

WALDSÄGEUNTERSUCHUNGEN  
IN DEN NORDISCHEN UND MITTEL-  
EUROPÄISCHEN LÄNDERN

PAAVO ARO

*METSÄSAHATUTKIMUKSET KESKI-  
JA POHJOIS-EUROOPASSA*

HELSINKI 1949

## Inhaltverzeichnis.

	Seite
<b>Vorwort</b> .....	5
<b>Einleitung</b> .....	6
<b>Die Waldsägen in verschiedenen Ländern</b> .....	8
Allgemeines .....	8
Deutschland .....	13
Die Schweiz .....	13
Schweden .....	15
Dänemark .....	17
Norwegen .....	17
Finnland .....	18
Sowjetunion .....	19
<b>Die Sägeuntersuchungen und ihr Zweck</b> .....	22
Statistische Sägeuntersuchungen .....	22
Vergleichende und methodische Sägeuntersuchungen .....	27
Konstruktion einer Normalsäge .....	46
<b>Über die Untersuchungsmethoden bei den Sägeversuchen</b> .....	50
Versuchspersonen .....	50
Versuchsapparate .....	54
Holzeigenschaften und Witterungsverhältnisse .....	56
Sägebewegung .....	57
Gayers Instruktion zur Vornahme von Versuchen über die Leistungsfähigkeit der Waldsägen .....	58
<b>Untersuchungsergebnisse in Zahlen</b> .....	61
Leistungszahlen in Schnittfläche je Minute .....	61
Arbeitstempo .....	62
<b>Allgemeine Beobachtungen über den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Sägeleistung</b> .....	67
Ausserhalb der Sägen gelegene Faktoren .....	67
Standort, Klima, Jahreszeit und Witterung .....	67
Holzart und Holzbeschaffenheit .....	68
Stärke der Stämme .....	70

Helsinki 1949

SUOMALAISEN KIRJALLISUUDEN SEURAN KIRJAPAINON OY.



	Seite
Faktoren an den Sägen selbst .....	71
Sägeart und Form des Sägeblattes .....	71
Zweimannsägen .....	71
Einmannsägen .....	73
Krümmungsradius .....	75
Blattlänge .....	77
Breite, Stärke und Gewicht des Sägeblattes .....	80
Bezahnung .....	82
Beschaffenheit des Sägematerials .....	89
<b>Praktische Erfolge der Untersuchungen</b> .....	92
Allgemeines .....	92
Instandsetzung der Sägen .....	93
Einspannen des Sägeblattes .....	94
Ausgleichen der Zahnschneidlinie .....	96
Vertiefen der Zahnspitzen .....	99
Schärfen der Zähne .....	102
Schränken der Zähne .....	109
Nachprüfen der Säge auf ihre Brauchbarkeit und ihre Pflege .....	114
<b>Schrifttum</b> .....	117
<b>Finnisches Referat</b> .....	128
Tabelle 3: Beschreibung der Versuchssägen verschiedener Sägeforscher .....	136
Tabelle 4: Sägeleistung in dm <sup>2</sup> je Minute mit Waldsägen nach den Versuchen verschiedener Sägeforscher .....	152

## Vorwort.

Nachdem ich als Vertreter Finnlands im September 1940 die wissenschaftliche Arbeit bei der Internationalen Forstzentrale übernahm, wurde mir die Gelegenheit gegeben, die von mir im Jahre 1937 angefangene Waldsägeuntersuchungen fortzusetzen. Es war mir während der Untersuchungen klar geworden, dass eine genaue Beschreibung der bisherigen Untersuchungen, deren Forschungsmethoden und Ergebnisse erforderlich war. Eine solche Arbeit übereinstimmte ausserordentlich gut ebenso mit dem Forschungsprogramm der Internationalen Forstzentrale. Als Ergebnis dieser Arbeit entstand die vorliegende Monographie, deren Manuskript druckfertig schon im Jahre 1943 bei der Internationalen Forstzentrale eingereicht wurde. Weil die Drucklegung der Monographie wegen der Kriegsverhältnisse verhindert wurde, beschloss die Forstwissenschaftliche Gesellschaft in Finnland sie in ihrer Schriftenreihe zu veröffentlichen. Die Verzögerung der Drucklegung ist durch das Fehlen der Abbildungen und Beilagetabellen verursacht, die mit dem Manuskript in Deutschland blieb. Erst am November 1948 gelang es mir unter gütiger Mitwirkung des Schriftleiters, Herrn Dr. R. C. Fortunescu und Direktors der Sektion der Forstwirtschaft und Walderzeugnisse in der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation in Washington, Herrn Marcel Leloup, die Monographie, die Tabellen und die Abbildungen in Druckbogen in meine Hände zu bekommen. Die Monographie umfasste ursprünglich die Untersuchungen und die Kenntniss von Waldsägen bis zu dem zweiten Weltkrieg. Ich habe sie jedoch vor der Drucklegung bis zum Ende 1948 vervollständigt soweit die Untersuchungen mir zur Kenntniss gekommen sind.

Ich will hier die Gelegenheit benutzen um meinen besten Dank der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft in Finnland für die Drucklegung dieser Arbeit in der Schriftenreihe Acta Forestalia Fennica abzustatten. Ebenfalls bin ich der schwedischen Sägeblattfirma »Sandvikens Jernverks Aktiebolag» für die finanzielle Unterstützung der Drucklegung zu Dank verpflichtet.

Helsinki, den 1. Februar 1949.

Paavo Aro.

## Einleitung.

Der primitive Mensch der Vorzeit schuf sich seine Werkzeuge aus den einfachsten Naturstoffen und Naturgebilden. Einige Naturvölker benutzen zur Schneidarbeit noch heute die Zähne verschiedener Fische, wie zum Beispiel die mit Zähnen versehene Kopfwehr des Schwertfisches. Dank archäologischer Funde kann die Entwicklung der Sägen vom Altertum bis zur Gegenwart verfolgt werden.

In der Steinzeit wurde das Holz mit scharfkantigen Steinen geschnitten oder gesägt. Als die Kanten zahnartig ausgebrochen waren, machte man die Erfahrung, dass die Steine sich so zum Sägen vorzüglich eignen. Unter den steinzeitlichen Bodenfunden gibt es viele Flintsteinsägen, von denen schon einige deutlich die Form unserer heutigen Handsägen besitzen.

In der Kupfer- und Bronzezeit entwickelten sich die Sägen weiter und erreichten immer vollkommeneren Formen. Die griechische Mythologie hat die Erfindung der Säge in die Bronzezeit verlegt. Sogar der Name des Erfinders wird erwähnt, der aber in den einzelnen Quellen verschieden lautet. Unter den ägyptischen Gräberfunden sind viele interessante Wandreliefs erhalten, auf denen die Sägebenutzung dargestellt ist und aus denen sich weitgehende Schlüsse über technische Einzelheiten ziehen lassen.

Als sich das Eisen als Material zur Werkzeugherstellung eingebürgert hatte, wurden schon verschiedenförmige Sägen für vielseitige Gebrauchszwecke hergestellt. Vor der Eisenzeit waren die Sägen überwiegend Einmannsägen. Der Wunsch nach Mehrleistung der eisernen Sägen führte zur Erfindung der Zweimannsägen, bei denen es möglich war, die Energie von zwei Männern einzusetzen. Bei der Anwendung von Eisen wurde auch die Verminderung des Kraftaufwandes durch Herstellung dünner Sägen möglich. Dies brachte aber den Nachteil mit sich, dass das dünne Blatt sich beim Sägen sehr leicht bog. Zur Beseitigung dieses Nachteils wurden hölzerne Rahmen zur Befestigung des Sägeblattes erfunden. Die ursprüngliche Rahmensäge war die Spaltsäge. Bei ihr wurde das Sägeblatt in der Mitte des hölzernen viereckigen Rahmens befestigt, etwa in der Weise, wie es bei modernen Gattersägen üblich ist. Eine solche Säge konnte nur zum Spalten der Stämme benutzt werden, hatte aber den Nachteil,

dass das Sägeblatt schwankte und sich noch immer bog, weil es nicht zu spannen war. Dieser Nachteil wurde erst durch die Konstruktion der jetzt noch gebräuchlichen Sägerahmenmodelle, der Scheitersägen, vermieden, bei denen das Spannen des Blattes ermöglicht ist. Anfänglich waren es wohl die Tischler, welche die Sägen dieses Modells für ihre gewerblichen Zwecke entwickelt haben. Von da aus fand dann diese Sägeform ihren Weg zum Walde.

Als im vergangenen Jahrhundert die fabrikmässige Herstellung der Sägen in Gang kam, nahm auch die Benutzung der Fabriksägen bei Waldarbeiten ein grösseres Ausmass an. Viele verschiedene Sägemodelle wurden hergestellt. Je mehr die Forstbenutzung sich entwickelte, desto wichtiger wurde die Säge für die Holzfällung.

Die Sägearbeit nimmt nach deutschen Angaben bei der Fällung und Aufarbeitung der Holzsortimente 40—60 % der gesamten Arbeitszeit in Anspruch (Betzhold 1873, Lorey 1874). Nach Strehlike (1929) ist die Säge in etwa 100jährigen Nadelholzbeständen mittlerer Bonität während etwa 30 % der Einschlags- und Aufarbeitungszeit in Tätigkeit. Mit steigendem Alter wird der Anteil der Sägearbeit höher. Ebenso ist sie in Hartholzbeständen grösser. In Buchenalthölzern steigt der Prozentsatz der Sägearbeit auf 60—80 %. Foteev (1931) berichtet, dass nach Zeitstudien im Verwaltungskreis Moskau die Sägearbeit 21.3 % des ganzen Arbeitstages in Anspruch nimmt. In dem russischen Kahlschlagbetrieb fällt nach Tonkel (1934b) beim Ablängen der Stämme auf die Sägearbeit 32 % der reinen Arbeitszeit. Nach Untersuchungen, die der Verfasser im Hauungsbetrieb von Birkenbrennholz anstellte, beträgt der Anteil der Sägearbeit 47.7 % der Gesamtzeit der Axt- und Sägearbeit, und 18.9 % der reinen Arbeitszeit (Aro 1936). Für die Brennholzhauung ist charakteristisch, dass sie mehr Axtarbeit als Sägearbeit erfordert, während bei der Aufarbeitung der anderen Holzsortimente die Säge eine viel grössere Rolle spielt. Es ist deswegen auch sehr natürlich, dass bei den Studien über die Rationalisierung der Waldarbeit die Säge als erstes Forschungsobjekt diente.

Im Folgenden sollen die bis jetzt durchgeführten Waldsägeversuche und Untersuchungen — mit Ausnahme derjenigen über Motorsägen — und soweit wie möglich, die hierbei angewandten Methoden und die Ergebnisse beschrieben werden. Dem ganzen Forschungsgebiet scheinen trotz der vielen Versuche noch einheitliche Richtlinien zu fehlen. Das weist uns darauf hin, dass man bei der Verbesserung der Sägeleistung nicht allein auf die Untersuchungsergebnisse Rücksicht nehmen kann, sondern sich vielmehr auf die praktischen Erfahrungen stützen muss.

## Die Waldsägen in verschiedenen Ländern.

### Allgemeines.

Wie bereits erwähnt, ist die Säge eine uralte Erfindung. Die Mannigfaltigkeit in ihrer Konstruktion ist darauf zurückzuführen, dass sie sich in den verschiedenen Ländern und Gegenden gleichzeitig entwickelt hat. In allen Ländern sind jedoch zwei Haupttypen von Sägen zu finden, nämlich Sägen mit Spannvorrichtung, sogenannte *Spannsägen*, und Sägen ohne Spannvorrichtung, sogenannte *Nichtspannsägen*. Bei den Spannsägen variiert die Spannvorrichtung entsprechend den Herkunftsländern. In allen Ländern ist das Sägeblatt der Spannsägen im allgemeinen dünner und schmäler als bei den Nichtspannsägen, die steifer, das heisst, dicker und breiter sein müssen. Da die Spannvorrichtungen, Bügel oder Rahmen beim Sägen der dickeren Stämme hinderlich sind, wird die Sägearbeit zwischen den Spannsägen und Nichtspannsägen so geteilt, dass die dickeren Stämme von etwa 25 cm ab mit Nichtspannsägen, sogenannten Schrot-, Wiegen-, Bauch- oder Bogensägen, und die dünneren Stämme unter 25 cm Durchmesser mit Spannsägen, sogenannten Gestell-, Bügel-, Rahmen- oder Scheitersägen gesägt werden.

Die Sägen können auch nach dem Kraftaufwand in zwei Gruppen eingeteilt werden, in *Einmann-* und *Zweimannsägen*. Bei Nichtspannsägen handelt es sich meistens um Zweimannsägen, bei Spannsägen um Einmannsägen. Eine Ausnahme bilden die *Fuchsschwanzsägen* (Abb. 1 a). Sie sind Einmannsägen ohne Spannvorrichtung.

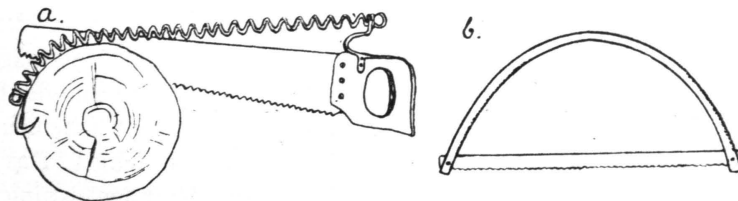


Abb. 1. Einmannsägen: a. Fuchsschwanzsäge mit Sägekamerad, b. Bügelsäge mit hölzernem Bügel.

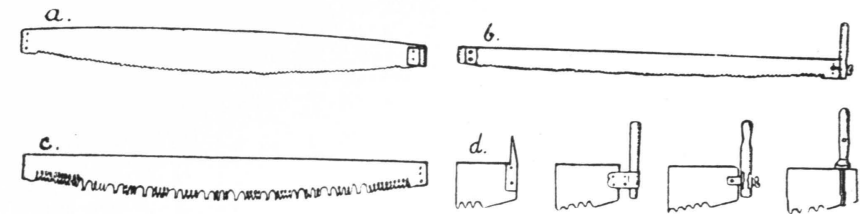


Abb. 2. Zweimannsägen: a. Bogensäge mit Dreiecksbezaehlung, b. Gerade Schrotsäge mit Dreiecksbezaehlung, c. Bauchsäge mit amerikanischer Hobelbezaehlung, d. Verschiedene Handgriffmodelle.

Nach der Blattform unterscheidet man bei den Zweimannsägen die geraden *Schrotsägen* (Abb. 2 b) und die mehr oder weniger gekrümmten *Wiegen-, Bauch- oder Bogensägen* (Abb. 2 a, c). Die Blätter der eingespannten Einmannsägen sind meist gerade.

Für die Handhabung der Zweimannsägen sind die *Handgriffe* sehr wichtig. In den älteren Modellen wurden eiserne Dornen, über die die hohlen Hefte gesteckt werden, an das Sägeblatt als besondere Stücke genietet oder aus dem Blatt selbst geformt und bilden mit ihm ein Ganzes. Weil es bei einer Festklemmung der Säge im Schnitt wichtig ist, die Säge durch den Schnitt herauszuziehen, müssen die hölzernen Griffe so eingerichtet sein, dass sie entfernt werden können. Die modernen Sägen in allen Ländern sind deshalb mit abnehmbaren Griffen, sogenannten *Patent- oder Schnellangeln* versehen. Diese Angeln werden in verschiedenen Formen angefertigt. Entweder werden sie durch eine Schraube fest an das durchlochte Blatt angeschraubt oder durch einen besonders konstruierten geschlitzten Sägeblatthalter befestigt (Abb. 2 d).

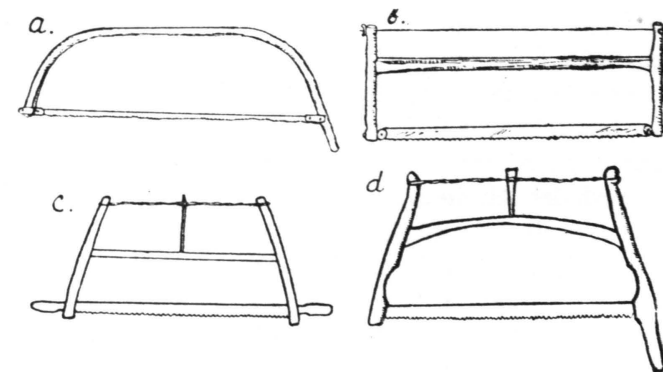


Abb. 3. Verschiedene Spannsägenmodelle. a. Bügelsäge mit eisernem Bügel, b. Dänische »Stormsav«, c. Schweizerische Scheitersäge, d. Schweizerische Scheitersäge, Pariser Form.

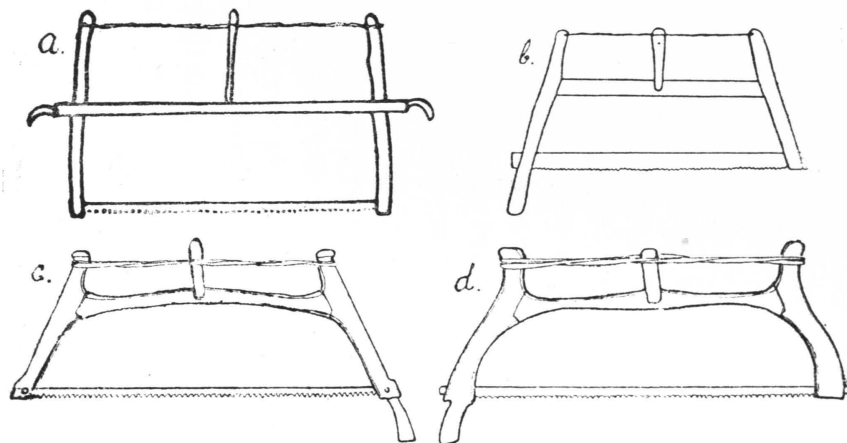


Abb. 4. Verschiedene Spannsägenmodelle. a. Schweizerische Gestellsäge, b. Russische Scheitersäge, c. Finnische Scheitersäge, d. Finnische Scheitersäge, Nordfinnisches Modell.

Zum Spannen der dünnen Blätter der Spannsägen werden in den meisten Ländern hölzerne oder eiserne Bügel verwendet (Abb. 1 b, 3 a). In der Schweiz und Dänemark kommen neben den Bügeln auch hölzerne Rahmen, die den Sägerahmen der Tischler ähneln, vor (Abb. 3 b, 4 a). In Finnland dagegen kennt man kaum den Bügel, sondern verwendet zum Spannen einen besonders konstruierten Holzrahmen. Dieser Rahmen ist auch in der Schweiz benutzt und in Nordrussland weit verbreitet (Abb. 3 c-d, 4 b-d). Im allgemeinen sind die Rahmen aus Birkenholz gearbeitet, in Nordfinland und Nordrussland sind jedoch die aus trockenem Kiefernholz gefertigten Rahmen sehr beliebt. Häufig kommen auch Rahmen vor, bei denen die Schenkel aus Birkenholz und der Zwischenbügel aus Fichtenholz bestehen. Die durchschnittlichen Masse des Sägerahmens sind folgende: der kürzeste Schenkel ist etwa 45 cm lang, der längste Schenkel mit Handgriff etwa 55 cm; der Zwischenbügel hat eine Länge von etwa 55—65 cm. und der Abstand zwischen Zahnspitzenlinie und Zwischenbügel, die sogenannte Schnittiefe, beträgt etwa 25 cm. Im Durchschnitt wiegt der Sägerahmen etwa 1.7 bis 1.8 kg. Das Gewicht wechselt jedoch sehr häufig.

Die im allgemeinen verstellbaren Handgriffe der Fuchsschwanzsägen werden in verschiedener Form meistens aus Schichtholz hergestellt.

In allen Ländern haben die Sägen mit Dreiecksbeziehung die breiteste Verwendung gefunden (Abb. 5). Das ist darauf zurückzu-

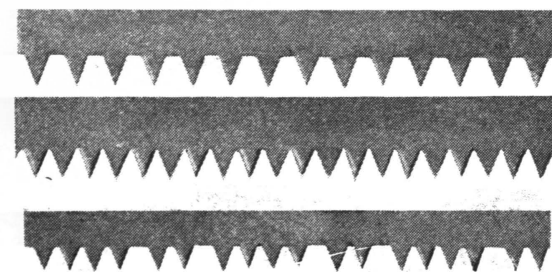


Abb. 5. Unterbrochene, fortlaufende und gruppenweise Dreiecksbeziehung.

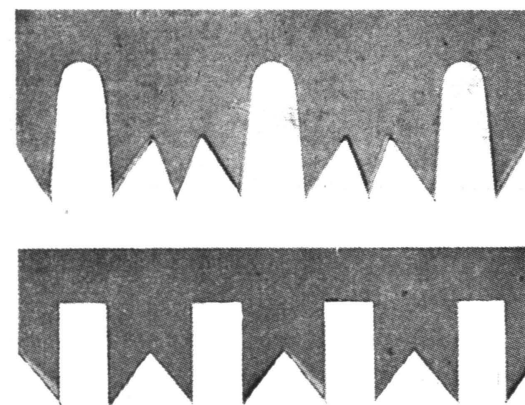


Abb. 6. Kronen- und M-Zahnung.

führen, dass diese Beziehung am leichtesten instandzuhalten ist und daher von den Arbeitern bevorzugt wird. Bei der Dreiecksbeziehung sind zwei Haupttypen zu unterscheiden: fortlaufende (DD-Beziehung) und unterbrochene (DuD-Beziehung). Letztere kann noch verschieden kombinierte Formen bezüglich der Gruppierung und Grösse der Zahn- lücke haben. Von den vorkommenden mehr oder weniger komplizierten Beziehungen sind folgende erwähnenswert: Stock- oder M-Zahnung (Abb. 6), gekahlte M-Zahnung (Abb. 7), Kronen- oder amerikanische Zahnung (Abb. 6), Hobelzahnung (Abb. 8) und Lanzenzahnung. Diese Beziehungen sind zusammengesetzt entweder nur aus Schneidezähnen, die nicht dreieckig sind, oder aus Schneide- und Raumzähnen. Die Raumzähne sind entweder dreieckig oder von anderer Form. Der Zahnabstand kann gleich



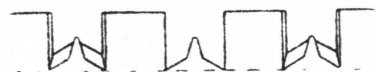


Abb. 7. Gekehlte M-Zahnung der deutschen Gerson Säge.

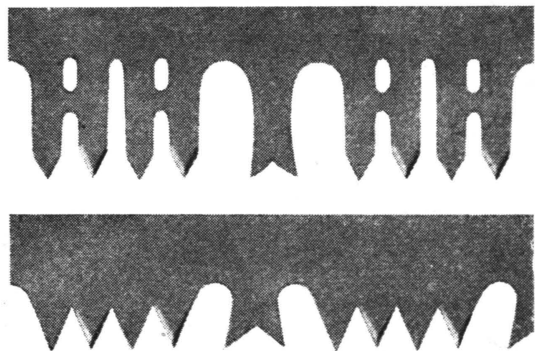


Abb. 8. Hobelbezeichnung der amerikanischen Schrotsäge und schwedischen Bügelsäge.

oder verschieden sein, je nachdem wie gross die Zahnbreiten und Zahn-lücken sind.

Die Perforierung oder Hinterlochung, die bei den amerikanischen Sägen häufig vorkommt, wird von den europäischen Waldarbeitern nicht geschätzt. Man ist der Meinung, dass diese Sägen, mehr als die unperforierten, Reibungen beim Sägen verursachen (Abb. 15 a, 15 d).

Die Länge der europäischen Sägen schwankt zwischen 80 und 200 cm. Die Schrotsägen sind in der Mehrzahl etwa 140—150 cm und die Bügel- oder Scheitersägeblätter etwa 100 cm lang. Die Länge hängt natürlich vom Stammdurchmesser ab. Die Breite der Säge schwankt zwischen 25 mm und 150 mm. Die Blätter der ungespannten Zweimannsägen sind im allgemeinen breiter und dicker als die der gespannten Einmannsägen. Die Fuchsschwänze sind ungefähr gleich lang, aber breiter und dicker als die Spannsägeblätter. Die neuzeitlichen Sägen sind alle am Rücken dünn geschliffen, um die Reibung möglichst zu vermindern.

Werkstoff und Abmessungen, besonders aber die Länge und Breite der Sägen bestimmen das Gewicht. Meist liegt das Gewicht der Zweimannsägen zwischen 2 und 3 kg, wogegen das Blatt der Spannsäge nur ein Gewicht von 100—550 g hat.

### Deutschland.

In Deutschland gibt es eine grosse Zahl von Sägefabriken. Von diesen Fabriken sind besonders die Dominikuswerke bekannt. Nach der Statistik von Stentzel (1934 b) beträgt der Anteil von Schrotsägen 68 % gegenüber 32 % Bauchsägen. Die Bauchsägen werden hauptsächlich in Gebirgen — in Bayern, im Harz und im Fichtelgebirge — verwandt. Die Schrotsäge findet in ganz Deutschland Verwendung, vornehmlich aber im Norden Deutschlands. Als Sonderformen kommen in Schlesien die schlesische Öhrsäge, in Sachsen und Thüringen die sächsische Schrotsäge vor. Die gebräuchlichste Sägenlänge beträgt 1300 mm, an zweiter Stelle steht eine Länge von 1200 mm. 80 % aller Bauchsägen sind 1300 mm lang. Ein überwiegender Teil, insgesamt 85 % aller Sägen, sind Dreieckszahn-sägen. Bei Schrotsägen und Bauchsägen insgesamt wiegt die unterbrochene Be-zahnung mit 47 % gegenüber der fortlaufenden Be-zahnung (36 %) vor. Von Waldsägen mit komplizierten Zahnarten, wie amerikanischem Hobelzahn, M-Zahn, Lanzenzahn gibt es nur 15 %. Die meisten Sägen (83 %) haben ein nicht perforiertes Blatt. Von den 17 % perforierten Blättern entfallen auf Schrotsägen 14 %, auf Bauchsägen 3 %. Die meisten Sägen (75 %) waren mit einem Nietöhr versehen. Die Schweissangel kommt nur in Bayern vor. Lösbare Schnellangeln besitzen nur 17 % aller Waldsägen.

Die Bügelsäge herrscht vielfach in Kiefernrevieren vor. Von geringfügiger Bedeutung ist die Fuchsschwanzsäge, die hier und da Anwendung zur Aufarbeitung schwachen Materials findet. Die Sägeformen sind aussergewöhnlich mannigfaltig. Einen Wechsel in den Ausmassen und Formen kann man vielfach schon von Dorf zu Dorf, von Försterei zu Försterei feststellen. Eine einzige deutsche Sägefabrik kann 375 verschiedene Wald-sägen herstellen.

### Die Schweiz.

Die einheimische Herstellung der Sägen in der Schweiz findet bei den Firmen E. Bühler, Turbenthal und A. Sumag A.-G., Will, St. Gallen, statt. Ihre Sägen sind jedoch wenig bekannt, weil sie nur direkt an die Verbraucher geliefert werden. Sie spielen bei den Waldarbeiten eine sehr geringe Rolle. Gut (1931) hat die Bühlerschen Sägen in den Kantonen Zürich, St. Gallen und Graubünden gefunden. Seine Untersuchungen haben auch gezeigt, dass in der Schweiz Sägen schwedischer Herkunft bei weitem bevorzugt werden. An zweiter Stelle stehen die deutschen und

französischen Sägen. Die schwedischen Sägen, von denen 85 % Produkte der Firma Sandvik darstellen, sind mehr oder weniger im ganzen Land verbreitet, während die französischen Sägen der Firma Peugeot frères in der französischen Schweiz vorherrschen. In den Kantonen Winterthur mit Umgebung, sowie in Schwyz und Bern sind die schwedischen Viking-Sägen zu finden. Die deutschen Fabrikate der Firmen J. D. Dominicus, David Dominicus, Peter Wallbrecher und anderer werden in den Kantonen Zürich, Schaffhausen, Solothurn, Bern, Graubünden und St. Gallen verwendet. Von den amerikanischen Sägen mit Hobelbezaehlung sind die Marken Atkins, Kean Kutter von E. C. Simmons & Co. und Simonds, Mass. USA. bekannt geworden. Vereinzelt sind auch amerikanische Sägen mit einfacher Dreiecksbezaehlung vertreten.

Die Scheiter- und Bügelsägeblätter sind vorwiegend französischen oder schwedischen Ursprungs (Firmen Goldenberg, Peugeot frères, Sandvik und Viking). In der Schweiz werden solche Blätter gar nicht hergestellt. Die Breite der Blätter schwankt zwischen 60 und 140 mm, die Länge zwischen 80 und 100 cm. Das Gewicht beträgt je nach Dimensionen 1—2 kg. Der Sägerahmen ist entweder rechteckig mit geradem Querholz (Abb. 3 c), oder geschweift, mit stark nach oben gebogenem Querholz. Letztere Form, die die Pariser Form genannt wird (Abb. 3 d), ist im Jura verbreitet und kann bei stärkeren Durchmessern besser verwendet werden als die rechteckige Form.

Bei Bügelsägen werden die Bügel von den Arbeitern vorwiegend aus Fichte, Weide, Hasel oder Esche hergestellt. Diese Sägen sind hauptsächlich im waadtländischen Jura und im Kanton St. Gallen zu finden. Das Sägeblatt kann bis zu 140 cm lang sein. Die Bügelsägen haben in der Schweiz sehr geringe Verwendung gefunden.

In einigen Kantonen ist eine eigenartige Spannsäge zu finden, die »grosse Gestellsäge« (Abb. 4 a). Sie hat einen viereckigen Rahmen, der viel grösser ist, als der Scheitersäge, von der sie sich aber in der Form wenig unterscheidet. Die Länge dieser Säge beträgt 145—160 cm, die Höhe 95 cm und das Gewicht 4.5—5 kg. Die Fuchsschwanzsägen sind in der Schweiz wenig verbreitet.

Die Länge der Zweimannsägen schwankt zwischen 90 und 200 cm. Die gebräuchlichste Länge ist 150 cm. Die Breite, in der Mitte gemessen, schwankt zwischen 6 und 18 cm. Am häufigsten ist die Breite von 15 cm. Die Arbeiter ziehen die breiteren Blätter vor. Die Dicke der Blätter schwankt zwischen 1.5 und 2.0 mm. Dünne Blätter sind beliebter.

Nach den neueren Erfahrungen wird die Verwendung von rund 8 cm

breiten Waldsägen in Längen von 150, 165 und 180 cm befürwortet, wobei die weitaus meist gebrauchte Länge 165 cm beträgt. In den Gewichten ergeben sich grosse Schwankungen, nämlich von etwa 1 bis über 5 kg. Am häufigsten ist ein Gewicht von 1.5—2.5 kg. Die Gebrauchsdauer der Sägen ist sehr lang. Nach den Erhebungen von Gut (1931) werden die meisten Sägen 5—10 Jahre und mehr verwendet. Die meisten Sägen haben gerade Rücken und gekrümmte Zahnlinien mit einem Krümmungsradius von 4—5 m.

Die Ansichten über die beste Bezaehlung wechseln mit den Landesgegenden. Man kann 13 verschiedene überall vorkommende Bezaehlungen bei Zweimannsägen beobachten. Am häufigsten verwendet wird die unterbrochene Dreiecksbezaehlung. Aber auch die sogenannte Stockzaehlung mit Gruppen von drei Zähnen verbreitet sich immer mehr. Die M-Zaehlung dagegen kommt verhältnismässig selten vor. Die Hobelbezaehlung findet seit Beginn der arbeitstechnischen Lehrtätigkeit einen wachsenden Zuprsuch. Sie wird wegen des geringeren Kraftaufwandes und der höheren Leistungsfähigkeit geschätzt. Perforierte Bezaehlungen sind wenig verbreitet.

Bei Scheiter- und Bügelsägen werden unterbrochene und fortlaufende Bezaehlungen gefunden. Die Arbeiter entfernen oft jeden dritten Zahn, um die Bezaehlung noch lichter zu machen. Die Hobelbezaehlung ist auch bei diesen Sägen bekannt geworden, aber sehr wenig verbreitet (Gut 1931, Zehnder 1936, 1942).

### Schweden.

In Schweden, in einem Lande mit eigener Stahlproduktion, werden die von eigenen Fabriken aus einheimischem Stahl hergestellten Waldsägen bevorzugt. Die grössten und bedeutendsten Firmen, die Sägen herstellen, sind folgende: Sandvikens Jernverks A. B., Sandviken, A. B. Stridsberg & Biörk, Trollhättan, Brukskoncernen A. B., Fagersta, A. B. Orsa Sägbladsfabrik, Orsa, A. B. Iggesund Bruks, Iggesund, Edsbyn Industri A. B., Edsbyn, und Eriksson & Söör, Bångbro.

Von den Zweimannsägen waren bis vor einigen Jahren die in der Mitte 6—7 Zoll (1 Zoll, engl. inch. = 2.53 cm) breiten Bauchsägen fast ausschliesslich in Gebrauch, wogegen heute die geraden, 3.5 Zoll breiten Schrotsägen bevorzugt werden. Die Zweimannsägen werden zur Fällung von Stämmen mit einem Stockdurchmesser von mehr als 20 Zoll empfohlen. Ihnen fehlt heutzutage jedoch eine grössere Bedeutung. Sie werden

nur in einigen Fjaldgebieten und in den südlichen Teilen des Landes verwendet. In den anderen Teilen herrschen die Einmannschrotsägen, die sogenannten Fuchsschwänze vor.

Die Fuchsschwänze, die zur Fällung von Stämmen mit einem Durchmesser bis zu 20 Zoll empfohlen werden, sind besonders kennzeichnend für Schweden. Unter ihnen finden sich vier verschiedene Typen, die jeweils eine besondere Sägetechnik bedingen, entsprechend der Form der Zahnlinie, der Breite des Blattes und der Zahnform. Zur Erleichterung des Sägens wird in Värmland, Dalarna und Hälsingland neben dem Fuchsschwanz als Hilfsgerät ein besonderer Apparat, der sogenannte Sägekamerad, verwendet (Abb. 1 a). Er besteht aus einer Spiralfeder, deren Enden an dem Sägegriff und an dem zu sägenden Stamm befestigt werden und die die Säge beim Schneiden vorwärtszieht. Die Säge schneidet nämlich nur beim Hinzug, nicht beim Herzug. Beim Herzug wird der Sägekamerad gespannt. Die Länge und Breite sowie die Zahnformen und Zahngrößen schwanken bei den verschiedenen Modellen. Die dominierende Länge ist 39 Zoll. Die wichtigsten Fuchsschwanzmarken in Schweden sind folgende: Sandviks Snabbsvans nr. 241, Canada 500, Bredby und Tiger, Stridsberg & Björks Pio nr. 248 und Pio-Bredby, Fagerstas Björnsåg und Bredby, Orsas Caranti und Orsia. In Norrland werden die Fuchsschwänze auch zum Zerschneiden der Stämme verwendet.

In Mittel- und Südschweden werden zu diesem Zweck gewöhnlich die Bügelsägen benutzt, deren Leistung nach den neueren schwedischen Untersuchungen besonders beim Zerschneiden unbestreitbar grösser ist als die der Fuchsschwänze. Die Bügel sind aus Stahlrohr hergestellt und entweder fest oder verstellbar (Abb. 3 a). Die grössten Bügel erlauben das Durchsägen eines Stammes mit 13 Zoll Durchmesser. Von Edsbyns Industri A. B. wird auch für Bügelsägen ein Sägekamerad hergestellt.

Bei den Bügelsägeblättern sind noch mehr Typen zu finden als bei den Fuchsschwänzen. Die Breite der Blätter schwankt von 25—35 mm und die Länge von 3—4 Fuss (1 Fuss, engl. foot = 30.5 cm). Die gewöhnlichste Bezeichnung ist die Dreiecksbezeichnung, die man in Schweden A-Bezeichnung nennt. Die Zähne sind verhältnismässig klein und stehen im trockenen Holz dicht nebeneinander ohne Zahnücke und im frischen Holz in breiteren Zahnräumen. Ausserdem kommen M-, Kronen- und Hobelbezeichnungen vor. Die Zähne können entweder gleichmässig oder gruppenweise in der Zahnlinie eingeteilt sein. Die Tatsache, dass Sägen mit verschieden kombinierten Bezeichnungen in Schweden stärker verbreitet sind als in Finnland, ist darauf zurückzuführen, dass die einheimischen Fabri-

ken die notwendigen Hilfsgeräte zur Instandsetzung der verschiedenen Zahnformen herstellen.

Die wichtigsten Modelle der Sägeblätter in Schweden sind: Nr. 99, 102, 129 und 132 von Sandvik, Sisu von Stridsberg & Björck, Eia von Edsbyns Industri A. B. und Orsia von Orsa Sägbladsfabrig (Flodman 1938, Lennertson u. Flodman 1938, Handbok för huggare, Sandvikens skogssågar och deras sköttsel).

### Dänemark.

Eine einheimische Herstellung der Sägen gibt es in Dänemark nicht. Sie werden aus Schweden, Deutschland, England und Amerika eingeführt. Die amerikanische Disston-Säge wird besonders häufig verwendet (Firma Fl. Disston, Philadelphia). Zum Fällen der Stämme benutzt man die Schrotsägen und zum Ablängen die Bügelsägen. In einigen Gegenden kommt noch eine Sägeart mit hölzernem Rahmen vor, die der schweizerischen Gestellsäge ähnelt und »Stormsav« genannt wird (Abb. 3 b). Die wichtigsten Waldsägen sind die schwedischen, die im Kapitel über schwedische Sägen behandelt wurden.

### Norwegen.

In Norwegen stellen zwei Firmen, Grorud Jernvarefabrikk, Grorud bei Oslo und Kongsberg Våpenfabrikk, Kongsberg, Sägeblätter für Bügelsägen mit Dreiecksbezeichnung her. Im grossen und ganzen spielen jedoch die schwedischen Sägen auch unter den Waldsägen Norwegens die Hauptrolle. Am meisten verbreitet sind die Produkte der Firma Sandvikens Jernverks A.B.

Die am häufigsten verwandten Modelle der Sägen sind Fuchsschwänze mit voreilender (leicht geneigter) Bezeichnung. Diese sind über ganz Ost-Norwegen verbreitet und finden mehr und mehr Verwendung. In Trondelag hat man bis jetzt die aus Zweimannsägen durch Umarbeitung umgeformten Einmannsägen verwendet. Zur Zeit werden statt dieser umgearbeiteten Sägen die Fuchsschwänze verwendet. Bei den Schrotsägen ist die Hobelbezeichnung sehr verbreitet.

Die Verhältnisse in Norwegen und Schweden sind aus dem obenerwähnten Grunde so ähnlich, dass man hier ohne weiteres auf das Kapitel, in dem die schwedischen Verhältnisse besprochen werden, hinweisen kann (Handbok for huggere, Andersen 1942).

### Finnland.

Die Sägeblätter der Schrot- und Scheitersägen werden in Finnland von den einheimischen Sägeblattfabriken hergestellt. Da jedoch die Waldsägen keine Hauptartikel der unten genannten Firmen waren und da sie mit Exportstahl arbeiteten, spielten die einheimischen Sägen bei den Waldarbeiten vor dem zweiten Weltkriege eine sehr unbedeutende Rolle. Wie meine Untersuchungen über die wichtigsten finnischen Scheitersägen gezeigt haben, wurden in Finnland die Sägen schwedischer Herkunft bevorzugt. Während des Krieges und nach dem Kriege herrschen nur die einheimischen Sägen vor. Von den finnischen Sägeblattfabriken seien hier folgende erwähnt: Sahanterä O.Y., Epilä, Suomen Sahanterähdas O.Y., Tampere, Kone ja Terä O.Y., Tampere, Kausalan Terä O.Y., Kausala und O.Y. Suomen Sandviksahat, Kauklahti. Die letztgenannte Firma ist eine Schwesterfirma der schwedischen Firma »Sandvikens Jernverks A.B., Sandviken».

Bauchsägen mit einer Breite von 4 Zoll und einer Länge von 4.5 Fuss und Schrotsägen mit einer Breite von 3.5 Zoll und einer Länge von 4.5 Fuss sind am häufigsten anzutreffen. Eine Blattbreite von 6 Zoll in der Mitte ist nicht selten. Bei den Bauch- und Schrotsägen wurden die Produkte einheimischer Fabriken mehr bevorzugt als bei den Scheitersägen.

Die Schrot- und Bauchsägen finden in Finnland weniger Verwendung bei der Waldarbeit als die Scheitersägen, was auf die geringere Stärke der Stämme zurückzuführen ist. Sie werden am häufigsten bei der Fällung und Ausformung der Sägestämme verwendet.

Wie aus meinen Untersuchungen hervorging, (Aro 1941), fand die schwedische Scheitersäge der Marke Orsia von A.B. Orsa Sägbladsfabrik vorzugsweise in Nordfinnland Verwendung, während in West- und Ostfinnland die Sägen der Firma Sandvikens Jernverks A.B. oder ihrer Schwesterfirma überwogen. In den meisten Fällen waren die Sägen der Firma Sandvik in West-, Ost- und Nordfinnland durch die Nummer 99 vertreten, im südlichen Nordfinnland dagegen hatte die Marke Otso von Sandvik den Vorrang. Nach dem zweiten Weltkriege sind die einheimischen Marken Raketti von Kausalan Terä O.Y. und Peto von Kone ja Terä O.Y. an die Stelle der schwedischen Marken getreten.

Die Scheitersägeblätter sind etwa 105 cm lang und 25, 30 oder 35 cm breit. Es werden vorzugsweise 25 cm und 30 cm breite Blätter verwendet; Blätter mit einer Breite von 35 cm sind am wenigsten gebräuchlich. Die Gebrauchszeit der Blätter ist ziemlich kurz. Drei Viertel oder 76,2 %

der von mir untersuchten Sägeblätter waren weniger als 1 Jahr in Verwendung.

