsäge (CD) von Johann Zimmermann in Chemnitz\*).

Die Anordnung dieser Bandsäge ist aus den **Fig. 1** und **2, Taf. VII**, zu erkennen. Die Bezahnung des Blattes ist in Naturgrösse auf **Taf. III, Fig. 23**, dargestellt. Erwähnenswerth sind die Federn, welche zur Vermeidung eines Ueberspannens des Blattes bestimmt sind.

$b = 1,5$ ,  $s = 1,7$ ,  $a = 9,0$ , Durchmesser der Sägescheiben 855,  $v = 6,71$ ,  $z'' = 8$  bis 34.

Von den neun Versuchen, welche Hartig durchgeführt hat, beziehen sich zwei auf den Leergang, die übrigen auf trockenes Eichen-, Fichten- und Rothbuchenholz beim Längsschnitte.

Für die Betriebsarbeit des Leerganges ergab sich

$$N_0 = 0,186 \text{ PS.}$$

In der allgemeinen giltigen Formel für die gesammte Betriebsarbeit

$$N = 0,186 + \left( \alpha + \frac{\beta}{z''} \right) F_h \text{ PS} \quad (68,$$

ist auf Grund der Durchschnittswerthe für  $\varepsilon$  ermittelt worden

|                     | $\alpha$ | $\beta$ |
|---------------------|----------|---------|
| Fichte . . . . .    | 0,037    | 0,372   |
| Eiche . . . . .     | 0,052    | 0,469   |
| Rothbuche . . . . . | 0,062    | 0,553   |

Es ist ein Leichtes, die Formel auch unter Benützung der relativen Zuschiebung  $\zeta$ , welche hier  $= \frac{z''}{6710}$  ist, umzugestalten.

\*) Hartig a. a. O., Seite 68.



Für eine relative Zuschiebung

$$\zeta = \frac{1}{300}$$

würde sich die Nutzleistung  $N_1$  für die drei Holzarten: Fichte, Eiche und Rothbuche verhalten wie 1 : 1,35 : 1,61. Dieser hier supponirten relativen Zuschiebung entspricht eine Spahndicke

$$\tau = 0,03 \text{ mm.}$$

II. Bandsäge der Deutschen Werkzeug-Maschinenfabrik, vorm. Sondermann & Stier, in der Wagenreparatur-Werkstätte der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn in Floridsdorf\*).

Die Construction dieser Säge bietet nichts Bemerkenswerthes. Der Sägerollendurchmesser beträgt 845 mm, die normale Schnittgeschwindigkeit war bei 420 Touren = 18,573 m.

Die Tischplatte ist drehbar. Ein kleines Schwungrad auf der Antriebsachse, kann beim Abstellen der Maschine gebremst werden.

Bei den Versuchen kamen zweierlei Sägen verschiedener Theilung und Schnittbreite, aber gleicher Dreiecksbezaehlung ( $B = 90^\circ$ ) in Anwendung. Man war ferner in der Lage, vier verschiedene Holzarten und zwar Fichte, Kiefer, Eiche und Ulme zu untersuchen.

Von den 27 Experimenten wurden, zwei zur Ermittlung des Leerganges, die übrigen zur Bestimmung der Nutzarbeit bei Verwendung von Säge I und II benützt.

1) Die Betriebsarbeit für den Leergang ergab im Mittel

$$N_0 = 1,378 \text{ PS.}$$

Diese Betriebsarbeit ist eine auffallend hohe und beträgt beispielsweise sechsmal so viel als jene, welche bei der voranstehenden Bandsäge durch Hartig bestimmt wurde.

2) Für  $\varepsilon$  gelangte man zu folgenden Resultaten

S ä g e I.

|                               | $z'$ | $\varepsilon$ |
|-------------------------------|------|---------------|
| Fichte und Kiefer (Weichholz) | 16,2 | 0,108         |
| Eiche                         | 17,1 | 0,126         |

S ä g e II.

|           | $z''$ | $\varepsilon$ |
|-----------|-------|---------------|
| Weichholz | 16,3  | 0,111         |
| Eiche     | 13,5  | 0,124         |
| Ulme      | 15,0  | 0,178         |

\*) Untersucht von Exner und Lauböck, Civil-Ingenieur, 25. Band, 4. und 5 Heft.



wobei Fichte und Kiefer zu einem Werthe für Weichholz vereinigt wurden.

3) Berücksichtigt man die Sä gengeschwindigkeit und die mittlere Zuschiebung für Weichholz mit 16,25, so wird

$$\xi = \frac{1}{1131}$$

Die Säge I hat eine Theilung von 12 mm und eine Schnittbreite von 1,2 mm; bei Säge II  $a = 14$  mm und  $s = 1,5$  mm.

Auf Grund dieser Daten lässt sich  $\frac{1}{\varepsilon_1}$  und  $\varepsilon_1$  ermitteln.

|                                   |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| Säge I.                           | Säge II.                           |
| $\frac{1}{\varepsilon_1} = 0,011$ | $\frac{1}{\varepsilon_1} = 0,0135$ |
| $\varepsilon_1 = 100 \text{ PS}$  | $\varepsilon_1 = 73,3 \text{ PS.}$ |

4) Um einen Vergleich der Nutzarbeit bei den drei verschiedenen Holzarten anstellen zu können, sehen wir von den geringen Differenzen der Zuschiebungen ab und können folgern, dass bei der Säge I die Nutzarbeit für Eiche um 17% höher ist als bei Weichholz und bei der Säge II um 12% grösser, ja bei Ulme um 60% höher erscheint, als bei Weichholz. Indem wir an die weiter oben durch Hartig aufgestellten Vergleichsdaten erinnern, wäre zu bemerken, dass sich bei Hartig der Vergleich zwischen der Nutzleistung von Eiche und Weichholz für die Eiche noch ungünstiger herausstellt als bei unseren Versuchen, indem dort die Eiche um 30% mehr Nutzleistung erfordert, als Weichholz. Ferner würde Ulme eine ähnliche Rolle in Beziehung auf die Nutzleistung bei der Bandsäge spielen wie Rothbuche, da die Hartig'schen Versuche ergaben, dass Rothbuche eine um 60% höhere Nutzleistung als Weichholz erfordert.

Der auffallend hohe Werth der Nutzarbeit für das Ulmenholz bei Längsschnitt erinnert daran, dass schon Boileau in seinem Werke über die Schneidemühlen auf einen hohen Kraftverbrauch zum Schneiden für Ulme aufmerksam gemacht hat, welcher nur noch von der Esche übertroffen wird.

5) Die grösste beobachtete Leistung der Maschine zeigte bei Kiefernholz

$$F_h = 14,06 \text{ qm.}$$

Unter Berücksichtigung der entsprechenden Daten war der Wirkungsgrad

$$\eta = 0,51.$$

### III. Bandsäge von Perin, Panhard & Co., Paris \*).

Bei dieser Maschine war eine selbstthätige Zuschiebung des Holzes durch einen Rollenzuführungs-Apparat ermöglicht und so

\*) Untersucht von Exner und Lauböck, Civil-Ingenieur 25. Band, 6. und 7. Heft.



bot sich die Gelegenheit dar, Variationen der Zuschiebung mit genügender Präcision zu veranlassen. Die in allen ihren Theilen constructiv schön durchgeführte Bandsäge war in der französischen Section der Maschinen-Galerie auf der Pariser Weltausstellung des Jahres 1878 exponirt und die Firma Perin traf mit grösster Bereitwilligkeit die nöthigen Anstalten, um das Dynamometer in Anwendung bringen zu können.

Die **Fig. 3** und **4** auf **Taf. VII** stellen die Bandsäge in zwei verticalen Ansichten dar. Das aus einem Stück bestehende gusseiserne Gestelle, die beiden Sägerollen von 1,1 m Durchmesser, der eiserne Tisch zur Auflagerung des Holzes, die Fundirung u. s. w. sind aus den Figuren ohne Weiteres ersichtlich. Die Säge ist für Kantholz brauchbar, bis zu einer Höhe des hochkantig stehenden Holzes von 0,5 m. Der Pfosten oder Balken liegt auf der Tischfläche zwischen zwei vertical stehenden Riffelwalzen, welche durch Zahnräder in Rotation versetzt werden. Die Entfernung der Oberfläche der beiderseitigen Walzen von einander entspricht der Dicke des Pfostens und kann diese entsprechend durch Verstellung der Ständer *a* und *b* regulirt werden. Die Verstellung des Ständers *b* wird durch die Kurbel *c*, den Zahntrieb *de* und die Schraubenspindel *f* bewerkstelligt, während *a* durch Drehung der Spindel *g* vor- und zurückgeschoben werden kann.

Die in **Fig. 3** links stehenden Leitrollen sind nicht geriffelt und werden nur durch die Reibung an der Holzoberfläche mitgenommen; die rechts stehenden Cylinder sind Riffelwalzen und erhalten ihre Bewegung durch eine Transmission, welche von der Antriebswelle ausgeht und so eingerichtet ist, dass die Riffelwalzen verschiedene Geschwindigkeit empfangen können und damit dem Holze eine verschieden grosse selbstthätige Zuschiebung verliehen werden kann. Auf der Achse der Antriebswelle sitzt eine Stufenscheibe *h*; von dieser aus geht eine Riemenschleife auf die correspondirende Stufenscheibe *i*, welche durch einen gekreuzten Riemen mit der Riemenscheibe *k* verbunden ist. Durch Zahnräder-Eingriff wird die Bewegung dieser letzteren Riemenscheibe auf die senkrechten Riffelwalzen übertragen.

Da der Ständer *b* und mit ihm die Riffelwalzen verschiedene Positionen erhalten müssen, so muss auch dafür gesorgt werden, dass bei diesen verschiedenen Positionen die Transmittirung der Rotation der Antriebswelle auf die Bewegung der Riffelwalzen immer möglich sei. Dieses wird dadurch erreicht, dass die Achse *l* sich in der Nabe des Zahnrades *m* verschieben lässt, während dieses letztere durch Feder- und Nuthverbindung stets die Drehbewegung mit der genannten Achse theilt. Die Riemenscheibe *k* ist mit der Welle, auf welcher sie sitzt, derart verbunden, dass erstere ausgerückt werden kann, d. h. rotirt, ohne die Welle mitzunehmen. Dieses Ausrücken kann mittelst der Hebel *n* und *o* momentan bewerkstelligt werden. Durch einen weiteren Handhebel *p* kann der Riemen von der Fixscheibe (Durchmesser 500 mm) auf die Losscheibe der Antriebswelle gerückt, d. h. die Bandsäge ausser Be-



trieb gesetzt und gleichzeitig die Fixscheibe durch einen hölzernen Bremsbacken gebremst werden.

Die Führung des Sägeblattes zwischen zwei Holzklötzchen hat die bekannte bei den Perin'schen Bandsägen übliche Einrichtung, ebenso das Nachspannen des Sägeblattes durch Heben eines Schlittens, welcher die Lager der oberen Sägerolle trägt. Hierzu dient ein Schraubenhandrad  $q$ . Die Sägerollen zeigen 5 mm Wandstärke; ein darauf warm aufgezogener 3 mm starker Schmiedeisening trägt überdies einen Leder- und Kautschukring, wodurch eine elastische Auflage des Sägebandes gebietet ist.

Bei dieser Maschine wurde eine Reihe von 14 Versuchen durchgeführt, wobei sich die Versuche 1 und 2 auf die Ermittlung der Betriebsarbeit beim Leergange, die Versuche 3 bis 10 auf Feststellung des Kraftbedarfes für den Arbeitsgang bei vier verschiedenen Zuschieβungsgrößen für norwegische Tanne und die Versuche 11 bis 14 bei drei verschiedenen Zuschieβungsgrößen für das Verschnneiden von französischem Eichenholz beziehen.

Dabei kamen zwei Sägen von rechtwinkliger Dreiecksbeziehung und gleicher Theilung aber ungleichen Schnittbreiten zur Anwendung.

Aus den Versuchsergebnissen ergibt sich:

- 1) Die Betriebsarbeit für den Leergang

$$N_0 = 2,16 \text{ PS.}$$

Die Höhe dieser Ziffer wird zum Theil durch den Zuschieβungsmechanismus erklärt.

- 2) In der allgemeinen Formel

$$N = 2,16 + \left( \alpha + \frac{\beta}{z''} \right) F_n \text{ PS}$$

ist auf Grund der Versuchsergebnisse zu setzen:

Für lufttrockenes Tannenholz

$$\alpha = 0,037; \beta = 1,584.$$

Für lufttrockenes Eichenholz

$$\alpha = 0,061; \beta = 1,34.$$

Setzt man die Zuschieβung

$$z'' = 70 \text{ mm}$$

voraus, so giebt der Vergleich für die Nutzarbeit bei den zwei Holzarten Tanne und Eiche, ein Verhältniss 1 : 1,34, was mit den analogen Daten von Hartig vollkommen übereinstimmt.

3) Führt man die Schnittbreite  $s$  in die Rechnung ein, welche für die Säge zum Schneiden des Tannenholzes 1,8 und für die Säge zum Schneiden des Eichenholzes 1,5 betrug, so erhält man folgende zwei Ausdrücke für die Nutzarbeit  $\epsilon$ :

$$\text{für Tanne } \epsilon = 0,037 + \frac{0,000034 s}{\xi} \text{ PS} \quad (69)$$

$$\text{für Eiche } \epsilon = 0,061 + \frac{0,000034 s}{\xi} \text{ PS}^*) \quad (70)$$

\*) Um den Werth von  $\epsilon$  und damit die Grösse der Betriebsarbeit  $N$  auf ein Minimum zu bringen, giebt es nur zwei Wege:



Setzen wir die Anwendung von zwei gleich starken Sägeblättern voraus, welche beispielsweise eine Schnittbreite von  $s = 2$ , eine Zuschiebung  $\zeta = \frac{1}{300}$  besitzen, so wird bei gleicher Zuschiebung für Eiche eine um 24 Procent höhere Nutzarbeit als für die Tanne resultiren. Würde man die Säge für Tannenholz, welche eine Schnittbreite von 1,8 und ein  $a$  von 18 hat, zum Schneiden von Eichenholz verwendet haben, statt der von Perin hierzu empfohlenen, welche die gleiche Theilung aber eine Schnittbreite von nur 1,5 besitzt, so erhielte man höhere Werthe für die spezifische Nutzarbeit pro stündlichem Cubikmeter Spahnvolumen, als wenn man thatsächlich die von Perin empfohlene, dünnere Hartholzsäge benützt. Dies beweist, dass die Empfehlung Perin's für die dünnere Säge bei Hartholz und für die dickere bei Weichholz wohl motivirt ist.