Die gebräuchlichste Zahnform sowohl der finnischen Scheiter- als auch der Schrot- und Bauchsägen ist die Dreiecksform. Bei der Dreiecksbezeichnung können zwei Hauptbezahlungsarten, die fortlaufende und die unterbrochene Dreiecksbezeichnung, unterschieden werden. Bei beiden Hauptarten sind ausserdem mehrere Kombinationen zu finden. Die komplizierten M-, Hobel- und amerikanischen Bezahlungen haben trotz ihres Vorhandenseins auf dem Markt bei den finnischen Waldarbeitern sehr wenig Verwendung gefunden, weil diese ihre Sägen selbst mit primitiven Hilfsmitteln zurichten, mit denen sie Spezialbezahlungen nicht instandhalten können.

Einen sehr wichtigen Teil der finnischen Scheitersäge bildet der hölzerne Rahmen (Abb. 4 c-d), an dem das Sägeblatt befestigt ist und der zugleich als Spannvorrichtung für das Blatt dient. Im allgemeinen sind die Rahmen aus Birkenholz gearbeitet, in Nordfinnland erfreuen sich jedoch die aus trockenem Kiefernholz gefertigten Rahmen grosser Beliebtheit. Häufig kommen auch Rahmen vor, bei denen die Schenkel aus Birkenholz und der Zwischenbügel aus Fichtenholz besteht. Form, Grösse und Gewicht der Rahmen wechseln sehr stark. Meine Untersuchungen haben auch bestätigt, dass die Waldarbeiter diesen Eigenschaften nicht genügend Aufmerksamkeit widmen.

Die in Schweden sehr gebräuchlichen Einmannsägen, die sogenannten Fuchsschwänze, haben in Finnland kaum Verwendung gefunden (Aro, Brander u. Willmann 1940, Aro 1941, 1942 a). In den letzten Jahren hat man auch für Fuchsschwänze Propaganda machen begonnen (Tuovinen 1948).

### Sowjetunion.

Die einheimischen Waldsägen in Sowjetunion werden von verschiedenen Fabriken hergestellt, von denen die Fabrik »Metallist« die grösste Produktion aufweist. Die Fabrik »Slatoustovsk« hat jedoch neben der erstgenannten den Vorzug, dass sie mit eigenem Rohstahl arbeitet und grosse Erfahrungen in der Herstellung des Werkzeugstahls besitzt. Dadurch hat sie die besten Voraussetzungen für die Herstellung von Sägen hoher Qualität, während die Fabrik »Metallist« mit Exportstahl sowie mit Stahl von der Fabrik »Slatoustovsk« arbeitet und keine Möglichkeit hat, auf die Qualität und Normierung des Stahles einzuwirken. Trotz des oben



erwähnten Vorteils entsprechen die Produkte der Fabrik »Slatoustovsk« nach Žulikov (1931) nicht den an sie gestellten Anforderungen, so dass oft Reklamationen vorkommen.

Neben den einheimischen Sägen werden in grossem Umfang auch ausländische Sägen verwendet. Nach der Schilderung von Foteev (1931) waren von den zur Waldarbeit verwendeten Sägen im Kreise Moskau nur 39 % und im Kreise Tomsk, Krasnojarsk, Kansk und Irkutsk 50 % einheimische Produkte. Die meisten ausländischen Sägen waren schwedischer Herkunft. Neben den schwedischen Scheitersägen von Sandvik mit 25 und 35 mm Breite sind auch 25 mm breite, von einer russischen Fabrik hergestellte Scheitersägen mit Dreiecksbeziehung in Gebrauch (Pleškova 1936). Die amerikanischen Sägen sind auch bekannt, finden aber wegen der schwierigen Instandhaltung wenig Verwendung.

Die ersten Scheitersägen mit 102—111 cm Länge, 25—35 mm Breite, 0.85 mm Stärke im Rücken, 0.55 mm in der Zahnseite und Zahngruppen von 5 Dreieckszähnen und 1 Hobelzahn erschienen in Sowjet-Karelien, wohin sie von den finnischen Arbeitern aus Kanada mitgebracht wurden. Im Jahre 1930 kam nämlich aus Kanada eine Waldarbeitergruppe nach Karelien, die aus 26 früher nach Kanada übergesiedelten finnischen Waldarbeitern bestand und sich zuerst im Waldpunkt von Matrosskoi niederliess. Zur gleichen Zeit tauchten auch die ersten kanadischen Schrotsägen mit kombinierter Beziehung auf (Chodorovskij 1935, Tonkel 1934 b, Bjoko 1935). Diese Sägen haben wegen ihrer guten Leistungen grosses Aufsehen erregt und sich weit verbreitet. Aus allen Gebieten Sowjetrusslands sind die Waldarbeiter zu Kursen einberufen worden, wo sie im Gebrauch, in der Instandsetzung und Pflege dieser Sägen unterrichtet wurden (Tonkel 1934 b).

Die Länge der einheimischen Schrotsägen deutsch-russischer Modelle mit Dreiecksbeziehung und Krümmungsradius von 1.5 mm beträgt etwa 1 m (1.07—1.17 m). Die Blattstärke schwankt am Rücken zwischen 1 und 1.2 cm, Dünnerschliff im Rücken. Die einheimischen Scheitersägeblätter sind 75 cm lang und 50 mm breit mit hölzernen Rahmen (Peder 1932). Nach Foteev (1931) beträgt die mittlere Gebrauchszeit der einheimischen Sägen 3.6 Jahre und die der ausländischen 5.7 Jahre.

Nach Foteev (1931) kümmern sich die russischen Waldarbeiter nicht um Beschaffenheit, Form, Grösse, Gewicht und Zweckmässigkeit der Sägen, obgleich diese Faktoren von der Stärke der zu sägenden Stämme und deren technischen Eigenschaften abhängig sein sollten. Im Verwaltungsgebiet Twer hat Albrecht (1929) Sägen gefunden, die bereits

20 Jahre in Gebrauch waren und deren Stand natürlich völlig unbrauchbar war. Nach dortigen Beobachtungen eignen sich die europäischen Sägen mit stumpfem Zahnsitzenwinkel zum Sägen des harten Holzes, und die amerikanischen Sägen mit spitzen und schmalen Zähnen zum Sägen des weichen Holzes. Die finnischen Scheitersägen dienen am besten zum Fällen und Abschneiden von Stämmen mit einem Durchmesser von unter 20 cm.

Die meisten bei der Waldarbeit in Estland verwendeten Sägen waren Produkte der schwedischen Fabrik Sandvik. Nach den statistischen Untersuchungen vom Jahre 1938 waren bei den Zweimannsägen 72.3 % und bei den Einmannsägen 81.7 % Produkte dieser Fabrik. Von allen Sägen waren 18.1 % Zweimannsägen. Die überwiegend vorherrschende Beziehung war die Dreiecksbeziehung. Von den Zweimannsägen hatten 98.8 % und von den Einmannsägen 88.8 % fortlaufende Dreiecksbeziehung. An zweiter Stelle standen bei den Zweimannsägen die unterbrochene Beziehung und bei den Einmannsägen die Wolfszähne (schwedische Eiasäge). Die Sägen mit Hobelbeziehung schienen den estnischen Waldarbeitern ziemlich unbekannt gewesen sein. Die Waldarbeiter verwandten am liebsten nur eine Säge, entweder die Einmannsäge oder die Zweimannsäge. 92.8 % der untersuchten Arbeiterrotten gebrauchten nur eine Säge, die übrigen 7.4 % mehrere Sägen.

Die Länge der Zweimannsägen schwankte zwischen 120 cm und 135 cm, und die der Einmannsägen zwischen 100 cm und 105 cm. Die Breite schwankte entsprechend zwischen 85 mm und 165 mm und zwischen 30 mm und 65 mm (Salev 1939).

## Die Sägeuntersuchungen und ihr Zweck.

Bei Betrachtung der durchgeführten Sägeuntersuchungen kann man diese nach ihrem Zweck in vier oder fünf Gruppen einteilen. Die meisten Forscher haben versucht, durch Vergleichen der verschiedenen Sägearten die leistungsfähigsten Sägeformen oder Modelle festzustellen. Andere dagegen bemühten sich, die besten Eigenschaften der Sägen ausfindig zu machen, um eine ideale Normalsäge konstruieren zu können. Andere Forscher wieder untersuchten Handhabung und Sägeverfahren. Für weitere Sägeuntersuchungen bilden sägestatistische Erhebungen die wichtigste Grundlage, jedoch sind sie erstaunlich selten zu finden. Für die praktische Verwendung von Sägen sind Untersuchungen über Instandhaltungsverfahren von grosser Bedeutung. Aus besonderen diesbezüglichen oder vergleichenden Untersuchungen hat man wertvolle Schlussfolgerungen gezogen, so dass man heute imstande ist, genaue Anweisungen für die richtige Instandhaltung der wichtigsten Sägeformen zu geben.

In den nachfolgenden Kapiteln wird eine kurze Übersicht über die verschiedenen Untersuchungen und Versuche gegeben. Tab. 3 im Anhang enthält die Beschreibung der Versuchssägen, die von den Forschern bei ihren Untersuchungen benutzt worden sind.

## Statistische Sägeuntersuchungen.

Die notwendige Voraussetzung für die Sägeforschung ist die genaue Kenntnis sämtlicher in Gebrauch befindlicher Sägearten. Vergleichende Sägeuntersuchungen beschränkten sich meist auf ein engeres Gebiet, wobei nur die Leistungen der ortsüblichen, benachbarten oder neu in den Handel getretenen Marken berücksichtigt wurden. Für ganze Länder oder grössere Landesteile wurden nur sehr wenige statistische Untersuchungen über Sägemodelle angestellt. Der erste deutsche Sägeforscher *Micklitz* (1860) hat eine Beschreibung von Holzmacherwerkzeugen mehrerer Gebiete Böhmens und Mährens ausgearbeitet. Im Jahre 1924/25 untersuchte *Boege* (1926) in der Oberförsterei Biesenthal, Försterei Schwärze-

Nord; Sägen und fand, dass 93 % aller Sägen Bügelsägen waren. Den meisten Sägen fehlte der Firmenstempel, und ihre Qualitäten waren sehr unterschiedlich. Das Durchschnittsgewicht schwankte zwischen 1.6 kg und 1.9 kg. Die Länge der Fällsägen betrug 1.20 m und die der Quersägen 1.10 m. Die Bezaehlung war bei 93 % der untersuchten Sägen Dreiecksbezaehlung, und von diesen hatten wiederum 93 % unterbrochene Dreiecksbezaehlung. Perforierung fand sich nur bei einer der verwendeten Sägen. Die Bügel der Bügelsägen bestanden vielfach aus Jungfichten, Bangskiefernstangen, Hasel und Esche. Nur eine Säge hatte einen Eisenbügel. Die erste rein statistische Untersuchung wurde von *Hampe* (1933) in Braunschweig durchgeführt. Sie enthält Angaben über Geräteausrüstungen von 245 Arbeitern in 11 Forstamtsbezirken und betrifft 130 Sägen und 111 Äxte. *Hampe* hat feststellen können, dass die braunschweigischen Sägen aus Tiegelgussstahl hergestellt sind und die Länge der Sägen zwischen 110 und 130 cm und die Blattstärke zwischen 1.0—1.10 mm schwankt. Die unterbrochene Dreiecksbezaehlung überwiegt bei weitem (86 %). Neben der unterbrochenen Bezaehlung fand sich die fortlaufende (12 %) und die amerikanische (2 %) Zahnform. Der Zustand des Zahnes wurde bei 72 % mit »sehr gut« bezeichnet. 45 % der untersuchten Sägen wiesen »Zahnfleisch« auf. Der unbefriedigende Zustand der Lücken ist auf den Gebrauch von Dreiecksfeilen zurückzuführen. Die meisten untersuchten Sägen (45 %) stammten von der Firma Tegtmeyer, Barsinghausen, 13 % von der Firma J. D. Dominicus & Söhne in Remscheid, 11 % von der Firma Lingenberg in Remscheid. Am nördlichen und nordwestlichen Harzrand stammten 18 % der Sägen von der Firma Hottenrat in Goslar, der Rest — insgesamt 21 % — von kleineren, meist unbekannteren Firmen. Die Gebrauchszeit wechselte von 1 bis über 5 Jahren (1 Jahr 32 %, 2 Jahre 36 %, 3—5 Jahre 21 % und über 5 Jahre 11 %).

Im Jahre 1934 hat *Stentzel* (1934 b) im Institut für forstliche Arbeitswissenschaft eine Statistik über die gebräuchlichsten Waldsägen aufgestellt, die sich auf Grund von Nachfragen bei der Sägeindustrie ergeben hatten. Danach ist die Schrotsäge doppelt so stark in Gebrauch wie die Bauchsäge (68 % Schrotsägen gegenüber 32 % Bauchsägen). Die Bauchsägen werden hauptsächlich im Gebirge angewandt, und zwar in Bayern fast nur die Sägen mit fortlaufender Dreiecksbezaehlung, im Harz mit unterbrochener Bezaehlung und im Fichtelgebirge mit M-Zahnung. Die Schrotsäge findet in ganz Deutschland Anwendung, vornehmlich aber im Norden Deutschlands. Als Sonderformen kommen die schlesische Öhrsäge, die nur in Schlesien gebraucht wird, und die sächsische Schrotsäge,

die in Sachsen und Thüringen Verwendung findet, vor. Interessant ist, dass die Bauchsäge hauptsächlich mit fortlaufendem Dreieckszahn ausgerüstet ist, während bei der Schrotsäge die unterbrochene Bezeichnung überwiegt. Bei Schrotsägen und Bauchsägen zusammen überwiegt die unterbrochene Bezeichnung mit 47 % gegenüber der fortlaufenden Bezeichnung von 38 %. Mit komplizierten Zahnarten wie amerikanischer Hobelzahn, M-Zahn, Lanzerzahn sind nur wenige Waldsägen ausgerüstet. Sie machen insgesamt nur 15 % aus. Die gebräuchlichste Sägenlänge war 1 300 mm. 34 % aller Waldsägen hatten diese Länge und 80 % der Bauchsägen waren 1 300 mm lang. An zweiter Stelle stand die Länge von 1 200 mm mit 25 %, dann die Länge von 1 400 mm mit 18 %, die Länge von 1 500 mm mit 11 % und die Länge von 1 100 mm mit 8 %. Das Nietöhr ist weitaus die gebräuchlichste Angelform, sie steht mit 75 % gegenüber der lösbaren Schnellangel mit 17 % und der Schweissangel mit 8 %. Die Schweissangel kommt nur in Bayern zur Anwendung.

In der Schweiz hat Gut (1931) im Auftrage der Technischen Kommission des Schweizerischen Verbandes für Waldwirtschaft eine Untersuchung über die in der Schweiz verwendeten Holzhauerwerkzeuge durchgeführt. Sie umfasste alle Gegenden der Schweiz, beschränkte sich aber auf eine ausreichende Zahl von sorgfältig ausgewählten Stichproben. Im ganzen betrug das Untersuchungsmaterial 155 Schrotsägen und eine Anzahl anderer Sägen. Nach Herkunftsländern und Herstellerfirmen verteilten sich die Schrotsägen wie folgt:

Schweden .....	40 %	mit	2 Firmen
Deutschland und Österreich .....	22 »	»	24 »
Frankreich .....	16 »	»	3 »
Amerika (U.S.A. und Canada) ....	14 »	»	4 »
Schweiz .....	2 »	»	3 »
unbekannte Herkunft .....	6 »		

Die schwedischen Sägen, von denen 85 % Fabrikate der Firma Sandvik darstellen, sind mehr oder weniger im ganzen Land verbreitet, während die französischen Sägen der Firma Peugeot frères mehr in der Französischen Schweiz vorkommen. Am häufigsten war die Dreiecksbezeichnung mit 54.5 % in Gebrauch. Die Kronenzahnung kam zu 30.5 % und die M-Zahnung zu 8.5 % der Fälle vor. Im ganzen wurden 13 verschiedene Zahnformen beobachtet. 6.5 % der Sägen waren perforiert. Die Länge der Sägen schwankte zwischen 90 cm und 200 cm und die Breite zwischen 6 und 18 cm. Die durchschnittliche Länge betrug 150 cm und die durch-

schnittliche Breite 15 cm. Die Blattstärke betrug in der Regel 1.5—2 mm. Die meisten Sägen hatten einen geraden Rücken und einen Krümmungsradius von 4—5 m. Das Gewicht der Sägen schwankte zwischen 0.900 und 5.750 kg. Die Gebrauchsdauer der Sägen schien sehr lang zu sein, denn 48 % aller Sägen waren fünf Jahre oder mehr im Gebrauch, 29 % mehr als 10 Jahre.

Bei den Scheitersägen, die vorwiegend französischen oder schwedischen Ursprungs sind, wurde unterbrochene oder ununterbrochene Dreiecksbezeichnung angetroffen. Die Breite der Sägeblätter schwankte zwischen 60 und 140 mm, die gebräuchlichste Länge zwischen 80 und 100 cm und das Gewicht zwischen 1 und 2 kg. Es wurde festgestellt, dass die Bügelsägen in der Schweiz nicht sehr verbreitet sind, nur im waadtländischen Jura und im Kanton St. Gallen kamen sie vor. Auch bei einigen Arbeitergruppen im Kanton Waadt wurden grosse Gestellsägen mit einer Länge von 145—150 cm, einer Höhe von 95 cm und einem Gewicht von 4.5—5 kg gefunden.

Im Jahre 1935 sammelte ich in Staatswaldrevieren und in den Versuchsrevieren der Forstlichen Forschungsanstalt in Finnland statistisches Material über 718 Scheitersägen. Mit Hilfe dieses Forschungsmaterials wurden die wichtigsten derzeitigen Scheitersägenmodelle Finnlands festgestellt (Aro 1941, 1942 a). Aus den Ergebnissen ging hervor, dass die schwedischen Scheitersägen den finnischen Markt beherrschten. In Nordfinland fand die Marke Orsia der A. B. Orsia Sägbladsfabrik vorzugsweise Verwendung, während in West- und Ostfinland die Sägen der Firma Sandvikens Jernverks A.B. oder ihrer Schwesterfirma in Finnland überwogen. In West-, Ost- und Nordfinland wurde die Sandvikssäge Nr. 99 bevorzugt, im südlichen Nordfinland dagegen die Marke Otso von Sandvik. Die finnische Sägeblattindustrie spielte auf dem einheimischen Sägeblattmarkt eine sehr unbedeutende Rolle. In West- und Ostfinland fand man vereinzelt finnische Sägeblätter, in Nordfinland dagegen wurden solche fast überhaupt nicht verwendet. Das Untersuchungsmaterial enthielt insgesamt nur 21 finnische Sägeblätter. Alle erfassten Sägeblätter waren 105 cm lang, ausgenommen die Orsia-Blätter, welche 1 cm kürzer waren. Die Blattbreiten betragen 25, 30 und 35 mm. 30 mm breite Blätter werden vorzugsweise verwendet. Die gewöhnlichste Zahnform der finnischen Scheitersäge ist die Dreiecksform. Sie war bei sämtlichen untersuchten Sägen vertreten. Dennoch war die Art der Bezeichnung der Sägen unterschiedlich. Die Hauptbezeichnungen sind fortlaufende und unterbrochene Dreiecksbezeichnung. Bei beiden Hauptarten

sind ausserdem mehrere Kombinationen möglich. Bei den untersuchten Sägen hatten 6.2 % eine Zahnzahl unter 100, bei 45.7 % schwankte die Zahnzahl zwischen 100 und 120, bei 34.5 % lag sie zwischen 120 und 150 und bei 2.6 % war sie grösser als 150. Die Zahnhöhe schwankte zwischen 5 und 7 mm und die Zahnbreite zwischen 4.3 und 5.3 mm. Der Zahnschärfe-Winkel betrug bei Sandvik Nr. 392 50° und bei anderen Sägen 45°. Die meisten Sägen (64.1 %) hatten einen Schärfe-Winkel von 64°, bei 18.6 % betrug er 76°. Auch andere Winkelgrössen waren zu finden, so war bei 6.8 % der Sägen ein Winkel von 53° vorhanden. Die Schränkweite schwankte zwischen 1.0 und 1.75 mm. Von den Sägen hatten 4.1 % eine Schränkweite unter 1 mm, 26.4 % von 1.0—1.25 mm, 43.7 % von 1.25—1.75 mm und 25.8 % über 1.75 mm. Von den zum Schärfen der Sägezähne gebrauchten Feilen waren 61 % Dreikantfeilen, 21 % Schwertfeilen und 18 % Flachfeilen. Das Gewicht der Sägerahmen schwankte zwischen 0.7 und 3.5 kg. 1 % der Sägen hatte ein Gewicht unter 1 kg, 8.1 % von 1.0—1.5 kg, 52.2 % von 1.5—2.0 kg, 33 % von 2.0—2.5 kg, 4.3 % von 2.5—3.0 kg und 1.4 % über 3.0 kg. Die Gebrauchsdauer der Sägen betrug bei 28.5 % weniger als einen Monat, bei 38.1 % 1—6 Monate, bei 9.6 % 6—12 Monate, bei 12.1 % 1—2 Jahre, bei 6.1 % 2—3 Jahre, bei 2.7 % 3—4 Jahre und bei 2.9 % über 4 Jahre.  $\frac{3}{4}$  oder 72.6 % der Sägen waren also weniger als 1 Jahr in Verwendung.

Von Dänemark, Norwegen und Sowjetunion liegen keine statistischen Erhebungen vor. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass die Sägefabriken aus Verkaufstatistiken ein Bild von der Verbreitung und Verteilung der verschiedenen Sägemodelle gewinnen können.

Am 13. Juni 1938 wurde in Estland vom Loodusvarade Instituud ein Spezialkomitee für die Rationalisierung der Waldarbeiten eingesetzt. Das Komitee führte eine statistische Untersuchung über 7 235 Sägen durch (Salev 1939). Es wurde festgestellt, dass 18.1 % der Sägen Zweimannsägen waren. Von den Zweimannsägen hatten 98.8 % und von den Einmannsägen 88.8 % fortlaufende Dreiecksbezaehlung. An zweiter Stelle standen bei den ersteren die Sägen mit fortlaufender Bezaehlung und bei den letzteren die Sägen mit Kronenbezaehlung (Eia). 72.3 % der Zweimannsägen und 81.7 % der Einmannsägen waren Produkte der schwedischen Fabrik Sandviken. 92.6 % der Arbeiterrotten verwendeten bei ihrer Arbeit nur eine Säge.

In Schweden wurde im Winter 1937—1938 von der Domänenverwaltung und vom Verein für Waldarbeiten eine Statistik über die Hauungswerkzeuge in Norrland und in Nord-Dalarna aufgestellt. Nach dieser

Statistik wurde unter anderem festgestellt, dass in diesen Gebieten Zweimannsägen nur ausnahmsweise benutzt werden. Fuchsschwänze werden im gesamten Norrland benutzt, der Sägekamerad aber südlich einer Linie, die von der Nordspitze von Dalarna bis etwa 3 Mil südlich von Söderhamn führt. Bügelsägen sind südlich der Linie von der Nordspitze von Dalarna bis zur Stadt Hudiksvall im Gebrauch (Lennertson u. Flodman 1938). Die Revision des Sägebestandes im Jahre 1944 führte beinahe zu denselben Ergebnissen (Hultmark 1946).

Im Jahre 1938 wurde von der Holzfirma Uddeholms A. B. eine Statistik über die in Värmland, Örebro und Kopparbergs Län verwendeten Werkzeuge gesammelt (Meddelande från Gammalkroppa skogsskola 1939 nach Studier i skogsbrukets arbetslära).

Die Abhandlung von Värmlands Skogsarbetsstudier enthält ein Verzeichnis über die von den schwedischen Sägefabriken hergestellten Sägeblätter für Bügel- und Scheitersägen sowie über die Fuchsschwanzmodelle. Insgesamt stellen die 6 Sägefabriken für den Handel 735 Bügel- und Scheitersägeblattmodelle und 105 Fuchsschwänze her (Studier i skogsbrukets arbetslära).

### Vergleichende und methodische Sägeuntersuchungen.

In Deutschland trat bei den Sägeuntersuchungen als erster Forscher R. Micklitz (1860) hervor. Ausser den Beschreibungen und Feststellungen über Werkzeuge und Leistungsergebnisse bei Herstellung von Buchen-, Tannen-, Fichten- und Kiefernsehtholz in verschiedenen Gegenden Böhmens und Mährens enthalten seine Untersuchungen zahlreiche Angaben über Fällungs- und Sägezeiten der genannten Holzarten mit den ortsüblichen Sägen. Er kommt zu dem Schluss, dass Sägen von guter Qualität vollständig gerade und glatt, im Rücken dünner als an der Zahnschärfe-Linie und ausserdem sorgfältig und gleichmässig geschärft und geschränkt sein müssen. Von den ortsüblichen Sägen besitzt die steyrische Säge einen wesentlichen Vorteil insofern, als sie infolge des gebogenen Schneiderandes, der entsprechend geneigten Handhaben, einer grösseren Anzahl von Raumzähnen und der dadurch verminderten Reibung den Arbeiter weniger anstrengt.

In seinen weiteren, zusammen mit J. Micklitz (1860) veröffentlichten Untersuchungen über die Arbeitszeiten während des Werkzeugge-



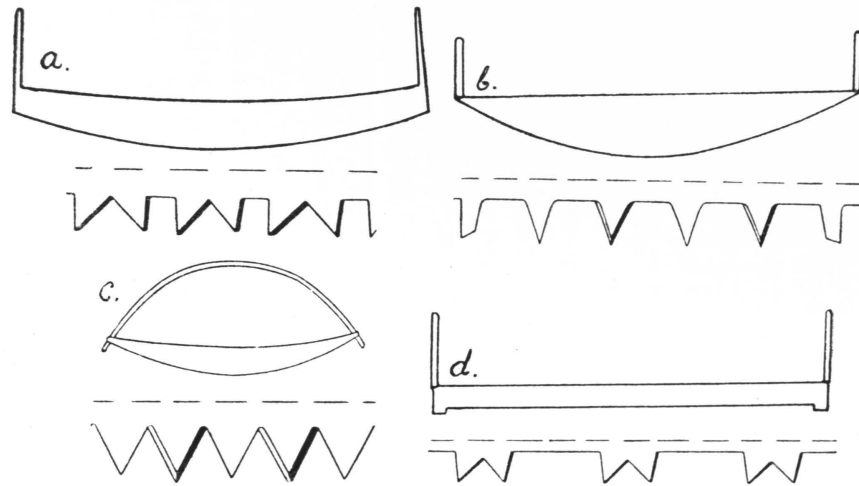


Abb. 9. Versuchssägen von Kayser (1861). a. Tiroler Wiegensäge, b. Tiroler Bogensäge, c. Tiroler Bügelsäge, d. Gewöhnliche gerade Zimmermannssäge.

brauches beim Zersägen von Rundholz aus Buchen-, Birken-, Fichten-, Ahorn, Aspen- und Tannenholz wurden die Leistungen verschiedener Sägen miteinander verglichen. Die Ergebnisse sind jedoch nicht ganz eindeutig.

Bei einigen Fällungen des Gräflich Ysenburgischen Forstreviers Wächtersbach hat Kayser (1861) vergleichende Versuche über Brauchbarkeit und Wirkung von zwei Tiroler Bogensägen und einer Tiroler Bügelsäge gegenüber der gewöhnlichen geraden Zimmermannssäge angestellt (Abb. 9). Die Versuche sind an grünem, frisch gefälltem Buchen-Stammholz im November 1860 und im Januar 1861 bei einer Temperatur von  $+5^\circ$  bis zu  $-4^\circ$  vorgenommen worden und führten zu dem Schluss, dass alle Tiroler Sägen die Wirkung der geraden Zimmermannssäge übertreffen, dass aber der Tiroler Bogensäge mit Raumzähnen und unterbrochener Dreiecksbezeichnung vor den übrigen Sägen der Vorzug zu geben ist.

An glattschäftigen Buchenstämmen in Büdingen hat Ihrig (1861) eine grosse und eine kleine Tiroler Bogensäge und eine gewöhnliche gerade Zimmermannssäge miteinander verglichen. Die Sägen entsprechen den von Kayser untersuchten Sägen. Auch die Ergebnisse bestätigen die Angaben Kayser's. Die Tiroler Bogensägen übertreffen die Wirkung der Zimmermannssäge, und der grossen Bogensäge mit Raumzähnen gebührt der Vorrang vor der kleinen.

Hess (1865) hat im Dezember 1861, im Januar und Februar 1862 bei guter Witterung in 55—100 jährigen Buchenwäldern Klötzchen zersägt

mit einer Thüringer Bauchsäge. Er führte 10 Versuchsreihen von etwa insgesamt 150 Schnitten durch. Die Ergebnisse hat Hess mit den Ergebnissen von Micklitz verglichen. Er kam zu dem Schluss, dass die Thüringer Säge bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit im Buchenholz den von Micklitz untersuchten Sägen nicht nachsteht. Die Thüringer Säge unterscheidet sich von der steyrischen Säge durch den Mangel an Raumzähnen, durch engere Stellung der Schneidezähne und den Rückenverlauf. Nach Hess ist die bessere Leistung der Thüringer Säge auf diese Eigenschaften zurückzuführen. Er hat auch bestätigt, dass die beiden Sägen im mittelstarken Holz am besten leisten.

Die meisten Sägeversuche bezogen sich auf Zweimannsägen. Im September, Oktober und November 1867 hat jedoch Kunze (1866, 1867) im Neusorger Revier, im Sächsischen Erzgebirge und im Forstbezirk Marienberg an 827 Fichten- und Tannenschnitten vier Bügelsägen geprüft, die ebenfalls Dreiecksbezeichnung hatten und sich nur durch verschiedene Breite unterschieden. Die breiteste Säge betrug 141 mm und die schmalste 72 mm. Die Zahnzahl schwankte zwischen 69 und 103. Zum Vergleich der Leistung der Säge wendete Kunze zwei Verfahren an. Einmal erhielt er die Dauer des Schnittes aus den Beobachtungen und zum anderen Mal aus den Gleichungen, die er nach dem von ihm entwickelten Verfahren berechnet hatte. Nach Gegenüberstellung der Ergebnisse der beiden Verfahren kam er zu dem Schluss, dass die Leistungsfähigkeit einer Bügelsäge von ihrem Gewicht abhängig ist und mit diesem steigt und fällt. Die höchste Leistung erzielte die Säge, welche die grösste Breite und dadurch wiederum das grösste Gewicht besass.

In den Jahren 1869 und 1870 untersuchte Gaye (1871) das Verhältnis der Leistung zwischen einer Giessener-, Schwarzwälder- und Thüringer Bogensäge und einer Spessarter Quersäge, die alle aus Gusstahl hergestellt waren, ausser der letzten, die aus gewalztem Schmiedeeisen bestand. Bezüglich der verschiedenen Holzarten steht die Leistung der Sägen in folgendem, aus Tab. 1 ersichtlichem Verhältnis:

Tab. 1 — Sägeleistungen in verschiedenen Holzarten.

Sägeart	Fichte	Kiefer	Buche	Eiche	Birke	Schwartzpappel
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	1.84

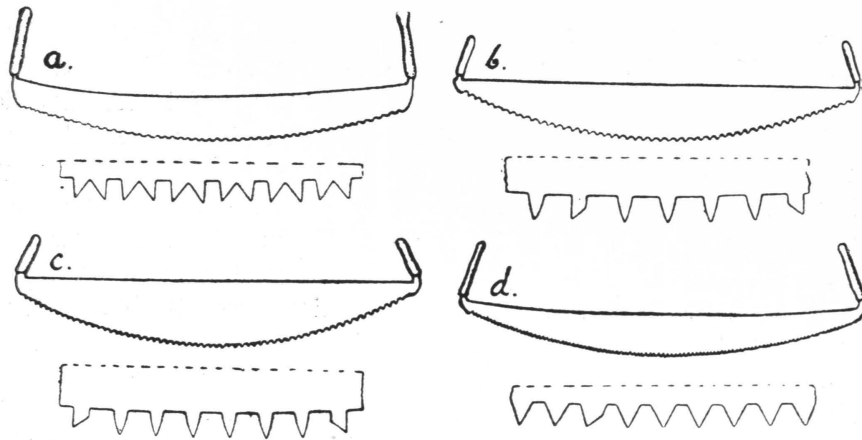


Abb. 10. Versuchssägen von Betzhold (1873). a. Gebogene Wolfszahnsäge, b. Grosse Steyrische Bauchsäge, c. Kleine Steyrische Bauchsäge, d. Friedrichsthaler Wiegensäge mit Raumzähnen.

Aus den Verhältniszahlen ergibt sich, dass für Nadelholz und für hartes Laubholz die Schwarzwälder- und die Thüringer-Sägen die beiden anderen erheblich übertreffen, dass dagegen im weichen Laubholz die Schwarzwälder- und die Giessener-Säge die grössere Leistungsfähigkeit besitzen. Auf Laub- und Nadelholz bezogen steht die Schwarzwälder Säge unbedingt allen anderen voran.

Die späteren Untersuchungen von Gayer (1896), deren Zweck es war, die Sägekonstruktion zu finden, die bei geringstem Kraft- und Zeitverbrauch die grösste Arbeitsleistung hervorbringt und deren Ergebnisse auf S. 47 gegeben sind, führten zu einem endgültigen Schluss nach dem Vergleich der geprüften Sägen (Abb. 19). Bei dem Vergleich wurde festgestellt, dass folgende Eigenschaften bei einer gut konstruierten Säge erforderlich sind: Bogengestalt, hohes Gewicht, Wolfszähne, erhebliche Zahnausschnitte und bedeutende Zahnhöhe.

Betzhold (1873) hat im März 1872 umfassende Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit von 8 verschiedenen Zweimannsägen gemacht. Die Versuche wurden in einem 100—120 jährigen Buchenbetriebsschlag des Forstortes Mühlenberg im Lehrrevier Cattenbühl bei sehr milder Witterung durchgeführt. Folgende Sägen wurden geprüft: Gebogene Wolfszahnsäge, Thüringer Säge, Friedrichsthaler Säge mit und ohne Raumzähne, Giessener Säge von Schmiedemeister Unverzagt, grosse und kleine Steyrische Säge und Harzer Säge (Abb. 10—11). Aus den Ergebnissen ging hervor, dass die gebogene Wolfszahnsäge zusammen mit der grossen

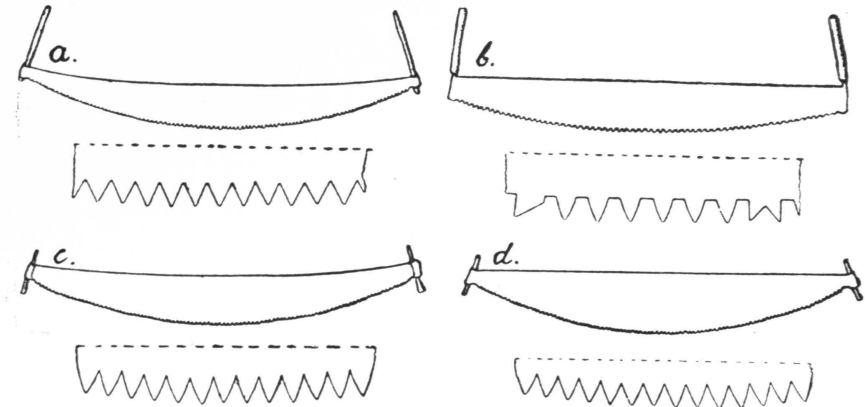


Abb. 11. Versuchssägen von Betzhold (1873). a. Friedrichsthaler Wiegensäge ohne Raumzähne, b. Giessener Quer-Bogensäge, c. Thüringer Bauchsäge, d. Harzer Bauchsäge.

Steyrischen Säge unbedingt an erster Stelle stand. Die Harzer Säge nahm eindeutig den letzten Platz ein. Die hier verwandte Thüringer Säge wich in Form und Grösse von derjenigen ab, die von Gayer und Hess bei ihren Versuchen angewandt waren.

Im Dezember 1874 hat Hess (1875) in der Oberförsterei Schiffenberg bei kaltem Wetter (4° R) an zwei 65—70 jährigen Kiefernstämmen mit einer geraden Schrotsäge, einer Sandvoss'schen Säge, einer Thüringer Säge und einer Giessener (Tiroler) Säge vergleichende Versuche durchgeführt (Abb. 12). Bei den Versuchen wurden im ganzen 66 Schnitte gemacht.

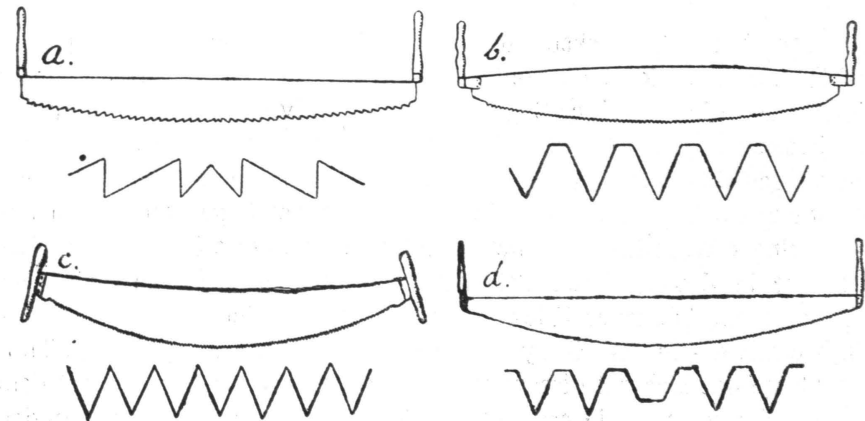


Abb. 12. Versuchssägen von Hess (1875). a. Gerade Schrotsäge, b. Sandvoss'sche Öhr-Bogensäge, c. Thüringer Bauchsäge, d. Giessener (Tiroler) Quer-Bogensäge.

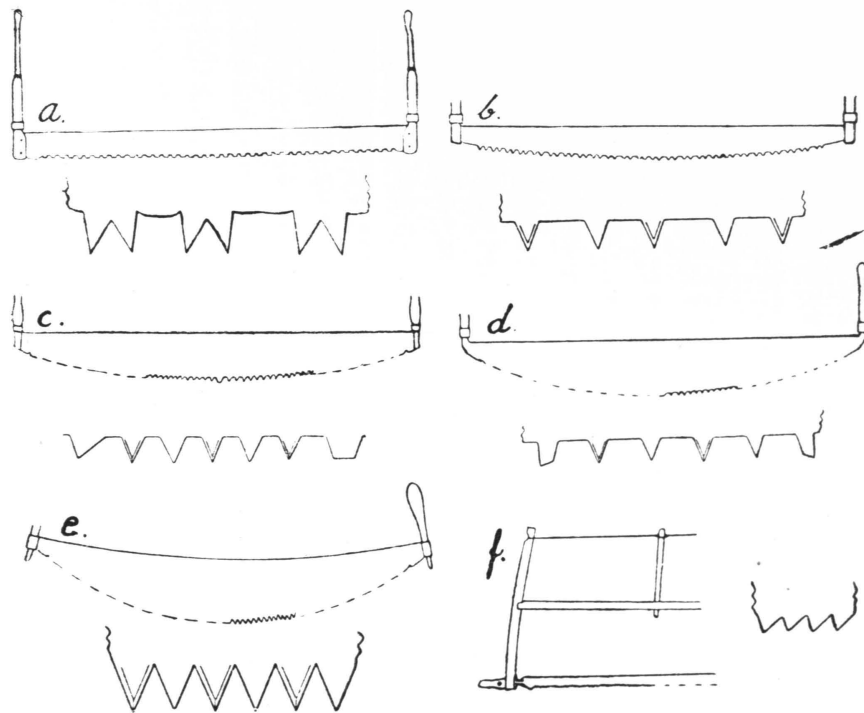


Abb. 13. Versuchssägen von Lorey (1876/77) a. Gerade Wolfszahnsäge, b. Schrotsäge (unechte Bogensäge) mit Dreieckszähnen, c. Giessener Quer-Bogensäge, d. Bogensäge (der Giessener Säge ähnlich), e. Bauchsäge (der Thüringer Säge ähnlich), f. Gewöhnliche Spannsäge.

Alle Sägen hatten Dreiecksbezaehlung, die Giessener Säge enthielt jedoch fünf Raumzähne, die bei den anderen fehlten. Die Ergebnisse der Versuche zeigten, dass die Thüringer Säge 14 %, die Sandvosssche Säge 41 % und die Giessener Säge 91 % mehr leisteten als die gerade Schrotsäge.

Von den Sägeforschern im 19. Jahrhundert ist Lorey besonders bekannt geworden durch seine vielen verschiedenen Sägeversuche. Er hat im Thüringer Wald im herzoglich meiningischen Forste Saalfeld und insbesondere in den Revieren Gräfenthal und Göffelsdorf eine Thüringer Bogensäge mit konkaver Rückenlinie an Fichte untersucht und die Ergebnisse mit denen von Gayer verglichen (Lorey 1872). Die Thüringer Säge hat sich bei diesem Versuch viel besser bewährt als bei dem Versuch Gayers. Sie erreichte gegenüber der gewöhnlichen geraden Wolfszahnsäge die doppelte Leistungsfähigkeit im Durchschnitt für alle Holzarten und Stammstärken.

Weiter hat Lorey (1876, 1877a) bei gefrorenem und ungefrorenem Kiefern- und Fichtenholz, bei gefrorenem Buchenholz und bei ungefrorenem Eichenholz mit gerader Wolfszahnsäge, Schrotsäge, Giessener Säge, einer der Giessener Säge ähnlichen Bogensäge sowie einer der Thüringer Säge verwandten Bauchsäge und Spannsäge Sägeversuche gemacht, bei denen auch der Einfluss der Schränkweite und anderer bedingter Faktoren auf die Sägeleistung beobachtet wurde (Abb. 13). Die Vergleiche der Ergebnisse führten zu dem Schluss, dass im Buchenholz die Wolfszahnsäge von allen übrigen Sägen übertroffen wird, und dass die Giessener Säge — in stärkerem Holz noch mehr die Bogensäge — einen sehr beträchtlichen Vorsprung erlangt. Bei ungefrorenem Nadelholz blieben mit Ausnahme der Bauchsäge alle anderen Sägen hinter der Wolfszahnsäge zurück. Im stärkeren Holz muss der Bauchsäge der Vorrang gegeben werden.