4) Beim Bundgatter von Worssam hatten wir gefunden

$$\varepsilon = 0,046 + \frac{0,000139 s}{\zeta} PS \quad (71)$$

für Tannenholz.

Vergleicht man das  $\varepsilon$  bei der Bandsäge mit dem  $\varepsilon$  des Bundgatters, so ist bei gleicher Schnittbreite

$$s = 2$$

und bei gleicher relativer Zuschiebung

$$\zeta = \frac{1}{300}$$

Für Tannenholz:

$$\text{Bandsäge } \varepsilon = 0,0574; \text{ Gattersäge } \varepsilon = 0,129.$$

Das will sagen:

Die Nutzarbeit der Bandsäge verhält sich unter sonst gleichen Umständen zur Nutzarbeit des Bundgatters wie 100 : 225. Dieser bedeutende Unterschied in der Nutzarbeit zu Ungunsten der Gattersäge erklärt sich aus den bekannten verschiedenen Constructionsprincipien der beiden Sägemaschinen.

5) Die grösste beobachtete Leistung betrug bei

$$z'' = 90,7 \text{ pro Secunde und } h = 320$$

$$F_h = 129,17 \text{ qm.}$$

1)  $s$  möglichst klein zu machen,

2) das  $\zeta$  möglichst gross zu gestalten.

Da man aber  $s$  mit Rücksicht auf die unerlässliche Widerstandsfähigkeit des Sägeblattes nur innerhalb der Grenze 1,8 bis 0,5 wählen kann, so ist es leichter, mit Hilfe der Vergrösserung von  $\zeta$  zum Ziele zu gelangen.

Nun ist aber  $\zeta$  gerade proportional der Zuschiebung und umgekehrt proportional der Geschwindigkeit der Säge. Je grösser die Zuschiebung und je kleiner daher die Geschwindigkeit wird, die sich wieder aus dem Sägescheibendurchmesser und der Tourenzahl zusammensetzt, desto geringer wird  $\varepsilon$  und damit  $N$ , d. h. desto geringer ist die Betriebsarbeit für die Bandsäge. In dynamischer Beziehung muss man also, bei gegebenem Leer gange der Maschine,  $s$ ,  $d$  und  $n$  möglichst klein und  $z$  möglichst gross machen.



Die Betriebsarbeit für die normale Geschwindigkeit war hierbei  
 $N = 11,794 \text{ PS}$   
 somit der Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{N - N_0}{N} = 0,82.$$

IV. Bandsäge an der Universaltischlermaschine, Patent Siewerdt, von der Maschinenfabrik Oerlikon\*).

An dieser Tischlermaschine befindet sich nebst den Einrichtungen zum Hobeln, Bohren und der Circularsäge auch eine Bandsäge mit rechtwinkliger Dreiecksbezaehlung und einer Blattdicke von 0,6; Schnittbreite in Folge der starken Schränkung = 2, Zahntheilung = 7.

Obwohl die Bandsäge hier nur einen Bestandtheil einer Werkzeugmaschine darstellt, so kann sie doch zur Vervollständigung des auf dynamometrischem Wege gewonnenen Materiales zur Beurtheilung der erforderlichen Betriebsarbeit dienen.

Von den angestellten Versuchen beziehen sich einige auf die Ermittlung der Leergangsarbeit der Maschine, mehrere auf die Nutzarbeit bei verschiedenen Zuschiebigungsgrössen für das Sägen von Tannenholz und weitere für das Sägen von Eichenholz.

Die Betriebsarbeit für den Leergang der Maschine betrug

$$N_0 = 0,871 \text{ PS.}$$

In der allgemein giltigen Formel ist für Tannenholz

$$\alpha = 0,08; \beta = 2,43,$$

für Eichenholz

$$\alpha = 0,053; \beta = 4,4.$$

Die Zuschiebigung pro Secunde beträgt 20;  $h = 100$ ;  $F_h = 7,2 \text{ qm.}$

Demnach ist die gesammte Betriebsarbeit für Tannenholz

$$N = 0,871 + 0,202 \cdot 7,2 = 2,325 \text{ PS,}$$

für Eichenholz

$$N = 0,871 + 0,260 \cdot 7,2 = 2,743 \text{ PS.}$$

Die grösste beobachtete Leistung der Bandsäge, wobei noch ein völlig reiner Schnitt in Tannenholz erzielt wurde, betrug für  $z'' = 34,8 \text{ mm}$  und  $h = 66$

$$F_h = 8,785 \text{ qm.}$$

Daraus ergibt sich ein Wirkungsgrad der Maschine

$$\eta = 0,61.$$

---

\*) Untersucht von G. Lauböck, Mittheilungen des technologischen Gewerbemuseums in Wien, 1. Jahrgang, Nr. 5.







## **Sechster Abschnitt.**

Regeln für den Bau der Sägemaschinen.

---



## Sechster Abschnitt.

Regeln für den Bau der Sägemaschinen.



## Erstes Capitel.

### Das Werkzeug.

**Zahntheilung.** Auf Grund der im IV. Abschnitt enthaltenen Erwägungen und der schon von Karmarsch aufgestellten Regel, dass die Zahnücke das von einem Zahne erzeugte Spahnvolumen aufnehmen muss, ferner unter Vernachlässigung jenes Raumes, welcher sich zwischen den Zähnen selbst und den beiderseitigen Schnittflächen (Wänden des Schlitzes) vorfindet, lässt sich nach Fischer für alle Arten von Sägen die Grösse der Zahnücke berechnen.

$$L = \mu \cdot \frac{z}{H} \cdot a \cdot h \text{ für Gattersägen} \quad . \quad . \quad (72;$$

$$L = \mu \cdot \frac{w}{v} \cdot a \cdot h \text{ für Kreis-, Cylinder- und Bandsägen} \quad . \quad . \quad (73.$$