Um die Bedeutung der Raumzähne zu beweisen hat Lorey (1877b, 1878 und 1879) Giessener Sägen mit und ohne Raumzähne von dem bekannten Schmiedemeister Unverzagt herstellen lassen und deren Leistungen bei drei verschiedenen Versuchen miteinander verglichen. Alle Versuche haben zu demselben Ergebnis geführt, dass nämlich die Raumzähne nichts nützen sondern hinderlich sind.

Als Ergänzung zu den von dem Assistenten Müller in einigen Holzschlägen des Reviers Denkendorf, Forst Kirchheim, an Buchen vorgenommenen Sägeuntersuchungen hat Lorey (1880b) in der Forstversuchsstation zu Hohenheim die Untersuchungen auf Kiefer (672 Sägeschnitte) und Buche (294 Sägeschnitte) ausgedehnt. Von den besonders hergestellten 48 Sägen wurden die 16 besten Exemplare durch Vorversuche ausgewählt und ihre Leistungen verglichen, um den Einfluss der Bezaehlung, des Krümmungsradius und der Blattstärke auf die Sägeleistung zu untersuchen.

Im Dezember 1882 untersuchte Lorey (1883) in einem Buchenlichtschlage des Reviers Einsiedel in der Nähe von Tübingen bei ganz mässigem Frost die Leistung von zwei amerikanischen Sägen und verglich die Ergebnisse mit der Säge der Holzhauer und den bei den früheren Versuchen geprüften Sägen (Abb. 14f). Im Januar 1883 setzte er bei frostfreiem Wetter die Versuche im Revier Weil im Schönbuch fort. Obwohl die amerikanische Säge die von Lorey untersuchte beste Buchensäge mit 5 % übertrifft empfiehlt er sie trotzdem nicht. Jedenfalls steht ausser allem Zweifel, dass die amerikanische Säge ein entschieden gutes empfehlenswertes Werkzeug ist. Die Holzhauer waren von der Güte der amerikanischen Säge gegenüber ihrer alten Krummsäge so überzeugt, dass

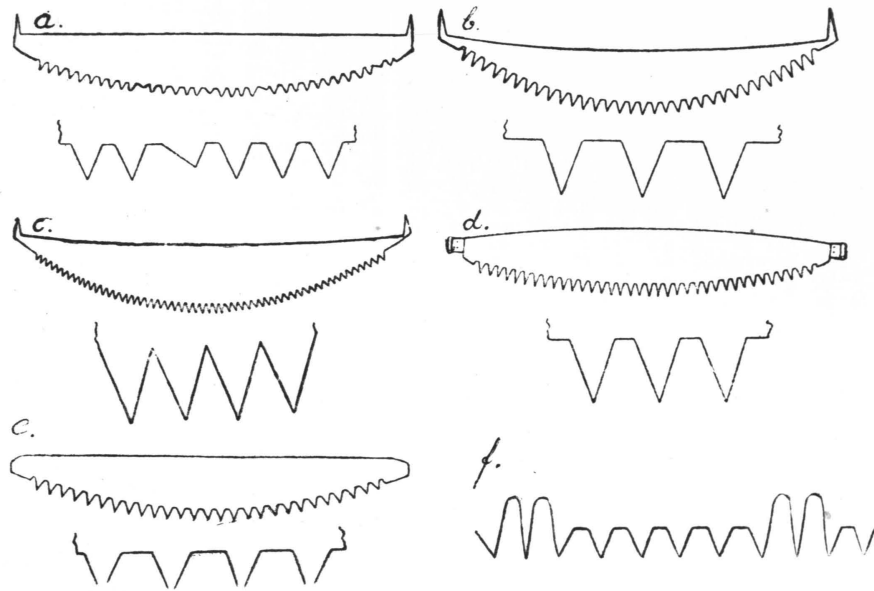


Abb. 14. Versuchssägen von Eberts (1878). a. Giessener Stift-Bauchsäge mit raumem Zahnbesatz und Raumzähnen, b. Friedrichsthaler Stift-Wiegensäge mit raumem Zahnbesatz, c. Friedrichsthaler Stift-Wiegensäge mit dichtem Zahnbesatz, d. Sandvoss'sche Öhr-Bogensäge mit raumem Zahnbesatz ohne Raumzähne, e. Bügel-Bauchsäge am Eberswalde mit raumem Zahnbesatz ohne Raumzähne, f. Bezahnung der amerikanischen Bogensäge. Versuchssäge von Lorey (1883).

sie sich sofort neue Sägen anschafften und sie seitdem fortwährend benutzten. Die Leistung dieser Leute ist nach dem Versuch Loreys von 100 auf 160 gestiegen.

In den Jahren 1875—1877 hat Exner (1881) 31 verschiedene Sägen an Rotbuche und sibirischer Lärche untersucht. Er hat die leistungsfähigsten Sägen seiner Versuche mit denen der früheren Versuche verglichen, um festzustellen, welche Faktoren die Mehrleistungen bedingen. Nach den Vergleichsergebnissen hat er die Normalsäge konstruiert (vgl. S. 46).

Heyer (1877) hat beim praktischen Unterricht in der Forstbenutzung mit seinen Studenten eine Steyrische Bogensäge und eine gerade Wolfzahn'säge an Buche, Eiche, Birke, Aspe, Kiefer und Fichte untersucht. Der Vergleich der Leistungsergebnisse zeigte, dass die Bogensäge in allen Holzarten die besten Erfolge hatte.

In einem 100—120 jährigen Kiefernbestand in Eberswalde hat Eberts

(1878) eine Giessener Säge, zwei Friedrichsthaler Sägen, eine Sandvoss'sche Säge und eine ortsübliche Bügelbauchsäge miteinander verglichen. (Abb. 14 a—e). Die Leistungen der Sägen stehen in folgendem Verhältnis: Bügelbauchsäge (ortsübl.) 1.00; Giessener Stift-Bauchsäge 0.97; Friedrichsthaler Stift-Wiegensäge, dicht 0.79; Sandvoss'sche Öhr-Bogensäge 0.64; Friedrichsthaler Stift-Wiegensäge, raum 0.58.

Der Verfasser will jedoch aus diesem Ergebnis nicht den Schluss ziehen, dass beim Zerschneiden von Kiefernholz am zweckmässigsten die Bauchsägen Verwendung finden; es ist möglich, dass die Arbeiter in der Handhabung der anderen Sägeformen eine geringere Fertigkeit besaßen als in der Handhabung der Bauchsägen. Auch ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die Beschaffenheit des Materials ungleichartig war, und dass hierdurch die Wirkung beeinträchtigt wurde. Bei den weiteren Versuchen hat Eberts (1881) 4 Waldsägen und eine Bügelsäge verglichen und ist zu dem Schluss gekommen, dass der Sägedruck und das Säge-tempo erheblich die Sägeleistung verändert.

In 27 Regierungsbezirken mit 50 Revieren hat Weise (1879) mit den verschiedensten Sägen an Buche, Kiefer, Eiche, Fichte, Erle und Aspe zahlreiche Versuche (3 500 Sägeschnitte) angestellt und die Leistungen der geraden und gekrümmten Sägen mit M- und Dreiecksbezahnung verglichen. Ebenso hat er versucht, den Einfluss der Zahnzahl und der Länge der Säge festzustellen.

Auf Grund seiner Untersuchungsergebnisse hat Weise in einer Tabelle die Mindestleistungen einer guten und einer mittelmässigen Säge an Eiche, Buche, Kiefer und Fichte angegeben. Die Leistungszahlen zeigen, in welcher Zeit eine gute oder mittelmässige Säge einen Stamm von bestimmter Stärke durchschneiden muss. Dem Verfasser erscheint es als wahrscheinlich, dass durch die verschiedenen individuellen körperlichen Eigenschaften der Arbeiter der ganze praktische Wert, den das Herausfinden der besten Sägekonstruktion haben kann, verloren geht. Deshalb muss auch die Beantwortung der Frage, ob eine Säge die erforderliche Leistungsfähigkeit hat, in jedem einzelnen Falle durch die Praxis beantwortet werden.

Die Sägeversuche von Kast (1896) bilden die Fortsetzung der von Gayer (1896) gemachten Versuche. Ausser den 10 perforierten Dominicus-Sägen wurden auch 3 bei den früheren Versuchen gebrauchte Sägen und eine amerikanische Säge vom Modell Disston bei den Leistungsversuchen verwendet (Abb. 15). Die Versuche (1232 Schnitte) wurden an Fichte, Buche und Kiefer im September 1893 in Bergen, im Oktober 1893 im Forstamt Schrobenhausen, im März 1894 im gleichen Forstamt und



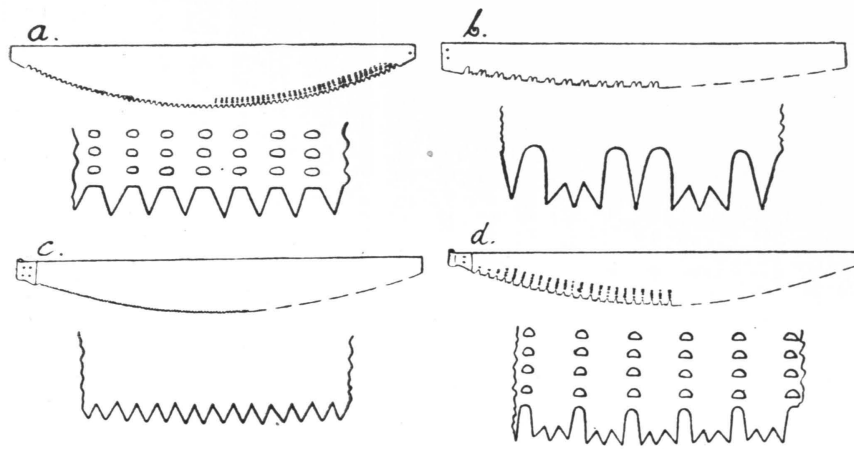


Abb. 15. Versuchssägen von Kast (1896). a. Perforierte Tiroler Bauchsäge, b. Amerikanische Disston-Nonpareilsäge, c. Bogensäge ohne Perforierung, d. Perforierte Bogensäge.

Ende Mai und im Juni 1894 im Forstamt Bruck angestellt. Bei allen Versuchen und Holzarten zeigte sich ohne Ausnahme die Überlegenheit der zwei Tiroler Bauchsägen über sämtliche übrigen von der Firma J. D. Dominicus & Söhne gelieferten Sägen. Bei den Versuchen an Fichtenholz trat die amerikanische Säge Disston an die Spitze und übertraf sogar die beiden erstgenannten Sägen. Die Tiroler Bauchsägen entsprachen der Normalsäge nach Gayer mit kleinen Abweichungen.

Die praktischen Erfolge dieser im neunzehnten Jahrhundert gemachten Sägeversuche sind darin zu erblicken, dass die Aufmerksamkeit der Sägefabriken auf die Schnittleistungen der Sägen gerichtet wurde. Die Fabriken haben auch auf die Ergebnisse der Untersuchungen bei der Entwicklung ihrer Modelle Rücksicht genommen. Die Firma Dominicus hat auf Grund der Gayerschen Versuche sogar eine Normalsäge »Non plus ultra« herausgebracht. Diese Säge war zu jener Zeit oft Gegenstand von Vorführungen und Versuchen. Bei der Exkursion der 27. Versammlung der deutschen Forstmänner in Bützow bei Schwerin im Jahre 1899 wurde die Säge während einer Pause von dem Vertreter der Firma vorgeführt. In einer von dem preussischen Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forste erlassenen Entscheidung an sämtliche Regierungen wurden sie auf die Sägen der Firma J. D. Dominicus & Söhne aufmerksam gemacht (Fürst 1900 a, b). Fürst (1900 b) freute sich über die Anerkennung und darüber, dass die von ihm angestellten Versuche mit der Säge »Non



Abb. 16. Bezahnungen der Versuchssägen von Lorey jun. (1902). a. Bezahnungen der amerikanischen Simonds-Sägen, b. Bezahnungen der deutschen Non plus ultra Sägen von Dominicus-Remscheid, c. Die Bezahnungen der Holzhauersägen.

plus ultra« die Güte dieser Säge erwiesen hatten. Haehnle (1901) hat bei Zuwachsuntersuchungen an Buchenprobestämmen einer Seebachschen Lichtungsversuchsfläche im Revier Einsiedel, Distrikt Grossholz, vergleichende Untersuchungen angestellt, und zwar während der Winterfällungsarbeiten im Januar bei Tauwetter und im Revier Altheim im Juni bei trockener Witterung. Bei den Versuchen wurde die Leistung der konkaven Dominicus-Normalsäge mit der von drei verschiedenen ortsüblichen geraden Sägen verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Dominicus-Säge im Winter eine Überlegenheit gegenüber den anderen Sägen hatte. Die Leistung der Dominicus-Säge war im Sommer um etwa 30 % nach der Zeit und 40 % nach Doppelzügen geringer als ihre Winterleistung. Die gegenüber den Winterversuchen bedeutend geringere Leistung dürfte im Sommer ohne weiteres auf den grösseren Saftgehalt des Holzes zurückzuführen sein.

Im März und April 1902 hat Lorey jun. (1902) im Forstbezirk Bodelshausen Versuche angestellt, bei denen 3 Dominicus-Non plus ultra-Sägen mit 3 amerikanischen Simondssägen von der Firma Simonds-Manufacturing Co. in Fitchburg, Chicago und New York, und 2 ortsübliche Holzhauersägen an Rotbuche und Linde verglichen wurden (Abb. 16). Die Dominicussche »Non plus ultra« ist im Hartholz und weichen Laubholz überlegen. Von 25 cm an wird sie in Fichte von den amerikanischen Sägen übertroffen. Für die Stammholzschläge wären die Simondssägen somit die geeigneteren, für Brennholzschläge jedoch, in denen die Säge ihre Hauptrolle spielt, dürfte die der Gayerschen Normalsäge sich nähernde Dominicussche »Non plus ultra« am meisten zu empfehlen sein.

Nach der Meinung der Firma Dominicus (J. D. Dominicus & Söhne, 1903 a, b) hat Lorey aus seinen Sägeversuchen falsche Schlussfolgerungen gezogen, wenn er gesagt hat, dass die Dominicus-Sägen

in Fichte von 25 cm an von den amerikanischen Sägen übertroffen würden. Die Firma Dominicus ist der Ansicht, dass ihre Sägen die preiswertesten sind und sich für alle Holzarten als gleich leistungsfähig erwiesen haben, während die amerikanischen Sägen in Rotbuche und Linde weit zurückblieben und nur bei Fichte ungefähr dieselbe Leistung zeigten. Die Dominicus-Sägen sind auch viel leichter instandzuhalten als die amerikanischen. Auch die Ansicht von L o r e y, dass für Stammholzschläge die Simondssägen die geeignetsten sein dürften, ist nicht zutreffend.

Nach 1900 lag die Sägeforschung hauptsächlich in den Händen der Sägefabriken. Ihr grosser gegenseitiger Wettbewerb und das Vordringen der amerikanischen Sägen zwang die Fabriken mit Rücksicht auf Qualität und Leistung der Sägen zu immer weiteren Untersuchungen und Verbesserungen.

Als man nach dem Weltkriege die Waldarbeit systematisch wissenschaftlich zu untersuchen begann, wandten die Forstwissenschaftler ihre Aufmerksamkeit wieder den Sägen zu. Auch die Bügelsägen wurden mehr als früher berücksichtigt. Ein Vergleich von drei deutschen Qualitätssägen mit alten Waldarbeitersägen und mit den von W e i s e untersuchten Sägen führte M o n r o y (1925) zur Konstruktion einer Normalsäge.

Die von G e r l i n g h o f f (1926) durchgeführten Versuche (etwa 1000 Schnitte) erstreckten sich auf die Schnittleistungen von Schrot- und Bügelsägen verschiedener Längen und Bezahnungen in Kiefernholz. Neben der Feststellung der Schnittleistungen versuchte er den erforderlichen Kraftaufwand zu berücksichtigen, um auch ein richtiges Bild über Aufwand und Erfolg zu bekommen. Auf Grund seiner Versuche und früherer Erfahrungen gab er an, wie eine gute Säge für Kiefer beschaffen sein soll (vgl. S. 48). Beim Sägen dünner Stämme empfiehlt er Bügelsägen.

Im Lehr- und Versuchsrevier Grafrath hat B a c k m u n d (1927) 12 von der Firma David Dominicus & Co. in Remscheid-Vieringhausen hergestellte Sägen miteinander und mit einer ortsüblichen Bauchsäge verglichen. Alle Versuchssägen, mit Ausnahme der kürzesten und leichtesten, übertrafen die Bauchsäge in ihren Leistungen. Für die Beurteilung der Sägeleistung hält er die Schnittfläche je Minute wenig geeignet, weil sie zu sehr von dem augenblicklichen Arbeitstempo beeinflusst ist. Nach seiner Meinung soll die je Doppelzug geleistete Schnittfläche in Betracht gezogen werden, weil diese Grösse von der Schnittgeschwindigkeit ziemlich unabhängig sein und als bester Ausdruck der allein durch die Sägeform bedingten Leistungen gelten dürfte.

F u c h s (1927) untersuchte im praktischen Betrieb die Schnittzeiten

einer amerikanischen Disston-Säge und zwölf deutscher Sägen, von denen 10 der Firma J. D. Dominicus & Söhne entstammten. Die Untersuchungen wurden im Februar und März 1927 in einem 70—80jährigem Kiefernbestand durchgeführt, weitere Untersuchungen wurden in normalen Kiefern-, Buchen- und Eichenbeständen vorgenommen. Die Ergebnisse haben eine ausgesprochene Überlegenheit der deutschen Sägen im Hartholz erwiesen, während im richtigen Weichholz die Mehrleistung der amerikanischen Säge nicht zu leugnen ist. Der Vorteil der Disston-Säge liegt in der ausserordentlichen Geeignetheit stehendes Holz umzusägen. Einen weiteren Vorteil bietet die amerikanische Säge infolge ihres guten Materials in ihrer grossen Lebensdauer und darin, dass sie doppelt bis dreifach so lange wie die deutsche Säge in gut schnittfähigem Zustand bleibt.

Die Leistungen der von der Firma J. D. Dominicus & Söhne in Remscheid-Vieringhausen hergestellten Zweimanssägen und einer im Harz gebräuchlichen Waldarbeitersäge sind von H a m p e (1927) untersucht worden. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen und Vergleiche haben gezeigt, dass die kürzesten Sägen, insbesondere die Arbeitersäge, die besten Leistungen aufwiesen. Von dieser Erkenntnis ausgehend kommt er zu dem Schluss, dass die Länge des Sägeblattes einer der wichtigsten Faktoren für die Leistung der Sägen ist. Er betont besonders die Wichtigkeit der Rücksichtnahme der physiologischen Gesichtspunkte bei der Beurteilung der Ergebnisse.

Im Auftrage der Württembergischen Forstdirektion hat G r a f (1927) 28 Sägen verschiedener Herkunft untersucht, um die Umstände, welche die Leistungen der Waldsägen wesentlich beeinflussen, zu ermitteln. Von der Erkenntnis ausgehend, dass die meisten Fehlerquellen in den Sägeversuchen durch die Versuchspersonen bedingt sind, konstruierte er eine Sägemaschine, in die die Sägen eingespannt wurden, wobei man mit einem bestimmten Sägedruck arbeiten konnte. Zur Aufzeichnung und Messung der beim Hin- und Herbewegen der Säge auftretenden Kräfte diente ein Kraftschreiber. Die Zahnform blieb ohne merklichen Einfluss auf die Sägeleistung. Einen grösseren Einfluss hatten Schränkung und Schneidewinkel. Graf ist überzeugt, dass zur Prüfung der Sägen die Sägemaschine geeigneter als Handarbeit ist.

Bis zu dem Zeitpunkt, da das Institut für forstliche Arbeitswissenschaft seine Aufmerksamkeit auf die Sägeforschung lenkte, beschränkten sich die einzelnen Forscher und Wissenschaftler darauf, ihre Versuche allein und ohne einheitliche Richtlinien anzustellen. Das Institut für forstliche Arbeitswissenschaft machte es sich dann zur Aufgabe, eine

Methodik der Sägeversuche zu erreichen. Die erste Arbeit des Instituts auf diesem Gebiet lieferte *Strehlke* (1929). Diese Untersuchung gibt erstmalig eine genaue Anweisung, wie man vorgehen muss, um bei den Sägeversuchen zu sicheren Ergebnissen zu kommen. Die Arbeit *Strehlkes* setzte *Gläser* (1932) fort. Er behandelte, erweiterte und verbesserte die methodischen Möglichkeiten auf dem Gebiete der Sägeforschung.

*Stentzel* (1934 a, b, 1935, 1937, 1938, 1939 a, b) hat die Versuche des Instituts für forstliche Arbeitswissenschaft übernommen und hat die Methodik der Sägeversuche weiter entwickelt; er hat neue Ergebnisse in der Verbesserung der Sägen erreicht. Er hat sich besonders bemüht durch vergleichende Versuche die bestgeeigneten Zahnformen und Zahngrößen zu finden. Um die Einwirkung des sägenden Arbeiters möglichst auszuschalten und die Arbeit der Säge genau zu messen, hat er in Zusammenarbeit mit dem Leiter des Instituts für Landmaschinen der Technischen Hochschule in München, Professor *Kühne*, ein besonderes Kraftmessgerät konstruiert, das die von den Sägezähnen im Holze ausgeübten Kräfte nach Grösse und Richtung registriert. Nach Messung der Schnittfläche kann aus den Registrierungen die spezifische Sägezeit, die Länge jedes einzelnen Sägezuges, sowie nach Teilung der gemessenen Arbeitsmenge durch den Sägeweg auch die durchschnittliche Kraftgrösse genau bestimmt werden. Die mit diesem Gerät durchgeführten Untersuchungen haben bedeutende praktische Ergebnisse zur Folge gehabt, so ist die neue Form des Dreieckszahnes gefunden worden, die vom Deutschen Normenausschuss in die Normung übernommen wurde. Ausserdem hat *Stentzel* für die Bestimmung der Sägegeschwindigkeit ein Reibungsgerät oder Sägeergometer gebaut.

Mit Hilfe dieses Reibungsgerätes hat *Constantinescu* Untersuchungen über den Wirkungsgrad bei der Zweimannsägearbeit vorgenommen.

Aus der Schweiz liegt nur ein Paar Sägeuntersuchungen vor. *Leibundgut* (1936) beschreibt die Untersuchungen, die in einem Werkzeugkurs von den Studierenden der Eidg. Technischen Hochschule in der Abteilung für Forstwirtschaft ausgeführt wurden. Untersucht wurden 16 Waldsägen, und zwar 6 mit unterbrochener und 1 mit fortlaufender Dreiecksbezeichnung, 4 mit amerikanischer Stockbezeichnung und 5 mit Hobelbezeichnung. Die Länge der Sägen schwankte zwischen 1.15 m und 1.50 m und betrug im Durchschnitt 1.3—1.4 m. Die Querschnittsversuche erfolgten in frischgefällten Fichten- und Tannenstämmen mit

einem Durchmesser an der Schnittstelle von 20—24 cm. Unter den zahlreichen Ergebnissen kann erwähnt werden, dass die Hobelbezeichnung beim Querschneiden eine Mehrleistung von 25—30 % aufwies. *Zehnder* (1945) hat in den Stadtwaldungen von Schaffhausen die Leistung einer 165 cm langen Waldsäge, einer ortsüblichen Geställsäge von 1 m Blattlänge und drei Arten von Bügelsägen mit je drei verschiedenen gezahnten, neuen Sägeblättern verglichen. Er hat festgestellt, »dass das Einschneiden mit der Waldsäge rund  $\frac{2}{5}$  mehr Arbeiterminuten je Ster benötigt als mit der Bügelsäge. Der Gesamtaufwand mit der Geställsäge scheint noch wesentlich über demjenigen mit der Bügelsäge zu liegen.«

Im Auftrage des Dansk Skovforeningen ist in Dänemark mit Unterstützung des Reiersens-Fonds eine Reihe von Sägeversuchen durchgeführt worden (*Vestergaard & Biilmann* 1929). Die Versuche wurden im Februar, März—April 1929 im Waldgebiet der Universität von Sorø unter Leitung von Forstkandidat *O. Kaas* vorgenommen. Es wurden die Leistungen von 13 Schrotsägen, 4 Rahmensägen und 2 Bügelsägen verglichen. Nach dem Vergleich dieser Sägen kann man keine bestimmte Säge als überragend ansehen. Im allgemeinen leisten Schrot- und Rahmensägen dasselbe. Unter bestimmten Verhältnissen können die Rahmensägen die Schrotsägen übertreffen. Für Schneiden der mittelstarken und starken Stämme wird eine im Rücken dünngeschliffene Säge mit der Länge von 5.5 Fuss und Disston-Bezeichnung mit einer Zahngruppe von 4 Schneidezähnen und 1 Hobelzahn empfohlen.

In Norwegen sind keine veröffentlichten Sägeuntersuchungen zu finden.

In Schweden beschränkte sich die Tätigkeit früher hauptsächlich auf das Sammeln von Erfahrungen der Arbeiter. Besonders die Sägefabriken haben in Schweden viele Erfahrungen gesammelt und nach diesen ihre Erzeugnisse verbessert. Sie haben auch selbst Sägeversuche gemacht, ohne die Ergebnisse zu veröffentlichen. Seit der Gründung des Vereins »Föreningen Skogsarbeten« begann sich in seinem Kreise grosses Interesse für die Sägeleistungen zu regen.

Der Verein hat im Januar/April 1938 in Zusammenarbeit mit der Kgl. Domänenverwaltung Schwedens einige Versuche über die Leistungen von 5 Bügelsägen und 5 Fuchsschwanzsägen in den Wäldern von St. Kopparbergs Bergslags bei Söderfors angestellt. Die Untersuchungen ergaben, dass Hobelbezeichnung und Kronenbezeichnung der Fuchsschwänze beim Fällen den Dreiecksbezeichnungen unterlegen sind, beim Quersägen ist das Verhältnis jedoch umgekehrt. Der Sägekamerad, der zusammen mit dem



Fuchsschwanz beim Fällen benutzt wird, zeigte sich bei der Fällungsarbeit von gutem Erfolg, während er beim Quersägen ohne Bedeutung ist. Die Bügelsäge erwies sich beim Quersägen als leistungsfähiger als der Fuchsschwanz.

Auf Anregung des Forstdirektors R o n g e hin hat der Verein Anfang Juni 1938 bei der Kramfors A. G. in Backe wiederum einige Versuche mit 6 Bügelsägen und 10 Fuchsschwanzsägen unternommen. Im Endergebnis wurde hierbei festgestellt, dass die Bügelsägen sowohl beim Quersägen als auch beim Fällen leistungsfähiger sind, doch ist der Unterschied zwischen beiden Sägen besonders beim Fällen ziemlich gering.

Im Jahre 1936 gründeten die westschwedischen Holzfirmen eine Institution für Waldarbeitsforschung (Värmlands Skogsarbetsstudier, VSA), die u. a. die Aufgabe hatte, Untersuchungen über die Waldwerkzeuge anzustellen. Die Versuche, die mit einer für diesen Zweck konstruierten Maschine durchgeführt wurden, bezogen sich nur auf Einmannsägen wie Fuchsschwänze und Bügelsägen. Zahlreiche Modelle von grösseren Sägefabriken wurden für die Versuche benutzt. Die Ergebnisdiagramme enthalten Ergebnisse von 18 Bügelsägen und von 3 Fuchsschwänzen. Alle Fuchsschwänze konnte man nicht mit der Maschine prüfen. Nach den Ergebnissen kann man schliessen, dass bestimmte Sägeblätter ihrer Leistung nach viel schlechter sind als die anderen, aber auch, dass die besten Blätter von allen Modellen praktisch gleichwertig sind. Man konnte auch keinen Unterschied zwischen den Leistungen der Dreiecksbezzahnung und Hobelbezzahnung bestätigen. Bei den Versuchen wurden auch Standardwerte für Breite der Zahnflanke und für den Schrank der Bügelsägen und Fuchsschwänze in gefrorenem und nicht gefrorenem Holz erzielt (S t u d i e r i s k o g s b r u k e t s a r b e t s l ä r a).

Als vorbereitende Versuche für die obenerwähnten Untersuchungen sind die von der Firma Uddeholms A. B. im Jahre 1939 durchgeführten Versuche mit vier Holzhauern, die teils ihre eigenen teils neue von einer Sägefabrik zur Verfügung gestellten Sägen verwendeten, anzusehen. Diese Versuche zeigten, dass mit Hilfe besserer Geräte und besserer Instandhaltung die Arbeitsleistung noch sehr zu erhöhen ist. Die Versuche mit Fuchsschwänzen gaben mit den neuen gut instandgesetzten Geräten 30 % höhere Leistungen als die alten eigenen Geräte der Waldarbeiter. Die entsprechende Zahl mit der Bügelsäge betrug etwa 45 %.

In Finnland befindet sich die Sägeforschung erst im Anfangsstadium. Nachdem ich 1935 durch eine statistische Untersuchung die wichtigsten Sägemodelle Finnlands festgestellt hatte (A r o 1941) setzte

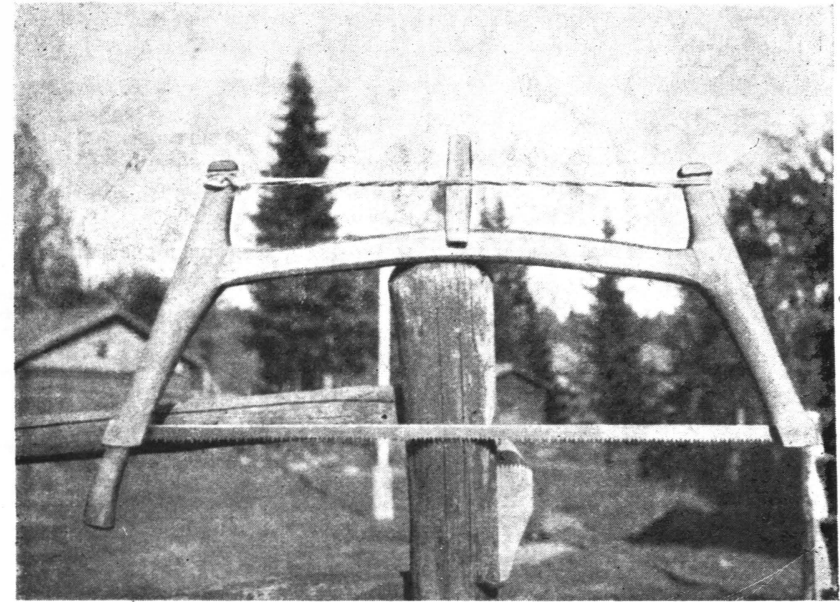


Abb. 17. Das Rahmenmodell der Versuchssägen von A r o (1942 c).

ich 1937 die Sägeuntersuchungen fort (A r o 1942 c). Im Forstschulrevier Evo wurden die Leistungen von 18 verschiedenen finnischen Scheitersägen geprüft (Abb. 17, 18). Dabei zeigte sich zunächst, dass die schmaleren Sägen die leistungsfähigeren sind und dass die Orsia-Sägen der Firma A/B Orsa Sägbladsfabrik mit gruppenweiser Dreiecksbezzahnung an Nadelholz die anderen übertrafen. Als wichtigste Erkenntnis erschien mir die Tatsache, dass es nicht ausschlaggebend ist, welche Bezzahnung oder welches Sägemodell man wählt, sondern dass es darauf ankommt, die Säge in den bestmöglichen Leistungszustand zu versetzen, der den jeweils an sie gestellten Forderungen entspricht. Zu beachten ist in erster Linie, dass man den richtigen Schräfwinkel und die richtige Schränkung wählt. Später hat S e p p ä n e n (1946) 14 finnischen Scheitersägen, 4 Zweimannsägen und 4 Fuchsschwanzsägen geprüft. Die Ergebnisse zeigen sehr deutlich die Überlegenheit der Scheitersägen gegenüber den Zweimannsägen. Die zweckmässigsten von den Scheitersägen sind die 25 mm breiten Sägen mit gruppenweiser Dreiecksbezzahnung oder Hobelbezzahnung. Die Zahnlinie der Zweimannsägen muss gekrümmt sein. Die Sägen mit Hobelbezzahnung sind sehr leistungsfähig. Von den Fuchsschwanzsägen scheinen die Sägen mit hin- und herschneidender Hobelbezzahnung die leistungsfähigsten zu sein.

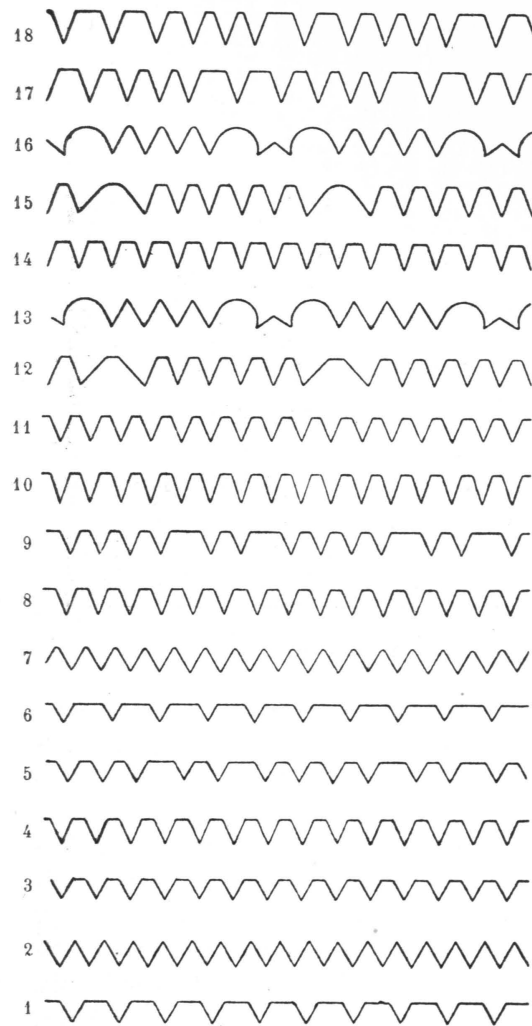


Abb. 18. Bezeichnungen der Versuchs-  
sagen von Aro (1942 c). 1. Sand-  
vik Nr. 392, 35 mm breit, unter-  
brochen. 2. Sandvik Nr. 392, 35 mm  
breit, fortlaufend. 3. Sandvik Nr.  
99, 35 mm breit, unterbrochen.  
4. Sandvik Nr. 99, 30 mm breit,  
unterbrochen. 5. Sandvik Otso,  
30 mm breit, unterbrochen grup-  
piert. 6. Sandvik Nr. 393, 30 mm  
25 mm breit, unterbrochen. 7. Sand-  
vik Nr. 393, 30 mm breit, fortlau-  
fend. 8. Sandvik Nr. 99, 25 mm  
breit, unterbrochen. 9. Sandvik  
Otso, 25 mm breit, unterbrochen  
gruppiert. 10. Kone ja Terä Oy  
Sahurin Suosikki, 30 mm breit, un-  
terbrochen. 11. Epilä Sini-Hai Nr.  
1, 30 mm breit, unterbrochen. 12.  
Epilä Sini-Hai Nr. 2, 30 mm breit,  
unterbrochen mit breiten Zahn-  
lücken. 13. Epilä Sini-Hai Nr. 3,  
30 mm breit, Hobelbezeichnung. 14.  
Epilä Kelta-Hai Nr. 1, 30 mm breit,  
unterbrochen. 15. Epilä Kelta-Hai  
Nr. 2, 30 mm breit, unterbrochen  
mit breiten Zahn-  
lücken. 16. Epilä  
Kelta-Hai Nr. 3, 30 mm breit, Ho-  
belbezeichnung. 17. Orsa Orsia, 25  
mm breit, gruppiert. 18. Orsa Orsia,  
30 mm breit, gruppiert.

Die Sägeversuche in Sowjetunion sind meistens vergleichende Untersuchungen. Man hat nicht so sehr die Sägen selbst, als vielmehr die Arbeiter verglichen. Besonderes Interesse für die Sägen und Sägearbeiten haben die Russen nach der Übersiedlung einer kleineren Zahl finnischer Waldarbeiter aus Kanada nach Sowjet-Karelien gezeigt. Ihre Tagesleistungen mit den Scheitersägen nach dem finnischen Rahmenmodell mit Hobel- oder komplizierter Bezeichnung waren 4—5 mal höher als die der russischen Waldarbeiter mit russischen Schrotsägen. Besonders viele Untersuchungen

hat man gemacht, um die Leistungen zwischen russischen Schrotsägen und kanadisch-finnischen Scheiter- oder Spannsägen zu vergleichen. Alle diese Untersuchungen sind für die Scheitersägen und für die kanadisch-finnischen Arbeiter vorteilhaft gewesen (Tonkel 1931, 1934 a, b, c, 1939). Ebenso hat man die Leistungen der gewöhnlichen und Stachanow-Waldarbeiter verglichen (Gužovskij 1940, Kavardin 1936, Negerevič 1937, Novikov und Kavardin 1936, Podvjaznikov 1936, Podvjaznikov und Ginsburg 1936, Semenov 1938, Zacharov 1940). Nach Prüfung der Instandsetzungsweise der kanadisch-finnischen und besten Stachanov-Waldarbeiter hat man die richtigen Instandsetzungsverfahren gefunden. Man hat auch festgestellt, dass nicht nur die richtige Instandsetzung der Säge, sondern die besseren Arbeitsverfahren die grösseren Leistungen der kanadisch-finnischen und Stachanov-Arbeiter möglich machten. In den letzten Jahren hat man die Aufmerksamkeit auch den verschiedenen Bezeichnungen zugewandt und Untersuchungen über die Leistungen der Sägen mit verschiedenen Bezeichnungen durchgeführt (Bažan 1939, Ginsburg 1936, Lucevič 1937). Von diesen Untersuchungen sind die von Lucevič (1937) beachtenswert. Er hat 6 Scheiter- und Bügelsägen mit Eia-Bezeichnung und kanadisch-schwedischer DD-Bezeichnung mit Hobelzähne und 4 Fuchsschwanzsägen mit 6 russischen Schrotsägen im Waldpunkt Ivontervsk miteinander verglichen. Er hat gefunden, dass die Eia-Bezeichnung 4—12 % höhere Leistung zeigt als die DD-Bezeichnung mit Hobelzahn. Die Fuchsschwänze leisteten weniger als Scheiter- und Bügelsägen.

In Estland hat ein Spezialkomitee für die Rationalisierung der Waldarbeiten vergleichende Untersuchungen über die Leistungen von 15 Zweimann- und 7 in Rahmen eingespannten Einmannsägen unternommen (Salev 1939). Die Versuche sind im Versuchswald von Voltveti in 4 Probebeständen an Fichte, Kiefer, Birke und Espe sowohl frisch als auch gefroren vorgenommen worden. Die finnische Schrotsäge mit unterbrochener Dreiecksbezeichnung der Firma Kone ja Terä Oy stand an erster Stelle, an zweiter Stelle die deutsche Säge Iddus 2180 mit Hobelbezeichnung und an dritter Stelle die schwedische Sandvik 225 mit unterbrochener Dreiecksbezeichnung. Die in Estland übliche Sandvik-Säge mit fortlaufender Bezeichnung befand sich erst an 9. Stelle.

Die schwedische Scheitersäge mit Hobelbezeichnung, Sandvik 132, hatte die grösste Schnittleistung. Nach ihr kam die Eia-Säge mit Kronenbezeichnung und dann die Sandvik-Säge mit fortlaufender Bezeichnung.

Nach einem anderen Versuch in den Probebeständen von Sulema,

Tab. 2 — Masse der von

Normalsäge	Länge	Blatt-			
		Breite		Stärke	
		in der Mitte	am Rand	an der Zahnlinie	im Rücken
mm	mm	mm	mm	mm	
1. für grünes Kiefernholz ..	1 440	167	—	1.5	—
2. für grünes Fichten- und Tannenholz .....	1 250	190	40	1.5	—
3. für Buchenholz .....	1 495	220	—	1.5	—
4. für trockenes Nadelholz ..	1 460	157	—	1.6	1.3

Sagadi, Tudu und Orava stellten sich die Schrotsägen in folgender Güteordnung dar: 1. schwedische Sandvik Nr. 929 mit Hobelbezeichnung, 2. schwedische Sandvik 220 mit dreispitziger Kronenbezeichnung, 3. die gewöhnliche Sandviksäge mit fortlaufender Bezeichnung. Hinsichtlich des Preises, der Instandsetzung und der Beurteilung der Waldarbeiter erwies sich die dreispitzige Säge mit Kronenbezeichnung 220 als die beste, die sich bei den Versuchen in Voltveti erst an 8. Stelle befand (Salev 1939).

#### Konstruktion einer Normalsäge.

In Deutschland waren Exner (1881) und Gayer (1896) die ersten Forscher, die gleichzeitig in den siebziger Jahren des 19. Jahrhunderts nach der Konstruktion der Normalsäge gestrebt haben. Exner hat etwa 400 Schnitte an Rotbuche und *Larix sibirica* mit 31 verschiedenen Sägen gemacht und die bestleistenden Sägen seiner wie der Versuche aller früheren Forscher auf ihre konstruktiven Einzelheiten hin verglichen, um festzustellen, welche Faktoren Einwirkung auf die Mehrleistung hatten. Daraus hat er die Grundlagen für die Konstruktion 4 verschiedener Normalsägen gewonnen. Diese Sägen hatten folgende aus Tab. 2 ersichtlichen Masse und Eigenschaften:

Um die nötigen Kriterien einer möglichst leistungsfähigen Säge zu gewinnen, liess Gayer 24 besondere Versuchssägen anfertigen, die sämtlich aus Gussstahl gewalzt waren, in der Form den Giessener oder Schwarzwälder Sägen ähnlich waren und die gleiche Blattstärke hatten (Abb. 19). Die Versuchsarbeiten wurden im Revier Hain im Spessart 1874 mit 9 Sägen an Buche und im Revier Alte Glashütte in der Pfalz in der

#### Exner konstruierten Normalsägen.

Höhe	Abstand	Zahn-			Krümmungsradius	Bezeichnung
		Spitzenwinkel	Basiswinkel			
		°	°	mm		
mm	mm	°	°	mm		
14	19	42	69	1 650	unterbrochene	
12.5	12.5	50	65	1 400	fortlaufende	
12.5	18.5	40	70	1 130	unterbrochene	
24	33	36	56	3 480	amerikanische	

Zeit von Oktober 1876 bis April 1877 mit sämtlichen 24 Sägen an Buche und Kiefer ausgeführt. Die Sägen wurden gruppenweise miteinander verglichen. Die in derselben Gruppe befindlichen Sägen waren nur in einer Beziehung divergent, sonst von übereinstimmendem Bau. Das erste Mal wurden die Einflüsse der beim Sägen einwirkenden Faktoren durch graphische Aufzeichnung kurvenmässig dargestellt. Die erzielten Ergebnisse führten Gayer zu der Überzeugung, dass eine praktisch möglichst leistungsfähige Säge folgende Konstruktionseigenschaften haben soll: Blattlänge 1 500 mm, Blattbreite in der Mitte ohne Zahnbesatz 220 mm, Krümmungsradius 1550 mm, Rückenbucht in der Mitte 2—3 cm, Zahl der Zähne 65—75, unterbrochene Bezeichnung mit einer Zahnbreite auf der Zahnbasis von 13 mm und einer Zahnhöhe von 18 mm ohne Raumzähne, Zahnausschnitt das Doppelte bis Dreifache der Zahnfläche und ein Gewicht von 2.5 kg. Die Firma Dominicus hat auf grund der gayerschen Versuche sogar eine Normalsäge »Non plus ultra« herausgebracht. Kast (1896), der die Versuche Gayers fortgesetzt hat, fand eine Tiroler Bauchsäge, welche mit der von Gayer als Normalsäge bezeichneten

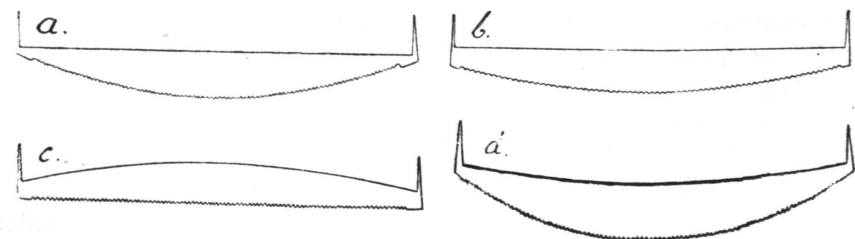


Abb. 19. Versuchssägen von Gayer (1896). a. Bogensäge in Schwarzwälderform, b. Giessener Bogensäge, c. Gerade Quersäge, d. Bogensäge in Schwarzwälderform.

fast ganz übereinstimmte. Die Ausmasse dieser Gussstahl-Bogensäge mit einfacher unterbrochener Dreiecksbezaehlung waren folgende: Blattlänge 1 500 mm, Blattbreite 235 mm, Krümmungsradius 1 600—1 700 mm, Zahnhöhe 16.5 bis 18 mm und Zahnbreite 11—13 mm. Ausserdem war der Rücken eingebuchtet. Wegen der leichteren Instandhaltung wurde die perforierte Säge von K a s t empfohlen.

Unter den vielen Sägeuntersuchungen in Deutschland im 19. Jahrhundert treten nur die drei oben erwähnten Untersuchungen hervor, bei denen besondere Eigenschaften und Abmessungen für die Konstruktion einer Normalsäge angegeben werden.

Als die Forstwissenschaftler nach dem Weltkriege ihre Aufmerksamkeit wieder den Sägen zuwandten, lebte die Sägenormierung neu auf. Unter anderem stellte M o n r o y (1925) unter Benutzung der Ergebnisse früherer und eigener Versuche eine Normalsäge auf. Er hat etwa 100 Schnitte mit drei deutschen Qualitätssägen an 4 Holzarten bei 30 cm Durchmesser gemacht und die Ergebnisse sowohl mit den Leistungen alter Waldarbeitersägen als auch mit denjenigen der von W e i s e untersuchten Sägen verglichen. Die Normalsäge soll aus Tiegelgussstahl mit 0.8—1 % Kohlenstoffgehalt hergestellt werden und eine unterbrochene Bezaehlung ohne Raumzähne haben. M o n r o y empfiehlt die Hinterlochung der Säge, weil sie das Gerät stets in Ordnung hält. Ausserdem soll eine Normalsäge leicht gekrümmt, im Rücken dünn geschliffen, leicht konkav gebogen und 1.5 m lang sein. Er macht auch den Vorschlag, dass für das Normalgerät die geforderten Eigenschaften durch ein vorgeschriebenes Warenzeichen garantiert werden müssen.

Die Versuche von G e r l i n g h o f f (1926) mit 1 000 Kiefernchnitten haben auch das Ziel verfolgt, die Eigenschaften der besten Sägen für Kiefernholz zu bestimmen. Der ausschlaggebendste Faktor zur Erziehung guter Leistungen ist möglichst zäharter Stahl, mindestens mit 0.80 % Kohlenstoffgehalt, gleichmässigem Kleingefüge, richtigem Grad und Gleichmässigkeit der Härte. Die Blattstärke soll möglichst gering sein, ein dünner Schliff im Rücken hat seines Erachtens dagegen keine vorteilhafte Wirkung. Die Säge muss eine unterbrochene Bezaehlung mit folgenden Ausmassen haben: Zahnhöhe 12—15 mm, Zahnschneidwinkel 35—40°, Schärfeinkel 40—45° und Krümmungsradius bei Schrotsägen etwa 3 m, bei Bügelsägen etwa 6.50 bis 7.00 m. Sowohl Schrot- wie Bügelsägen ohne Perforierung werden für Kiefern für zweckmässig gehalten, und zwar eine Schrotsäge mit 1 400 mm und eine Bügelsäge mit 1 200 mm Blattlänge.

Die vielen nach dem Weltkrieg ausgeführten vergleichenden Sägeversuche haben, obwohl sie nicht die Konstruktion einer Normalsäge zum Ziel hatten, die Kenntnis über die guten Eigenschaften bestgeeigneter Sägen erweitert und vertieft. Besonders fruchtbar sind in dieser Hinsicht die Arbeiten des Instituts für forstliche Arbeitswissenschaft gewesen. Auf Grund der durch frühere Untersuchungen gemachten Erfahrungen und der letztgenannten Arbeiten war man in Deutschland vor dem 2. Weltkriege soweit, dass die Entwürfe zur Normung der Qualität und der Zahnformen der Sägen fertig waren. Die Herstellerfirmen waren verpflichtet, die Qualitätssägen mit einem Gütezeichen »Dreipilze« zu versehen.

In der Schweiz hat die Technische Kommission des Schweizerischen Verbandes für Waldwirtschaft ein gesetzlich geschütztes Eignungszeichen für Waldwerkzeuge geschaffen. Die Werkzeuge, die auf Form und Materialqualität als gut beurteilt sind, werden mit dem Eignungszeichen versehen (F. Z. 1945/46, Forstliche Arbeitstechnik 1945). Der eine Zweck der Sägeversuche von Värmlands Skogsarbetsstudier war auch das Auswählen und Ausführen guter Sägen. Nach den Versuchsergebnissen wird zur Standardisierung ein Hobelzahnsägeblatt und ein Dreieckszahnsägeblatt mit gruppenweiser Verteilung der Zähne mit den innerhalb der Gruppe fortlaufend grösseren Zahnabständen empfohlen (Studier i skogsbrukets arbetslära).

In allen anderen Ländern sind so zielbewusst ausgeführte Sägeversuche zur Normung der Säge nicht zu finden. Der Zweck war jedoch auch dort immer, bei den vergleichenden Untersuchungen die bestleistenden Sägen herauszufinden und den überflüssigen Formenreichtum an Sägen auszuschalten. Lieber wenige gut leistende Sägen, als viele schlecht leistende Sägen, heisst die Parole.



## Über die Untersuchungsmethoden bei den Sägeversuchen.

### Versuchspersonen.

Zu der Zeit, als *Micklitz* (1860) seine ersten Sägeuntersuchungen vornahm, war die Arbeitsforschung in Europa kaum bekannt. *Micklitz* hat jedoch für seine Sägevergleiche eines der wichtigsten Forschungsverfahren, nämlich die *Zeitsstudie*, benutzt, die seitdem fast ausschliesslich bei derartigen Untersuchungen angewendet wurde.

Bei der Anordnung der Sägeversuche werden immer bestimmte Punkte berücksichtigt. Nach *Betzhold* (1873) liefern nur solche Versuche ein zuverlässiges Resultat, bei denen gleicher Kraftaufwand für das Führen der Säge, gleiche Beschaffenheit des zu zerschneidenden Holzes und gleiche Geschicklichkeit der Arbeiter vorhanden ist. Da in der Praxis der Mensch als treibende Kraft bei der Sägearbeit wirkt, musste er auch bei den Versuchen diese Rolle übernehmen. Jeder Forscher aber musste feststellen, dass bei den Holzhauern nicht nur der Kraftverbrauch, sondern auch die Übung, Geschicklichkeit und die körperliche Befähigung von ausschlaggebender Bedeutung für die Leistung sind. Um möglichst gleichartige Voraussetzungen für die Versuche zu schaffen, hat man sich bemüht, durch besondere Auswahl der Versuchspersonen diese Unterschiede nach Möglichkeit auszuschalten. Als am besten geeignet galten die Arbeiter, die von Jugend auf mit der Sägearbeit vertraut waren. Da die Arbeiter unmöglich alle Sägearten kennen konnten, hielt man es für angebracht, ihnen vor Beginn der Versuche die in Frage kommenden Modelle zum Kennenlernen einige Zeit zu überlassen. Es gelang den Arbeitern jedoch selten, die zur Verfügung gestellten Sägen mit der gleichen Fertigkeit zu handhaben, wie die ihnen seit langem vertrauten. Zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Sägen gibt es drei Methoden:

1. Sämtliche Sägen werden nur von einem einzigen Arbeiter oder Arbeiterpaar geführt; 2. man lässt jedes Sägemodell nur an dem Ort prüfen, wo es im Gebrauch ist und die Arbeiter daran gewöhnt sind; 3. man ver-

sammelt Waldarbeiter aus verschiedenen Gegenden, und lässt sie bei den Versuchen sich ausschliesslich mit denjenigen Holzsägemodellen beteiligen, an welche sie gewöhnt sind.

Die erste Methode hat zwar den Vorzug, den Kraftaufwand im Gegensatz zu den beiden letzten konstant zu halten, ihr fehlt aber die Gewähr, dass alle Sägen gleichmässig gewandt gehandhabt werden (vgl. *Betzhold* 1873). Um das Arbeitstempo während des Versuches gleichmässig zu halten und die Ermüdung der Arbeiter zu vermeiden, wurde die Arbeitszeit von den Forschern in verschiedener Weise in Arbeitszeit und Pausen eingeteilt.

*Hess* (1865) hat die Versuche mit 2 Parteien durchgeführt, die jede aus 2 Mann bestanden. *Betzhold* (1873) hat ebenfalls 2 Arbeiterpaare eingesetzt, von denen das eine jedoch besser eingeübt und kräftiger war als das andere. *Lorey* (1872, 1876 und 1877) hat für seine Versuche solche Arbeiter eingesetzt, die ihre Sägen von Jugend auf führten und mit ihr nach allen Richtungen hin vollständig vertraut waren. Die Arbeiter durften sich nicht anstrengen, sondern mussten die Sägen in demselben Tempo führen, wie sie es gewohnt waren. *Lorey* hat auch (1880 a, b) den Einfluss der Individualität des Arbeiters auf die Sägeleistung geprüft. Er hat alle Versuchsserien mit 2 verschiedenen Arbeiterpaaren durchgeführt und schliesslich noch Kontrollversuche angestellt, indem er die Arbeiter zu Paaren kombinierte und ihnen die verschiedensten Sägen in die Hand gab. Er ist zu dem Schluss gekommen, dass der Einfluss der Individualität nicht mehr störend wirkt. Bei den Versuchen von *Eberts* (1878) wurden die zu untersuchenden Sägen einem Arbeiterpaar drei Wochen vor Beginn der eigentlichen Versuche zum Einüben ausgehändigt. Täglich wurde nur eine Säge von 9—12 Uhr probiert. *Eberts* ist der Meinung, dass es bei den Versuchen erforderlich ist, alle Sägen mit demselben Arbeiterpaar an verschiedenen Tagen, aber zu derselben Tageszeit zu prüfen (vgl. *Lorey* 1880 a, *Lorey jun.* 1902, *Backmund* 1927). Die Arbeiter sollen in der Handhabung aller Sägen gleiche Fertigkeit erlangen. In den Forstämtern, in denen *Kast* (1896) seine Versuche durchführte, wurden nur je 2 tüchtige Holzarbeiter, welche während der ganzen Dauer des Versuches tätig waren, zur Verfügung gestellt. Jedesmal wurden sie vor Beginn der Versuche veranlasst, mit den verschiedenen Sägen eine Reihe von Schnitten zu machen, um sich einigermaßen mit der Handhabung der Sägen vertraut zu machen und die ihnen passende Sägegeschwindigkeit kennenzulernen. Auch *Haehnle* (1901) hat den Arbeitern Gelegenheit gegeben, sich vorher zu üben, und



mit 2 oder 3stündiger Dauer die Versuche durchzuführen. B a c k m u n d (1927) hat zu den Versuchen 2 Arbeiter verwendet, die sich vor allem durch ruhige gleichmässige Sägeföhrung ausgezeichnet haben. Es wurde am Tage höchstens 3 Stunden gearbeitet, und zwischen der Arbeit wurden kleine Pausen eingeschaltet. Bei seinen Versuchen verwendete H a m p e (1927) immer die gleichen Arbeiter, mit Ausnahme eines Versuches, der in einem anderen Revier mit anderen Arbeitern gemacht wurde. Hier ist der Fall eingetreten, dass die Verwendung verschiedener Arbeiter einen Unterschied in der Sägeleistung zur Folge hatte. Da zur Beurteilung einer Sägeleistung verschiedene Faktoren herangezogen werden müssen, will H a m p e die Minderleistung einer Säge nicht allein auf die Verschiedenartigkeit der Arbeiter zurückföhren. S t r e h l k e (1929) beschäftigt sich sehr viel mit der F r a g e der Verwendbarkeit der Menschen für die Sägeversuche. Nach ihm dürfen nur die Ergebnisse von Versuchsreihen miteinander verglichen werden, bei denen die Versuchspersonen die gleichen waren. Es dürfen keine zu alten oder aus einem anderen Grunde nicht vollkräftigen Arbeiter verwendet werden. Das Alter zwischen 30 und 35 Jahren erscheint ihm am günstigsten. Er betont die Wichtigkeit einer mehrjährigen berufsmässigen Tätigkeit in der forstlichen Sägearbeit sowie die Willigkeit und Zuverlässigkeit der Arbeiter. Ferner setzt er voraus, dass die körperlichen Verhältnisse der Versuchspersonen einander einigermaßen entsprechen. Nach S t r e h l k e ergeben sich die meisten Fehler aller Prüfungen verschiedener Geräte daraus, dass die Versuchspersonen auf sie nicht gleichmässig eingeübt sind. Der Einfluss der Übung kann als ausgeschaltet gelten, wenn in einem längeren Beobachtungszeitraum die Leistung konstant bleibt. Um einen Mittelwert für die Sägeleistungen einer Säge zu bekommen, sieht S t r e h l k e eine Zeitspanne von mindestens einer Woche für geeignet an, in der alle Sägen täglich gleichmässig geprüft werden müssen. Für die beste Tageszeit zur Vornahme der Sägeversuche hält er die Vormittagsstunden zwischen 9 und 11 Uhr. Durch die kurze Arbeitszeit und die mit ablenkender Tätigkeit erfüllten Pausen werden Ermüdungserscheinungen vermieden und der Arbeitsrhythmus gleichmässig gehalten. Die Verschiedenheit der Arbeiter hat er insofern berücksichtigt, als er sich der arbeitsphysiologischen Methode bediente und durch Atemversuche den Energieverbrauch der Arbeiter feststellte.

G l ä s e r (1932) hat für seine Untersuchungen über den Schrank der Waldsäge 3 Versuchspersonenpaare herangezogen. Das erste Paar bestand aus 2 Brüdern, die 45 und 51 Jahre alt, im Sägen durchaus geübt und vollständig aufeinander eingespielt waren. 2 jüngere 23 und 35 Jahre alte



Abb. 20. Die Sägeversuche von A r o (1942 c) im Gang im Walde.

Arbeiter bildeten das zweite Paar, von denen der jüngere längere Zeit nicht gesägt hatte, und die noch nie zusammen gearbeitet hatten. Das dritte Paar setzte sich aus 2 alten Waldarbeitern von 64 und 73 Jahren zusammen. Die Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, dass der zweckmässige Schrank der Waldsäge zum grossen Teil individuell bedingt ist. Im allgemeinen kommen geschickte und gut eingearbeitete Personen mit geringerem Schrank aus als andere. Um den Einfluss des Krümmungsradius der Waldsäge zu prüfen, hat G l ä s e r selbst mit seinen Institutsangestellten nach einer halbjährigen Einübungszeit die Sägearbeit geföhrt. G l ä s e r ist der Meinung, dass ein Forscher, der über keine praktisch eingelernte Sägetechnik verfügt, sich der Technik der Versuchssägen besser anpassen und die Leistungen der Sägen mit feinerem Fingerspitzengefühl beurteilen kann.

Bei den Sägeversuchen in den Wäldern von St. Kopparbergs Bergslag bei Södersfors in Schweden wurden 2 geübte Waldarbeiter verwendet (L e n n e r t h s o n und F l o d m a n 1938). Die Versuche bei der Kramfors A. G. in Backe wurden von vier Arbeiterrotten durchgeföhrt, die aus zwei geübten Waldarbeitern und einem Forstwart bestanden. Die

Versuche dauerten 4 effektive Arbeitstage und jede Rotte arbeitete mit Versuchssägen einen ganzen Tag. Es wurde täglich 7 Stunden gearbeitet von 8 Uhr ab mit einer Mittagspause von 1.5 Stunden. Nach jeder Stunde wurde eine Pause von 5—15 Minuten gehalten. Der Rottenleiter, der Forstwart, hatte dafür zu sorgen, dass die Schlagflächen gleichmässig für die Rotten verteilt, lokale Verschiedenheiten berücksichtigt wurden und die Arbeiter gleichmässig arbeiteten. Ausserdem führte er Protokoll über die Arbeiten seiner Rotte (F l o d m a n 1938).

Ich habe meine Versuche mit einem Mann durchgeführt, der 25. Jahre alt war (A r o 1942 c). Er war Sohn eines Forstwartes, hatte 7 Jahre im Walde gearbeitet und war viel mit Waldarbeit und Waldarbeitern in Berührung gekommen. Da alle Versuchssägen die landesüblichen Rahmen gleicher Modelle besaßen und auch die Sägen sich durch ihre Bezaehlung nur wenig voneinander unterschieden, war die besondere Einübung beim Sägen selbst nicht notwendig. Nur für die Instandhaltung der Sägen musste der Arbeiter sich einüben. Er wurde von dem Zeitnehmer instruiert, der für Zeitstudien und Instandhaltung der Säge besonders geschult war (Abb. 20).

#### Versuchsapparate.

Bei ihren Bemühungen, die ungünstigen Einwirkungen auf die Versuchsergebnisse auszuschalten, die von der Verschiedenartigkeit der Konstitutionen der Arbeiter herrühren, kamen einzelne Forscher auf den Gedanken, einen Apparat oder eine Maschine zu konstruieren, die die menschliche Arbeitsleistung weitgehend übernehmen kann. Schon B e t z h o l d (1873) hat diesen Gedanken ausgesprochen und einige Jahre später konstruierte L o r e y (1876—1877) einen Apparat, den ihm die mechanische Werkstätte von Staudinger & Co. in Giessen gebaut hat, und mit dem er besonders den Einfluss der Schränkweite untersuchte. Mit dem Apparat konnten nur gerade Sägeblätter untersucht werden. Um der menschlichen Arbeitsleistung gleichgesetzt werden zu können, muss die Maschine, die die Sägeleistung prüfen soll, die Sägetechnik des Menschen nachahmen. G r a f (1927) hat als Grundlage zur Konstruktion seiner Maschine die Bewegungslinie der Sägeführung durch Filmaufnahmen studiert. Die Versuchssägen wurden in ein mittels Elektromotor hin und her bewegtes Pendeldreieck eingespannt. Da die Sägebewegung regelmässig verläuft, schlug S t r e h l k e (1929) eine Verbesserung vor, durch die die Versuchssäge eine Bewegung beschreiben könnte die sich schon mehr der-

jenigen nähern würde, wie sie bei dem Menschen beobachtet wird. Nach S t r e h l k e s Entwurf wurde im Auftrage des Instituts für forstliche Arbeitswissenschaft von Ingenieur W u t t i c h bei der Firma Ardeltwerke in Eberswalde eine Maschine konstruiert. S t r e h l k e sowohl wie G l ä s e r (1932) sind der Ansicht, dass Versuche, die sich auf die Feststellung der besten Zahnform und des besten Werkstoffes beziehen, am zweckmässigsten und am genauesten mit Hilfe einer Maschine ausgeführt werden. Dagegen können die Versuche, die sich mit der Erkenntnis von mehr oder weniger von der menschlichen Bewegung abhängigen Faktoren beschäftigen, nur mit Hilfe von Menschen ausgeführt werden. Jedoch haben weder S t r e h l k e noch G l ä s e r Versuche mit der Maschine machen können, da dem Institut die Mittel zum Bau fehlten.

Um bezüglich der Zahnkonstruktion exakte Resultate zu erhalten, empfahl L o r e y (1880 b) schon eine Maschine als Bewegungsapparat zum Hilfsapparat. Bei den Untersuchungen über die Zahnformen der Waldsäge wollte S t e n t z e l (1934 a, 1935, 1937 und 1939) die Schwankungen, die durch den Wechsel der Versuchsbedingungen beim arbeitenden Menschen verursacht sind, ausschalten. Es gelang ihm, ein solches Kraftmessgerät zu konstruieren, das die von den Sägezähnen im Holz ausgeübten Kräfte nach Grösse und Richtung registriert. Als Vorbild diente ein Komponentenmessgerät für Bodenbearbeitungswerkzeuge, das vom Institut für Landmaschinen der Technischen Hochschule in München unter Leitung von Prof. K ü h n e gebaut war. Nach Messung der Schnittfläche kann aus den Registrierungen die spezifische Sägearbeit in  $\text{mkg/cm}^2$  der spezifische Sägeweg in  $\text{m/cm}^2$  und die spezifische Sägezeit in  $\text{S/cm}^2$ , die Länge jedes einzelnen Sägezuges sowie nach Teilung der gemessenen Arbeitslänge durch den Sägeweg auch die durchschnittliche Kraftgrösse bestimmt werden. Ausserdem hat er für die Bestimmung der Sägegeschwindigkeit ein Reibungsgerät oder Sägeergometer gebaut. Die mit diesem Gerät gemachten Versuche sind die neuesten und letzten auf diesem Gebiet in Deutschland. Bei den Untersuchungen von Värmlands Skogsarbetstudier (S t u d i e r i s k o g s b r u k e t s a r b e t s l ä r a) wurde eine Sägeprüfmaschine konstruiert, mit der die Sägebewegung durchführbar ist und mit der man den Arbeitsaufwand in Kilogramm, Sägegedruck, Zuglänge in Meter und Zahl der Sägezüge messen kann.

### Holzeigenschaften und Witterungsverhältnisse.

Weitere Faktoren, die auf die Sägeleistung einwirken, sind die mechanisch-technischen Holzeigenschaften und die Witterungsverhältnisse. Selbst bei gleicher Holzart sind die Eigenschaften des Holzes je nach dem Standort der Begründungsweise, der Behandlung, dem Schlussgrad und so weiter äusserst verschieden. Um möglichst gleichartiges Holz mit den Versuchssägen zu schneiden, haben die Sägeforscher bei Bemessung der Stammscheiben auf 3 und 5 cm möglichst viele Versuchsschnitte aus einem unbegrenzten Stammteil mit allen Versuchssägen erhalten, die von Schnitt zu Schnitt ausgewechselt wurden (L o r e y 1880 a, B a c k m u n d 1927, S t r e h l k e 1929). Viele Versuche wurden auch während der praktischen Holzarbeit ausgeführt, wobei eine Zersplitterung der Stämme nicht möglich war. Die Stämme wurden nach der normalen Sortimentenlänge zerschnitten.

Nach L o r e y (1880 a) sollen für eine Vergleichsreihe nur Schnitte an nahezu gleich alten Stämmen vereinigt werden, welche unter gleichen Verhältnissen gewachsen sind, also von Stämmen, welche in derselben Zeit annähernd gleiche Stärke und Höhe erreicht haben. Schnitte, die Extremfälle darstellen, wie grosse Harzgallen, Hornäste, Astknoten sind bei den Versuchen im allgemeinen unbeachtet geblieben. Jeder Forscher hat versucht, Schnitte aus möglichst allen Stärkeklassen zu erhalten. Die Stärkeklassenverteilung ist jedoch bei den einzelnen Forschern wenig unterschiedlich. Auch die Anzahl der Schnitte ist bei den einzelnen Versuchen sehr verschieden gewesen. Man hat keine bestimmte Anzahl festlegen können. Nach S t r e h l k e (1929) ist für die Versuche Holz von örtlich möglichst eng begrenztem Standort zu wählen, also meist vorhandene und normale Stämme. Die Ausschnitte sollen aus der Stammitte genommen werden, die vom Stockabschnitt wie von dem Kronenansatz je 2 m entfernt sind.

Die meisten Sägeversuche sind anfänglich im Walde durchgeführt worden. Jeder Forscher hat dabei noch im Winter und im Sommer aufgestellten Versuchsreihen unterschieden, weil der Frost die Holzeigenschaften, besonders die Härte, verändert. Da die Witterungsverhältnisse auch einen Einfluss auf den Sägenden ausüben, haben die späteren Forscher ihre Versuche vom Walde in Prüfungshallen verlegt (L o r e y 1880 b). Für die im Wald angestellten Untersuchungen hat man versucht, eine Zeit zu wählen, in der die Witterungsverhältnisse möglichst konstant bleiben. Die schwedischen Versuche (F l o d m a n 1938) sind Anfang

Juni durchgeführt worden. Ich habe meine eigenen Versuche im Juli, August und September angestellt, während die mittlere Temperatur etwa  $+ 17.9^{\circ}$  betrug und die Schwankungen zwischen  $10^{\circ}$  und  $26^{\circ}$  lagen (A r o 1942 c).

### Sägebewegung.

Wie oben erwähnt, haben die Sägen jeweils eine charakteristische Handhabung, an die die Waldarbeiter sich gewöhnen müssen. Dieser Sägebewegung wurde anfänglich nicht viel Aufmerksamkeit geschenkt, weil man bei den Prüfungen immer gut geübte Waldarbeiter zur Verfügung hatte. Später hat man jedoch Untersuchungen angestellt, um die Einwirkungen der Sägeföhrung auf die Sägeleistung festzustellen. Unter den älteren Forschern soll besonders D i f f e n b a c h (1878) erwähnt werden, der die Wirkung und Führung der Bogensäge untersucht hat. Er ist der Ansicht, dass die Sägearbeit des Arbeiterpaares am natürlichsten und vorteilhaftesten ist, wenn die gebildete Schnittsohle konvex ist. Er denkt sich die Säge in kleine Teile von 10—15 Zähnen eingeteilt. Der Bogen solch einer Serie ist sehr gering und er nimmt an, dass jeder als gerade angenommene Teil ebenso wirkt wie ein gerades Sägeblatt, welches zur Horizontalen etwas geneigt steht. Besonders wichtig wurde die Kenntnis der Sägebewegung für G r a f (1927), der eine Sägeversuchsmaschine konstruieren wollte. Den Anlass zum Bau einer mechanischen Einrichtung gaben die Feststellungen, dass eine Schnittfläche Fichtenholz von  $100 \text{ cm}^2$  mit der gleichen Säge bei gleichem Schneidewinkel und gleicher Schränkung durch drei verschiedene Holzhauer mit 8, 13 und 17 Hin- und Hergängen der Säge geschnitten wurde. Es war ihm klar, wie auch schon L o r e y (1876/77) vorgeschlagen hatte, dass die Bewegungslinie der Versuchssäge in der Maschine der durch die Handbewegung des Menschen erzeugten gleich sein muss. Für die Konstruktion seiner Maschine studierte er die Bewegungslinie der Sägeföhrung vermittels Filmaufnahmen. Für die methodischen Untersuchungen im Institut für forstliche Arbeitswissenschaft waren die Versuche über die Sägebewegung notwendig. Um Form und Ablauf der verschiedenen Sägebewegungen festzustellen, machte S t r e h l k e (1929) zyklographische und kinematographische Aufnahmen. Auch G l ä s e r (1932) hat bei seinen Versuchen Filmaufnahmen gemacht. Bei seinen Versuchen befanden sich die zu schneidenden Stämme entweder auf einem Bock oder auf der Erde. Von jedem Schnitt wurden die zwei senkrechten Durchmesser gemessen, um



die mittleren Durchmesser zu bestimmen. Im allgemeinen ist die Sägezeit des Schnittes mit einer gewöhnlichen Taschen- oder Stoppuhr abgenommen worden. Die Anzahl der Doppelzüge ist auch bei fast allen Versuchen berechnet worden.

#### Gayers Instruktion zur Vornahme von Versuchen über die Leistungsfähigkeit der Waldsägen.

Da die von G a y e r (1871) entwickelte Methode im 19. Jahrhundert als Vorbild für verschiedene Versuche gedient hat, folgt nachstehend ein Abzug seiner Instruktion zur Vornahme von Versuchen über die Leistungsfähigkeit von Waldsägen.

»Zu den Versuchen sind in jedem Bezirke die dortselbst bei den Holzhauern vorzugsweise in Gebrauch stehenden Sägen zu verwenden. Sie sollen schon einige Zeit geführt, aber nicht abgenützt sein, und was Grösse, Stärke usw. betrifft, das mittlere Mass einhalten. Vor Anstellung der Versuche wird die Säge frisch geschärft und mit Rücksicht auf die zu behandelnde Holzart sorgfältig geschränkt oder ausgesetzt. Eine Beschreibung und Abbildung der verwendeten Säge ist beizufügen. Die erstere hat sich vorzüglich zu beziehen auf die allgemeine Form (Gerad-, Mond- oder Bogensäge usw.), auf das Material, aus welchem sie gefertigt ist (Schmiedeeisen oder Gussstahl), auf Stärke und Grösse des Sägeblattes, auf die Form, Grösse und Zahl der Zähne, sowie deren gegenseitige Entfernung, ob Raumzähne, und wieviele etwa vorhanden sind, oder ob sie fehlen usw.

Diese Beschreibung ist zu vervollständigen durch einfache Zeichnungen.

Wo für mittleres und sehr starkes Holz zwei verschiedene Sägen in Gebrauch stehen, sind die Versuche in gleicher Weise auf beide auszudehnen.

Die Leistung der Säge wird durch die durchschnittlich je Minute (senkrecht auf die Stammachse gerichtet) erzielte Schnittfläche ausgedrückt. Es erübrigt sich, mittels einer gewöhnlichen Taschenuhr die Zeit genau zu bestimmen, welche zwei Arbeiter zum Zerschneiden des liegenden Stammes nötig haben, um die gelieferte Schnittfläche nach dem mittleren Durchmesser derselben (ohne Rinde) genau 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 nötigenfalls die Schnittkluft gekeilt werden.

Der Moment des Beginnens und der Beendigung eines Schnittes ist pünktlich zu markieren, was am einfachsten dadurch geschieht dass man die in Bereitschaft stehenden Arbeiter erst beginnen lässt, wenn der Minutenzeiger der Uhr des Beobachters auf einer Minutenmarke steht. Uhren mit Sekundenzeiger gewähren natürlich grössere Genauigkeit, doch lassen sich Teile einer Minute auch bei den gewöhnlichen Taschenuhren hinreichend genau einschätzen.

Es ist wünschenswert, dass ausser den herrschenden Holzarten des Reviers auch noch andere zu den Versuchen herangezogen werden, wenn dieselben in der nötigen Beschaffenheit vorhanden sind. Die zu den Versuchen zu verwendenden Hölzer sollen gesund, frisch gefällt und nicht etwa gefroren sein. Was die Stärke anbelangt, so ist zu beachten, dass die Leistung aller Sägen je nach der Holzstärke sehr verschieden ist, und dass daher, um erstere richtig zu ermitteln, die Versuche auf Stämme verschiedener Stärke sich auszudehnen haben. Um in dieser Hinsicht die erforderliche Vergleichbarkeit für sämtliche Versuchsergebnisse zu ermöglichen, sind überall und bei allen Versuchen folgende Stärkestufen einzuhalten, und zwar: 1. Stärkeklasse für 17—20 cm; 2. Stärkeklasse für 28—32 cm; 3. Stärkeklasse für 45—50 cm; 4. Stärkeklasse für 70—80 cm; 5. Stärkeklasse für 120—130 cm; 6. Stärkeklasse für 150—160 cm; 7. Stärkeklasse für 170—180 cm.

Von jeder dieser Durchmesserstärken sind an demselben Stamme drei Schnitte zu nehmen, welche am einfachsten tunlichst nahe nebeneinander gelegt werden. Wo die höheren Stärkeklassen von mehr als 50 cm bei einer Holzart fehlen sollten, genügt es, die Versuche auf die drei ersten Klassen zu beschränken. Die Versuche haben sich selbstverständlich bei jeder Holzart nur auf die örtlich zahlreich vertretenen Stärkeklassen zu erstrecken, und es sind hiernach von dem Stamm dreimal so viele Sägeschnitte zu nehmen, als er Stärkeklassen enthält. Nutzholz darf nicht unökonomisch verschnitten werden, und Brennholzstämme sind nach der normalen Scheitlänge abzuteilen. Schnitte, welche unvorhergesehenweise durch starke Hornäste oder Faulstellen führen, oder wegen anderer Ursachen unterbrochen werden mussten, bleiben unbeachtet.»

Über diese Instruktion schreibt E b e r t s (1878): »Wenngleich diese Untersuchungsmethode keineswegs dazu führen kann, sofort einen genauen

Überblick über die wirkliche Leistungsfähigkeit der verschiedenen Sägen zu erlangen, da dieselbe machen, für die genaue Vergleichbarkeit der Resultate unerlässlichen Vorbedingungen nicht Rechnung trägt, so wird durch diese doch innerhalb kurzer Zeit, ohne grosse Mühe, und, was ferner wesentlich ist, ohne grosse Kosten ein reiches Material beschafft werden, welches zur Klärung der Frage dient und auf Grund dessen später genauere Ermittlungen vorgenommen werden können.»

Lorey (1880 a) hat auch auf Grund seiner früheren Sägeversuche einen Arbeitsplan der königlich Württembergischen forstlichen Versuchsanstalt über Sägeversuche bearbeitet und ausführlich die zu beobachtenden Faktoren und Massnahmen bei den Versuchen behandelt.

## Untersuchungsergebnisse in Zahlen.

### Leistungszahlen in Schnittfläche je Minute.

Am häufigsten ist bei Sägeversuchen die Sägeleistung durch die Schnittfläche je Minute ausgedrückt worden. Bei den ersten Versuchen war die Schnittfläche in Quadratfuss angegeben (Micklitz, R. 1860, Micklitz, R. u. J. 1860, Kayser 1861, Ihrig 1861, Hess 1865). Später wurden dann die Metermasse Quadratmeter, Quadratdezimeter oder Quadratcentimeter als Schnittflächeneinheit benutzt. Viele Forscher drückten auch die Sägeleistung durch die Zeiteinheit je Schnittflächeneinheit aus (Minute je  $m^2$ ,  $dm^2$  oder  $cm^2$ ). Seitdem man Stoppuhren, die ein Ziffernblatt mit einer Einteilung nach Minuten und 100stel Minuten besitzen, anwendet, werden die Bruchteile von Minuten in 100stel Minuten, nicht in Sekunden, angegeben.

In Tab. 4 im Anhang sind die Leistungszahlen (Schnittfläche in  $dm^2$  je Minute) der wichtigsten vergleichenden Sägeversuche bei Kiefer, Fichte, Buche und Eiche in den untersuchten Ländern zusammengestellt. Die einzelnen Forscher sind nur insofern vertreten, als sie Versuchsergebnisse in denselben Stärkeklassen vorzuweisen haben. Beim Überblicken der Leistungszahlen lässt sich feststellen, dass die Ergebnisse mancher Forscher gar nicht miteinander vergleichbar sind. Diese Tatsache ist auf verschiedene Umstände zurückzuführen. Erstens ist es bemerkenswert, dass die Stärkeklassenbildung bei den einzelnen Versuchen sehr verschieden gewesen ist. Zweitens ist die Vielfalt der Versuchssägen sehr gross, und oft ist es wegen der verschiedenartigen Benennungen der Sägen sehr schwer zu ermitteln, wann es sich um die gleichen Sägen handelt. Die Sägebeschreibungen sind oft zu mangelhaft. Dazu kommt noch, dass dieselbe Säge, von zwei oder mehreren Forschern untersucht, in vieler Hinsicht mehr oder weniger grosse Unterschiede aufweist. Entweder liegt der Unterschied in der Breite, Länge und Stärke, oder in der Bezeichnung, Instandhaltung, in den Wetter- und Versuchsverhältnissen. Bei einzelnen Versuchen kann man natürlich aus den Leistungszahlen die best- oder wenigstleistenden Sägen feststellen, sofern die Versuchs-

verfahren zuverlässig sind. Eine besondere aus den Tabellen ersichtlich Merkwürdigkeit liegt darin, dass die Leistungszahlen der neueren, nach dem Weltkrieg gemachten Versuche im allgemeinen viel grösser sind als die der älteren. Es kann dies nicht allein auf die Verschiedenheit der angewandten Versuchsverfahren zurückzuführen sein, sondern man muss darin einen Hinweis auf die grosse Entwicklung der Sägen erblicken, die vor allem durch das Interesse und die Bemühungen der Sägefabriken erreicht worden ist.

Ein weiterer auffallender Faktor beim Betrachten der Zahlen in der Tabelle ist der Unterschied in den Leistungszahlen beim Sägen von Fichten- und Kiefernholz zwischen den nordischen und den mitteleuropäischen Ländern. Bei den mitteleuropäischen Versuchen ist die Sägeleistung bei Fichtenholz gewöhnlich grösser als bei Kiefernholz. Die schwedischen und finnischen Versuche dagegen zeigen umgekehrte Verhältnisse.

#### Arbeitstempo.

Viele Sägeforscher sind der Ansicht, dass die Leistungszahlen, die die Schnittfläche je Minute angeben, weniger geeignet für die Beurteilung der Sägeleistung sind, weil sie zu sehr von dem augenblicklichen Arbeitstempo beeinflusst sind. Besonders in schwächeren Stärkeklassen ist die Sägegeschwindigkeit viel mehr von dem Arbeitstempo des Holzhauers als von der Konstruktion der Säge abhängig.