Der genannte Autor hat für verschiedene Zahnarten das Verhältniss zwischen der Zahnücke und dem Quadrate der Zahntheilung aufgesucht und gefunden, dass

$$L = (0,195 \text{ bis } 0,57) a^2, \quad . \quad . \quad (74$$

also im Mittel

$$0,31 a^2 \text{ ist.}$$

Unter dieser Annahme, gleichzeitig  $\mu = 5$  gesetzt, ist

$$a = \frac{16 \cdot z}{H} \cdot h, \quad . \quad . \quad (75$$

beziehungsweise

$$a = 16 \frac{w}{v} \cdot h \quad . \quad . \quad (76.$$

Es soll daher unter sonst gleichen Verhältnissen  $a$  mit der Blochhöhe  $h$  und mit dem Quotienten aus Zuschiebung und Sägebewegung wachsen. Da man jedoch die eine Säge nicht jeder Holzstärke entsprechend bauen kann, so wählt man  $a$  mit Rücksicht auf das Maximum von  $h$  und wendet, wenn schwache Hölzer vorkommen,



eine stärkere Zuschiebung an. Auch kann man dabei so vorgehen, dass man das  $a$  mit Rücksicht auf eine mittlere Blochstärke wählt und dann für stärkere Blöche eine kleinere, für schwache Blöche eine grössere Zuschiebung veranstaltet. Statt  $\frac{z}{H}$  oder  $\frac{w}{v}$  kann man

auch einsetzen:  $\frac{\tau}{2a}$  beziehungsweise  $\frac{\tau}{a}$ , je nachdem es sich um geschränkte oder nicht geschränkte Sägen handelt. Demnach ist

$$a = \frac{16 \cdot \tau h}{2a \text{ beziehungsweise } a} \quad . . . \quad (77)$$

oder

$$a = (2,8 \text{ beziehungsweise } 4) \sqrt{\tau h} \quad . . . \quad (78)$$

Blattdicke. Schon Kankelwitz hat (vergleiche IV. Abschnitt) gefunden, dass bei Gattersägen die Blattstärke mit der Zuschiebung in einem bestimmten linearen Verhältnisse stehe. Die Stärke des Sägeblattes variirt bei Mittelgattern zwischen 2,4 und 3,2 mm, bei Bundgattern zwischen 1,4 und 2,6 mm. Alle im IV. und V. Abschnitt abgeleiteten Formeln basiren auf der Voraussetzung, dass die Blattstärke die hier angegebenen Grenzwerte nicht übersteigt und ebenso, dass das Blatt von bester Qualität, sogenannte „zweimal gehärtete“ sei. Bei Bestimmung der Blattstärke ist in erster Linie die Rentabilität einer Anlage massgebend. Kankelwitz hat eine höchst scharfsinnige Untersuchung über die Grösse des Verdienstes, welchen ein Gatter in einer Stunde Arbeitszeit abwirft, angestellt, um daraus die Sägestärke abzuleiten. Die diesbezüglichen Formeln lassen sich jedoch nicht übersichtlich und einfach genug wiedergeben, weshalb hier auf die Quelle verwiesen werden muss.

Nach Messungen, welche Fischer vorgenommen hat, giebt es für jede Säge und Holzart ein günstiges Verhältniss zwischen der Zuschiebung und der Blattstärke. Nennt man wieder die Zuschiebung  $\tau$ , welche bei geschränkten Sägen von zwei aufeinanderfolgenden Zähnen, bei ungeschränkten Sägen aber von einem Zahn bewältigt werden muss, so ist nach Fischer für Gattersägen

$$\frac{\tau}{b} = 0,4 \text{ bis } 0,08,$$

für Kreissägen

$$\frac{\tau}{b} = 0,6 \text{ bis } 0,1,$$

und für Bandsägen

$$\frac{\tau}{b} = 0,1 \text{ bis } 0,02.$$

Die grösseren Werthe gelten für nasse, weiche, gerade gewachsene Hölzer, die kleineren für harte, trockene Hölzer. Spannung, Länge und Breite der Gattersägen. Nach Kankelwitz ist die erforderliche Spannung eines Sägeblattes  $200 b^2$ , wenn  $b$  die Blattstärke in Millimetern ausdrückt. Die Spannung



resultirt dann in Kilogrammen. Nach Fischer ist die Spannung, welche einem Gattersägeblatte zugemuthet wird, im Querschnitt nicht selten 20 kg. Bei fortwährendem Gebrauche wird die Breite des Sägeblattes immer kleiner und kleiner, so dass dieselbe häufig auf  $\frac{1}{4}$  der ursprünglichen Sägeblattbreite herabsinkt. Eine Grenze findet diese Breite darin, dass sie, multiplicirt mit der Blattstärke, das Profil giebt, welches die dem ganzen Sägeblatte zugemuthete Spannung aushalten muss. Nennt man  $B$  die Breite des Blattes,  $l$  die Länge des Sägeblattes, so ist

$$\frac{B}{b} = 40 \quad \dots \quad (79),$$

und nach dem genannten Autor als mittleres Verhältniss

$$\frac{l}{b} = 800.$$

Die Spannung der Säge kann

$$S = 800 b^2 \quad \dots \quad (80)$$

gesetzt werden.

Abmessungen der Circularsäge und Zugehör. Auf Grund einer sehr weitschweifigen Ableitung, die theilweise auf gewagten Annahmen beruht, gelangt Fischer von dem Widerstande des Blattes gegen das Verbiegen und von der Summe der auf die Zähne wirkenden Seitendrucke zu einer Formel, welche die Beziehung zwischen der Blattdicke und dem Durchmesser des Sägeblattes angiebt. Sie lautet

$$b = 0,1 \sqrt{D} \quad \dots \quad (81).$$

Dieser Ausdruck würde lehren, dass die Dicke des Blattes der Quadratwurzel aus dem Sägedurchmesser proportional ist. In der That findet eine ziemlich gute Uebereinstimmung zwischen den von der Formel gelieferten Blattdicken und den Angaben statt, welche das Lehrbuch von Karmarsch auch noch in der letzten Auflage auf Grund älterer Daten und der Preiscourant von Disston enthalten. Wir glauben jedoch, dass die von uns auf Grund vielfacher und zuverlässiger Angaben im I. Bande\*) unseres Werkes aufgestellte Formel vertrauenswürdiger ist und daher vorzuziehen sein dürfte. Die Formel lautet

$$b = 0,00297 \cdot D + 0,0254 \quad \dots \quad (82)$$

und gilt für englische Zolle.

Dagegen sind bis auf Weiteres die von Fischer aufgestellten Formeln für den Durchmesser der Befestigungsscheiben und für die Dicke der Sägewelle zu acceptiren. Bedeutet  $d_1$  den Durchmesser der Sägescheiben und  $d_2$  den Durchmesser der Sägewelle, so ist

$$d_1 = 50 b \quad \dots \quad (83)$$

$$d_2 = 5 \sqrt[3]{D} \quad \dots \quad (84).$$

Die aus den obigen Formeln resultirenden Werthe erleiden in der Praxis mancherlei zulässige Abänderungen. So sind beispiels-

\*) Seite 344.



weise bei kleineren Sägen auch sehr geringe, d. i. geringere Dicken, als sie uns die Formel giebt, zulässig, wenn von vorneherein eine sehr kleine Inanspruchnahme des Sägeblattes beabsichtigt ist. Dagegen wird mitunter eine bedeutende Steifigkeit verlangt, in welchem Falle dann das Blatt eine grössere Stärke und zuverlässigere Disposition für die Befestigung erhält.