Aus diesem Grunde haben die meisten Forscher die Anzahl der Sägezüge oder Doppelzüge bei den Versuchen aufgenommen, um die Sägegeschwindigkeit oder das Arbeitstempo der Versuchspersonen festzustellen und die Leistungsergebnisse auf die Anzahl der Doppelzüge zu beziehen. Schon R. u. J. Micklitz (1860) haben die Sägeleistung unter anderem in der Schnittfläche auf 100 Doppelzüge angegeben. Weiter hat Hess (1865, 1875) die Sägezüge aufgenommen und die Anzahl der Sägezüge je Minute sowie die Schnittfläche je Sägegang berechnet. Im Durchschnitt aller Stärkeklassen schwankt die Anzahl der Doppelzüge bei den vier untersuchten Sägen bei Kiefernholz zwischen 82 und 93. B e t z h o l d (1873) hat auch die Anzahl und die durchschnittliche Länge der Sägezüge aufgenommen und Leistungszahlen für die auf eine Minute entfallenden Längen des Sägezuges errechnet. Die Schlussfolgerungen über die Leistungsfähigkeit der Versuchssägen hat er jedoch aus den Ergebnissen Schnittfläche je Minute gezogen. L o r e y (1876/77) stellte bei seinen

Versuchen fest, dass die Anzahl der Doppelzüge von der Länge des einzelnen Zuges abhängig ist, d.h. je länger eine Säge ist, desto weniger Züge werden in der gleichen Zeit gemacht (Vgl. V e s t e r g a a r d u. B i i l m a n n 1929). Für 5 Waldsägen, deren Sägezugslängen 90, 100, 112, 115 und 118 cm betragen, bekam er je Minute 77, 74.6, 68.5, 69.5 und 68.3 Doppelzüge. Beim Sägen von gefrorenem Buchenholz schwankte bei den gleichen 5 Sägen die Anzahl der Doppelzüge je Minute zwischen 70 und 80, bei ungefrorenem Kiefernholz zwischen 65 und 80 und bei ungefrorenem Fichtenholz zwischen 70 und 76. Ferner fand L o r e y (1880 b), dass krumme Sägen im gleichen Zeitraum weniger Züge machen als gerade. Sägen mit Krümmungsradien von 24.5, 4.11, 2.5 und 1.62 m machten in 100 Sekunden 88, 84, 84 und 79 Doppelzüge. Der Grund soll darin liegen, dass bei gleicher Länge der Sägen die Zahnlinie einer Bogensäge grösser ist als diejenige einer Geradsäge, mithin mehr Zeit zum Durchziehen der Bogensäge erforderlich ist (Vgl. H a e h n l e 1901). Bei seinen Versuchen über die Leistungsfähigkeit amerikanischer Sägen war die Anzahl der Doppelzüge in 100 Sekunden viel grösser. Sie schwankte bei den einheimischen Bogensägen zwischen 101 und 120 und bei der amerikanischen Säge zwischen 85 und 106. L o r e y hält 90 Doppelzüge je 100 Sekunden für die normale Leistung. Er berechnete die Schnittleistungen auch in Schnittfläche je 100 Sekunden und 100 Doppelzügen und bestimmte dann die Reihenfolge der Versuchssägen nach ihrer Leistung, indem er diese in Prozentzahlen sowohl nach der Zeit wie nach der Zahl der Doppelzüge ausdrückte. Es hat sich ergeben, dass diese beiden Kriterien wenigstens für praktische Zwecke brauchbar sind, da die Abweichungen der Prozentzahlen nach Zeit oder nach Doppelzügen ziemlich wenig differieren. Um die verschiedenartigsten Verfahren der Beurteilung der Sägeleistung aufzuzählen, will ich hier die Versuche von E b e r t s (1878) erwähnen, der die Sägeleistung neben Schnittfläche je Minute und Doppelsägezug in Quadratmeter auch nach der Anzahl der Doppelzüge in 1 m<sup>2</sup> Schnittfläche bestimmte. Zur Erreichung gleichmässiger Geschwindigkeiten beim Sägen führte K a s t (1896) seine Versuche nach den Taktschlägen eines Taktmessers (Metronom von M ä l z e l) durch, dessen Pendelschwingungen den Arbeitern deutlich sichtbar waren. Zur Kontrolle wurden ausserdem noch die Doppelzüge vom Versuchsleiter gezählt. Die Sägeleistung ist in der Schnittfläche je Minute ausgedrückt. Neben diesen Zahlen wurden gleichzeitig die Ergebnisse Schnittfläche je Doppelzug zusammengestellt, da nach Ansicht K a s t s die nach der Zeiteinheit errechnete Leistung wegen der ungleichen Sägegeschwindig-

keiten der Ausführenden zur richtigen Beurteilung der Güte einer Säge genügt nicht. *H a e h n l e* (1901) kam zu dem Schluss, dass sich das Arbeitstempo mit wachsendem Stammdurchmesser steigert. Die *Dominicus-Normalsäge* machte bei einem mittleren Durchmesser von 28 cm 74.7 Doppelzüge je 100 Sekunden und bei einem Durchmesser von 32.9 cm 78.1 Doppelzüge. Eine Säge aus dem Revier Einsiedel machte bei einem Durchmesser von 28 cm 78.1 Doppelzüge und bei einem Durchmesser von 32.4 cm 79.8 Doppelzüge. Der Grund hierfür dürfte in der Verkürzung des Sägezuges durch den grösseren Stammdurchmesser zu suchen sein. Es hat sich gezeigt, dass die Sägegeschwindigkeit im Winter grösser ist als im Sommer. Die Doppelzüge mit der *Dominicussäge* betragen im Winter durchschnittlich 77 und im Sommer 89. Im Gegensatz zu *H a e h n l e* bleibt die Anzahl der Doppelzüge in allen Durchmesserklassen bei *L o r e y j u n i o r* (1902) gleich. Sie war z.B. mit einer *Dominicus-Normalsäge* »Non plus ultra« bei Fichte 101. Er drückte die Sägeleistung von Versuchssägen ebenfalls sowohl nach Zeit als nach Doppelzügen aus. Bei den Versuchen von *B a c k m u n d* (1927) erscheint kein Einfluss der Stammstärke auf die Anzahl der Doppelzüge. Diese wechselt auch bei den einzelnen Sägen sehr wenig und beträgt zwischen 51.2 und 59.1 je Minute. *B a c k m u n d* zieht bei der Beurteilung der Sägeleistungen in erster Linie die je Doppelzug geleistete Schnittfläche in Betracht, weil nach seiner Meinung diese Grösse von der Schnittgeschwindigkeit ziemlich unabhängig ist und daher als bester Ausdruck der allein durch die Sägeform bedingten Leistung gelten kann.

Bei seinen Versuchen nahm *H a m p e* (1927) neben der Schnittfläche je Minute und Doppelzug sowie der Anzahl der Doppelzüge je Minute auch die Schnittfläche je Doppeldurchzugslänge von 70 cm. In diesem Ausdruck glaubt er eine Zahl gefunden zu haben, die die reine Schnittleistung der Säge am einwandfreiesten charakterisiert. Die Doppelzüge je Minute schwankten zwischen 62 und 83.

Als erster hat *S t r e h l k e* (1929) den Einfluss des Arbeitstempos auf die Schnittleistung planmässig untersucht. Bei seinen Versuchen stellte er fest, dass die Schnittleistung in Schnittfläche je Minute bei einer Sägenlänge von 1400 mm und einem Krümmungsradius von 3500 mm sich steigerte von einem Tempo von 40 Doppelzügen je Minute bis zu 80 Doppelzügen je Minute, und zwar bis zum Tempo von 67 Doppelzügen gleichmässig und dann etwas langsamer. Die Schnittleistung je Doppelzug dagegen erreichte bei 67 Doppelzügen ihr Optimum und blieb bis 80 Doppelzügen gleich. Er hält daher das Tempo von 67 Doppelzügen für das

Optimum oder ein natürliches Arbeitstempo. Die normale Frequenz des Arbeitstempos seiner Versuchsarbeiter betrug etwa 63—65 Doppelzüge je Minute. Die Abweichungen, die bei fabrikscharfen Sägen und bei Hartholz oder gefrorenem Holz festgestellt wurden, waren nur sehr unwesentlich. Eine grössere Abweichung ergab sich jedoch bei einem über den ganzen Tag ausgedehnten Versuch, bei dem die Anzahl der Doppelzüge etwa um 6—8 je Minute geringer war als die normale.

Da *S t r e h l k e* nicht den Kräfteverbrauch bei verändertem Tempo untersuchte, unternahm *G l ä s e r* (1932), der die Arbeiten von *S t r e h l k e* fortsetzte, Versuche, um festzustellen, welches Tempo hinsichtlich des Kräfteverbrauchs am wirtschaftlichsten ist. Bei seinen Versuchen betrug das mittlere Tempo 66, das langsame Tempo 50 und das schnellste 83 Doppelzüge in der Minute. Er konnte feststellen, dass die Schnittleistung vom langsamen bis zum mittleren Tempo schneller ansteigt als vom mittleren Tempo zum schnellsten. Damit wurde das Ergebnis *S t r e h l k e s* bestätigt. Die Anstrengung wächst je Zeiteinheit mit zunehmendem Tempo, und zwar rascher nach dem Überschreiten des mittleren normalen Tempos. Der Kraftaufwand je Quadratcentimeter und Doppelzug erreicht daher beim mittleren Tempo ein Minimum. *G l ä s e r* hält das Tempo von 66 (63 bis 68) Doppelzügen je Minute bei dem untersuchten Arbeiterpaar für optimal bei einer Säge von 1400 mm Länge und einem Krümmungsradius von etwa 2500 mm bei Stammstärken von mindestens 30 cm. Er meint auch, dass dieses Tempo auch für kürzere Sägen und grössere Stammstärken gilt. Dagegen wäre für längere Sägen bei gleichen Durchmessern und auch bei länger andauernder Arbeit ein etwas langsames Tempo zu empfehlen. Für die Dauerarbeit dürfte ein Tempo von 55—62 Doppelzügen je Minute das zweckmässigste sein, während das energetisch optimale Tempo von 66 Doppelzügen in der Minute die Obergrenze der Sägegeschwindigkeit darstellt. Er ist der Ansicht, dass die durch schnelleres Tempo erzielbare Mehrleistung, die oft beträchtlich sein kann, zweifellos auf Kosten des Körpers hervor gebracht wird und auf die Dauer zu Schädigungen führen kann.

Die Ergebnisse von *L e i b u n d g u t* (1936) stehen in vollem Widerspruch zu den Ergebnissen von *G l ä s e r* und *S t r e h l k e*. Nach *L e i b u n d g u t* nimmt die Sägeleistung nahezu quadratisch bei steigender Sägegeschwindigkeit zu. Das wird damit erklärt, dass die in der Zeiteinheit zum Angriff gelangende Anzahl Zähne mit steigender Geschwindigkeit proportional zunimmt und dass für die Schnittleistung einer Säge die für den Stoss gültigen mechanischen Gesetze massgebend



sind. Das langsamste Tempo betrug 41 Doppelzüge, das Normaltempo 60 und das schnellste 74 bis 90 Doppelzüge. Er ist der Ansicht, dass der Einfluss des Arbeitstempos auf die Schnittleistung noch nicht völlig geklärt ist.

Tonkel (1934 b) berichtet, dass die aus Kanada umgesiedelten finnischen Waldarbeiter beim Ablängen der Stämme 40—60 Doppelzüge machen, und beim Fällen etwas mehr. Der Arbeiter, der schnelle kurze und kräftige Züge macht, braucht erheblich mehr Zeit und scheinbar auch mehr Kraft zum Sägen als der mit langsamen und leichten langen Zügen. Nach Ginsburg (1936) ist die Anzahl der Doppelzüge bei Verwendung von Sägen mit grösserem Zahnabstand geringer als bei Sägen mit gewöhnlicher Bezzahnung. Bei den Versuchen von Vestergaard u. Biilmann (1929) schwankte die Anzahl der Doppelzüge bei Schrotsägen und Buchenholz zwischen 49 und 53 und bei Bügelsägen zwischen 82 und 83. Die Anzahl der Doppelzüge bei kurzen Sägezügen war kleiner und bei langen Zügen relativ grösser als man theoretisch annehmen konnte. Die Ursache ist vermutlich die, dass die Arbeiter immer ein bestimmtes Tempo halten wollen. Bei meinen Versuchen (Aro 1942 c) in Finnland schwankten die Doppelzüge mit Versuchssägen bei Kiefernholz zwischen 61 und 71, im Durchschnitt 66, bei Fichtenholz zwischen 59 und 65, im Durchschnitt 63, und bei Birkenholz zwischen 59 und 69, im Durchschnitt 66. Die Durchschnittsanzahl der Doppelzüge bei allen Holzarten betrug also 65 (Vgl. Aro 1944).

Nach Seppänen (1946) hängt die Sägegeschwindigkeit von dem Zustand der Sägen und von der Härte des Holzes ab. Die Anzahl der Doppelzüge beim Sägen des Birkenholzes im Sommer war 55, beim Sägen des Nadelholzes im Sommer 62 und im Winter 58. Er ist der Meinung, dass die beste Arbeitsleistung mit der Geschwindigkeit von 60 Doppelzüge erreicht wird.

Die Betrachtung der Frage des Arbeitstempos beim Sägen führt zu dem Schluss, dass die Anzahl der Sägezüge sowohl im allgemeinen als auch bei den einzelnen Versuchen sehr weitgehend schwanken kann. Einen grossen Einfluss auf die Sägegeschwindigkeit hat natürlich die Übung der Arbeiter sowie die Länge der Säge. Trotzdem scheint es, dass das optimale Tempo beim Sägen 65—67 Doppelzüge beträgt. Es wird zweckmässig sein, bei der Beurteilung der Sägeleistung die Schnittfläche je Doppelzug neben der Schnittfläche je Zeiteinheit zur Kontrolle anzuführen, obwohl sich die Resultate nicht wesentlich unterscheiden.

## Allgemeine Beobachtungen über den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Sägeleistung.

### Ausserhalb der Sägen gelegene Faktoren.

#### Standort, Klima, Jahreszeit und Witterung

Die praktische Sägearbeit wird in Mittel- und Nordeuropa zu allen Jahreszeiten unter verschiedenen Standort-, Klima- und Witterungsverhältnissen durchgeführt. Der Einfluss des Standortes auf die Sägeleistung hängt von der Wuchs- und Auszeichnungsart der Stämme ab. Im Gebirge, auf den Steilhängen, wird besonders der Fällschnitt erschwert. Die Klimaverhältnisse haben auch einen Einfluss auf die Form der Sägen. In nordischen Ländern, in denen das Holz eine lange Zeit des Jahres gefroren und mit hartem Holz zu vergleichen ist, kommen für die Aufarbeitung der Holzsortimente solche Sägeformen in Betracht, die leicht in der Kälte zu handhaben sind, z.B. Sägen mit hölzernem Rahmen. Wegen der geringen Stammstärke ist das Blatt auch verhältnismässig kurz. Daraus erklärt sich, dass die Einmannsäge, Spann- oder Fuchschwanzsäge, in den nordischen Ländern viel mehr Anwendung findet als in Mitteleuropa. Jahreszeit und Witterung beeinflussen ferner die Instandhaltung, besonders die Schränkung der Sägen, denn in der kälteren Jahreszeit oder bei kalter Witterung ist das Holz härter, die Schränkung kleiner und der Schärwinkel grösser als bei wärmeren Temperaturen. Bei den Sägeversuchen hat man die Versuchsstämme ausschliesslich aus dem gleichen Standort gewählt und auch zu grossen Klimawechsel vermieden. Die meisten Forscher haben ihre Sägeversuche bei gleichmässiger Temperatur über 0° mit frischem saftigem Holz durchgeführt. Vergleichende Versuche mit gefrorenem Holz bei niedrigerer Temperatur wurden ebenfalls vorgenommen.



## Holzart und Holzbeschaffenheit

Der Einfluss der verschiedenen Holzarten auf die Sägeleistung ist natürlich von der Beschaffenheit, d.h. von den Eigenschaften des Holzes abhängig. Wie allgemein bekannt, teilt man die Hölzer hinsichtlich der Härte des Holzes in zwei grössere Gruppen, harte und weiche Hölzer, ein. Die meisten nordeuropäischen Holzarten gehören in die zweite Gruppe. In Mitteleuropa dagegen kommen schon viele harte Hölzer vor, und zwar in erster Linie Buche und Eiche. Weiche und harte Hölzer unterscheiden sich beim Sägen dadurch, dass die Schnittfläche des harten Holzes glatter ist als die des weichen, ausserdem sind die Holzfasern beim weichen Holz länger und zäher, wodurch höhere Anforderungen an die Schneidezähne der Säge gestellt werden. Die Reibung der groben Schnittfläche ist auch grösser und das grobe Sägemehl braucht viel mehr Raum, was eine grössere Schnittbreite bzw. Schränkweite des Sägeblattes bedingt. Es wurden mehrere Versuche durchgeführt, um festzustellen, welche Zahnform und welche Bezzahnung am besten für hartes bzw. weiches Holz geeignet ist. Alle Forscher sind überzeugt davon, dass Sägen mit weitem Stand der Zähne oder sogenannter unterbrochener Dreiecksbezzahnung für Weichholz besser geeignet sind als die mit fortlaufender Dreiecksbezzahnung. Das Gewicht und damit die Härte des Holzes schwankt je nach dem Stammteil, Standort, Spätholzanteil und der Feuchtigkeit des Holzes. Diese Umstände haben alle Forscher nicht berücksichtigt. Erst Strehlike (1929) hat seine volle Aufmerksamkeit darauf gelenkt und gibt Ratschläge, wie für die Versuche das einheitliche Holzmaterial zu wählen ist. Nach den Untersuchungen von Gayer (1896) ist der Widerstand der verschiedenen Holzarten beim Sägen in frischem Holz — wenn er bei Buche = 1 gesetzt wird — folgender: bei Hainbuche, Linde, Weide und Silberpappel 1.87, Salweide, Aspe, Birne 1.35, Eiche 1.03, Erle 0.91, Lärche 0.82, Ahorn 0.75, Fichte 0.66, Tanne 0.56 und Kiefer 0.53. Fichte, Tanne und Kiefer sind fast um die Hälfte leichter durch die Säge zu zerschneiden als Buche und Eiche, und dreimal leichter als Linde, Weide, Pappel, Aspe, Birke und Hainbuche. Nach Eliseev, Makarov und Posdnjakov (1930) soll man zum Sägen von weichem Holz Sägen mit grossen Zähnen, grossem Schärfwinkel und grosser Schränkweite benutzen. Für hartes Holz ist der Fall umgekehrt.

Um mehr Raum für das Sägemehl im Sägeschnitt zu erhalten, sind

verschiedene Bezzahnungsformen konstruiert worden, bei denen fortlaufende oder stellenweise grössere Zahnücken vorhanden sind. Zum Abtransportieren des Sägemehls wurden besondere Raum- und Hobelzähne eingeführt. Über die Auswirkungen dieser Einrichtungen werden im Zusammenhang mit der Bezzahnungsform nähere Ausführungen gemacht. Bei den Versuchen haben die Forscher meistens nur die äusseren Holzeigenschaften, wie z.B. die Astigkeit berücksichtigt, insofern, als die ästigen Schnitte bei der Behandlung des Versuchsmaterials weggelassen worden sind. Betzhold (1873) hat auch beobachtet, dass der Widerstand, welchen das Holz dem Eindringen der Säge entgegengesetzt, zunimmt, je mehr sich die Schnittflächen dem Fusspunkte des Stammes nähern. Um möglichst gleichmässiges Holz als Versuchsmaterial zu bekommen, hat man Stämme mit Versuchssägen in 3—5 cm langen Entfernungen zersägt und von den Stämmen die Stelle für Versuchszwecke gewählt, die das gleichmässigste Holz aufwies. Bei meinen Versuchen (Aro 1942 c) wurden zur Feststellung der Holzeigenschaften Bohrspäne, Probescheiben und Sägemehl zunächst verwahrt. Das Raumgewicht und die Feuchtigkeit des Holzes wurden an den Bohrspänen festgestellt. Die Probescheiben dienten zur Bestimmung der mittleren Anzahl der Jahresringe, des Sommerholzprozentages, der Härte des Holzes sowie des Harz- und Ligningehaltes. An Hand des Sägemehlmaterials wurden das Volumen des Sägeschnittes sowie das Trockengewicht und der Grobheitsgrad des Mehls bestimmt. Obwohl die in Finnland häufigsten Holzarten Kiefer, Fichte und Birke zu den weichen gehören, habe ich durch meine Versuche feststellen können, dass die Sägeleistungen bei diesen drei Holzarten sich auf folgende Weise unterscheiden:

Alle Versuchssägen leisteten, abgesehen von einigen Ausnahmen, bei Birkenholz weniger als bei Fichten- und Kiefernholz. Die Leistungsunterschiede bei den beiden letztgenannten Holzarten sind nicht sehr gross, jedoch ist eine höhere Leistung beim Kiefernholz zu beobachten. Die Birke ist also die widerstandsfähigste und die Kiefer die am wenigsten widerstandsfähige der drei Holzarten. Die Holzarten kommen nur dann in dieser Reihenfolge vor, wenn die Sägen je nach der Holzart am vorteilhaftesten instandgesetzt sind. Zur weiteren Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Sägen bei verschiedenen Holzarten verweise ich auf Tab. 2 im Anhang. Die schwedischen Untersuchungen haben zu dem Schluss geführt, dass das Volumengewicht des Holzes einen sehr kleinen

Einfluss auf die Sägeleistung hat (Studieriskogsbrukets arbetslära). Beim Sägen spielt es eine grosse Rolle, ob das Holz gefroren ist oder nicht. In gefrorenem Zustand ist das weiche Holz gewöhnlich dem harten Holz gleichzustellen. Die Versuche von Vestergaard u. Biilmann (1929) zeigten aber, dass alle Sägen weniger in gefrorenem Fichtenholz leisteten als in frischem Buchenholz.

### Stärke der Stämme

Allgemein wurde bei den Sägeversuchen beobachtet, dass die Leistung aller Sägen je nach der Holzstärke sehr verschieden ist. Kunze (1866/67) ist der Meinung, dass die Schnittzeiten sich verhalten wie die dritten Potenzen des Durchmessers. Betzholds (1873) Untersuchungen haben zu dem Ergebnis geführt, dass die grössten Flächen in gleicher Zeitdauer in der Stärkeklasse 20—29 cm gesägt wurden und die kleinsten in der Stärkeklasse 30—35 cm, und zwar gleichmässig bei allen Sägen. Betzhold selbst wundert sich über diese Ergebnisse, weil er der Ansicht ist, dass das Ansetzen der grösseren Sägen bei den Schnitten geringerer Dimensionen mit grossem Zeitverlust verbunden ist. Nach Hess (1875) findet eine Abnahme der relativen Sägeleistung mit zunehmender Stammstärke statt, welche sich aus der stärkeren Reibung beim Schnitt in stärkerem Holz und steigender Ermüdung des Arbeiters mit Zunahme der Schnittdauer erklärt. Weise (1879) hat wieder als eine beinahe konstante Erscheinung gefunden, dass die Leistung der Sägen an geringen Stämmen klein ist, dass sie mit dem Durchmesser der Sägeschnitte wächst, bald ein Maximum erreicht, und dass dann wieder mit wachsendem Durchmesser eine Verringerung der Leistungsfähigkeit eintritt (Vgl. Aro 1936, Seppänen 1946). Bei Stämmen mit ganz geringem Durchmesser fällt das Ansetzen der Säge mit seinem Zeitverlust erheblich ins Gewicht. Die Säge kommt kaum zum Zug, dann ist der Schnitt schon vollendet. Wächst die Schnittfläche, so wird der Zeitverlust des Anlegens aufgehoben, ohne dass andere nachteilige Einflüsse sich erheblich auswirken (Vgl. Hess, 1865). Mit weiterer Zunahme der Schnittfläche wird die Reibung ein hemmender Faktor und drückt die Leistung wieder herab. Lorey (1872, 1880 a) hat der Meinung von Weise zugestimmt. Nach den Untersuchungsergebnissen von Kast (1896) sinken die Leistungen der Säge mit zunehmendem Durchmesser des Stammes bei annähernd gleicher Be-

schaffenheit des Holzes. Er begründet diese Erscheinung damit, dass das Holz mit kleinerem Durchmesser wenig Widerstand leistet und die Reibung zwischen Sägeblatt und den Schnittwänden des Stammes bei kleinem Durchmesser kleiner ist. Auch die Widerstandsfähigkeit des Holzes nimmt mit zunehmendem Abstand vom Boden bis zur Krone ab und innerhalb der Krone wird der Widerstand des unteren Stammteiles nicht erreicht. Er bestätigt auch, dass das Ansetzen der Säge bei kleinem Durchmesser sehr viel Zeit in Anspruch nimmt. Auch Haehnles (1901) Untersuchungen haben gezeigt, dass der stärkere Durchmesser eine geringere Leistung je Sekunde und je Doppelzug zur Folge hat. Dieselbe Erscheinung bei den Untersuchungen von Backmund (1927) wird durch den Einfluss der Sägelänge und durch die gesteigerte Klemmwirkung in den höheren Stärkeklassen erklärt.

Um möglichst vergleichbare Ergebnisse zu bekommen haben die Forscher die Versuchsstämme in Stärkeklassen aufgeteilt, die aber bei den einzelnen Forschern verschieden sind. Bei den mitteleuropäischen Versuchen sind meistens Stärkeklassen von 5 zu 5 oder von 10 zu 10 cm angegeben. Bei meinen Versuchen habe ich feststellen können, dass schon bei kleinsten Unterschieden der Stärkeklassen die Sägeleistungen stark von einander abweichen.

### Faktoren an den Sägen selbst.

#### Sägeart und Form des Sägeblattes

##### Zweimannsägen

Nach der Form werden die Sägeblätter der Zweimannsägen im allgemeinen in zwei Gruppen, die Geradsägen und die gekrümmten Sägen, eingeteilt. Bei den Geradsägen ist sowohl die Rücken- als auch die Zahnseite gerade. Nach Strehle (1929) können Sägen mit einem Krümmungsradius von ca. 7000 mm und darüber praktisch als Geradsägen betrachtet werden. Bando (1878) rechnet die gekrümmten Sägen zu den geschweiften Sägen und teilt sie in 3 Gruppen: 1. Bauchsägen mit einem geraden Rücken und einer gebogenen Zahnseite, 2. Bogensägen mit nach auswärts gebogener Rücken- und Zahnseite, 3. Wiegensägen mit ausgebogener Zahnseite und eingebogener Rückenseite.

Strehlke (1929) nennt die geraden und gekrümmten Zweimannsagen Schrotsägen und bezeichnet Sägen mit besonders starker Krümmung und ausgebauchtem Rücken als Bauchsägen. Die Benennungen der Sägen nach der Form stehen oft in Widerspruch miteinander, und bei Untersuchungen, denen keine Abbildungen der Versuchssägen beigelegt sind, ist es meist schwer, sich von der tatsächlichen Form der Sägen eine genaue Vorstellung zu machen.

Bei den Sägeversuchen hat man den Einfluss der Sägeform auf die Sägeleistungen beobachtet. Da nicht nur die Form, sondern auch die Bezeichnung und die Handhabung der Sägen verschiedener Form eine Einwirkung auf die Sägeleistung haben, ist es schwer zu beurteilen, ob die Leistung irgendeiner Säge von der Form, der Bezeichnung oder der verschiedenartigen Führung der Sägen abhängig ist. Um diese Schwierigkeiten zu überwinden haben einige Forscher eingehende Untersuchungen über die Einwirkung der Sägebewegung verschieden geformter Sägen auf die Form der Schnittsohle und auf die Sägeleistung unternommen. In Deutschland trifft man im allgemeinen die gekrümmten Sägen im Gebirge, die Geradsägen vorwiegend in der Ebene an. Strehlke (1929) ist der Ansicht, dass man die im Gebirge angewandte Form der Säge und die kreisförmige Bewegung vielleicht für die bessere halten kann, weil dort im allgemeinen die vollkommensten, auf ältester Tradition beruhenden Hauungs- und Sägebetriebe zu finden sind.

Die meisten Versuchsergebnisse sprechen zugunsten der gekrümmten Sägen. Besonders im Buchenholz sind die geraden Sägen von den gekrümmten geschlagen worden (Ihrig 1861, Betzhold 1873, Hess 1875, Lorey 1876/77, 1879, Heyer 1877, Weise 1879, Kast 1896, Haehnle 1901). Auch die perforierte Bogensäge mit amerikanischer Bezeichnung hat in der Mehrzahl der Versuche von Kast (1896) mehr als die Geradsäge geleistet. Nur bei den Disston-Sägen spricht die Leistung für die Geradsäge.

Weise (1879) vertritt die Ansicht, dass die Geradsägen mit M-Zähnen bedeutend mehr als die gleichen mit Dreieckszähnen leisten.

In den nordischen Ländern werden die Geradsägen oder leicht gekrümmten Sägen bevorzugt. Es sind keine Vergleichsuntersuchungen vorhanden, um zu zeigen, woher dieser Umstand rührt. Man kann jedoch vermuten, dass die Geradsägen im Nadelholz einen Vorzug haben, und ferner, dass die geringe Stärke der Stämme einen Einfluss auf die Benutzung der Geradsägen hat. Ein Zeichen dafür sind die Ergebnisse von Lorey (1876/77) die gezeigt

haben, dass alle anderen Sägen gegen die geraden Wolfszahnsägen bei ungefrorenem Nadelholz (Kiefer und Fichte) in der Stärkeklasse von 10—20 cm mit Ausnahme der Bauchsäge zurückstehen.

#### Einmannsägen

Die meisten Sägeversuche bezogen sich auf die Zweimannsägen mit ihren verschiedenen Blatt- und Bezahlungsformen. Nur selten findet man Leistungsergebnisse und Vergleichszahlen von gespannten Bügel- oder Rahmensägen. Im allgemeinen scheinen die Spannsägen nicht vor den Schrotsägen zurückzubleiben. Nach Vestergaard u. Biilmann (1929) ist die Leistung der Rahmensägen (Stormsäge) ebenso hoch wie die der Schrotsäge (Skovsäge), in einigen Fällen jedoch etwas höher. Weise (1879) zum Beispiel sagt über die Bügelsägen Folgendes: »Die Bügelsägen sind fast ausnahmslos gerade und haben fast nur Dreieckszähne. Mit den Bügelsägen wird im grossen und ganzen dieselbe Leistungsfähigkeit erzielt, wie sie die bügellosen Sägen besitzen« (Vgl. Gerlinghoff 1926). Die schwedischen Versuche bei St. Kopparsbergs Bergslag ergaben, dass die Bügelsägen beim Ablängen den Fuchsschwanzsägen weit überlegen waren (Lennertson u. Flodman 1938). Die Versuche bei Kramfors A.B. zeigten, dass nicht nur beim Ablängen, sondern auch beim Fällen die Bügelsägen mehr leisteten als die Fuchsschwanzsägen. Nach den letzterwähnten Versuchen hat man die Schlüsse gezogen, dass bei Sommerfällung nur eine Säge zu verwenden ist, und diese Säge sollte eine Bügelsäge sein, soweit es sich um die Fällung des Waldes bis Stockschnittstärke von 25 cm handelt (Flodman 1938). Für die Fuchsschwanzsäge wird in Schweden die gekrümmte Zahnlinie für am günstigsten gehalten (Studieriskogsbrukets arbetslära).

Die meisten russischen Versuche sprechen auch zugunsten der Spannsägen. Nach Tonkel (1934 b) haben die kanadisch-finnischen Waldarbeiter mit den Scheitersägen mit schwedischem Sägeblatt und kombinierter Bezeichnung von dreieckigen Schneidezähnen und M-förmigen Hobelzähnen eine doppelt so grosse Sägegeschwindigkeit erreicht wie mit den gewöhnlichen Schrotsägen, die Dreieckszähne haben. Er hat auch die Leistungen der amerikanischen Crosscut-Sägen beobachtet und hat bemerkt, dass die Leistungen der Crosscut-Säge erheblich grösser als die der gewöhnlichen russischen Schrotsäge ist und



auch der Scheitersäge nicht nachsteht. Die Schnittfläche je Sekunde war also bei der Crosscut- und der Scheitersäge ungefähr gleich gross. Die Schnittfläche der russischen Schrotsäge mit Dreieckszähnen dagegen war viel kleiner. Tonkel ist auch der Ansicht, dass man besonders bei der Aufarbeitung von Stämmen mit geringerem Durchmesser mit der Schrotsäge mehr Zeit für vorbereitende Arbeiten und für unvermeidliche Unterbrechungen braucht, als mit der Scheitersäge. Wenn  $\frac{3}{4}$  der Stämme in den Beständen mittlerer Bonität einen Durchmesser von weniger als 30 cm haben, ist es vorteilhafter, die Scheitersäge zu benutzen (Tonkel 1934 c). Nach Tonkel (1934 b) ist die Säge mit einem metallenen Bügel unvorteilhaft, da der Griff fehlt und die Sägeenergie nur einerseits des Blattes gelagert ist. Lucevič (1937) findet sowohl Vorteile als Nachteile bei der Verwendung der metallenen Bügel. Die Vorteile sind: langfristige Spannung und langes Gebrauchsalter. Die Nachteile dagegen sind: grösseres Gewicht, teures Rohmaterial und unangenehme Handhabung bei der Kälte.

In seinem Aufsatz über die Schweissung der Scheitersäge erwähnt Pleschkow (1936), dass die russische Schrotsäge mit Dreiecksbezeichnung bei der Fällung von Stämmen mit 10—30 cm Durchmesser durchschnittlich 89.7 % und beim Ablängen 183.7 % mehr Sägezeit erfordert als die Scheitersäge mit kombinierter Bezeichnung. Er schätzt die Gebrauchszeit der Scheitersäge auf 200 Arbeitstage. Nach der Äusserung von Kavardin (1936) beträgt die Schnittleistung der Scheitersäge beim Fällen in Kiefernholz im Mittel 8.3 cm<sup>2</sup> je Sekunde und beim Ablängen 7.3 cm<sup>2</sup>. Nach Lucevič (1937) ist die Scheitersäge die leistungsfähigste soweit die Stammstärke unter 30 cm bleibt. Die Fuchschwänze leisten weniger als Scheiter- und Bügelsägen, weil sie wegen der grösseren Blattstärke mehr Kraft erfordern und nicht so gut gespannt sind.

Nach Gerlinghoff (1926) hat die Bügelsäge den Vorteil, dass ein Arbeiter allein und sogar mit einer Hand sägen kann. Das Sägen mit der Bügelsäge bei Stämmen, die am Boden liegen, ist nicht so anstrengend, weil man den Bügel hoch anfassen kann. Wegen der geringen Blattbreite und Blattstärke ist die Reibung geringer und ein früheres Keilen möglich. Bei Stammstärke über 30 cm schwinden die Vorteile der Bügelsäge, weil der Bügel hinderlich wird (Vgl. von Monroy 1925).

Nach den vom Institut für forstliche Arbeitswissenschaft durchgeführten Versuchen liegen die Leistungen der Bügel-

sägen beim Quersägen mit 400—700 cm<sup>2</sup> je Minute erheblich über denen der Fuchschwanzsägen mit 200 bis 400 cm<sup>2</sup> je Minute (Gläser 1931).

Zehnder (1945) hat die Leistung einer Zweimannsäge, einer Gestellsäge und 3 verschiedenen Bügelsägen verglichen und zu dem Schluss gekommen, dass das Einschneiden mit der Bügelsäge nur 74 % der Zeit erfordert, die für das Einschneiden mit der Zweimannsäge notwendig war. Die Gestellsäge gab etwas günstigere Ergebnisse als die Zweimannsäge. Für die Praxis zieht er den folgenden Schluss: »Fichten- und Tannentammstücke mit Längen bis ungefähr 10 m und Mittendurchmessern bis gegen 20 cm, die von einem Manne ohne Mühe auf den Sägebock gehoben werden können, sollen mit der Bügelsäge und nur von einem Arbeiter eingeschnitten werden.« (Vgl. St. 1945/46). Nach den Versuchsergebnissen von Seppänen (1946) haben die Scheitersägen eine so grosse Überlegenheit gegenüber den Zweimannsägen erwiesen, dass er die Verwendung der Scheitersägen in allen Fällen, wo die Stammstärke es zulässt, empfiehlt.

#### Krümmungsradius

Wie schon erwähnt wurde bedingen die Sägen verschiedener Form eine besondere Handhabung beim Sägen. Viele Forscher haben Meinungen und Beobachtungen ausgesprochen über die Bewegung der Sägen und über die Form der Schnittsohle (Heyer 1872, Hess 1875, Lorey 1876/77, Diffenbach 1878, Haehnle 1901, Strehlke 1929, Gerlinghoff 1926, Gläser 1932, Stentzel 1939). Im allgemeinen ist man der Ansicht, dass eine Geradsäge eine horizontale und eine gekrümmte Säge eine wiegende Bewegung bedingt. Über die Form der Schnittsohle sind die Beobachtungen sehr widersprechend (Heyer 1872, Lorey 1876/77, 1877, 1880 a, Gläser 1932).

Bei der Beurteilung der Vergleichsergebnisse zwischen verschiedenen geprüften Sägen hat man ohne Zweifel feststellen können, dass die Krümmung oder der Krümmungsradius einen bestimmten Einfluss auf die Schnittleistung und den Kraftverbrauch der Arbeiter ausübt. Lorey (1872, 1880 a, b) hat besonders den Einfluss des Krümmungsradius auf die Schnittleistung betont. Er war der Ansicht, dass schon die verschiedenen Körpergrössen der Holzhauer verschiedene Krümmungen bedingen. Die Griffe der Säge müssen sich auch der Krümmung der Zahnlinie anpassen. Weil von der



Kraft, die der Arbeiter beim Ziehen der Säge aufwendet, dann nichts verloren geht, wenn sie fortwährend in der Richtung derjenigen Tangente wirkt, die dem durch den Angriffspunkt gehenden Radius zugehört, müssen die Griffe einer Säge um so mehr konvergieren, je gebogener die Zahnlinie ist. Die Längsachse der Griffe muss stets mit der Richtung der den Endpunkten des Sägeblattes zugehörigen Krümmungsradien zusammenfallen. Sich der grossen Schwierigkeiten bei der Feststellung eines vorteilhaften Krümmungsradius bewusst strebte L o r e y energisch nach dessen Bestimmung. Seine Untersuchungen führten zu dem Schluss, dass für die Kiefer eine Bogensäge mit Dreieckszähnen und etwa 2.5 m Krümmungsradius und für die Buche eine Bogensäge mit Dreieckszähnen und etwa 1.6 m Krümmungsradius am geeignetsten seien. Bei den Sägen mit M-Zähnen erschien der Krümmungsradius von 4.11 m als der beste. Im Kiefernholz leistete die Bogensäge mit Dreieckszähnen und 2.5 m Krümmungsradius 30 % mehr als die Geradsägen, im Buchenholz dagegen leistete die gekrümmte Säge mit beiden Zahnformen 40 % mehr als die Geradsäge. Bei Sägen mit M-Zahnung fand L o r e y im Kiefernholz keine höhere Schnittleistung bei der gekrümmten Säge. Es zeigte sich auch, dass mit den geprüften Sägen desto weniger Doppelzüge in der minute gemacht wurden, je grösser die Krümmung war. Die Versuchsergebnisse bezüglich der Bestimmung des vorteilhaftesten Krümmungsradius von W e i s e (1879) schwankten erheblich und er fand in der Frage keine Lösung. Alle Ergebnisse sprachen unzweifelhaft zugunsten der gekrümmten Sägen mit Dreieckszähnen. Bei den Sägen mit M-Zähnen leisteten die Geradsägen jedoch bedeutend mehr. Nach G a y e r (1896) unterscheiden sich die schwach gekrümmten Sägen mit 2.6 m oder grösserem Krümmungsradius in der Leistung nur wenig von den Geradsägen. Die stärkste Leistung zeigte die Säge mit dem Krümmungsradius von 1.21 m sowohl in Laub- wie in Nadelholz. Die Resultate der Versuche von H a e h n l e (1901) lassen als beste Sägeform für die Buche eine Bogensäge mit starker Krümmung (Krümmungsradius 1.8 m) und Dreieckszähnen erscheinen. Eine weitere Verkürzung des Krümmungsradius bedeutet eine Verringerung der Leistung. G e r l i n g h o f f (1926) empfiehlt als günstigsten Krümmungsradius einen solchen von etwa 3 m, weil die Zähne infolge der Krümmung besser die Holzfaser angreifen, die gekrümmte Zahnlinie am besten den natürlichen Bewegungen des Arbeiters entspricht und die Zahnzahl grösser ist als an einem geraden Blatt. Bei Bügelsägen bewährt sich nach ihm am besten ein Krümmungsradius von 6.5—7 m. S t r e h l k e (1929) legte seinen Versuchen einen

Krümmungsradius von 3500 mm als Norm zugrunde. G l ä s e r (1932) hat die Einwirkung des Krümmungsradius auf Schnittleistung und Kraftverbrauch beim Sägen an einem hoch gelagerten Stamm und an am Boden liegenden Stämmen nach der arbeitsphysiologischen Methode untersucht. Er hat am hochgelagerten Stamm die Leistungen von 3 Sägen mit Krümmungsradien von 1700, 3400 und 7000 mm verglichen und gefunden, dass die fast gerade Säge die höchste Leistung bei mässigem Kraftverbrauch, die Säge mit dem Krümmungsradius 3400 mm den grössten Kraftverbrauch bei mittlerer Leistung und die Bauchsäge mit dem kleinsten Krümmungsradius von 1700 mm den geringsten Kraftverbrauch bei geringster Leistung aufwies. Beim Zersägen am Boden liegender Stämme wurden Leistungen von Sägen mit Krümmungsradien von 1150, 1700, 2500, 3400 und 7000 mm untersucht und verglichen. Nach den Ergebnissen ist »für das Zersägen liegender Kiefernstämmen bei einer Sägenlänge von 1400 mm und fortlaufender Dreiecksbezeichnung der Krümmungsradius von 2500 mm am besten geeignet. Er bringt um 17 % höhere Schnittleistungen bei 7 % geringerem Kraftaufwand hervor, als der in neuerer Zeit empfohlene Krümmungsradius von 3400 mm.« L o r e y s (1880 b) Ergebnisse wurden durch diese Ergebnisse bestätigt. Nach E l i s e e v, M a k a r o v und P o s d n j a k o v (1930) ist die Zahnlinie bei einer guten Säge nicht gerade, sondern gebogen, denn eine solche Säge erleichtert die Arbeit, weil die Hand sich normal und natürlich bewegt.

#### B l a t t l ä n g e

Über die zweckmässigste Blattlänge und über die Einwirkung der Blattlänge auf die Sägeleistung sind mehr theoretische Betrachtungen als richtige entscheidende Versuche angestellt worden. Die Äusserungen darüber sind verschieden. W e i s e (1879) ist der Ansicht, dass »die Länge der Säge so lange gleichgültig ist, als die Arbeiter voll ziehen und nachgeben können. Erst wenn das nicht mehr möglich ist, gewinnt die Länge Einfluss«. L o r e y (1880 a) sagt auch, dass »die Blattlänge nicht von hervorragendem Einfluss zu sein scheint, solange man die Extreme vermeidet«. Die Sägelänge ist oft als Beobachtungsobjekt neben den Sägebewegungs-, Zuggeschwindigkeits- und Zuglängeuntersuchungen hervorgetreten. Bei den Versuchen von G e r l i n g h o f f (1926) leistete die kürzeste Säge (1200 mm) unter den verschieden langen Schrotsägen das Beste. Bei der kürzeren Säge beobachtete er auch grössere Zuggeschwindigkeit, die vorteilhaft auf die Ausräumung des Sägemehls und auf die

Leistung wirkt. Im Gegensatz zu Gerlinghoff werden nach Vestergaard und Biilmann (1929) bei längerem Zug grössere Geschwindigkeiten als bei kürzerem Zug erreicht. Die kurze Säge arbeitet nach Backmund (1927) mit geringerer Energie und der Zeitverlust wird desto grösser, je öfter die Bewegungsrichtung der Säge wechselt, d. h. je kürzer die Säge ist. Durch Betrachtung des Einflusses der kinetischen Energie bei der Sägebewegung auf die Geschwindigkeit der Säge kommt Backmund zu dem Schluss, dass die Mindestsägenlänge die Summe aus dem Ausgreifvermögen eines Arbeiters (1.10 m), der Stammstärke und der doppelten Schutzstrecke (10 cm) sein muss. Heyer (1872) hat auch darauf hingewiesen, dass die Schnittleistung mit abnehmender Sägenlänge sinken muss, weil der durch die Umkehrung der Sägerichtung entstehende Zeitverlust desto wirksamer wird, je öfter die Umkehrung in der Zeiteinheit erfolgt. Nach Vestergaard und Biilmann (1929) setzen die Beweglichkeit des Arbeiters und die Arbeitsstellung, d. h. die Grösse des Körpers, der Länge der Säge eine praktische Grenze. Für Arbeiter von etwa 1.70 m Grösse hält Gerlinghoff (1926) 0.70—0.75 m für die beste Zuglänge. Nach den Beobachtungen von Hampe (1927) bewegt sich diese Länge weit eher in der Nähe des Richtigen als die Angaben von Backmund. Er ist der Ansicht, dass für die Bestimmung der günstigsten Sägenlänge die Feststellung des physiologisch günstigsten Ausgreifvermögens als Grundlage dienen muss.

Ein ganz entscheidender Faktor zur Feststellung der Sägenlänge ist natürlich die Stärke des zu schneidenden Stammes. Die Blattlänge muss zur Stärke des Stammes in einem bestimmten Verhältnis stehen. Den mittleren Stammstärken entspricht eine mittlere Sägenlänge und alle bei den Versuchen benutzten Sägen können gleich lang, und zwar von mittlerer Länge genommen werden (Lorey 1880 a). Nach Strehlke (1929) ist die Sägenlänge von der Stammstärke und dem Ausgreifvermögen abhängig. Er sagt, dass es unnötig ist, die Optimallänge einer Säge im Versuch zu bestimmen, und unlogisch, bei dieser Bestimmung auf die Stammstärke keinen Bezug zu nehmen. Sinnvoll ist allein die Bestimmung des optimalen Ausgreifvermögens im Atmungsversuch. Aus der Schutzstrecke von etwa 5—10 cm für jeden Arbeiter und dem Ausgreifvermögen von etwa 90 cm ist die zweckmässigste Sägenlänge nach den zu schneidenden Durchmessern zu wählen. Die ungenutzte Sägenlänge erschwert die Arbeit, weil lange Blätter dicker sein

müssen als kürzere und dadurch ein totes Gewicht mitbewegt wird. Bei den Versuchen Strehlkes wurden für die Stammstärke von etwa 190—480 mm Sägen mit Blattlängen von 1400 mm benutzt. Durch seine Versuche hat Gläser (1932) entdeckt, dass die Mindestlänge der Waldsäge der Summe des Stammdurchmessers, der Zuglänge (etwa 100 cm) und der Schutzstrecke (10 bis 15 cm) entsprechen soll. Weil die Schnittleistung bei gleicher Holzstärke mit zunehmender Sägenlänge wächst, während der Kraftaufwand je Quadratcentimeter Schnittfläche abnimmt, würde eine grössere Sägenlänge noch weitere geringe Vorteile bringen, denen aber Nachteile anderer Art gegenüberstehen würden. Schon bei den Versuchen von Weise (1879) kam es vor, dass einige Sägen, deren Leistungen mit steigender Schnittstärke fielen, plötzlich mit weiterer Durchmesserzunahme wuchsen, und dass diese Erscheinung sich gerade bei den längsten Sägen zeigte.

Die Sägenlänge muss natürlich eine Grenze haben, denn sehr lange Sägen sind sehr schwer zu führen und bedingen eine übermässige Blattbreite und damit ein grösseres Gewicht und, um die ganze Länge auszunützen, ist viel Kraft und ein besonders langer Zug erforderlich.

Nach Tonkels (1934 b) Ansicht besteht die Sägenlänge aus der Summe des Stammdurchmessers, der Schutzstrecke (10 cm) und der Zuglänge (70 cm). Das Zersägen dicker Stämme mit einer kurzen Säge ist sehr unbequem und unproduktiv, weil man sehr kurze Züge machen muss. Er hält es für vorteilhafter, für dünne Stämme die Scheitersägen und für stärkere Stämme Schrot- oder Motorsägen zu benutzen. Die kanadisch-finnischen Waldarbeiter in Karelien verwenden beim Sägen der Stämme bis zu 30—32 cm Durchmesser finnische Scheitersägen und beim Sägen von stärkeren Stämmen amerikanische Schrotsägen. Die russischen Waldarbeiter dagegen zersägen die Stämme von verschiedenen Durchmessern mit gleich langen Sägen. Exner (1881) empfiehlt für seine Normalsäge für grünes Kiefernholz eine Blattlänge von 1440 mm, wobei er Holzstärken von durchschnittlich 32.5 cm voraussetzt. Eine möglichst leistungsfähige Waldsäge nach Gayer (1899) soll eine Blattlänge von 1.70 bis 1.75 m haben, denn die Leistungsfähigkeit sinkt bei Nadelholz stärker für längere als für kürzere Sägen von 1.72 m Blattlänge ab. Monroy (1925) empfiehlt für Stämme bis zu 30 cm Stärke eine Sägenlänge von 1.5 m.

Aus dieser Übersicht geht hervor, dass die Ansichten über die zweckmässigste Sägenlänge und über die Einwirkung der Sägenlänge auf die Sägenleistung ziemlich auseinandergehen. Es ist jedoch festzustellen,

dass »die Länge des Sägeblattes insofern von Bedeutung ist, als sie den Rahmen bestimmt, innerhalb dessen die durch innere und äussere Faktoren bestimmte Leistungsfähigkeit einer Säge wirksam werden kann« (Backmund 1927). Nach Vestergaard und Biilmann (1929) steigt die Arbeitsleistung mit der Sägenlänge und nimmt mit der steigenden Stammstärke ab. Sie empfehlen eine Säge von 5.5 Fuss (1 engl. foot = 30.5 cm) Länge als günstigste in mittelgrossen und grossen Stämmen.

#### Breite, Stärke und Gewicht des Sägeblattes

Die Breite eines Sägeblattes ist eine Eigenschaft, von der die Stärke und das Gewicht sehr abhängig sind. Je breiter das Sägeblatt einer Zweimannsäge ist, desto dünner kann es sein. Ein dünnes Blatt arbeitet wegen der kleineren Schnittfuge leichter als ein dickes Blatt, ein breites Blatt aber verursacht grössere Reibung. Weil nach Lorey (1876/77) und Backmund (1927) das Eindringen der Sägezähne in den Holzkörper eine Folge des Sägegewichtes ist, wird die Säge desto weniger tief in den Holzkörper eindringen, je leichter sie ist. Kunze (1866/67) war derselben Meinung, und weil man das Gewicht des Sägeblattes am besten durch die Breite erhöhen kann, zog er den Schluss, dass die grösste Leistungsfähigkeit der Säge zukommt, welche die grösste Breite besitzt. Gay er (1896) empfiehlt für eine gut konstruierte Säge ein Gewicht von etwa 2.4 kg.

Die Blattbreite richtet sich im wesentlichen nach dem Verwendungszweck. Beim Quersägen sind breiten Sägeblätter vorteilhafter verwendbar als beim Fällen, wo die geringere Blattbreite den verhältnismässig frühen Ansatz eines Keiles erlaubt (Fuchs 1927, Strehlke 1929). In Süd- und Westdeutschland führen die Holzhauer den rückwärtigen Fällschnitt meistens im Knien. Der menschliche Körper kann in dieser Stellung die schwingende Bewegung der gekrümmten breiten Säge nur sehr unvollkommen ausführen (Gläser 1932, Fuchs 1927). Nach Fuchs (1927) ist eine schmale Säge mit dickem Blatt und grossem Krümmungsradius beim Fällen, vor allem starken Holzes, jeder anderen Säge überlegen.

Zur Verringerung der Reibung des Sägeblattes beim Sägen gibt es zwei Verfahren. Man kann die Zahnschneiden so weit herausbiegen, dass die Blattseiten sich nicht an den Wänden der eingesägten Rinne reiben

oder man schleift den Rücken des Blattes dünner als die Zahnseite. Aber je weiter der Schrank, desto grösser ist der Widerstand. Um den Schrank möglichst klein zu halten, werden die Sägen heute mit Dünnerschliff im Rücken hergestellt. Die Bedeutung des Dünnerschliffes auf die Reibungsverminderung ist sehr verschieden bewertet worden. Lorey (1876/77, 1880 a, b) ist der Ansicht, dass das Sägeblatt so dünn sein soll, dass es die Holzhauer mit Sicherheit noch führen können; er stellt fest, dass die Reibung des Sägeblattes durch die Schwächung des Sägerückens bedeutend verringert wird. »Ein dünnes Sägeblatt leistet mehr als ein starkes, sofern nur durch grössere Breite desselben ein genügendes Gewicht garantiert ist.« Er empfiehlt die Blattstärke durchgehend auf der Zahnseite mit 1.5 mm und durchgehend auf der Rückenlinie mit 1.0 mm. Nach Kast (1896) soll das Sägeblatt bei 1.4—1.5 mm an der Zahnseite, am Rücken 1.0—1.2 mm dick sein. Dominicus (1916/41) ist auch der Meinung, dass jedes gute Sägeblatt im Rücken dünner sein sollte (vgl. Hampe 1927). Nach Gerlinghoff (1926) findet die Hauptreibung bei normalem Schnitt, wenn kein Klemmen des Sägeblattes auftritt, kurz hinter der Zahnschneidenlinie statt und diese Reibung kann man nicht durch Dünnerschliff verhindern. Er bringt also keine nennenswerten Vorteile, sondern hat seine Nachteile, weil die Blätter nicht gleichmässig dünn geschliffen sind. Gerlinghoff hat Sägeblätter gefunden, bei denen die Blattstärke im Rücken zwischen 1.00 und 1.19 mm schwankte. Dieser Umstand hat eine nachteilige Wirkung auf die Spannung des Blattes. Die Blattstärke soll möglichst gering sein, aber auf jeden Fall gehören gute Spannung und Gleichmässigkeit dazu. Ohne gute Spannung und Richtung flattert das Blatt. Nach seinen Überlegungen hat der Dünnerschliff im Rücken keine vorteilhafteren Wirkungen. Gläser (1932) hat auch die Ungleichheit in der Blattstärke an der Zahnschneidenlinie und im Rücken bestätigt. Diese Ungleichheit erklärt sich daraus, dass die Versuchssäge im Rücken dünner geschliffen war, und zwar erfolgte der Schliff parallel zur Rückenlinie, so dass die beiden Messpunkte am Rande der Säge näher an dem dünneren Rücken der Säge lagen als die Mitte der Zahnlinie, die daher am dicksten war. Bei den Versuchen von Fuchs (1927) waren die gleichdicken Sägen auf der ganzen Blattbreite infolge der Berührung mit dem austretenden Harz mit einer dicken Harzschicht bedeckt, während dies bei den dünn geschliffenen Sägen nur in geringem Masse der Fall war. Als letztes Wort in der Frage über den Dünnerschliff beweisen die Untersuchungen von Stentzel (1939), dass »die Sägen mit Dünnerschliff in



schwachem und starkem Kiefernholz regelmässig rund 10 % weniger Arbeit als gleichbezahnte Sägen ohne Dünnerschliff benötigen». Die Ausführung des Schliffes muss aber gleichmässig und gut sein. Seine Untersuchungen haben auch ergeben, dass die dünnen Blätter den starken vorzuziehen sind und dass eine Verringerung der Blattbreite den Schnittwiderstand senkt.

Die Verringerung der Blattbreite und Blattstärke mit Beibehaltung des Gewichtes wird ermöglicht durch besondere Spannvorrichtungen wie Bügel und Rahmen. Besonders in nordischen Ländern werden sehr schmale und dünne Spannsägeblätter verwendet. Nach meinen Untersuchungen (Aro 1941) sind die Scheitersägeblätter in Finnland gewöhnlich 25,30 und 35 mm breit. Die 30 mm breiten Blätter werden vorzugsweise verwendet. An zweiter Stelle stehen die 25 mm breiten Blätter. Die Blätter sind dünn geschliffen, und zwar so, dass die Blattstärke an der Zahnspitzenlinie etwa 0,8 mm und im Rücken etwa 0,5 mm beträgt. Bei meinen Leistungsversuchen konnte ich keinen besonders grossen Einfluss der Breite des Blattes bemerken, erstens, weil die Unterschiede ziemlich klein waren, und zweitens, weil die anderen Faktoren grösseren Einfluss zu haben schienen. Jedoch muss ausgesprochen werden, dass in vielen Fällen eine Scheitersäge, die die günstigste Bezahnung hatte und auch 25 mm breit war, also zu den schmalsten gehörte, die Höchstleistungen aufwies (Aro 1942 c).

Tonkel (1934 b) berichtet über die kanadisch-finnischen Waldarbeiter, dass sie in dem Fall, in dem man ihnen nur breite Sägen zur Verfügung stellte, das Blatt durch Abbrechen der Oberkante von der Rückseite verschmälerten.

### Bezahnung

Die Zahnformen und damit die Bezahnungen der Waldsägen wechseln jetzt noch ständig. Im vorigen Jahrhundert gab es eine noch grössere Mannigfaltigkeit der Formen. Exner (1881) zum Beispiel weist 30 verschiedene Zahnkonstruktionen der deutschen Trummsägen nach, ohne dass damit die Zahl derselben erschöpft war. Die Bezahnung war auch der Hauptgegenstand der meisten Versuche, aber bis jetzt ist es noch niemandem gelungen, die Frage der besten Bezahnung endgültig zu lösen. Ebenfalls gehen die Ergebnisse über die Leistungen der Sägen mit verschiedenen Bezahnungen sehr weit auseinander. Die vorherrschenden Bezahnungen

im vorigen Jahrhundert waren in Deutschland Dreiecks-, Wolfs-, Kronen- und M-Bezahnungen, mit oder ohne Raumzähne.

Bei der Dreiecksbezahnung unterscheidet man ununterbrochene beziehungsweise fortlaufende Dreiecksbezahnungen und unterbrochene Dreiecksbezahnungen von denen die letztgenannten die verbreitetste Art in allen Ländern ist. Der grösste Vorteil der unterbrochenen Bezahnungen ist, dass sie am leichtesten und billigsten instandhalten lassen. (Abb. 5). Die im vorigen Jahrhundert sehr üblichen M-Zähne und Kronenzahnformen sind immer seltener geworden (Abb. 6). Nur eine Hochleistungsform, die sogenannte gekehlte M-Zahnform, kommt bei den deutschen Gerson-Sägen noch häufig vor (Abb. 7). Nach Gläser u. Stenzel (1939) ist kein Zahn bei unsachgemässer Behandlung so schnell verfeilt wie dieser. Ausserdem benötigt er beim Durchziehen der Säge etwa 51 % mehr Kraft als die anderen Zahnformen. Unter allen Zahnformen ist er am schnellsten, einfachsten und zweckmässigsten zu schärfen und im richtigen Schärfzustand erfordert er die geringste Arbeitsleistung beim Schnitt. Eine noch bessere Zahnform bei den Schrotsägen als der gekehlte M-Zahn ist nach den oben genannten Autoren der Hobelzahn (Abb. 8), der um 30 % weniger Arbeit und Kraft als der Dreieckszahn beansprucht. Seine Instandsetzung erfordert eine gewisse Sachkenntnis und Kunstfertigkeit, geht aber wegen der geringen Zahnzahl schneller als bei der Dreiecksbezahnung, wenn auch nicht so schnell wie beim gekehlten M-Zahn.

Nach Loreys (1872) Untersuchungen leisten die Thüringer Dreieckssägen gegenüber der gewöhnlichen Wolfszahnsäge im Durchschnitt für alle Holzarten und Stammstärken das Doppelte. Betzhold (1873) fand, dass die gebogene Wolfszahnsäge mit der grossen steyrischen Dreieckszahnsäge an erster Stelle beim Sägen von Buchenholz stand. Betzhold selbst ist überrascht von diesem Ergebnis, weil die Wolfszähne keinen guten Ruf hatten (vgl. Lorey 1876). Er erklärt das Resultat durch die hervorragende Güte des Materials und durch den Umstand, dass das Blatt der gebogenen Wolfszahnsäge verhältnismässig stark ist, so dass die Arbeiter es besser handhaben können. Bei Buchen haben sich nach Weise (1879) die Dreieckszähne besonders bewährt. Lorey



(1880 b) ist der Ansicht, dass der Einfluss der Bezaehlung bei der geraden Säge bedeutender ist als bei der Bogensäge. Der M-Zahn ist bei den Geradsägen an der Kiefer um 12 % besser als der Dreieckszahn. Bei den Bogensägen ist das Verhältnis umgekehrt. An Buche greifen die Leistungen der M-Zähne und Dreieckszähne bei geraden Sägen mehrfach ineinander über. Bei Bogensägen ist der Dreieckszahn im allgemeinen besser als der M-Zahn. Bei Eiche unter 35 cm Durchmesser leisten die Sägen mit Dreieckszähnen nach Weise (1879) mehr als die mit M-Zähnen. Mit zunehmendem Durchmesser treten aber auch die M-Zähne in Konkurrenz. Bei den Versuchen von Kast (1896) haben die Sägen mit ununterbrochener Dreiecksbezaehlung am wenigsten geleistet. Bei Buche blieben sie noch etwas weiter zurück als bei Fichte. Kast lehnt diese Bezaehlung wegen des zu kleinen Ausschnittes bei Waldsägen im allgemeinen ab. Im Widerspruch zu den Ergebnissen von Kast leistete die Säge mit fortlaufender Dreiecksbezaehlung bei Backmunds (1927) Versuchen ausserordentlich viel und war auch der amerikanischen Bezaehlung überlegen. Nach Backmunds Ansicht ist der geringe Abstand der einzelnen Zahnschneiden neben der grösseren Zahl der Zähne ein Vorzug, da dadurch eine mehr stetige Schnittwirkung erzielt wird. Durch die lückenlose Aneinanderreihung der Zähne kann deren Stellung beim Nachfeilen nicht so leicht verändert werden, denn die Zahnschneidelinie bleibt konstanter, als wenn ein Zahnzwischenraum dem Sägefeiler Spielraum für den neu zu bildenden Zahn gibt. Bei den Versuchen von Gerlinghoff (1926) hat sich herausgestellt, dass die fortlaufende Dreiecksbezaehlung in Kiefernholz am vorteilhaftesten war. Ein langer Zahn mit kleinem Zahnschneiden- und Schärfeinkel verbürgt die beste Leistung. In den Versuchen von Fuchs (1927) lag die höhere Leistung im allgemeinen bei den Sägen mit harten spitzen Dreieckszähnen und genügendem Zahnzwischenraum. Nach Ginsburg (1936) ist die Leistung der Sägen mit unterbrochener Dreiecksbezaehlung viel günstiger als die der Sägen mit fortlaufender Dreiecksbezaehlung.

Über die Zweckmässigkeit und Vorteile der Raumzähne haben viele Forscher Versuche unternommen. Schon Hess (1865) war der Ansicht, dass die Raumzähne beim harten Holz nicht notwendig sind. Besonders Lorey (1877 b, 1878, 1879) hat die Einwirkung der Raumzähne untersucht und alle seine Untersuchungen sprechen gegen die Raumzähne. Sie zeigen, dass die Raumzähne nicht nur nicht nützlich, sondern hinderlich und schädigend beim Sägen wirken. Nur bei geraden Sägen können sie günstig sein. Gayer (1896) hat auch keinen förder-

lichen Einfluss der Raumzähne auf die Sägeleistung feststellen können. Kast (1896) ist der Meinung, dass die Raumzähne beim Weichholz eine grössere Bedeutung haben als beim Hartholz. Bei den amerikanischen Waldsägen folgt den vier lanzenförmigen, tief in das Blatt eingeschnittenen Schneidezähnen immer ein hobelartiger Raumzahn, dessen Länge für Hartholz etwa  $\frac{1}{64}$  Zoll kürzer sein soll als die übrigen Zähne und für Weichholz  $\frac{1}{32}$  Zoll bis  $\frac{1}{40}$  Zoll (von Monroy 1926). Die Raumzähne der amerikanischen Sägen sind oft geschärft.

Die Ergebnisse der Versuche Stentzels (1939) über den Einfluss der einseitigen Raumzähne bei der Dreiecksbezaehlung stimmen mit den Feststellungen Loreys überein und zeigen, dass einseitig wirkende Raumzähne den speziellen Arbeitsaufwand um etwa 17 % heben, so dass die einseitigen Raumzähne bei Dreiecksbezaehlung sehr schädlich sind. Die Leistungsstudien mit Hobelbezaehlung bei den Schrotsägen von Stentzel (1934) haben zu folgenden Ergebnissen geführt: »bei ungefähr gleichem Kraftaufwand an Kiefer und Buche leistete die Hobelbezaehlung bis zu 45 % mehr als die derzeit bestgeformte Säge mit unterbrochener Dreiecksbezaehlung. Gut zugerichtete deutsche Hobelsägen sind den aus Amerika eingeführten meist sehr ungenau eingerichteten Hobelbezaehlungen nicht nur gleichwertig, sondern sogar überlegen. Die schweren Hobelzahnsägen sind leistungsfähiger als die leichten. Als Mindestgewicht wären etwa 2,5 kg anzusetzen. Der Hobelzahn normaler Form ist besonders in Buche leistungsfähiger als der sogenannte Lanzenzahn. Der Vorteil der Säge mit Lanzenzahnung liegt darin, dass diese Sägen länger benutzt werden können, ohne dass der Zahn vertieft werden muss. Der deutsche Gerson-Zahn ist mindestens ebenso leistungsfähig wie der Hobelzahn und ungleich leichter und schneller instandzusetzen. Er erfordert aber derzeit noch ungefähr ebenso viel mehr an Kraft als er an Zeit spart».

Durch die Untersuchungen über die Höhe, Teilung und den Spitzwinkel der Dreiecksbezaehlung hat Stentzel (1939) eine neue Form der Dreiecksbezaehlung getrennt für Weichholz und Hartholz festgelegt. Da die Führung ausgesprochener Weich- oder Hartholzsägen nur selten in Betracht kommt, hat er eine Mittelform für Weich- und Hartholz konstruiert. Die Abmessungen für die Zähne sind folgende: für Weichholz: Zahnhöhe 12 mm, Zahnbreite im Zahngrund 8,3

mm, Breite der Zahnücke 0.5 mm, Entfernung der Zahnsitzen 8.8 mm, Spitzenwinkel 38°, Schärwinkel 60°, Blattstärke 1.1 mm; für Hartholz: Zahnhöhe 16 mm, Zahnbreite im Zahngrund 11 mm, Breite der Zahnücke 6 mm, Entfernung der Zahnsitzen 17 mm, Spitzenwinkel 38°, Schärwinkel 70°, Blattstärke 1.4 mm; für Weich- und Hartholz: Zahnhöhe 15 mm, Zahnbreite im Zahngrund 10.3 mm, Breite der Zahnücke 3.7 mm, Entfernung der Zahnsitzen 14 mm, Spitzenwinkel 38°, Schärwinkel 60 oder 70°, Blattstärke 1.3 mm.

In Schweden und Norwegen ist eine der Kronenbezeichnung ähnliche sogenannte Eia-Bezeichnung sehr üblich. In dieser Bezeichnung sind die Dreieckszähne in Gruppen von 4 Zähnen verteilt und zwischen den Gruppen ist eine breitere und tiefere Zahnücke. In der Gruppe sind die Zähne so geschärft, dass 2 beim Hin- und 2 beim Hergang der Säge schneiden.

Eine neue Bezeichnungsform hat Seeger (1942) beschrieben. In der sogenannten Hengtischen DsD-Säge setzt sich der Zahn zusammen aus einer Dreiecksspitze, dem Schneide- und Zerspanwerkzeug und einem rechteckigen Grundteil, dem Räumer. Die Zahnhöhe beträgt 14 mm. Davon entfallen auf die Dreieckshöhe 9 mm und den Räumer 5 mm. Der Zahnsitzenabstand beträgt 14 mm, Zahnsitzenwinkel 38—40° und die Lückenbreite 7 mm. Für die Instandhaltung ist eine Anzahl besonderer Geräte gebaut. Die Ergebnisse einer Hiebsperiode zeigten eine Mehrleistung der DsD-Bezeichnung von 25—30 % gegenüber der DrD-Säge. Nach Bojko (1935) kann die Sägeleistung um 14 % erhöht werden, wenn bei der Säge mit Dreiecksbezeichnung jeder fünfte Zahn ungeschärft und ungeschränkt gelassen wird und 0.1—0.3 mm kürzer als die anderen Zähne gefeilt wird (vgl. Komrovskij 1932).

Die schwedischen Untersuchungen (Lennertson und Flodman 1938) haben ergeben, dass beim Quersägen die Fuchsschwanzsägen mit Hobel- und Eia-Bezeichnung den Fuchsschwanzsägen mit Dreiecksbezeichnung überlegen sind; beim Fällen ist das Verhältnis umgekehrt. Die weiteren Versuche von Värmlands Skogsarbetsstudier haben keinen Leistungsunterschied zwischen Hobelbezeichnung und Dreiecksbezeichnung feststellen können (Studier i skogsbrukets arbetslära).

Die Versuche von Leibundgut (1937) zeigten eine Überlegenheit der Hobelbezeichnung in grünem Fichten- und Tannenholz mit einem Durchmesser unter 30 cm. An zweiter Stelle stand die Dreiecksbezeichnung, während die amerikanische Stockbezeichnung die schlechtesten Resultate ergab.

In allen Ländern sind die amerikanischen Sägen mit ihren

komplizierten Bezeichnungen in Erscheinung getreten. Schon früh haben die deutschen Sägeforscher ihre Aufmerksamkeit auf die amerikanischen Sägen gerichtet. Schon Lorey (1883) machte vergleichende Leistungsveruche mit amerikanischen Sägen mit Dreiecksbezeichnung, die dreieckige Raumzähne besaßen. Die bei seinen Versuchen mitarbeitenden Holzhauer waren von der Güte der amerikanischen Sägen gegenüber ihren alten Krummsägen so überzeugt, dass sie sich sofort neue Sägen kauften und seitdem fortwährend mit ihnen arbeiteten. »Nach der Ansicht der Holzhauer sollte der Raumzahn der amerikanischen Säge etwas stumpfer geformt und gefeilt sein.« Eine Holzhauerrotte, der Lorey die amerikanische Säge empfahl, äusserte sich über dieselbe folgendermassen: »Wenn wir eine so gute Säge haben, so arbeiten wir freilich viel rascher, aber dann sucht man uns auch sofort den Lohn für das Raummeter herunterzusetzen, und ein Ersatz hierfür etwa durch grössere Ausdehnung der Fällung ist ja nicht möglich.« Bei den Versuchen von Kast (1896) übertraf die amerikanische Geradsäge Disston an Fichte die bestleistenden anderen Sägen. Die Disstonsäge hatte eine Bezeichnung mit Dreispitzschneidezähnen und dreieckigen Raumzähnen während die anderen Sägen Dreiecksbezeichnung hatten. Aus diesem Grunde waren die Sägen nicht vollkommen vergleichsfähig, da sie in bezug auf die Steilheit der Säge keine volle Übereinstimmung zeigten. Kast ist der Ansicht, dass die grossen, hohen und steilen Zähne mit tiefen Zahnücken sehr geeignet für das Sägen des weichen Holzes sind, das auch im allgemeinen in Amerika gesägt wird. Lorey jun. (1902) hat auch bei seinen Versuchen festgestellt, dass die amerikanische Simondssäge ebenfalls an Fichte von 25 cm Dicke an die Dominicussche Non-plus-ultra-Säge übertrifft. Er hält für Stammholzschnitte die Simondssägen für geeigneter. Wie schon erwähnt, widerspricht die Firma J. D. Dominicus & Söhne diesen Ergebnissen.

Fuchs (1927) hat gefunden, dass die amerikanische Säge in Weichholz mehr leistet als die deutsche Säge. Die amerikanische Säge hat ihre Hauptstärke in der ausserordentlichen Geeignetheit zum Fällen des stehenden Stammes. Er empfiehlt zum Sägen der mittelstarken und starken Stämme die Schrotsägen mit Zahnform vom Disston Typ mit 4 Schneidezähnen und 1 Hobelzahn. Wegen der komplizierten Bezeichnung und der schweren Instandsetzung erfordert die Verwendung der amerikanischen Säge geschulte Spezialisten, die die Sägen täglich überprüfen (Fuchs 1927). Da in Amerika die Arbeiter in Holzhauerlagern zusammenwohnen, lässt sich dies dort ohne Schwierigkeiten durchführen (von Monroy 1926, Strehlike 1929).

In Sowjetunion werden die amerikanischen Cross-cut-Sägen mit Hobelbezzahnung neben den einheimischen Schrotsägen mit Dreiecksbezzahnung verwendet. Nach Tonkel (1934 b) ist die Leistung der Cross-cut-Säge erheblich grösser als die der gewöhnlichen Schrotsäge und steht der Scheitersäge nicht nach. Nach seinen Beobachtungen und nach der Aussage der Arbeiter erwiesen sich die amerikanischen Cross-cut-Sägen von 152—167 cm Länge und mit unperforiertem Blatt als am günstigsten. Tonkel ist der Ansicht, dass die russischen Schrotsägen durch die amerikanischen Schrotsägen beim Sägen von stärkeren Stämmen ersetzt werden müssen. Die nach Sowjetunion aus Kanada übergesiedelten finnischen Waldarbeiter brachten die kanadisch-schwedischen Scheitersägeblätter mit sich, die sich in Nordrussland sehr verbreiteten. Das Blatt wird von der Firma Sandvik hergestellt und ist 1 220 mm lang, 25 mm breit, 0.55 mm dick im Rücken und 0.85 mm dick im Zahngrund. Das Blatt wiegt 145 g und hat 100 dreieckige Schneidezähne und 21 Hobelzähne (kanadisch-schwedische DD-Bezzahnung mit Hobelzähnen) (Novikov u. Kvardin 1936). Mit diesen Sägen erreichten die kanadisch-finnischen Waldarbeiter eine doppelt so grosse Geschwindigkeit wie mit der gewöhnlichen Schrotsäge (Tonkel 1934 b). Die Versuche von Lucevič (1937) haben gezeigt, dass die Leistung der Scheitersägen mit der Eia-Dreiecksbezzahnung 4—12 % grösser ist als die der Scheitersägen mit der kanadisch-schwedischen DD-Bezzahnung mit Hobelzähnen. Zum Sägen der Stämme, deren Stärke mehr als 30 cm beträgt, ist eine Schrotsäge mit der kanadisch-schwedischen DD-Bezzahnung mit Hobelzähnen die leistungsfähigste.

Wie schon die Berichte über die verwendeten Sägen in den untersuchten Ländern ergaben, haben die amerikanischen Sägen in verhältnismässig kleinem Umfang in diesen Ländern Fuss gefasst. Dies ist besonders auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Instandsetzung der Sägen in den europäischen Ländern bis jetzt durch die Waldarbeiter selbst vorgenommen wird. Die komplizierte Bezzahnung der amerikanischen Sägen sowie auch die der europäischen Sägen macht die Instandsetzung und Pflege für die Waldarbeiter zu schwierig. Die höheren Leistungen der Hobelbezzahnung und der anderen Dreiecksbezzahnungen haben die Frage der Spezialisten für Sägeinstandsetzung aktuell werden lassen und man ist bestrebt, durch Lehrgänge und Schulungen diese Kenntnisse den Waldarbeitern in grösserem Umfang zu vermitteln (vgl. Fuchs 1927).

### Beschaffenheit des Sägematerials

Die ersten eisernen Sägen waren aus Schmiedeeisen hergestellt. Dieses Eisen hatte jedoch den Nachteil, dass die Blattflächen nicht genügend glatt waren. Um diesem Zustand abzuweichen, wurden in schnell zunehmendem Masse die Sägen aus Flussstahlblechen mit 0.5 % Kohlenstoffgehalt geschnitten und im Ofen gehärtet. Da die Schneidhaltigkeit bei höherer Härte grösser ist, ist man bei der Herstellung der Qualitätssägen zu Tiegelgussstahl übergegangen, der einen Kohlenstoffgehalt von 0.8—0.9 % hat und eine Erhöhung der Härte ermöglicht. Das Kleingefüge des Tiegelgussstahles zeigt auch grössere Regelmässigkeit, weil es aus reinerem und besserem Material verschmolzen wird. Die neuen Herstellungsverfahren von Stahl durch Elektroöfen, verschiedene Stahlegierungen usw. haben auch zur Herstellung der Sägen aus Elektrostählen und Stahlegierungen geführt. Schon Micklitz (1860) betonte die Wichtigkeit des vollständig geraden und glatten Blattes und der Güte des Stahls im allgemeinen. Er erwähnte, dass die Qualität des Sägestahles für die Leistung bestimmend ist. Die Güte des Stahles ist nach dem Klang der Säge zu beurteilen. Weise (1879) war auch der Ansicht, dass die schönste Sägeform nicht hilft, wenn das Material so schlecht ist, dass die Zähne sich nicht genügend schärfen lassen oder schnell stumpf werden.

Die meisten Versuchssägen in alten Zeiten waren aus Gussstahl hergestellt und ein Vergleich der Leistungen von Gussstahlsägen und Schmiedeeisensägen zeigt ganz deutlich die grosse Überlegenheit des Gussstahles mit seinen glatten Blattflächen (Gayer 1871). Die Versuche von Eberts (1878) führten auch zu dem Schluss, dass vor allem das Material der Sägen entscheidend sei. Diese Feststellung hat Lorey (1880) auf Grund seiner Nachforschungen bestätigt. Von den Sägeforschern hat zuerst Kast (1896) die Beschaffenheit des Sägematerials geprüft. Er hat den Abnutzungsgrad der Säge zu bestimmen versucht. Als Abnutzungsgrad wurde der Unterschied der Zahnhöhe vor und nach dem Gebrauch festgestellt. Es stellte sich keine direkte Beziehung zwischen Abnutzungsgrad und Leistung der Säge heraus.

Aus den Versuchen von von Monroy (1925) ging hervor, dass die Sägeleistung hauptsächlich vom Material und erst in zweiter Linie von der Zahnform und der Form der Säge abhängt. Nach ihm sollen die Qualitätssägen aus Tiegelgussstahl mit 0.8—1 % Kohlenstoff bestehen. Nach den Versuchsergebnissen Gerlinghoffs (1926) ist das Her-



stellungsmaterial der Säge die Vorbedingung für den günstigsten Zahnbesatz. Er hat die Versuchssägen beim staatlichen Materialprüfungsamt metallographisch und auf Kohlenstoff untersuchen lassen. Diese Untersuchungen ergaben, dass die in ihren Leistungen schlechteste Säge den höchsten Kohlenstoffgehalt von 0.92 % aufwies, während die beste Säge 0.83 %, zwei mittelmäßige Sägen aus Tiegelgussstahl 0.70 und 0.77 % und eine Flusstahlsäge 0.52 % Kohlenstoff hatten. Nach der metallographischen Untersuchung war die Beschaffenheit des Kleingefüges bei den einzelnen Sägen wenig verschieden. Aus dem Gesagten geht hervor, »dass ein höherer Kohlenstoffgehalt noch nicht allein massgebend für die Güte des Sägestahles ist, sondern dass er lediglich eine Vorbedingung ist, die natürlich auch vorhanden sein muss.« Eine Säge kann trotz hohen Kohlenstoffgehaltes schlecht sein, wenn die Härtung ungenügend oder unregelmäßig erfolgt ist. Gerlinghoff ist zu dem Schluss gekommen, dass ein gutes Sägeblatt stets aus Tiegelgussstahl mit mindestens 0.80 % Kohlenstoffgehalt und genügender und gleichmäßiger Härtung hergestellt sein muss. Aus einem Sägeblatt aus schlechtem oder schlecht gehärtetem Stahl lässt sich kein hoher Zahn mit kleinem Zahnspitzen- und Schärfeinkel arbeiten, der die besten Leistungen verbürgt. Graf (1927) hat seine Aufmerksamkeit auch auf das Sägematerial, besonders auf das Gefüge, gerichtet. Seines Erachtens ist das Material massgebend für die Leistung der Säge und erfordert eine hohe Gleichmäßigkeit. Für gute Sägen sind Härtezahlen von 400 bis etwa 440 festgestellt worden. Nach Backmund (1927) ist die Bedeutung des Materials ausschlaggebend und die Zahnform steht erst in zweiter Linie.

Strehlke (1929) hat die Leistungen von einer Flusstahlsäge, sechs Tiegelgussstahlsägen, vier Elektrosägen und zwei Chromvanadin-stahlsägen verglichen. Der Vergleich zeigt folgende Ergebnisse: Die normalen Tiegelgussstahlsägen ergaben die höchste Leistung und die Flusstahlsäge zeigte fast gleichmäßig die Mindestleistung. Die höhere Härte bei Tiegelgussstahl scheint die Leistung zu steigern. Nach diesen Ergebnissen empfiehlt Strehlke Tiegelgussstahl von 0.8 % Kohlenstoffgehalt und 420 kg/mm<sup>2</sup> Brinellhärte zur Sägenherstellung.

Auf Grund der Untersuchungsergebnisse von Strehlke ist ein Normblatt DIN 5134 aufgestellt worden, in dem die Materialbedingungen für Sägen wie folgt verzeichnet sind. Der Werkstoff für Sägen soll aus reinem Tiegelgussstahl oder Elektrostahl bestehen. Der Kohlenstoffgehalt soll 0.8—0.9 % betragen, der Gehalt des Schwefels und

Phosphors zusammen darf höchstens 0.05 % sein. Die Sägen müssen eine gleichmäßige Brinellhärte von 410—470 kg/mm<sup>2</sup> haben. Die Härteunterschiede bei einer Säge dürfen nicht mehr als 20 kg/mm<sup>2</sup> betragen (Gläser 1932). Gläser hält die Materialfrage der Sägen soweit für geklärt, dass eine wesentliche Verbesserung nicht mehr möglich ist und nur gelegentliche Nachprüfungen neuen Sägematerials vorgenommen werden müssen.

Die Versuche von Stentzel (1948 a) zeigen, dass die Flusstahlsägen einen grösseren Arbeitsaufwand fordern als Sägen aus Elektrostahl. Die gewöhnlichen Flusstahlsägen erfordern i. M. einen um 22—25 % höheren und die höhergekohlten Flusstahlsägen einen i. M. 14—17 % grösseren Arbeitsaufwand als Sägen aus Elektrostahl.

Das Material der russischen Sägen von der Firma Slatost ist nach Foteev (1931) von folgender chemischer Zusammensetzung: Kohlenstoff 0.75—0.85 %, Phosphor weniger als 0.4 %, Mangan 0.35—0.50 %, Kiesel 0.12—0.35 % und Schwefel 0 %. Als Herstellungsmaterial für die schwedischen Sägen wird leichtlegierter Stahl verwendet, dessen Kohlenstoffgehalt etwa 0.90 % beträgt. In dem zur Fertigung der Sägen verwendeten Chromstahl schwankt der Chromgehalt zwischen 0.50 und 0.75 %. Nach Foteev (1931) ist die chemische Zusammensetzung der schwedischen Sägen folgende: Kohlenstoff 0.92 %, Phosphor 0.02 %, Mangan 0.43 %, Kiesel 0.29 % und Schwefel 0.017 %. Die amerikanischen Sägen haben nach Zujikov (1931) folgende chemische Zusammensetzung: Kohlenstoff 0.98 %, Kiesel 0.24 %, Mangan 0.33 %, Schwefel 0.21 %, Phosphor 0.009 % und Molybdän 0.14 %. Foteev hat auch Härteversuche bei verschiedenen Schrotsägen, die in Sowjet-Russland verwendet werden, durchgeführt. Diese Versuche zeigen folgende Ergebnisse. Eine russische Säge 1. Klasse von der Firma Nishegorod hatte eine durchschnittliche Härte von 433.3 kg/mm<sup>2</sup>, eine schwedische Säge »Viking« 458.9 kg/mm<sup>2</sup> eine österreichische Säge »Liposoky« 429.2 kg/mm<sup>2</sup> und eine amerikanische Säge »Atkins« 527.1 kg/mm<sup>2</sup>.

Bei meinen eigenen Versuchen (Aro 1942 c) über die Härten der finnischen Scheitersägeblätter wechselten die Brinellhärten zwischen 400 und 520 kg/mm<sup>2</sup>, die Härte der Sandvik-Sägen betrug etwa 450 kg/mm<sup>2</sup>, die der einheimischen finnischen Sägen etwa 490 kg/mm<sup>2</sup>, für die schwedische Eia- und einige Orsiablätter betrug die Härte etwa 500—520 kg/mm<sup>2</sup>.



## Praktische Erfolge der Untersuchungen.

### Allgemeines.

Trotz der vielen Arbeit und Mühe, die vor dem ersten Weltkriege auf die Sägeforschung verwandt wurde, waren die praktischen Ergebnisse sehr gering. Die Ursache liegt darin, dass die Forscher keine einheitlichen Versuchsmethoden anwandten und die Ergebnisse infolgedessen nicht vergleichbar waren. Ausserdem sind die Untersuchungsergebnisse ein Geheimnis der Wissenschaftler geblieben und nicht in die Öffentlichkeit gelangt. Wegen der Mannigfaltigkeit der einwirkenden Faktoren bei den Versuchen und der Verschiedenartigkeit der Versuchsmethoden konnten die Forscher nicht zu einheitlichen Schlüssen gelangen und ihre Aufmerksamkeit nur wenig auf die Instandhaltung und die Einwirkung der Instandhaltung auf die Versuchsergebnisse richten. Die Leistung der Sägen ist während dieser Zeit allerdings gestiegen. Hieran sind aber weniger die Erfahrungen aus den Versuchen beteiligt als die Verbesserungen der Fabrikate. Erst nachdem das Institut für forstliche Arbeitswissenschaft in Eberswalde eingehende Versuche über die Methodik der Sägeversuche eingeleitet hatte, und dadurch auch grössere Aufmerksamkeit als vorher auf die Instandsetzungsverfahren gerichtet und die gewonnenen Erfahrungen in einem Merkblatt 1929 herausgegeben hatte, wurde eine Grundlage für die Praxis geschaffen. Auf Grund neuerer Ergebnisse sind neue Auflagen des Merkblattes in den Jahren 1934, 1935, 1939 veröffentlicht worden. Es wurde schon erwähnt, dass in allen anderen besprochenen Ländern die Sägeversuche erst in ziemlich geringem Umfang durchgeführt worden sind. In diesen Ländern hat man jedoch die Bedeutung der richtigen Instandhaltung der Sägen verstanden und in Ermangelung eigener Untersuchungsergebnisse die praktischen Erfahrungen, die besonders in den Kursen zur Pflege und Instandhaltung der Sägen gesammelt worden sind, in Merkblättern und Taschenbüchern zusammengefasst. In den fehlenden Punkten hat man sich mehr oder weniger auf die deutschen Angaben gestützt. Einen bedeutenden Beitrag haben die Sägefabriken Schwedens geliefert, indem sie ihre Erfahrungen über die Instandsetzungsverfahren

in einigen Merkblättern veröffentlicht haben. In Deutschland hat die Sägefabrik David Dominicus in Remscheid ebenfalls ihre Erfahrungen in vielen Veröffentlichungen zur Verfügung gestellt. Auf Grund der vorliegenden im Literaturverzeichnis erwähnten Merkblätter und Ratgeber der verschiedenen Länder wird der heutige Stand der Instandsetzungsverfahren der Sägen beschrieben unter Hinzufügung der Versuchsergebnisse und Äusserungen der einzelnen Forscher.