Bandsägen. Der Rollenhalmmesser bei Bandsägen sollte nach Fischer = 500 b sein.

$$R_{\min} = 375 b \quad . \quad . \quad . \quad (85).$$

Als zulässige Gesamtspannung wird 40 kg angegeben, wobei 10 kg als Nutztension, von der Sägearbeit herrührend, vorausgesetzt werden. Bei Aufstellung dieser Regeln hat Fischer die interessanten Versuche Sweet's (Dingler's polyt. Journal, Band 222, Seite 586) über die Festigkeit der Löthstellen berücksichtigt.

Eine recht hübsche Abhandlung über Geschwindigkeitsdiagramme und deren Anwendung zur Beurtheilung der Geschwindigkeitsverhältnisse an Werkzeugmaschinen hat Prof. Josef Pechan, vormals Ingenieur der Ottakringer Maschinenfabrik, in der „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins“ 1877, 2. Heft veröffentlicht. Diese Arbeit verdient hauptsächlich die Beachtung der Maschinenbauer, wenn es sich darum handelt, die Dispositionen für Werkzeugmaschinen derartig zu treffen, dass das Werkzeug verschiedene aber bestimmte Geschwindigkeiten erhalten soll.

Die von Pechan beispielsweise für die Circularsäge, dann für Drehbänke mit Stufenscheiben ausgearbeiteten und discutirten Diagramme demonstrieren auffällig die Nützlichkeit der Beachtung des Pechan'schen Vorschlages. Auch wird man auf dem von Pechan vorgezeichneten Weg rasch und einfach die Einhaltung einer rationalen mittleren Geschwindigkeit des Werkzeuges bei der Anlage von Transmissionen, Vorgelegen u. dergl. erreichen können.



## Zweites Capitel.

### Bewegung der Säge und Zuschiebung des Holzes.

**Vorschub.** Aus den Formeln von Kankelwitz und Hartig geht hervor, dass die specifische Nutzarbeit um so kleiner wird, je grösser der Vorschub ist; daher der Vorschub möglichst gross zu nehmen ist. Nach Kankelwitz findet die von ihm aufgestellte Formel

$$z = 0,8 \frac{H}{h} b \dots (86,$$

welche für die übliche Sägestärke  $b = 1,4$  bis  $3,2$  mm gilt, eine Einschränkung durch ein der Sägestärke entsprechendes Maximum, welches nicht überschritten werden darf

$$z_{\max} = 2,5 b \dots (87.$$

Bei Blöchen, deren  $h$  mehr als die Hubhöhe beträgt, arbeitet man unter sehr ungünstigen Verhältnissen, da in solchen Fällen ein Theil der Sägezähne die Spähne nicht mehr frei herauswerfen kann. Das Schneiden derartiger Blöche lässt sich nur dadurch ermöglichen, dass man der Säge einen stärkeren Schrank, verhältnissmässig grossen Busen giebt, und andererseits den Vorschub so geringe annimmt, dass die Spähne, welche fortwährend im Bereiche des Bloches bleiben und sich in den Zahnücken ansammeln, beim Aufwärtsgange der Säge vor und neben den Zahnsitzen sich durchschieben können.

**Hubhöhe.** Aus den Formeln 18 und 19 geht hervor, dass die Hubhöhe  $H$  möglichst gross zu nehmen sei, um die Betriebskraft zu ermässigen. Bei Ueberschreitung gewisser Grenzen würde jedoch der Schnitt ein schlechter werden. Insbesondere ist zu beachten, dass die Exactheit der Instandhaltung der Säge mit der Neigung „zu verlaufen“ und diese wieder mit der Blattdicke im Zusammenhange steht, endlich dass die letztere eine bestimmte Beziehung zur Hubhöhe hat. Unter gewöhnlichen Umständen kann man für Mittel- und Bundgatter sich der Formel bedienen



$$H = 0,1 b + 0,35 \quad . \quad . \quad . \quad (88)$$

wobei  $H$  in Metern,  $b$  in Millimetern ausgedrückt ist. Bei Seitengattern würde die Formel lauten

$$H = 0,1 b + 0,27 \quad . \quad . \quad . \quad (89).$$

Diese Formeln bedeuten eine Negation der alten Regel, dass für günstige Arbeit die Hubhöhe das 1,7- bis zweifache der Blochstärke betragen solle. Diese von den Mühlenbesitzern noch heute sehr respectirte Regel ist aber schon deshalb hinfällig, weil der Werth

$\frac{H}{b}$  ein durch den Zufall beeinflusster ist. Da die Gatter um so günstiger arbeiten, je kleiner die Blochhöhe  $b$  und speciell bei Bundgattern, je mehr sich das Verhältniss der durchschnittlichen zur grössten Schnitthöhe der Einheit nähert, so wird bei Bundgattern in Bezug auf den Kraftaufwand das günstigste Ergebniss bei schon gesäumten Blöchen zu erzielen sein. Und da in diesem

Falle das Verhältniss  $\frac{H}{b} = 2$  häufig auftritt, so dürfte dies die Practiker verleitet haben, dieses Verhältniss als eine Bedingung für die günstigste Leistung eines Gatters im Allgemeinen aufzufassen. Der zulässige kleinste Hub wird durch die vorkommende Maximalschnitthöhe bestimmt, denn derselbe muss mindestens um 0,1 m grösser sein als die letztere.

Hubzahl. Es ist einleuchtend, dass mit grossen Hubzahlen die zur Bewegung des Gatters erforderlichen Arbeitskräfte eine bedeutende Steigerung erfahren. Dies würde jedoch noch eher vertragen werden können, wenn nicht gleichzeitig die Regelmässigkeit des Betriebes bei sehr grossen Hubzahlen in Frage gestellt würde. Bei Vermehrung der Hubzahl wachsen die Betriebskräfte für den Leergang in bei weitem stärkeren Verhältnisse als die erhaltenen Schnittflächen. Dies geht so weit, dass der Gewinn, welchen man durch Steigerung der Hubzahl erzielen könnte, durch den Werth der nicht dem Schneiden zugute kommenden Betriebskräfte überwogen würde. Bei schnell gehenden Gattern ist das Warmlaufen der Gatterwellenlager, Kurbelzapfen u. s. w. eine stets zu erwartende Eventualität, so dass hierauf Bezug habende ausserordentliche Vorsichtsmassregeln getroffen werden müssen. Kankelwitz stellt für solid construirte und gut ausgeführte Gatter, wenn auf die betreffenden Zapfen und Lager die nöthige Sorgfalt verwendet wurde, folgende Regel für den Maximalwerth von  $n$  auf:

$$\left(\frac{n_{\max}}{100}\right)^3 \cdot H^2 = 2,42 \quad . \quad . \quad . \quad (90).$$

Nach dieser Formel berechnet sich für den Gebrauch folgende bequem zu benützende Tabelle:

| $H$        | 0,5   | 0,55 | 0,6   | 0,65  | 0,7   |
|------------|-------|------|-------|-------|-------|
| $n_{\max}$ | 213,1 | 200  | 188,7 | 178,9 | 170,3 |



Für Bundgatter gilt dagegen

$$\left(\frac{n_{\max}}{100}\right)^3 \cdot H^2 \cdot (100 + 2G) = 900 \quad (91)$$

worin wieder  $n_{\max}$  die Maximalhubzahl und  $G$  das Gewicht des Gatters mit eingehängten Sägen in Kilogrammen bedeutet. Hiernach berechnet sich für Bundgatter folgende Tabelle:

| G in Kilogrammen | 150   | 200   | 250   | 300   | 350   | 400   | 450   |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H in Metern      |       |       |       |       |       |       |       |
| 0,5              | 208   | 193,1 | 181,7 | 172,6 | 165,1 | 158,5 | 135,2 |
| 0,55             | 195,2 | 181,2 | 170,5 | 161,9 | 154,9 | 148,9 | 143,8 |
| 0,6              | 184,2 | 171,0 | 160,9 | 152,8 | 146,2 | 140,5 | 135,7 |
| 0,65             | 174,6 | 162,1 | 152,5 | 144,9 | 138,6 | 133,2 | 128,6 |

Gatterrahmen. Die Theorie lehrt uns, man mag was immer für einem Autor dabei folgen, dass bei grösseren Hubzahlen auf eine möglichst leichte Construction der Gatterrahmen mit Einschluss der Theile, welche zum Einhängen der Säge dienen, Werth gelegt werden muss. Eine solide Construction des Gatterrahmens vorausgesetzt, kann das Gewicht desselben einen Massstab für die Beurtheilung der Güte der Construction abgeben.

Von der Exactheit der Führungen hängt die Schnittbreite ab, daher sind die Führungen so zu construiren, dass sich das Sägeblatt mit mathematischer Genauigkeit in seiner Ebene auf und ab bewegt, dann wird die Schnittfugenbreite identisch sein mit der Blattstärke. Die Schnittbreite wird aber umsomehr die Blattstärke übertreffen, je ungenauer die Führung bewerkstelligt ist. Bei Mittulgattern, bei welchen in der Regel stärkere Sägeblätter zur Anwendung kommen, macht sich ein aus einer minder accuraten Führung entspringender Nachtheil weniger fühlbar. Bei Seitengattern und Bundgattern müssen die Führungen aber desto genauer sein. Bei der Construction der Führung darf daher durchaus nicht gespart werden und es ist von besonderer Wichtigkeit, alle Führungen untereinander constructiv in Verbindung zu setzen.

Lenkstangen. Fischer hat für die Lenkstangen folgende theoretische Erwägungen aufgestellt: Ist  $l$  die Länge der Lenkstange,  $\frac{H}{2}$  die Länge des Kurbelarmes,  $\psi$  der Maximalwinkel der Lenkstange mit der Ebene der Gatterbewegung,

so ist:  $\sin \psi = \frac{H}{l} \quad (92)$

Ist  $P$  der Druck oder Zug, den die Lenkstange in axialer Richtung auszuhalten hat und  $Q$  der Normaldruck, welcher von der Lenkstange auf die Führungsliniale ausgeübt wird, so wird

$$Q = P \sin \psi \quad (93)$$

und  $Q_{\max} = P \cdot \frac{H}{l} \quad (94)$



Aus dieser Gleichung folgt, dass der Normaldruck auf die Führungsliniale in seiner Maximalgrösse am meisten verringert wird mit zunehmendem  $l$  und abnehmender Hubhöhe. Man sollte also die Lenkstangen möglichst lang machen; eine Grenze für die Regel ist durch das Eigengewicht der Lenkstange gegeben.

Zur Untersuchung des  $P$  dient folgende Betrachtung: Die Beanspruchung der Lenkstange längs ihrer Achsenrichtung rührt her von der Sägearbeit, von Reibungen und von der Erzeugung und Vernichtung lebendiger Kräfte im Anfange und Ende des Hubes. Die Inanspruchnahme der Lenkstange in axialer Richtung, welche sich von der Erzeugung und Consumption der lebendigen Kräfte herschreibt, überträgt so sehr an Bedeutung die sonstige Inanspruchnahme der Lenkstange in ihrer Längsrichtung, dass man diese gegenüber jener vernachlässigen kann. Nennt man  $G$  das Gattergewicht sammt Zubehör,  $G_1$  das Gewicht der Lenkstange,  $g$  die Acceleration der Schwere  $= 9808 \text{ mm}$ , so ist die Inanspruchnahme der Lenkstange durch die lebendigen Kräfte

$$K_1 = \frac{G + G_1}{g} \cdot \frac{c^2}{\frac{H}{2}} \quad (95)$$

und da die Geschwindigkeit

$$c = \frac{2 \cdot n \cdot \pi}{60} \cdot \frac{H}{2} \quad (96)$$

so ist

$$K_1 = \frac{(G + G_1) \cdot n^2 \cdot H}{1800000} \quad (97)$$

Bei  $\psi = 90$  oder  $270^\circ$  wird  $K_1 = 0$ .

Von diesen beiden Positionen aus nimmt die Kraft  $K_1$  zu, bis sie im todten Punkte die durch die Formel angegebene Grösse erlangt. Derjenige Theil der Lenkstange, welcher um die Kurbelwarze herumgelagert ist, wird mit dem Halbmesser  $\frac{H}{2}$  herumgeschleudert. Sein Einfluss würde demnach nach der letzt angegebenen Formel zu berechnen sein, indem man in dieselbe für  $G + G_1$  das Gewicht des Lenkstangenkopfes einsetzt. Derjenige Theil der Lenkstange, welcher sich in ähnlicher Weise um den Gatterzapfen gruppiert, erleidet in der Richtung, welche hier in Frage kommt, überhaupt keine Beschleunigung. Man kann daher annehmen, dass die Mitte der Lenkstange die Hälfte der Beschleunigung des an der Kurbelwarze liegenden Theiles erleidet. Nimmt man ferner an, dass die Kraft, welche der Lenkstange die in Rede stehende Geschwindigkeit zu geben hat, in der Mitte derselben gedacht werden kann, so gewinnt man ohne Weiteres für diese Kraft den Ausdruck

$$\mathfrak{K} = \frac{1}{2} \cdot \frac{G_1 \cdot n^2 \cdot H}{1800000} \quad (98)$$

Diese Kraft  $\mathfrak{K}$  muss in Wirklichkeit aufgehoben werden von der Kurbelwarze und dem Gatterzapfen; jeder derselben ist demnach mit



$$K_2 = \frac{R_2}{2} = \frac{G_1 \cdot n^2 \cdot H}{4 \cdot 1800000} \quad (99)$$

belastet worden.

Diese Rechnung ist nicht vollständig, doch ist der gemachte Fehler nicht erheblich, umsomehr, als die Belastung der Kurbelwarze nicht in Frage kommt, nur diejenige der Lenkstange. Die Kurbelwarze muss jedenfalls nach der Formel für  $K_1$  berechnet werden. Zur Berechnung der Lenkstange kann man die Formel für  $K_2$  ohne Bedenken benützen; ihre Ergebnisse liefern nur geringe Abweichungen von der genauen Formel.