### Instandsetzung der Sägen.

Die Instandsetzung der Sägen umfasst folgende Massnahmen. Einspannen der Säge, Ausgleichen der Zahnschärfe, Vorzeichnen der Zahngrundlinie und Vertiefen der Zahnspitzenlinie, Schärpen der Zähne, Schränken der Zähne und Nachprüfen der Säge auf ihre Brauchbarkeit. Im allgemeinen ist die Reihenfolge der Instandsetzungsmassnahmen in allen Ländern die gleiche. Die Ansichten über die Reihenfolge des Schärfens und des Schränkens stehen jedoch miteinander in Widerspruch. In den mitteleuropäischen Ländern wird das Schärpen vor dem Schränken empfohlen. Um das Schränken dem Anfänger zu erleichtern hat man in der Schweiz bei den Waldarbeiterkursen das Schränken vor dem Schärpen zum Gebrauch genommen (Girsberger 1946). In Skandinavien wird dagegen das Schränken vor dem Schärpen geführt (Hultmark 1946, vgl. auch Albrecht 1929). Seppänen (1942 a) verlangt sogar das Schränken als erste Arbeit bei der Instandsetzung. Es ist unbedingt notwendig, die Zahnspitzenlinie und Zahngrundlinie zu allererst auszugleichen. Vollkommen klar ist auch, dass erst nach dem Feilen der Zähne das richtige Schränken möglich ist. Wenn man vor dem Schärpen schränkt, und die Zahnspitzen erst gehobelt sind, kann man die Richtigkeit des Schränkens nicht genau prüfen, und es ist dann eine Nachschränkung unbedingt notwendig. Die Schränkung

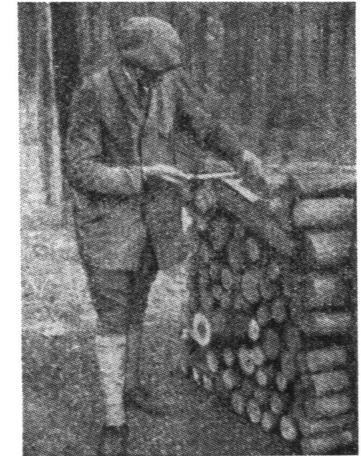


Abb. 21. Die Säge in einem Sägeschnitt eingeklemmt. (Aus: Gläser u. Stentzel: Die Pflege der Waldsäge.)

nach dem Schärfe bietet allerdings wieder den Nachteil, dass die scharfen Kanten der Zahnflanken beim Schränken leicht beschädigt werden können und nachgefeilt werden müssen, es sei denn, das Schränken würde ganz vorsichtig ausgeführt (vgl. Hultmark 1946). Die Reihenfolge der Hauptmassnahmen ist von dem Zustand der Säge abhängig. Die gutgepflegter Sägen werden vor dem Schärfe geschränkt. Die vernachlässigten, abgenutzten Sägen im Gegenteil müssen vor dem Schränken geschärft werden.

### Einspannen des Sägeblattes

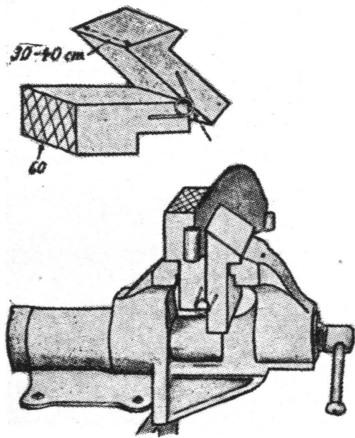


Abb. 22. Schraubstock mit hölzernen Klemmbacken als Einspannvorrichtung. (Aus Gläser u. Steitzel: Die Pflege der Waldsäge.)

die Schärfgabel, die im Wald behelfsmässig aufgebaut werden kann. Zu Hause kann bei der Instandhaltung der Säge ein Schraubstock unter Verwendung hölzerner Klemmbacken zum Einspannen benutzt werden (Abb. 22). Eine ganz einfache Spankluppe wird in Deutschland aus zwei starken Buchenbrettchen, ein paar Eisenwinkeln und einer alten Schlossschraube angefertigt, deren Mutter man auch zu einer Flügelmutter umschmiedet. Ausser solchen Einspannvorrichtungen, die man selbst herstellen kann, gibt es eine Reihe von Sägeschärfluppen, die meist zu unhandlich sind, als dass man sie im Walde herstellen kann. In Deutschland werden die Badische

In allen Ländern ist man der Ansicht, dass das Sägeblatt bei der Instandsetzung einzuspannen ist. Für das Einspannen der Blätter hat man in allen Ländern mehr oder weniger komplizierte Spanvorrichtungen konstruiert. Das einfachste Verfahren, eine Säge einzuspannen, ist, dass man die Säge in einen Sägeschnitt einklemmt. Den Sägeschnitt kann man in einem Scheit machen, das man aus dem Holzstoss nimmt. (Abb. 21). Man kann auch Sägeschnitte in die beiden Stützpfähle eines Holzstosses oder auf die im Schlag stehenden Stümpfe machen und die Säge hineinstecken. Ein leicht herzustellendes Hilfsmittel zum Einspannen der Säge ist in Deutschland



Abb. 23. Die Reppener Schärfluppe an der Karre angebracht. (Aus: Gläser: Die Pflege der Waldsäge.)

Kluppe nach Revierförster Hengst, die Deauner Spanvorrichtung nach Revierförster Schüler und die Reppener Schärfluppe nach Revierförster Birkholz empfohlen (Abb. 23). Die letztgenannte gestattet eine schräge Einspannung der Säge und wird als bestes Gerät für diesen Zweck empfohlen. In Schweden werden auch — besonders von der Firma Sandviken — verschiedene Einspannvorrichtungen hergestellt (Abb. 24). Insbesondere für Bügel- und Scheitersägen wird eine Schärfluppe von Sandviken empfohlen, die man ohne Schrauben oder Krampen in einen Sägeschnitt auf einem Stumpf oder Block festsetzen kann (Abb. 25, 26). In der Schweiz wird häufig ein



Abb. 24. Sandvikens Schärfluppe für Zweimannsägen. (Aus: Sandvikens skogssågar och deras skötsel.)



Abb. 25. Sandvikens Schärfluppe für Spannsägen. (Aus: Sandvikens skogssågar och deras skötsel.)

Sägefeilblock, System Burki, angewandt, der in erster Linie als Feilschemel für die zweckmässige Stellung der Säge beim Feilen sorgt und ein sicheres Festklemmen der Sägeblätter aller Breiten erlaubt (Abb. 27). In den letzten Jahren hat die Forstwirtschaftliche Zentralstelle einen neuen Feilbock entwickelt (Schlumpf 1948). Ähnliche Vorrichtungen werden auch in der Slowakei benutzt. Ausser den erwähnten Vorrichtungen gibt es zahlreiche fabrikmässig hergestellte Einspannvorrichtungen, die oft den Nachteil haben, dass sie im Wald schwer und unhandlich sind.

#### Ausgleichen der Zahnspitzenlinie

Um einen gleichmässigen Sägeschnitt zu erzielen, müssen alle Zähne der Säge gleichmässig hoch sein, anderenfalls springt oder verläuft die Säge. Erste Instandsetzungsarbeit muss daher das Ausrichten der Zahnspitzenlinie sein. Alle Zahnspitzen müssen soweit zurückgestellt sein, bis sie in einer geraden oder gleichmässig gekrümmten Linie

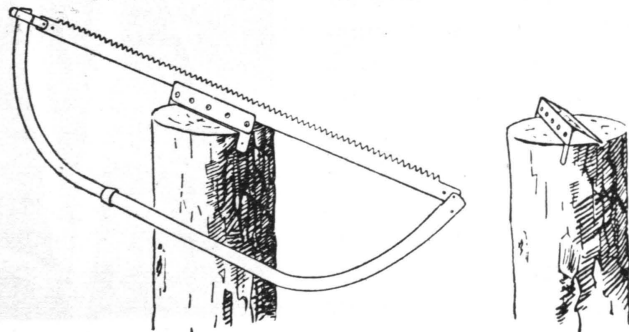


Abb. 26. Sandvikens Schärfluppe für Spannsägen an dem Stock angebracht. (Aus: Sandvikens skogssågar och deras skötsel.)

liegen. Dieses Ausgleichen geschieht mit Hilfe eines Zahnspitzenhobels, den man über die Zahnspitzen solange waagrecht hin und her bewegt, bis jeder Zahn an seiner Spitze einen dreieckigen weissen Punkt aufweist. Die Zahnspitzenhobel werden meistens von den Waldarbeitern selbst hergestellt, indem sie ein Stück Holz an einer Feile befestigen (Abb. 28). In Schweden wird dieser Feilenhalter auch aus Eisen hergestellt (Abb. 29). Wenn die Zahnspitzenlinie krumm ist, muss beim Ausgleichen die ursprüngliche Krümmung innegehalten werden. Es muss stets nachgeprüft werden, ob die Säge ihre richtige gekrümmte Form behalten hat. Zu einer solchen Nachprüfung muss man sich gleich beim Kauf einer Säge eine entsprechende Schablone aus Blech oder Pappe anfertigen, die die ursprüngliche Krümmung der Säge für alle späteren Pflegearbeiten festhält.

Das Ausgleichen der Zahnspitzenlinie bringt automatisch das Ausgleichen der Zahngrundlinie mit sich. Beim Sägen werden die Zähne



Abb. 27. Sägefeilbock aus der Schweiz, System Burki. (Aus: Zehnder: Verwendung und Unterhalt der Säge im Forstbetrieb.)

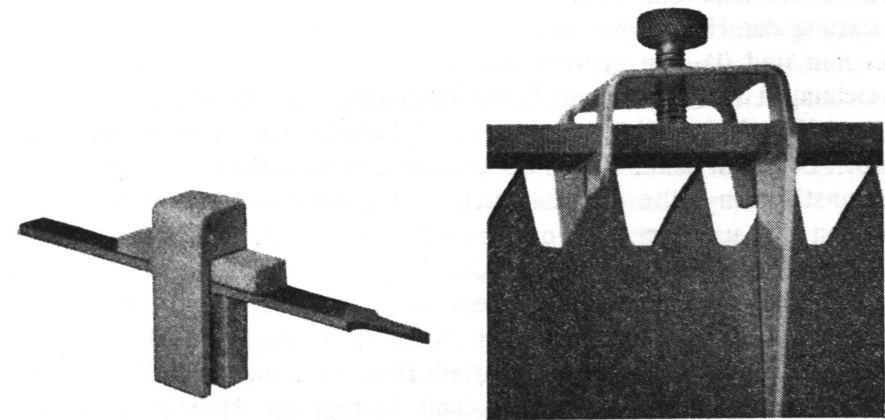


Abb. 28. Schwedischer hölzerner Zahnspitzenhobel. (Aus: Handbok för huggare.)

Abb. 29. Schwedischer eiserner Zahnspitzenhobel. (Aus: Handbok för huggare.)



ungleichmässig abgenutzt, und bei der Instandsetzung müssen Form, Grösse und Spitzenwinkel wieder hergestellt werden. Beim Ausgleichen der Zahngrundlinie müssen dann die Zahnlücken vertieft werden. Um die Neuformung der Zähne gleichmässig zustande zu bringen, ist es notwendig, die Zahngrundlinie auf dem Sägeblatt zu bezeichnen, das heisst diejenige Linie, bis zu der die Zahnlücken zu vertiefen sind. (Abb. 30).

Die Ausgleichen der Zahnschneiden der Raumzähne bei der Hobelzahn-säge wird mit Hilfe eines besonderen Abrichtgerätes ausgeführt (Abb. 31, 32). In seinen Leistungsstudien an Sägen mit Hobelbezeichnung fand S t e n t z e l (1934), dass die optimale Tieferstellung des Hobelzahnes bei Belassung der Schärfkante an der Spitze der Schärzfähne und bei Hobelzahnschneiden, die nicht etwa durch Stauchung verbreitert worden sind, in Kiefer 1.3 mm und in Buche unter 0.5 mm betrug. Nach G l ä s e r u. S t e n t z e l (1939) beträgt die beste Hobeltiefe in Kiefern- und Fichtenholz 0.8 mm, in Buchenholz etwa 0.4 mm und in Eichenholz 0.6 mm bei einem Schärfwinkel von 35°. Ein grösserer Schärfwinkel verlangt eine kleinere Hobeltiefe (vgl. S t e n t z e l 1939 a). In der Schweiz wird die Hobeltiefe von 0.4—0.6 mm für Hartholz und von 0.8 mm für Weichholz empfohlen (Z e h n d e r 1945). Bei den Versuchen, die in Schweden bei der Firma Sandviken und in Finnland von der Gesellschaft der Arbeitsförderung angestellt worden sind, wurde das beste Sägeergebnis mit dem Scheitersägeblatt Nr. 129 von Sandviken erreicht, und zwar in frischem Kiefernholz eine Hobeltiefe von 0.50 mm und in frischem leicht gefrorenem Kiefernholz eine Hobeltiefe von 0.45 mm (S e p p ä n e n 1943). Nach den Untersuchungen von Värmlands Skogsarbetsstudier, bei denen die Leistung der Hobelsägen mit Hobeltiefen von 0.1 mm, 0.2 mm, 0.3 mm, 0.4 mm und 0.5 mm geprüft wurde, beeinflussten die sehr kleinen Abweichungen von der bestmöglichen Hobeltiefe die Leistung so sehr, dass es zweifelhaft erscheint, ob man die Hobelzahn-sägen günstig bei Waldarbeit benutzen kann. Wegen der grossen Eigenschaftsunterschiede in den Baumstämmen sollte die Hobeltiefe von Stamm zu Stamm gewechselt werden (S t u d i e r i s k o g s b r u k e t s a r b e t s l ä r a). — Nach C h o d o r o v s k i j (1935) muss die Hobeltiefe bei weichem Holz grösser sein als bei hartem und gefrorenem Holz, schwankend von 0.5 mm bis 1 mm. Nach den amerikanischen Angaben beträgt die Hobeltiefe in weichem Holz 0.55 mm und in hartem Holz 0.35 mm. (Vgl. F i l n i n g e n a v S a n d v i k e n s —). In Russland beträgt die Hobeltiefe bei den Scheitersägeblättern nach T o n k e l (1934 a) in hartem und gefrorenem Holz 0.3—0.6 mm und in weichem Holz etwa 1 mm.

Nachdem die Raumzähne verkürzt worden sind, erfolgt die Vertiefung des Dreiecksspalt zwischen den Schneiden der Raumzähne soweit, wie die weissen Flächen an den Schneiden breit sind. Nur eine weisse fadenstarke Linie, die genau senkrecht zum Sägeblatt steht, muss an der Spitze zurückbleiben.

#### V e r t i e f e n d e r Z a h n l ü c k e n

Das Vertiefen der Zahnlücken kann bei gut gepflegten Sägen im Zusammenhang mit dem Feilen durchgeführt und die Zahnlücken heruntergefeilt werden, so dass zwischen den Zähnen keine Rückstände, sogenanntes Zahnfleisch, entstehen kann. Bei vernachlässigten Sägen dagegen müssen

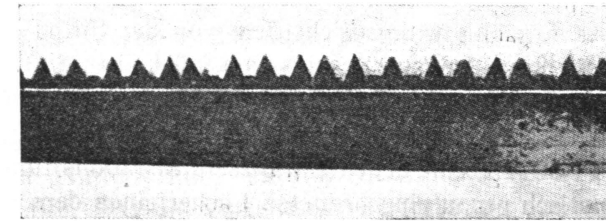


Abb. 30. Die auf dem Sägeblatt bezeichnete Zahngrundlinie, bis zu der die Zahnlücken zu vertiefen sind. (Aus: Aro, Brander u. Willman: Metsätyökäluopas.)

die Rückstände mit der schmalen Kante der Feile vor dem Schärfen ausgefeilt werden. Man kann sich diese Arbeit mit Hilfe einer Z a h n s t a n z e erleichtern. Nur muss man darauf achten, dass man nicht nur die Zahngrundlinie selbst stanzt und dass die Stanze immer scharf schneidet. Der beim Stanzen erzeugte Schärfrat wird mit der Feile entfernt. Die Lücke wird dann mit der Feile ausgeglichen und bis zur Zahngrundlinie nachgearbeitet. Bei der Vertiefung der Zahnlücke muss darauf geachtet werden, dass die Zähne die ursprüngliche Grösse des Zahnschneidwinkels, die Höhe und Form sowie die Lücke selbst ihre ursprüngliche Form und Grösse behalten und ganz glatt ohne Rückstand bleibt. Der scharfe Dorn in der Lücke lockert das Sägemehl und stösst es auf den Grund der Schnittnut, die Bewegung der Säge erschwerend.

Um das Vertiefen der Zahnlücke zu erleichtern, haben einige Sägefabriken perforierte Sägeblätter hergestellt. Besonders bei den amerikanischen Sägen kommt die Hinterlochung oft vor. Nach den Untersuchungen von K a s t (1896) leisteten die perforierten Sägen der



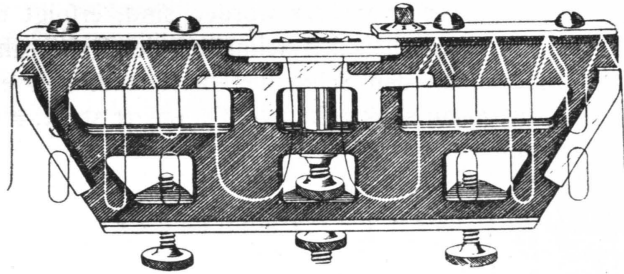


Abb. 31. Abrichtgerät für Hobelbezeichnung der Nichtspannsägen.  
(Aus: Handbok för huggare.)

Firma J. D. Dominicus & Söhne fast durchweg weniger als die nicht perforierten. Dieses Ergebnis widerspricht dem von der Firma J. D. Dominicus & Söhne in ihrem Preisverzeichnis von 1894 über die Perforierten Sägen Gesagtem. Es heisst dort: »Die wesentlichen Vorzüge unserer rationell fabrizierten perforierten Sägen sind: eine wesentliche Ersparnis an Feilen und an Feilarbeit, eine bedeutend bessere Instandhaltung der Säge, da die mathematisch genau eingeordneten Löcherreihen dem Sägenscharfer als Führer dienen, und dadurch das sonst nur zu häufig vorkommende Verfeilen der Zähne vermieden wird sowie eine leichtere Herausbringung des Sägemehls aus dem Schnitt verursacht, woraus eine ganz bedeutende Mehrleistung der perforierten Sägen bei leichterer Arbeit gegenüber nicht perforierten Sägen folgt.« Mit dem ersten Teil des erwähnten Satzes war K a s t vollständig einverstanden. Über das leichtere Herausbringen des Sägemehls ist er der Meinung, dass infolge der Durchlochung des Sägeblattes eine grosse Anzahl scharfer Kanten entsteht, welche die Reibung erhöhen. Durch die vielen Unterbrechungen beim Ablösen während der Fabrikation bleibt das Material nach Mitteilung der Firma nicht so hart wie bei einer nicht durchbrochenen Säge. Nach K a s t bringt das Perforieren an sich und unmittelbar keinen Vorteil, aber mittelbar nach längerem Gebrauch der Sägen, indem dadurch ihre Instandhaltung wesentlich erleichtert wird. Bei den Versuchen von K a s t zeigte sich nur in wenigen einzelnen Fällen bei hinterlochten Sägen eine geringe Mehrleistung in den Buchen. Dieses Verhalten erklärt er dadurch, dass die Schnittfläche bei Buche glatter ist als bei Nadelholz, und dass infolgedessen auch die Reibung geringer ist. Bei den Versuchen von Gerlinghoff (1926) haben die perforierten Sägen sich auch nicht bewährt. Im Durchschnitt leisteten sie um 30 % weniger als die gleichen nicht perforierten. Ger-

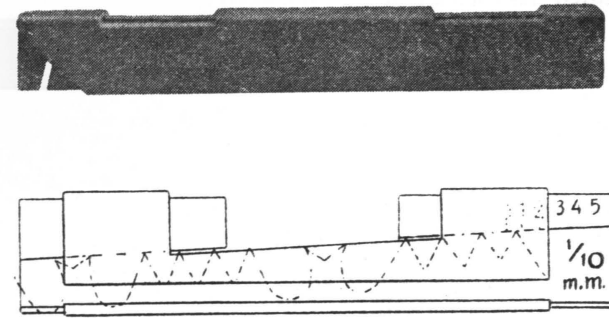


Abb. 32. Abrichtgerät für Hobelbezeichnung der Spannsägen.  
(Aus: Handbok för huggare.)

linghoff ist der Ansicht, dass perforierte Sägen besser in gutem Zustand zu halten sind, bezweifelt aber, ob der genannte Vorteil eine Minderleistung von 30 % aufhebt und die Beibehaltung der perforierten Sägen rechtfertigt. Bei den Versuchen von Fuchs (1927) wurde kein Einfluss der Hinterlochung auf die Leistungsfähigkeit festgestellt. Es ergibt sich also, dass die Vorteile der Perforierung des Sägeblattes zweifelhaft sind. Die Perforierung erleichtert tatsächlich das Vertiefen der Zahnluken, aber das in den Löchern festgeklemmte Sägemehl verursacht eine grössere Reibung beim Sägen. Diese Sägen werden von den europäischen Waldarbeitern nicht geschätzt und nur wenig benutzt. ¶

Der Spitzenwinkel der Sägezähne wechselt nach dem Sägemodell. Nach K a s t (1896) ist der Zahnsitzenwinkel neben der Güte des Sagematerials der ausschlaggebende Faktor bei der Sägeleistung. Die Minderleistung im Nadelholz ist bei seinen Versuchen in erster Linie dem zu stumpfen Zahnsitzenwinkel zuzuschreiben. Als wichtigstes Ergebnis bei seinen Untersuchungen glaubt K a s t mit Sicherheit bezeichnen zu können, dass die Grösse des Zahnsitzenwinkels von besonders hervorragendem Einfluss ist, und dass der Zahn im allgemeinen steil gebaut sein muss. Nach von Monroy (1925) ist die Schneidefähigkeit desto grösser, je spitzer der Zahnsitzenwinkel ist. Sehr häufig kommt bei den Sägen der Spitzenwinkel von 45° vor. In Russland schwankt er nach Chodorovskij (1935) zwischen 35 u. 65°, am meisten empfohlen wird derjenige von 45°. Nach den neuesten Untersuchungen von Stentzel (1939) wird für den Dreieckszahn in Deutschland ein Spitzenwinkel von 38° empfohlen. Für die Schneidezähne der Hobelbezeichnung im Weich- und Hartholz hat Stentzel als günstigsten Spitzenwin-

kel  $70^\circ$  gefunden (Gläser u. Stentzel 1939, Stentzel 1939 a, F.Z. 1948). Pedder (1932) empfiehlt für Weichholz einen Spitzenwinkel von  $40^\circ$  und für Hartholz von  $50^\circ$ .

### Schärfen der Zähne

Jede einzelne Bezahlungsform der Säge erfordert ein besonderes Schärfungsverfahren. Da die Dreiecks- und Hobelbezahlung die üblichsten Bezahlungen bei den Waldsägen sind, wird hier das Hauptgewicht auf die Beschreibung dieser Bezahlungen gelegt. Für das Feilen der Sägezähne werden in allen Ländern Flachfeilen, Messerfeilen oder Schwertfeilen benutzt (Abb. 33). Zum Schärfen der unterbrochenen Dreieckszähne sind die Flachfeilen mit einer schmalen Arbeits-

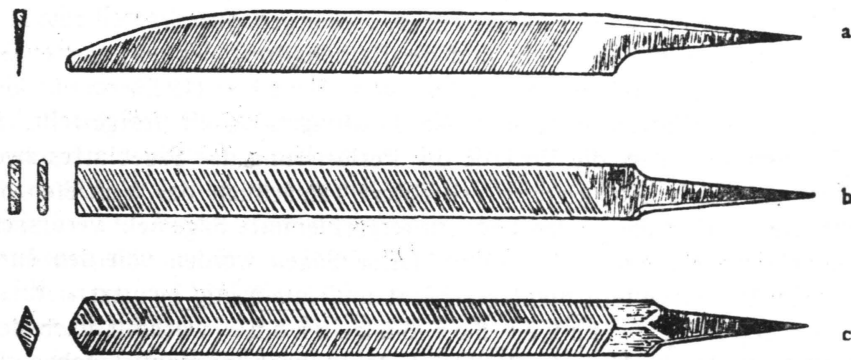


Abb. 33. Feilen zum Schärfen der Sägezähne: a. Messerfeile, b. Flachfeile, c. Schwertfeile.

kante vorzuziehen. Für die fortlaufende Dreiecksbezahlung und für andere Bezahlungsformen mit Spitzenzahnlücken müssen Messer- oder Schwertfeilen verwendet werden. Zum Vertiefen der runden und viereckigen Zahnlücken in einigen Bezahlungsformen muss man entweder Flachfeilen mit runden oder viereckigen Arbeitskanten oder besondere runde und vierkantige Feilen verwenden. Das Schärfen der Schneidflanken des gekehlten M-Zahnes erfolgt mit Hilfe der flachen Schwertfeile. Die Feilen sind gewöhnlich entweder mit Einhieb oder Kreuzhieb versehen. Für das Schärfen der Waldsägen werden im allgemeinen Feilen mit Einhieb empfohlen. Der Kreuzhieb verursacht beim Schärfen kleine Rillen. Nach Gläser u. Stentzel (1939) sollen die Feilen aus hochwertigem

Gussstahl von mindestens 1,5% Kohlenstoffgehalt mit Chromzusatz hergestellt werden. Feilen aus Flusstahl sind ungeeignet. Der Hieb der Feilen soll nicht zu fein sein, darf aber auch nicht zu grob sein. Nach Gläser u. Stentzel muss die Zahl der Hiebe je 1 cm Feilenlänge 20—24 betragen. Nach Zehnders Untersuchungen (Ki. 1948) die Handhabung der Säge und das Können des Sägefeilers viel wichtiger für die Sägeleistung sind als die Hiebsdichte der verwendeten Feilen. In der Praxis wird die Dreikantfeile noch sehr häufig verwendet. Nach meinen Untersuchungen (Aro 1941) betrug der Anteil der Dreikantfeilen in Finnland 61% der gebrauchten Feilen. Ihr Gebrauch wird jedoch nirgends empfohlen, denn mit ihr kann man kaum waagrecht feilen, ohne den Nachbarzahn zu beschädigen, und die richtige Richtung ist mit ihr schwer einzuhalten, weil sie sich am Ende bogenförmig verjüngt (Gläser u. Stentzel 1939). Die Anwendung der Dreikantfeile hat meist zur Folge, dass die Sägezähne fortlaufend abnehmen und sich verjüngen, weil das Herunterfeilen des Zahngrundes mit dieser Feile besonders schwierig ist, und durch die Dreikantfeilen leicht in den Zahnlücken das sogenannte Zahnfleisch erzeugt wird. Die ausgedehnte Verbreitung dieser Feile, besonders in Finnland, ist auf ihren niedrigen Preis zurückzuführen und auf die Tatsache, dass sie fast in allen Geschäften zu bekommen ist.

Die Zweimannsägen werden in Spannvorrichtungen gefeilt. In Schweden wird das Blatt in der Vorrichtung so befestigt, dass es im Winkel von  $45^\circ$  von dem Feiler fortstrebend aufliegt. Die Einspannvorrichtungen sind dafür konstruiert. Wie erwähnt, gestattet auch die Reppener Schärfluppe eine schräge Einspannung der Säge. Die Bügel- und Scheitersägeblätter werden gewöhnlich in einem Bügel oder Rahmen eingespannt und mit den Händen so angefasst, dass man mit der linken Hand das Blatt in der Feilstelle stützt und mit der rechten Hand die Feilarbeit ausführt. Sandvikens Schärfluppe Nr. 127 ist besonders für das Schärfen der Bügel- und Scheitersägeblätter vorgesehen. Es ist beim Feilen in dieser Schärfluppe nicht notwendig, das Sägeblatt von dem Bügel oder Rahmen zu befreien. Die Schärfluppe ist auf alle Winkel einstellbar (Abb. 24) (Sandvikens Skogssågar).

Beim Schärfen der Sägezähne wird dem Zahn ein Schrägschliff gegeben, indem man von der Zahnflanke, die nach dem Stanzen rechtwinklig zur Blattebene steht, von der einen Seite so viel wegfeilt, dass die Zahnflanke einen mehr oder weniger spitzen Winkel mit der Blattebene bildet. Beim Feilen der Zahnflanken der Dreieckszähne können drei ver-

schiedene Verfahren in Frage kommen. 1. Die ganze Flanke wird gleichmässig gefeilt, so dass die Schneidekante vom Grund bis zur Spitze scharf hinausläuft (Abb. 34 a). 2. Die ganze Flanke wird so gefeilt, dass die Schärffkante nur an der Zahnspitze scharf wird, aber am Zahngrund stumpf bleibt und eine Dreiecksform zeigt (Abb. 34 b). 3. Nur der oberste Teil, das heisst ein Drittel von der Zahnflanke, wird zur scharfen Schneidekante gefeilt (Abb. 34 c).

Die Meinungen über die Schärfverfahren sind sehr verschieden. Das erste Verfahren, nach dem die ganze Zahnflanke vom Grund bis zur Spitze

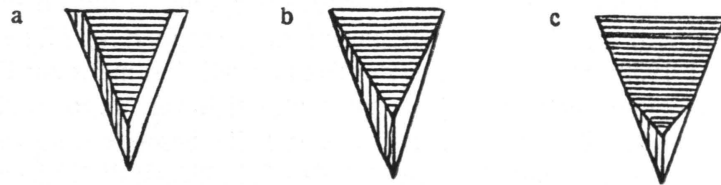


Abb. 34. Verschiedene Schärfverfahren des Dreieckszahnes: a. Die ganze Flanke zur scharfen Schneidekante gefeilt, b. Die Flanke nur an der Zahnspitze zur scharfen Schneidekante aber am Zahngrund stumpf gefeilt, c. Nur der oberste Teil der Zahnflanke zur scharfen Schneidekante gefeilt.

scharf gefeilt wird, ist überall üblich, und auch am leichtesten durchzuführen. Die schwedischen Sägefirmer (Sandvikens skogssågar, Om skötsel av Fagersta Skogssågar) empfehlen aber das zweite Verfahren, das früher auch in Deutschland viel vertreten war und das der doppelten Aufgabe des Zahnes mehr entspricht (vgl. Studier i skogsbrukets arbetslära). Der Sägezahn hat ja die Aufgabe, nicht nur die Holzfaser zu zerschneiden, sondern auch das Sägemehl aus der Sägerinne zu räumen. Der Zahn kann nur mit der Spitze schneiden, und die stumpfe Kante dient besser zum Räumen (vgl. Spak 1940). Das gleichmässige Feilen der Zahnflanken vom Zahngrund bis zur Spitze ist natürlich für den Arbeiter viel leichter, und er kann auch beim Feilen die Zahnücke und die Zahnform leichter beibehalten, ebenso wie den richtigen Schärffwinkel. Das zweite und dritte Verfahren erfordern aber schon viel genauere Arbeit. Sie können nur dort empfohlen werden, wo für die Instandhaltung der Säge besondere Instandsetzer zur Verfügung stehen (vgl. Aro 1942 d, Hultmark 1946). Stentzel (1939) hat Untersuchungen über die Schnittleistung des Dreieckszahnes

mit Sägen gemacht, bei denen die oberste Spitze des Zahnes flach gefeilt war und der Rest der Flanken gegen den Zahngrund hin unverändert zunächst in der ursprünglichen Form blieb. Die Versuche zeigten, dass sich dadurch im Kiefernholz regelmässig ein Arbeitsgewinn von etwa 6 % erzielen liess, bei Verringerung der erforderlichen Zugkraft. Ein steileres Anschärfen der unteren Flanken verringert den Kraftaufwand weiter, aber nicht den Schnittwiderstand. In Buche dagegen erhöhte diese Schärfarbeit den Arbeitsaufwand bei scharfer Senkung der Horizontalkraft. Stentzel ist der Ansicht, dass ein ähnlicher Erfolg auch von der früher allgemeinen Schärfarbeit zu erwarten ist, bei der lediglich die Zahnspitzen gefeilt wurden, wobei die Zahnflanken nach unten zu immer weniger und zuletzt von der Feile gar nicht angeschrägt wurden. Er ist der Ansicht, dass sich der mangelhaften Lückenvertiefung und Verflachung des Zahnsitzenwinkels durch Einführung entsprechender Lehren begegnen lässt. Den Misserfolg dieser Schärfarbeit bei seinen Versuchen führt er auf mangelhafte Ausführung zurück. Chodorovskij (1935) empfiehlt die erste Methode, die die Schärfung viel einfacher macht und den Schärffwinkel leichter beibehalten lässt (vgl. auch Stentzel u. Gläser 1939). Er sagt jedoch, dass besonders der oberste Teil des Zahnes, der beim Sägen schneidet, gut geschärft werden muss. Das beste Verfahren nach ihm scheint jedoch das zweite Verfahren zu sein, es kann aber nur in Frage kommen, wenn die Schärfung von besonders eingetübten Instandsetzern durchgeführt wird, die die Zahnform und den Schärffwinkel beibehalten können. Bei den schwedischen Untersuchungen von Värmlands skogsarbetsstudier waren die Sägezähne nach dem zweiten Verfahren geschärft. Die Versuche über den Einfluss der Breite der Zahnflanke (winkelrechte Entfernung der Schneidekante von dem Punkt, wo die Schärffphasen zusammenstossen) auf die Leistung ergaben, dass die günstigste Breite für die Zahnflanke der Bügelsäge 1.15 mm in ungefrorenem und gefrorenem Holz ist, für die Zahnflanken der Schneidekante des Zahnes von Fuchsschwanz 1.70 mm und für die Zahnflanke der nichtschneidenden Kante 1.50 mm (Studier i skogsbrukets arbetslära).

Die Ansichten und Untersuchungsergebnisse über die Grösse des Schärffwinkels sind sehr verschieden. Als allgemeine Regel gilt, dass der Schärffwinkel für hartes Holz grösser sein muss als für weiches Holz. Die Untersuchungen von Iffa (Hampe 1933, Gläser 1934) haben für Hartholz einen Schärffwinkel von 70—80° und für Weichholz 60° ergeben. Die



späteren Untersuchungen von Stentzel (1939) führten zu dem Schluss, dass der Schärfwinkel der Dreiecksbeziehung von  $70\text{--}80^\circ$  für Hartholz zu gross ist. Der Schärfwinkel für Weichholz bleibt unverändert  $60^\circ$  und für Hartholz scheint derselbe Winkel zu gelten; weil die Frage der Schnittfähigkeit und der hierfür erforderlichen Blattstärke noch nicht geklärt worden ist, empfiehlt er den Winkel für Hartholz zunächst nur auf  $70^\circ$  zu verringern. In den Merkblättern Deutschlands, Schwedens, der Slowakei und der Schweiz wird bei der Dreiecksbeziehung für weiches Holz ein Winkel von  $60^\circ$  und für hartes Holz ein Winkel von  $65\text{--}75^\circ$  empfohlen. In Russland wechselt der Schärfwinkel in der Praxis zwischen  $45$  und  $65^\circ$ . Für weiches Holz empfiehlt Chodorovskij (1935)  $50^\circ$  und für hartes Holz  $55^\circ$ . Nach ihm ist die Leistung einer Säge mit einem Schärfwinkel von  $45^\circ$  um  $12\%$  grösser als diejenige einer Säge mit  $50^\circ$ , dagegen ist die Leistung bei einem Schärfwinkel von  $55^\circ$  um  $14\%$  und von  $65^\circ$  um  $20\%$  geringer. Der Kraftaufwand bei  $65^\circ$  ist höher. Die hohen Leistungen bei dem Schärfwinkel von  $45^\circ$  sind bloss beim kurzfristigen Sägen erreicht worden. In Finnland habe ich für Kiefern- und Fichtenholz einen Schärfwinkel von  $54\text{--}60^\circ$  und für Birkenholz  $60^\circ$  oder etwas darüber gefunden (Aro 1942c). Pedder (1932) empfiehlt  $55\text{--}60^\circ$  und Sepänen (1946)  $60^\circ$ .

Die Zahnflanken der Schneidezähne der Hobelbeziehung werden nach dem dritten Verfahren des Feilens der Dreieckszähne so gefeilt, dass ein Drittel von der Zahnflanke scharf wird. Da die Schneidezähne zum Schärfen und gar nicht zum Räumen dienen sollen, kann der Schärfwinkel sehr flach sein. Das Mass des Schärfwinkels ist von der Stahlqualität abhängig und nicht feststehend. Es schwankt in Deutschland zwischen  $35^\circ$  und  $45^\circ$  je nach Stahlgüte. Für erstklassigen Stahl werden in Deutschland  $35^\circ$  empfohlen. Wenn die beiden Zahnflanken gefeilt sind, wird noch die Schärfkante, die im Zusammenstoss der beiden Schärfphasen entsteht, abfeilt bis auf  $1\text{--}2$  mm von der Spitze. Das Entfernen der Schärfkante geschieht, damit jedes Räumen durch die Schneidezähne sicher vermieden wird. Nach Angaben von Gläser u. Stentzel (1939) erhöht sich die Sägeleistung um etwa  $4\%$ . Schliesslich werden die Raumzähne geschärft. Die Feile wird schräg nach der Schneide der Zähne zugeführt. Die bei Verkürzung der Raumzähne zurückgelassene weisse Linie soll verschwinden, so dass die Schneidekante der Raumzähne wirklich senkrecht zum Sägeblatt steht und gleich hoch ist. Der Feilstrich erfolgt etwas

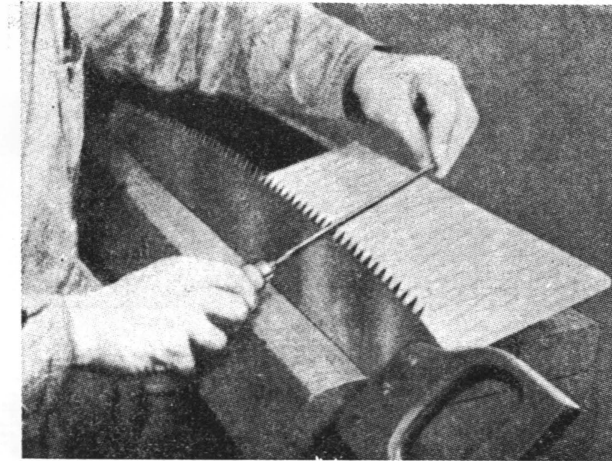


Abb. 35. Richtige Handhabung der Feile bei Ausführung des Schärfens (Aus: Sandvikens skogssågar och deras skötsel.)

früher als die ausgefeilte Innenflanke des Räumers anzeigt, also etwa in einem Winkel von  $40^\circ$  zur Zahnlinie.

Beim Schärfen der Zweimannsäge in der Einspannvorrichtung wird die Feile mit zwei Händen so gefasst, dass die eine Hand das Heft hält und die andere die Spitze. Die Feile wird leicht aber kräftig vom Zahngrund zur Zahnschneide, fest am Zahn haftend, über die Zahnflanke geschoben und am Ende der Feilbahn nach oben abgehoben und frei zurückgeführt. Um die zweckmässige Richtung der Feile beim Schärfen einzuhalten, so dass jeder Zahn den für die gegebenen Verhältnisse geeigneten Schärfwinkel erhält, wird in allen Ländern, besonders für ungeübte Arbeiter, ein Schärfgitter empfohlen, auf dem die Striche, die die Grösse des Schärfwinkels zeigen, aufgezeichnet sind. (Abb. 35). Das Schärfgitter wird hinter dem Sägeblatt befestigt und die Feile gleichlaufend mit den Strichen des Schärfgitters geführt, bis der weisse Punkt an der Zahnschneide verschwindet. Ein Schärfgitter besteht aus einem Brettchen, einem Stück Pappe oder dergleichen, auf dem eine Anzahl gleichlaufend sich kreuzender Linien mit der Kante des Schärfgitters den Schärfwinkel einschliesst, und zwar einmal rechtsherum und einmal linksherum. Dieses Schärfgitter wird in der einzelnen Vorrichtung hinter dem Sägeblatt befestigt. In vielen fabrikmässig hergestellten Einspannvorrichtungen sind Schärfgitter angebracht. Wenn alle Zähne, deren Schärfkanten auf der Rückseite des Blattes liegen, links- und rechtsseitig gefeilt worden sind,



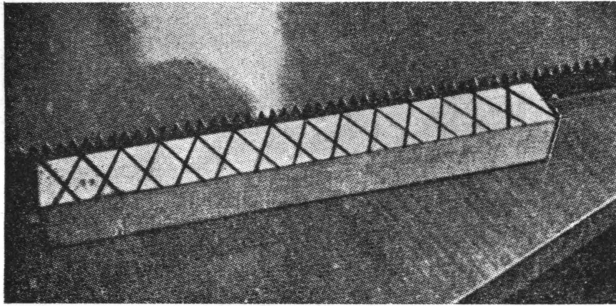


Abb. 36. Schärfgitter für Spannsägen, konstruiert von Aro.

wird die Säge umgedreht, um die nach der anderen Seite gerichteten Zähne zu feilen. In der Schweiz werden die Waldarbeiter gelehrt, die linken Zahnflanken stets rechtshändig und die rechten Zahnflanken stets linkshändig zu feilen. Man behauptet, dass dadurch eine gute Sicht auf die Zahnschneiden vorhanden ist, und die Bildung von regelmässigen Feilflächen unter genau gleichem Schärfwinkel gewährleistet wird (Zehnder 1936, 1937). Das Feilen der Schneidezähne der Säge, die nicht in eine Spannvorrichtung eingestellt ist, wird mit der rechten Hand durchgeführt, während das Blatt mit der linken Hand gestützt wird (Abb. 37). Man hat auch für das Einhalten der Feilrichtung für Spannsägen Schärfwinkelschablonen konstruiert. Eine Schärfgittervorrichtung, die man am Sägeblatt aufhängen kann, ist in Deutschland unter dem Namen »Schärfkante nach Reising« im Handel. Ich habe für das Scheitersägeblatt eine Schärfgittervorrichtung konstruiert, die aus einem 30 cm langen vierkantigen Holzstück hergestellt ist, auf dessen beiden Seiten die Schärfgitterlinien für Weich- und Hartholz aufgezeichnet sind. In den Rand des Holzstückes ist eine Rinne gesägt. Das Sägeblatt läuft in der Rinne, und man kann die Vorrichtung beim Schärfen mit der linken Hand festhalten und je nachdem weiterschieben, wie das Schärfen fortschreitet (Abb. 36). Das Schärfen geschieht sonst in der gleichen Weise wie bei den Zweimannsägen, und muss, wie immer, bei gutem Licht durchgeführt werden. Gleich nach dem Schärfen oder auch schon während des Schärfens, muss der entstandene Grat an der Schneidekante entfernt werden. Dies geschieht durch schräges Wetzzen mit der ungehauenen Feilenspitze oder einem Messer vor und hinter der Schneidekante. In Deutschland wird von Stentzel (1939 a, 1948 a, 1948 b) das Wetzzen der Sägezähne mit dem Wetzstein an der ungeschärften



Abb. 37. Schärfen der Bügelsäge ohne Einspannvorrichtung.  
(Aus: Sandvikens skogssågar och deras skötsel.)

Seite der Zähne empfohlen, weil es den Schnittwiderstand bedeutend verringert (vgl. Ki. 1948). Zum Nachprüfen des richtigen Schärfwinkels sind verschiedene Schärflehren konstruiert (Abb. 38).

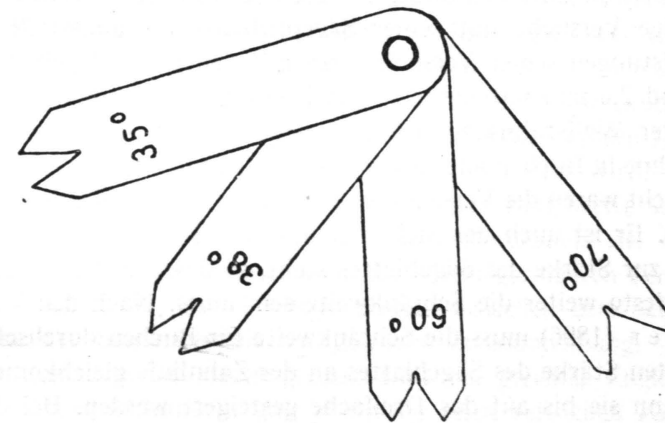


Abb. 38. Lehren für Schärff- und Spitzenwinkel bei Dreiecks- und Hobelzähnen.  
(Aus: Gläser u. Stentzel: Die Pflege der Waldsäge.)

#### Schränken der Zähne

Die zweite bedeutende Arbeit bei der Instandsetzung der Sägen ist das Schränken. Beim Schränken werden die Sägezähne rechts und links herausgebogen. Das Schränken hat den Zweck, die Rei-

bung des Sägeblattes an den Wänden des Sägeschnittes zu vermeiden. Da die Reibung um so grösser ist, je langfaseriger das Holz ist, muss der Schrank bei weichem Holz, das eine rauhe Schnittfläche ergibt, weiter sein als bei hartem, kurzfasrigem Holz mit glatter Schnittfläche. Durch Dünnerschliff des Sägerückens hat man die Reibung schon teilweise vermeiden können. Die Grösse des Schrankes beziehungsweise die Schränkweite ist abhängig von der Holzart, vom Stammdurchmesser, von der Zahnform, der Breite und dem Schliff des Sägeblattes sowie von der Geschicklichkeit des Arbeiters. Bei den früheren Sägeversuchen hat man ausserordentlich wenig Aufmerksamkeit auf den Schrank der Säge gerichtet und erst nach dem ersten Weltkrieg hat man diesbezügliche Untersuchungen durchgeführt. Viele Forscher machen keine Angaben über die Schränkweite der Versuchssägen. Bei den Versuchen von Hess (1875) schwankte die Schränkweite zwischen 2.5 und 4 mm, die Blattstärke zwischen 1 und 3 mm. Hess ist der Meinung, dass der Schrank, der für frisches Holz bestimmt ist, für gefrorenes Holz enger sein könnte. Lorey (1876/77) hat die Bedeutung des Schrankes für die Sägeleistung bestätigt und deswegen einige Versuche mit seiner Sägeprüfmaschine angestellt. Er hat die Sägeleistungen seiner Versuchssägen mit den Schränkweiten 1.2 mm, 1.5 mm und 2.0 mm miteinander verglichen und hat gefunden, dass die Leistung der Wolfszahnsäge sich mit zunehmender Weite steigert. Für Dreieckszähne in Buchenholz ist die mittlere Schränkweite die beste. Nach seiner Ansicht waren die Versuche zu gering, um entscheidende Ergebnisse zu erzielen. Er ist auch der Meinung, dass die Schränkweite in direkter Beziehung zur Stärke des Sägeblattes steht, so dass, je stärker das Sägeblatt ist, desto weiter die Schränkweite sein muss. Nach den Versuchen von Gayler (1896) muss die Schränkweite für Buchen durchschnittlich der doppelten Stärke des Sägeblattes an der Zahnlinie gleichkommen, für Kiefern kann sie bis auf das Dreifache gesteigert werden. Bei den Versuchen von Kast (1896) war der Schrank den einzelnen Holzarten angepasst, überschritt aber nie das Doppelte der Blattstärke an der Zahnseite. Von Monroy hatte auch nach Gläser (1932) für Hartholz eine Schränkweite von doppelter Blattstärke, also einen Schrank von der halben Blattstärke, und für Weichholz von gleicher Grösse wie die Blattstärke. Bei amerikanischen Sägen mit Hobelbezzahnung findet von Monroy (1926) bei Weichholz einen Schrank von einem Drittel und bei Hartholz von einem Viertel der Blattstärke. Graf (1927) hat auch

den Schrank auf seiner Versuchsmaschine untersucht. Er findet für Fichtenholz mit 70 % Feuchtigkeit 0.75 mm und für Buchenholz 0.3 mm als günstigsten Schrank. Er meint, dass der Schrank im Walde eher etwas grösser als kleiner zu wählen sei. Strehlke (1929) ist für Kiefer auf einen Schrank von 0.55 mm gekommen. Der Gedanke, den Schrank mit Hilfe einer Versuchsmaschine zu untersuchen, den Lorey (1876/77) und Graf (1927) verwirklicht haben und den Strehlke (1929) auch empfiehlt, ist nach der Ansicht von Gläser (1932) nicht richtig. Er selbst hat dagegen seine Untersuchungen über den Schrank mit Versuchspersonen durchgeführt. Er hat Versuchssägen mit einem Schrank von 0.25 mm, 0.35 mm, 0.45 mm und 0.65 mm geprüft und ist zu folgendem Schluss gekommen: Die Leistung wächst allgemein mit abnehmendem Schrank. Bei allen drei Arbeitsrotten — mit einem Schrank von 0.25 mm — wurde das Optimum der Leistung in den geringeren Durchmessern unter 30 cm noch nicht überschritten. Bei der eingearbeiteten Rotte war der Leistungsgewinn bei abnehmendem Schrank in den starken Durchmessern viel grösser (17 %) als in den geringeren Stärken (7 %). Im grossen und ganzen sind die Leistungsunterschiede infolge verschiedenen Schrankes nicht sehr erheblich. Er ist der Ansicht, dass der zweckmässigste Schrank der Waldsägen zum grossen Teil individuell bedingt ist. Je geschickter die Arbeiter und je besser sie aufeinander eingearbeitet sind, desto weniger Schrank benötigen sie. Es ist nicht zweckmässig, den Arbeitern bestimmte Schrankweiten vorzuschreiben, sondern streng darauf zu achten, dass möglichst gleichmässig geschränkt wird. Gläser vermutet, dass, da die Reibungsarbeit mit der Blattbreite wächst, bei grösserer Blattbreite ein weiterer Schrank erforderlich ist, das heisst bei schmalen Sägeblättern kann man mit einem geringeren Schrank auskommen. Nach Stentzel (1935) besteht zwischen dem Schrank und der Grösse des Schärfwinkels ein gewisser Zusammenhang. Je flacher der Zahn geschärft ist, desto grösser sind bei gleicher Zugkraft seine seitlichen Beanspruchungen, und je stärker seine seitlichen Kräfte sind, desto schneller lässt der Schrank nach.

Im allgemeinen schwankt die Grösse des Schrankes zwischen 0.2 und 0.7 mm. Dies bedeutet, dass die Zahnspitzen etwa 0.2—0.7 mm über die Blattebene herausgebogen werden müssen. Bei dünner geschliffenen Rücken kann der Schrank noch kleiner sein. Nach den neuesten Versuchen in Schweden (Studieriskogsbrukets arbetslära) wird als Standardwert für den Schrank der Bügelsägen in gefrorenem Holz 0.15 mm, in ungefrorenem Holz 0.20 mm

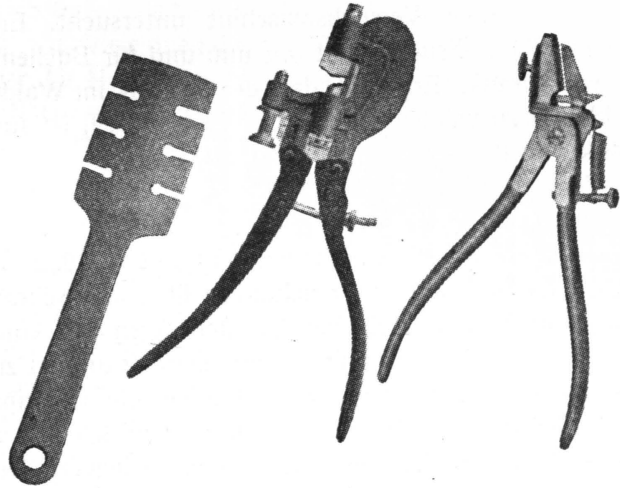


Abb. 39. Zwei Modelle von Schränkzangen und Schränkeisen. (Aus: Sandvikens skogssågar och deras skötsel.)

und für den Schrank der Fuchsschwänze entsprechend 0,20 und 0,25 mm empfohlen (vgl. B.F. 1946). In Finnland habe ich gefunden, dass für Nadelholz 0,2 mm und für Birken- und gefrorenes Holz 0,1 mm und 0,15 mm für den Schrank der Scheitersägen ausreichen (Aro 1942 c). In Russland werden nach Tonkel (1934 a) die Scheitersägeblätter im Winter mit 0,1—0,2 mm und im Sommer mit 0,2—0,4 mm geschränkt. Für Schrotsägen empfiehlt Pedder (1932) im Weichholz 1 mm und im Hartholz 0,5—0,6 mm. Aus allen bisherigen Versuchen ist hervorgegangen, dass sich feste Angaben über die besten Schrankweiten nicht machen lassen, und dass man auf alle Fälle keine Regel über die richtige Grösse des Schrankes angeben kann. Die Waldarbeiter müssen gefühlsmässig von Mann zu Mann, von Säge zu Säge und von Holzart zu Holzart die Schrankgrösse finden. Die tatsächliche Weite des Schrankes ist von weit geringerer Bedeutung für das Schnittergebnis, als unbedingte Gleichmässigkeit des Schrankes an allen Zähnen.

Das Schränken wird gewöhnlich mit Schränkeisen durchgeführt (Abb. 39). Ausser den Schränkeisen werden auch andere Schränkwerkzeuge, wie Schränkstab, und Schränkzange, benutzt (Abb. 39). Die Schränkzange, bei der die Grösse des Schrankes nach einer Skala verstellbar ist, ist ein sehr praktisches Gerät, hat aber den

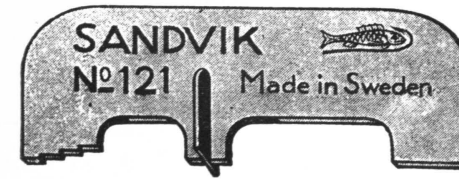


Abb. 40. Sandvikens Schränklehre.  
(Aus: Sandvikens skogssågar och deras skötsel.)

Nachteil, dass der Schrank nicht gleichmässig wird, weil die Härte der Zähne ungleich ist, und sie auf den gleichen Druck verschieden reagieren. Ferner werden die Zweimannsägen mit Hobelbezahlungen mittels Schränkhammer und Schränkamboss geschränkt. Eine allgemeine Regel beim Herausbiegen der Zähne besteht darin, dass nur höchstens zwei Drittel der Zahnhöhe rechts und links herausgebogen werden dürften. Darüber liegen jedoch noch keine genauen Versuche vor. Die Angaben schwanken zwischen einem Drittel und zwei Drittel der Zahnhöhe. Der Schrank der Schneidezähne, die auch räumen müssen, wie zum Beispiel bei Dreiecksbezahlung, kann die ganze Höhe der Zähne erfassen. Die Sägefabriken raten aber beim Schränken das Herausbiegen der ganzen Höhe zu vermeiden, weil dadurch der Stahl am Zahngrund leicht bricht (vgl. Albrecht 1929). Bei der Säge mit Hobelbezahlung wird nur die äusserste Spitze der Schneidezähne herausgebogen, da die ungeschärften Flanken der Schneidezähne nicht räumen dürfen (vgl. Stentzel 1935). Da alle Hobelsägen dünnen Schliff besitzen, genügt als Schrank 0,25 mm—0,35 mm für weiches Holz und 0,1—0,2 mm für hartes Holz.

Um gleichmässiges Schränken zu erzielen, muss jeder Zahn einzeln mit dem Schränkmesser oder der Schränklehre geprüft werden. Die Schränkmessgeräte werden in verschiedenen Formen in allen Ländern fabrikmässig hergestellt (Abb. 40). Die modernsten und genauesten sind die sogenannten Federschränklehren. Die Waldarbeiter verwenden einfachere Formen, die sie selbst anfertigen können.

Die Zweimannsägen und die Fuchsschwanzsägen werden in Spannvorrichtungen geschränkt, die Spannsägen in Rahmen oder Bügel eingespannt. Beim Schränken läuft die Säge unter dem linken Arm des Arbeiters hindurch. Jeder Zahn, dessen Spitze nach links zeigt, wird aus der Ebene des Sägeblattes herausgebogen. Das Schränkeisen hält man in der rechten Hand und in der linken Hand die Lehre, mit der



nach dem Biegen der Schrank geprüft wird. Wenn alle Zähne, deren Spitzen nach links zeigen, geschränkt sind, wird die Säge umgedreht und die anderen Zähne kommen an die Reihe. In Russland (Tonkel 1934 a) und teilweise in Finnland (Seppänen 1942 a) werden beim Schränken die Zähne, deren Spitzen nach rechts zeigen, zuerst geschränkt. In diesem Falle muss der Arbeiter sowohl das Schränkeisen als auch die Schränklehre in der rechten Hand halten. Das Herausbiegen der Zähne muss langsam und vorsichtig durchgeführt werden. Durch eine plötzliche Biegung kann der Stahl der Zähne geschädigt werden. Bei kaltem Wetter müssen die Zähne vor der Schränkung erwärmt werden.

#### Nachprüfen der Säge auf ihre Brauchbarkeit und ihre Pflege

Nachdem die Sägezähne geschränkt und geschärft worden sind, müssen Schärfe und Schrank nochmals nachgeprüft und die restlichen Fehler ausgebessert werden. Es darf an den Zahnsitzen keine weisse Fläche von der Ausgleichung zur Zahnsitze zurückgeblieben sein, und es dürfen nicht einzelne Zahnsitzen ausserhalb der geraden Linie stehen, die die Zahnsitzen rechts und links bilden müssen. Am besten kann ein geübter Arbeiter die Säge nachprüfen, indem er einen Sägeschnitt mit ihr macht. Nach dem Gang der Säge beim Schneiden und nach der Schnittfläche kann er gut beurteilen, ob der Schärfwinkel und die Schränkweite den Arbeitsverhältnissen entsprechen.

Eine wichtige Frage bezüglich der Instandhaltung der Säge ist die Wiederholung der Instandhaltungsmassnahmen. Bestimmte Regeln für diesen Zweck können nicht aufgestellt werden, denn die Häufigkeit der Instandhaltung hängt von folgenden Faktoren ab: Eigenschaften des Holzes, Einfluss der Lufttemperatur, Härte und andere Eigenschaften des Stahls der Sägen, Grösse des Schärfwinkels und des Schrankes, Länge des Arbeitstages, Geschicklichkeit des Arbeiters und Wirkungsgrad der Arbeitsleistung. Die Waldarbeiter müssen sich nach diesen Faktoren richten und die Instandsetzung so oft wiederholen, dass die Säge ihren Höchstleistungszustand immer behält (vgl. Floodman 1946). Die guten Waldarbeiter verbessern täglich den Schrank und schärfen ihr Sägeblatt.

Gewöhnlich wird geraten, wenigstens 1 mal in der Woche eine vollständige Instandsetzung durchzuführen. Nach Tonkel (1934 a) dauert die Instandsetzung eines neuen Sägeblattes 2 Stunden und die eines gebrauchten Blattes 35—45 Minuten (vgl. auch Bojko 1935).

Die Instandhaltung der verschiedenen Säge- und Bezahlungsformen erfordert einige kleine besondere Massnahmen, aber im grossen und ganzen folgt die Instandhaltung den oben erwähnten Grundsätzen. Man kann diese zusammenstellen wie folgt: Die Sägezähne müssen ihre ursprüngliche Grösse und Form behalten, der Zahnsitzenwinkel, der Schärfwinkel und der Schrank aller Zähne müssen gleichmässig sein. Die Gleichmässigkeit der Instandhaltungsarbeiten ist sehr viel wichtiger als das Innehalten bestimmter Masse des Winkels und des Schrankes. Sorgfältigkeit und Genauigkeit bei der Instandhaltung werden durch Erhöhung der Schnittleistung belohnt.

Die Sägen müssen während des Gebrauchs sorgfältig gepflegt werden. Das Blatt muss sauber von Pech und anderen Rückständen gehalten werden. Es muss immer trocken sein, damit es nicht vom Rost angegriffen werden kann. Rostflecken werden mit Petroleum entfernt. Während einer längeren Aufbewahrung wird das Blatt mit Öl oder Fett abgerieben. Auf dem Arbeitsplatz muss das unachtsame Werfen vermieden werden. Wenn die Scheitersägen nicht gebraucht werden, müssen sie entspannt sein. Die richtige Spannung des Blattes muss man berücksichtigen und wiederholt nachprüfen. In den abgenutzten Scheitersägeblättern müssen zum Beispiel die beiden Enden mit neuen Löchern versehen werden, durch die das Blatt in den Rahmen befestigt werden kann. Zerbrochene Sägeblätter werden gewöhnlich fortgeworfen. Pleskov (1936) sowie Beljakov u. Zanin (1936) empfehlen die Schweissung der zerbrochenen Blätter und geben ein genaues Schweissungsverfahren an.

Um den Gedanken der Instandhaltung und Pflege der Sägen bei den Waldarbeitern zu fördern, hat man in vielen Ländern Kurse eingerichtet, in denen über die zweckmässigsten Geräte und die zweckmässigsten Verfahren gelehrt wird. In den nordischen Ländern, besonders in Schweden, ist man zu einem zentralisierten Instandsetzungssystem übergegangen. Die Sägen der Waldarbeiter werden in den zweckmässig eingerichteten Werkstätten von den ausgebildeten Spezialisten instandgesetzt (Matt-



son - M å r n 1945, Flodman 1946). Ausserdem ist man bestrebt, die zweckmässigsten und leistungsfähigsten Sägen sowie besondere Be-  
zahnungsformen zu erfinden, und die für die Instandhaltung notwendigen  
Hilfsgeräte den Waldarbeitern zur Verfügung zu stellen. In vielen Län-  
dern hat man besondere Instandsetzungsausrüstungen  
(Kästen und Taschen) hergestellt, sowie Werkzeugbehälter, die  
Werkzeuge und Arbeiter vor Schaden bewahren.

### Schrifttum.

- Albrecht, K. I. 1929. Racionalizacija i mehanizacija lesozagotovok. (Rationalisierung und Mechanisierung der Hauungsbetriebe.) Moskva-Leningrad.
- Andersen, S. 1941. Rasjonalisering av hugstarbeidet. (Rationalisierung des Hauungsbetriebes.) Skogsbrukeren, Oslo, 89—93, 116—118.
- »— 1942. Brief vom 27. April.
- Aro, P. 1936. Aikatutkimuksia koivuhalkojen teosta. — Zeitstudien in der Hauung von Birkenbrennholz. Commun. Inst. forest. Fenn. 23. 4.
- »— 1941. Die wichtigsten finnischen Scheitersägen und Äxte. Intersylva I. 4, 400—414. — Französische Aufl.: Les scies à bûches et les haches les plus répandues en Finlande. Intersylva I. 4, 404—417.
- »— 1942 a. Yleisimmät suomalaiset halkosaha- ja kirvesmallit metsätöissä. (Die üblichsten finnischen Scheitersägen und Äxte in der Waldarbeit.) Metsätal. aikakausl., Helsinki, 129—132.
- »— 1942 b. Die praktische Auswertung der Ergebnisse der Sägenuntersuchungen in den nordischen und mitteleuropäischen Ländern. Intersylva II. 2, 137—145. — Französische Aufl.: L'étude des scies et ses résultats pratiqués dans les pays l'Europe septentrionale et centrale. Intersylva II. 2, 141—149, L'Echo des Bois 52, 1942, 5—7, 2, 1943, 5—8.
- »— 1942 c. Eräitä halkosahoilla suoritettujen sahauskokeiden tuloksia. — Über einige Ergebnisse von Versuchen mit Scheitersägen. Acta forest. fenn. 50. 21.
- »— 1942 d. Miten sahan hampaat on viilattava? (Wie sollen die Sägezähne gefeilt werden?) Metsätal. aikakausl., Helsinki, 284—286.
- »— 1943 a. Miten sahan hampaat on haritettava? (Wie sollen die Sägezähne geschränkt werden?) Metsätal. aikakausl., Helsinki, 98.
- »— 1943 b. Grundsätze der Instandhaltung von Waldsägen. Silvae Orbis 13.
- »— 1944. Sahanvetojen lukumäärä sahan tehon osoittajana. (Anzahl der Sägezüge als Erweiser der Sägeleistung.) Tehostaja 1, 17—18.
- »— 1945. Metsäsahojen kunnostamisen pääperiaatteet. (Grundsätze der Instandhaltung von Waldsägen.) Metsätehon julkaisuja 1, 55—67.
- Aro, P., Brander, K. J. u. Willman, H. J. 1940. Metsätyökaluopas. (Merkblatt über die Waldgeräte.) Helsinki, Kirjapaino Oy. Lause.
- Backman, Olof 1942. Om skogsavverkning och verktyg härför. (Über die Hauung und Hauungsgeräte.) Sandvikens Jernverks Aktiebolag. Sandviken. (Särtryck ur föredragsbroschyren), 7—16.
- Backmund, F. 1927. Leistungsprüfung von Waldsägen im Lehr- und Versuchrevier Grafrath. Forstwiss. Zbl., Berlin, 297—307.
- Bando (zu Chorin) 1878. Benennung und Einteilung der Waldsägen. Z. Forst- u. Jagdwes., Berlin, 315—318.

- B a z a n, P. O. 1939. Lučkovye pilu s raznymi profiljami zubev. (Die Scheitersägen mit verschiedener Zahnform.) Lesn. Industr., Moskva 12, 29—33.
- B ä r m e s e n T r y g g. (Werkzeugsbehälter Trygg.) Wärmlands Skogsarbetsstudier, Filipstad 1944.
- B e l a n i, E. 1941. Erfahrungen mit Wald- und Zimmermannsägen. Wald u. Holz—Les i Drewno 27, 4—6.
- 1942. Leistungssteigerung von Waldsägen. — Zahnform, Schnitthaltigkeit, Leistung und Pflege. Technik für alle, Stuttgart, 171—173.
- B e l j a k o v, K. u. Z a n i n, I. 1936. Ispolzovanie i paika lučkovych pil. (Die Verwendung und die Lötung der Scheitersägen.) Lesn. Chozajstvo i Lesoeksploat., Leningrad 3, 9—12.
- B e t z h o l d, O. 1873. Untersuchungen zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit verschiedener Sägen. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 73—82.
- B i e r m a n n 1943. Gekröpften Sägenschränk. Dtsch. Holzwirtsch. 3, 1.
- B i i l m a n n, H. H. Siehe Vestergaard.
- B l i d b e r g, T. u. H u l t m a r k, N. 1945. En verkstad för redskapsvård. (Eine Werkstätte für die Pflege der Werkzeuge.) Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3, 241—271.
- B o e g e, H. 1926. Das Handwerkzeug im praktischen Hauungsbetrieb. Forstarch., Hannover, 308—311.
- B o j k o, P. A. 1935. Pamjatka lesoruba. Posobie dlja proizvodstvennyh kružkov. (Denkschrift des Waldarbeiters. Handbuch für Kollektivarbeiter.) Leningrad.
- B o r o v s k i j, B. 1933. Značenie diametra i tverdosti drevesiny pro pileni motornymi pilami. (Die Bedeutung des Durchmesser und der Härte des Holzes beim Sägen mit Motorsägen.) Lesn. Chozajstvo i Lesoeksploat., Leningrad 8, 22—23.
- B r a n d e r, K. J. Siehe Aro.
- C a c h a r o v, V. K. 1940. Pila »Kroskot» v rukach stachanovcev lesozagotovok. (Die Säge »Cross Cut» im Gebrauch bei den Stachanovarbeitern der Forstbetriebe.) Lesn. Industr., Moskva 8, 30—32.
- C h o d o r o v s k i j, K. K. 1935. Zatočka pily i topora. (Schärfen von Axt und Säge.) Moskva.
- C h o d o r o v s k i j, K. u. E l i s e e v, A. 1936. Racionalizacija ručnovo lesohubočno instrumenta. (Rationalisierung der Waldwerkzeuge.) Moskva.
- D a m b e r g, E. 1929. Vremja, raschodujemoje na proizvodstvo nekotorych lesnych rabot. (Zeitverbrauch bei einigen Waldarbeiten.) Lesn. Chozajstvo i Lesn. Promyšl., Leningrad 2, 117—120.
- D a v y d o v, M. I. 1933. Derevjannye legalno-vyrezannyje ručki dlja obyknovennyh poperečnyh dvuručnyh pil. (Nach Schablonen ausgeschnittene hölzerne Handgriffe für gewöhnliche Waldsägen.) Lesn. Chozajstvo i Lesn. Promyšl., Leningrad 10, 20—21.
- D é r e r, L. u. K o s l j a r, K. 1940. Rukovät pre drevorubača. (Handbuch für Holzfäller.) Knihtlačiareň Andreja Ůč Spol. Bratislava.
- D i f f e n b a c h, L. 1878. Ueber die Wirkung und Führung der Bogensägen. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 162—164.
- D I N 5134. Sägen für Holzbearbeitung, Kreis- Gatter- und andere Sägen (ausser Bandsägen). Technische Lieferungsbedingungen. Deutscher Normenausschuss, Fachgruppe Werkzeugindustrie, Fachnormausschuss für Geräte, Handwerkzeuge und verwandte Gebiete. Beuth-Vertrieb, Berlin.

- D o m i n i c u s, D. Das Sägen- und Werkzeugproblem. Allgemeine Anforderungen an gute Sägen und andere Werkzeuge, und andere technische Abhandlungen. Remscheid.
- 1891. Illustriertes Handbuch über Sägen und Werkzeuge für die Holzindustrie. Erscheinungsort unbekannt.
- 1916—41. Allgemeine Anforderungen an gute Sägen, Maschinenmesser, Werkzeuge und Stahlwaren. Stuttgart: Greiner u. Pfeiffer.
- 1925/26. Konstruktion und Leistungen der Waldsägen. Dtsch. Forstwirt 1925, 1345—1347, 1926, 65—66.
- 1926. Die Leistungen deutscher und amerikanischer Waldsägen. Dtsch. Forstztg., 984—985.
- 1941. Leistungen von Wald- und Zimmermannsägen. Holz-Rundschau 32, 1.
- J. D. D o m i n i c u s & S o e h n e. Der Fachmann. Schränken und Schärfe der Waldsägenzähne. Erscheinungsort u. -jahr nicht angegeben.
- J. D. D o m i n i c u s & S o e h n e. 1903 a. Sägeversuche. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 64—65.
- J. D. D o m i n i c u s & S o e h n e. 1903 b. Neue Sägeversuche. Forstwiss. Zbl., Berlin, 228—229.
- D o m i n i c u s, M. 1941. Handbuch über Sägen. Wuppertal-Barmen.
- E b e r t s, A. 1878. Ueber die Leistungen verschiedener Waldsägen. Z. Forst- u. Jagdwes. Berlin, 454—460.
- 1881. Etwas über die Leistungsfähigkeit von Waldsägen. Z. Forst- u. Jagdwes. Berlin, 138—151.
- E l i s e e v, A., M a k a r o v, P. u. P o s d n j a k o v, N. 1930. Sputnik lesozagotovitelja. (Der Begleiter des Holzfällers.) Tomsk.
- E m m e r i c h, H. 1942. Etwas Neues vom Sägenschränk. Dtsch. Holzwirtsch., 148, 1.
- 1943. Weshalb nicht Stauchen statt Schränken? Dtsch. Holzwirtsch., 16, 1.
- E r n s t, F. 1929. Arbeitsgeräte bei der Holzhauerei und ihre Instandhaltung. Forstwiss. Zbl., Berlin, 216—228, 240—249.
- E u l e f e l d 1927. Holzhauergeräte. Forstl. Wochenschrift Silva, 298—299.
- E x n e r 1881. Die Handsägen und Sägemaschinen. Weimar.
- F a b r i c i u s. Siehe Gayer.
- F e l d h a u s, F. 1922. Die Säge. Ein Rückblick auf vier Jahrtausende. J. D. D o m i n i c u s & S o e h n e, Berlin.
- F i l n i n g e n a v S a n d v i k e n s h y v e l t a n d a d e b ä g s ä g b l a d n r 129. (Feilen des Bügelsägeblattes mit Hobelbezeichnung von Sandvik.) Medd. f. Sandv. Jernv. Aktb. 4, Oktober 1944. 2—3.
- F l a t s c h e r, J. H. 1933. Einiges über Sägebezeichnung. Wiener Allg. Forst- u. Jagdztg. 51, 94.
- F l o d m a n, B. 1938. Redogörelse för företagna redskapsprov vid Kramfors Aktiebolag i Backe. (Bericht über die Geräteversuche bei Kramfors Aktiebolag in Backe.) Meddelande nr 3 skogsarbetsstudier, Föreningen Skogsarbeten, Stockholm.
- 1946 a. Något om skränkning. (Einiges über Sägenschränk.) Medd. f. Sandv. Jernv. Aktb. 8, Mars 1946, 6—8.
- 1946 b. Några synpunkter på redskapsvården i skogsarbetet. (Über die Instandsetzung und Pflege der Waldgeräte.) S. D. A. Meddelande 22—29, 56—73.

- Flodman, B.** 1938. — Siehe Lennerthson.  
Forstliche Arbeitstechnik. Jahresbericht 1944/45 des Schweizerischen Verbandes für Waldwirtschaft und Forstwirtschaftlicher Zentralstelle. Solothurn 1945, 24—28.
- Foteev, P.** 1931. Primenenie lesorubočnych instrumentov. (Die Verwendung der Waldarbeitsgeräte.) Lesn. Specialist 11—12, 5.
- Fuchs** 1927. Versuche mit Amerikanersägen. Forstarch., Hannover, 197—202, 339—341.
- Fürst** 1900 a. Eine neue Waldsäge. Forstwiss. Zbl., 62.  
— 1900 b. Einführung guter und leistungsfähiger Holzhauerwerkzeuge in den Staatsforsten. Forstwiss. Zbl., 433—434.
- F. Z.** 1945/46. Das Eignungszeichen für Waldwerkszeuge. Der Waldarbeiter 2, 9—10.  
— 1948. Welcher Zahnschneidwinkel ist zu wählen, damit die Hobelzahnsägen am meisten leisten? Der Waldarbeiter 4. 1947/1948 Juni 1948, 26.
- Gandil, Chr.** 1945. Analyse af Skovningsarbejde. Et Bidrag til Skovbrüggets Arbejdslaere. (Analysen von Waldarbeit. Ein Beitrag zur forstlichen Arbeitslehre.) Dansk Skovforenings Tidsskrift, 263—372.
- Gayer, C.** 1871. Leistung einiger Waldsägen. Monatsschrift Forst- u. Jagdwes., 243—254  
— 1896. Beiträge zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Waldsägen. Forstwiss. Zbl., Berlin, 418—442.
- Gayer, K.** — **Fabricius, L.** 1935. Die Forstbenutzung. 13. Aufl. Berlin: Parey.
- Gayer, K.** u. **Kast, K.** 1896. Beiträge zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Waldsägen. Forstwiss. Zbl., Berlin, 417—442, 473—504.
- Geete, A.** 1941. Skogsarbetet i Norge. (Waldarbeit in Norwegen.) Skogen 17, 239—241.
- Gerlach, R.** 1928. Zur Theorie und Praxis des Baumfällungsbetriebes, insbesondere mit Säge, Axt und Keil, sowie vier hierzu konstruierte Geräte. Cbl. Forstwes., Wien, 226—238.
- Gerlinghoff, A.** 1926. Ergebnisse neuer Waldsägenprüfungen. Vorbericht über Versuche in der Oberförsterei Biesenthal. Forstarch., Hannover, 292—296.
- Ginsburg, V. S.** 1936. Proizvoditel'nost dvuručnych pil s prozennym zubom. (Leistung der Zweimannsägen mit unterbrochener Bezeichnung.) Lesn. Chozjajstvo i Lesoeksploat., Leningrad 10, 32—34.  
— Siehe Podvjaznikov.
- Girsberger, H. Ch.** 1946. Einiges über den Sägenunterhalt. Der Waldarbeiter 1. 1946/1947, Dezember 1946, 3—4.
- Gläser, H.** 1931. Neue Werkzeuge und Maschinen. Forstarch., Hannover, 250—254.  
— 1932. Beiträge zur Form der Waldsäge und zur Technik des Sägens. Schriftenreihe des Iffa, Schrift 2, Eberswalde.  
— 1934, 1935. Die Pflege der Waldsäge. Merkbl. dtsh. Waldarbeit 23. Eberswalde: Gilbhard 1934, Eberswalde: Lenzmond 1935.
- Gläser u. Stentzel** 1937, 1939. Die Pflege der Waldsäge. Dreiecks-, gekahlte M- und Hobelbezeichnung. Merkbl. dtsh. Waldarbeit 23 (neue Ausgabe). Eberswalde: Iffa.
- Graf, O.** 1927. Versuche mit Waldsägen. Forstl. Wochenschr. Silva 22—23, 169—173.
- Gut, R. Ch.** 1931. L'outillage des bûcherons en Suisse. (Das in der Schweiz verwendete Holzhauereiwerkzeug.) Solothurn: Forstwirtschaftl. Zentralstelle.  
— 1931/32. Die Leistung verschiedener Sägen. Holzmarkt 17, Solothurn.

- 57.3 Waldsägenuntersuchungen in den nordischen und mitteleuropäischen Ländern 121
- Gut, R. Ch.** 1931, 1933. Ratgeber für den Unterhalt der Waldsägen. 1. u. 2. Aufl. Solothurn: Forstwirtschaftl. Zentralstelle.  
— 1933. Wie erhöhen wir die Leistung einer Scheitersäge? Holzmarkt 13, Solothurn.
- Gužovskij, V. J.** 1940. Lesoruby-stachanovcy Ukrainy. (Stachanov Waldarbeiter in Ukraina.) Lesn. Industr., Moskva 8, 26—30.
- Hahnle** 1901. Prüfung der Dominicus'schen Normalsäge. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 296—300.
- Hampe, K.** 1927. Beobachtungen und Erfahrungen bei vergleichenden Sägeuntersuchungen. Forstwiss. Zbl., Berlin, 721—732.  
— 1933. Ergebnisse bei einer Gerätestatistik. Forstarch., Hannover, 5—8.
- Handbok för huggare.** (Handbuch für Holzhauer.) Stockholm: Föreningen Skogsarbeten, 1939.
- Håndbok for huggere.** Skogsarbeid i dag. (Handbuch für Holzhauer. Waldarbeit heute.) Det Norske Skogselskap, Oslo 1941.
- Harbach** 1926. Deutsche, englische und amerikanische Waldsägen. Dtsch. Forstztg., 1162—1163.
- Hess, R.** 1865. Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit der Thüringer Bauchoder Bogensäge im Buchenholz. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 1—5.  
— 1875. Untersuchungen über die Leistungen verschiedener Waldsägen. Cbl. Forstwes., Wien, 504—516.
- Heyer, E.** 1872. Aphoristische Mitteilungen aus dem Holzhauereibetrieb. III. Über die Wirkung der Sägezähne. Forstliche Blätter, Z. Forst- u. Jagdwes., Leibzig, 353—355.  
— 1877. Zur Kenntnis der Waldsägen. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 252—254.
- Hilf, H. H.** 1939. Die Waldarbeit. Neudammer Forstliches Lehrbuch, Berlin: J. Neudamm.  
— 1941. Die Erforschung und Verbesserung der Waldarbeit. Schriftenreihe des Iffa, Schrift 5, Hannover: Schaper.
- Hrycyk, R.** 1946 a. Reczna pila leśna. (Die Handsäge im Walde.) Kraków.  
— 1946 b. Pila zwykła do ścinki i wyróbki drewna. (Instrukcja). (Die Säge im Hauungsbetrieb.) Kraków.
- Hultmark, Nils** 1946 a. Redskap i huggningsarbetet — typer och utbredning i Norrland och Dalarna. (Typen und Verbreitung der Hauungsgeräte in Norrland und Dalarna.) S. D. A. Meddelande 23, 38—55.  
— 1946 b. Huggarredskap. Typer, vård och verkningssätt. (Hauungsgeräte. Typen, Pflege und Wirkungsart.) S. D. A. Meddelande 30, 104.
- Ihlen, N.** 1940 a. Rasjonalisering också i skogbruket. (Rationalisierung auch in dem Forstbetrieb.) Skogbrukeren, Oslo, 250—251.  
— 1940 b. Redskapsbehandling i skogbruket. (Gerätebehandlung in dem Forstbetrieb.) Skogbrukeren, Oslo, 277—278.
- Ihrig** (zu Büdingen) 1861. Ueber Leistungsfähigkeit verschiedener Waldsägen. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 457—458.
- Die Instandhaltung der Handsäge.** Ein Merkblatt für Forstbeamte und Waldarbeiter. Eberswalde: Gesellschaft für forstliche Arbeitswissenschaft, 1929.
- Jalava, M.** 1946. Jännesahoista (Über Spannsägen.) Työtehötietoa, Helsinki, 38—39.

- Jugoviz, R. 1927. Über einige forstliche Gezähe aus den Alpenländern. Forstwiss. Cbl., Berlin, 361—376.
- Kantola, M. 1946 a. Sahan virheellisyydet. (Fehler der Säge.) Työtehotieto, Helsinki, 44—47.
- 1946 b. Jännesahan kunnustus (Instandsetzung der Spannsäge.) Työtehotieto, Helsinki, 15—20.
- 1948. Metsämiehen työkaluopas. (Ratgeber für Waldarbeiter über die Waldgeräte.) Työteho-seuran julk. 49.
- Kast, K. 1896. Untersuchungen über neue Sägeformen. Forstwiss. Zbl., Berlin, 473—504.
- von Kaufmann, G. 1938. Säge und Axt im Hochgebirge. Forstarch., Hannover, 397—400.
- Kavardin, I. A. 1936. Stachanovskie metody raboty lučkovymi pilami v Tichvinskome lespromchoze. (Anwendung der Stachanov-Methoden bei den Arbeiten mit Scheitersägen in den forstlichen Betrieben von Tichvin.) Lesn. Chozjajstvo i Lesoeksploat., Leningrad 2, 11—15.
- Siehe Novikov.
- Kayser, A. 1861. Ueber Leistungsfähigkeit verschiedener Waldsägen. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 295—296.
- Ki. 1946. Sollen im Wald schmale oder breite Sägen verwendet werden? Der Waldarbeiter 1. 1946/1947, Dezember 1946, 2—3.
- 1948. Kann man eine Waldsäge mit einem Wetzstein wetzen? Der Waldarbeiter 4. 1947/1948, Juni 1948, 29—30.
- 1948. Welche Hieb-dichte ist bei Sägefeilen die vorteilhafteste? Der Waldarbeiter 4, 1947/1948, Juni 1948, 28.
- Kolmiohammasteisen jännesahan kunnustusohjeet. (Instandsetzung der Scheitersäge mit Dreiecksbe-zahnung.) Työteho-seuran julk. 47, 1948.
- Komrovskij, S. O. 1932. O rasvodke pil po russkomu metodu. (Schränkung der Sägezähne nach einer russischen Methode.) Lesn. Chozjajstvo i Lesn. Promyšl., Leningrad 7, 37.
- Koroleff, A. 1945. Woodcutters Handbook. How to cut more pulpwood safely without greater effort. (Handbuch für Holzhauer. Wie bearbeitet man mehr Faserholz ohne Gefahr und ohne grössere Anstrengung.) Woodlands Section Index 659 (B—7—a). Canadian Pulp and Paper Association, Montreal. Fifth