$K_2$  erreicht ihren grössten Werth bei  $\psi = 90^\circ$  beziehungsweise  $270^\circ$  und dann ist  $K_1 = 0$ . Dagegen wird  $K_2$  bei  $\psi = 0^\circ$ , beziehungsweise  $180^\circ$  verschwinden, während  $K_1$  seinen grössten Werth hat. Man wird daher die Lenkstange einmal nach  $K_1$ , ein zweites Mal nach  $K_2$  berechnen und für die Dimensionirung derselben jenes Ergebniss verwenden, welches das grössere ist. Jene Kraft, welche in der Längsrichtung der Lenkstange gedacht, dieselbe zu zerknicken

vermag, beträgt  $\frac{\pi^2 \cdot J \cdot E}{l^2}$ , worin  $J$  das Trägheitsmoment des

Lenkstangen-Querschnittes in deren Mitte,  $E$  den Elasticitätsmodul des Materials und  $l$  die Länge der Lenkstange bedeutet. Die Belastung  $K_1$ , welcher die Lenkstange ausgesetzt ist, muss kleiner sein, als die Kraft, welche die Lenkstange zu zerknicken vermag.

Es dürfte zutreffend sein, wenn man die Widerstandsfähigkeit der Stange gegen Zerknickung  $\frac{\pi^2}{3}$  mal so gross annimmt als  $K_1$ ; daraus wird

$$K_1 = \frac{3 \cdot J \cdot E}{l^2} \quad (100)$$

Die mittleren Werthe für  $E$  sind für Schmiedeeisen und ungehärtetem Stahl 20000, bei Gusseisen 10000 und bei Holz 1100. Die Werthe für  $J$  berechnen sich näherungsweise für den vollen Kreisquerschnitt,

$$J = 0,05 \cdot d^4, \quad (101)$$

wenn  $d$  den Durchmesser des Kreisquerschnitts bezeichnet; für den rohrförmigen Querschnitt

$$J = 0,05 (d^4 - d_1^4), \quad (102)$$

wenn  $d$  der äussere und  $d_1$  der innere Durchmesser ist; ferner für den rechteckigen Querschnitt

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}, \quad (103)$$

wenn  $b$  und  $h$  die Seiten des Rechteckes vorstellen und endlich für den quadratischen Querschnitt



$$J = \frac{b^4}{12}, \quad (104,$$

wenn mit  $b$  die Seite des quadratischen Querschnittes bezeichnet wird.

Nach Einsetzung der Werthe in die letztangeführte Formel für  $K_1$  sind die Dimensionen des Lenkstangen-Querschnittes leicht zu berechnen, wenn  $G$  und  $G_1$  gegeben sind. Der gefährliche Querschnitt liegt in der Mitte der Lenkstange; man giebt deshalb nur diesem die berechneten Masse, während man in der Nähe des Lenkstangendes die Dickenabmessung um  $\frac{1}{3}$  geringer macht, als die Abmessung in der Mitte der Lenkstange. Aus dieser Regel ergeben sich nun folgende Gewichte für gut geformte Lenkstangen und zwar rechteckige Holzstangen mit eisernen Köpfen

$$G_1 = \frac{b \cdot h \cdot l}{1000000} \quad (105,$$

für runde schmiedeeiserne Stangen

$$G_1 = \frac{7,5 \{d^2 - d_1^2\} l}{1000000} \quad (106.$$

Werden statt einer Lenkstange zwei zur Bewegung des Gatters verwendet, so wird statt  $G + G_1$ ,  $\frac{G}{2} + G_1$  in Rechnung gesetzt werden müssen.

**Führungen und Gatterzapfen.** Fischer giebt in seinem Werke (a. a. O. Seite 128) auf Grund der voranstehenden Ableitung noch folgende Regeln: Befinden sich die Gatterzapfen an den Querstücken, so haben je zwei der Führungsliniale den vollen Druck  $K_2$  aufzunehmen; sie sind demnach mit entsprechender Sorgfalt zu befestigen. Der Gatterzapfen selbst kann als grössten Druck nur dasjenige  $K_1$  ertragen, welches sich aus der Formel (97) unter Hinweglassung von  $G_1$  ergibt. Trotzdem pflegt man demselben gleiche Abmessungen mit den Kurbelzapfen zu geben, da der Ausfall von  $G_1$  nur einen geringfügigen Unterschied herbeiführt. Gatterzapfen sind stets des geringen Gewichtes und der hohen Widerstandsfähigkeit wegen aus Stab- (Fluss) Eisen herzustellen, wobei

$$d = \sqrt{K_1} \quad (107$$

und

$$l = 1,8 d \text{ ist,} \quad (108$$

wenn  $d$  den Durchmesser und  $l$  die Länge der Zapfen bedeutet. Kommt nur eine Lenkstange zur Verwendung, so ist für  $K_1$

$G + G_1$ , werden dagegen zwei Lenkstangen benützt  $\frac{G}{2} + G_1$ , zu setzen. Demnach erhält man für die Gatterzapfen folgende Formeln:



für einzelne Lenkstangen

$$\left. \begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{(G + G_1) n^2 \cdot H}{1800000}} \\ l &= 1,8 \sqrt{\frac{(G + G_1) n^2 \cdot H}{1800000}} \end{aligned} \right\} \dots \dots (109,$$

für doppelte Lenkstangen

$$\left. \begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{(G + 2 G_1) n^2 \cdot H}{2 \cdot 1800000}} \\ l &= 1,8 \sqrt{\frac{(G + 2 G_1) n^2 \cdot H}{2 \cdot 1800000}} \end{aligned} \right\} \dots \dots (110.$$

Kurbelzapfen, Schwungräder, Gegengewichte an den Schwungrädern, Riemenscheiben, Dimensionen der Gatterwellen und Gatterwellenlager. Schon die auf Seite 200 im I. Band unseres Werkes gemachte Bemerkung, dass wir uns nicht zu sehr auf jenes Gebiet begeben wollen, welches in die allgemeine Maschinenbau-Wissenschaft gehört und nur Anwendungen auf den speciellen Fall darstellen, die jeder Fachmann leicht durchführen kann, verweisen wir hier auf die besten Quellen in dieser Richtung und zwar Kankelwitz „Betrieb der Schneidemühlen“, Seite 23 u. ff. und Fischer „die Holzsäge“, Seite 131 u. ff.

### Berichtigung.

Im ersten und zweiten Kapitel des zweiten Abschnittes soll in den Charakteristiken der Bezahnungen statt  $s$  stehen:  $L_1$

$z'$  auf Seite 105, 111 und 112 ist in  $z''$  zu verwandeln.

Formel (65 Seite 109 soll lauten:

$$N = N_o + \left( \alpha + \frac{\beta}{z''} \right) F_h PS \dots \dots (65.$$



der einzelne Funktionen

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{1}{2} \left( \frac{1}{x} + \frac{1}{x^2} \right) \\ f(x) &= \frac{1}{2} \left( \frac{1}{x} + \frac{1}{x^2} \right) \\ f(x) &= \frac{1}{2} \left( \frac{1}{x} + \frac{1}{x^2} \right) \end{aligned}$$

Korollar. 8.5.1. Sei  $f$  eine Funktion, die in einem Punkt  $a$  differenzierbar ist. Dann gilt:

1.  $f$  ist in  $a$  stetig.

2.  $f$  hat in  $a$  eine eindeutige Tangente.

3.  $f$  ist in  $a$  lokal umkehrbar.

4.  $f$  ist in  $a$  lokal umkehrbar.

**Beispiel 8.5.2.** Sei  $f(x) = x^2$ . Dann gilt:

1.  $f$  ist in  $0$  stetig.

2.  $f$  hat in  $0$  eine eindeutige Tangente.

3.  $f$  ist in  $0$  lokal umkehrbar.

4.  $f$  ist in  $0$  lokal umkehrbar.

$$f(x) = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{x} + \frac{1}{x^2} \right)$$

Die Funktion  $f$  ist in  $a$  differenzierbar, wenn und nur wenn  $f$  in  $a$  eine eindeutige Tangente hat.



## Schlussfolgerungen.



Schlussfolgerungen.



Aus dem zweiten Abschnitte geht wohl mit Sicherheit hervor, dass die Anstrengungen zur weiteren Entwicklung der Säge grössere Aussicht auf Erfolg haben, wenn man Theorie und Experiment auf die Sägemaschinen anwendet und die dabei gewonnenen Resultate dann dem Handwerkzeuge zu Gute kommen lässt. Es ist daher für die nächste Zukunft nicht zu empfehlen, die Studien über das Handwerkzeug fortzusetzen; vielmehr sollte die Aufmerksamkeit der Fachgenossen auf die Sägemaschine concentrirt werden.

Der dritte Abschnitt hat wohl nur ein historisches Interesse, giebt aber für die moderne Periode der technologischen Forschung doch manchen Fingerzeig, namentlich bei Boileau welcher die Arbeiten der Franzosen gesammelt hat. In den letzten zwei Decennien haben sich die Deutschen der Frage bemächtigt und in der That müssen die theoretischen Arbeiten von Kankelwitz, Fischer und Schmidt als eine befriedigende Klarstellung der Verhältnisse der Sägearbeit, soweit sie das Werkzeug betreffen, betrachtet werden. So sehr uns diese theoretischen Arbeiten befriedigen können und so sehr sie auch ausreichen um gewisse fundamentale Fragen zu beantworten, so mangelhaft ist aber doch die Anwendbarkeit der Formeln wegen der ungenügenden Fixirung der Coefficienten. Kankelwitz hat einige Coefficienten für seine Formeln angegeben, doch beziehen sich diese nur auf weiche Hölzer, ebensowenig ausreichend sind die Angaben über verschiedene Coefficienten, deren die Fischer'schen Erwägungen bedürfen. Bei Schmidt fehlt die Angabe von Coefficienten gänzlich. Es wird daher zu den Aufgaben der nächsten Zukunft gehören, wie dies Fischer in seinem Buche ganz treffend bemerkt, Coefficienten zu gewinnen, welche uns die durch die Theorie zur Verfügung gestellten Formeln in einer grösseren Anzahl von Fällen als bisher zu verlässlich verwendbar macht.

Eine zweite ebenso wichtige Aufgabe für die Zukunft ist die Vermehrung der auf dynamometrischem Wege durch directe Beobachtung des Kraftverbrauches zu gewinnenden Resultate. Bisher sind im Ganzen nur zehn Sägemaschinen dynamometrisch untersucht worden; dabei wurden verschiedene Ziele verfolgt. Es sind damit durchaus nicht alle wichtigen Typen der Sägemaschine vertreten. Nun kann man aber die von Hartig und dem Verfasser gewonnenen Resultate nur dann anwenden, wenn es sich um eine ähnlich gebaute Sägemaschine handelt. Es wären also die dynamometrischen Beobachtungen auszudehnen auf eine weitere Anzahl von typischen Maschinen. Auch weichen die Ergebnisse der Versuche mitunter noch sehr weit von einander ab und erst eine grössere Anzahl derselben wird eine



grössere Sicherheit für die Bestimmung der von der Beschaffenheit des Holzes abhängigen Coefficienten herbeiführen und eine Berechnung des jeweiligen Arbeitsaufwandes möglich erscheinen lassen. Vergleicht man beispielsweise die von Hartig und von mir aufgestellten Formeln für die Circularsäge, so wird der grosse Unterschied in den Coefficienten auffallen müssen, welcher durchaus nicht die Richtigkeit der einen oder andern Formel für die Circularsäge in Frage stellt, sondern nur die grosse Verschiedenheit zwischen den durch die Formel bestimmten Sägemaschinen-Typen andeutet. Was soll aber der Practiker thun, wenn es sich um eine dritte oder vierte Art von Circularsägemaschinen handelt.

Eine grosse Zahl von Holzarten wurde dynamometrischen Versuchen noch gar nicht zu Grunde gelegt; mit einem Worte das Materiale für die gründliche Erledigung der einschlägigen Fragen ist noch zu spärlich.

Wir haben eben zunächst die Aufgabe gelöst, alles Brauchbare zusammenzustellen, um hiermit der Schule und dem Practiker das gesamte Materiale zugänglich zu machen.

Der Rohstoff ist sowohl von der Theorie als von der auf dem Experimente beruhenden Forschung fast gänzlich vernachlässigt worden. Bei dem dynamometrischen Experimente hat man sich mit der Angabe des Namens der Holzart begnügt und dieser ist nicht einmal immer volles Vertrauen einflössend. Bei den theoretischen Erwägungen, wie jene von Fischer, wurde der Bau des Holzes wohl schon einigermassen in Erwägung gezogen, aber doch in einer geringeren Masse, als dies vielleicht möglich wäre. Eine Cooperation der Fachleute auf dem Gebiete der Anatomie des Holzes mit den Technologen dürfte dringend zu empfehlen sein. Boileau hat dies schon durch die versuchsweise mikroskopische Studie über die Form der Spähne zu einer Zeit angedeutet, wo man in der Erforschung des Baues des Holzes noch weit zurück war. Wir bitten also dringend bei den dynamometrischen Untersuchungen über den Kraftverbrauch in Zukunft das verwendete Holzmateriale und die gewonnenen Spähne einer erschöpfenden Untersuchung unterziehen zu wollen und diese dem dynamometrischen Experimente gegenüberzustellen; wir selbst werden, wenn sich uns die Gelegenheit bietet, in diesem Sinne unsere eigenen Arbeiten fortsetzen.

Das Programm für die Zukunft lautet also: Feststellung der Coefficienten für die Theorie der Arbeit des Sägewerkzeuges auf breiter Basis; Fortsetzung der dynamometrischen Untersuchungen für eine grössere Zahl von Constructionstypen und unter Gegenüberstellung der anatomischen Erforschung des Holzes und der Spähne, also Cooperation des Holzanatomen und des Technologen; endlich Agitation für die Verwerthung der Ergebnisse der Theorie durch die Erbauer der Werkzeugmaschinen und Fabrikanten der Werkzeuge.





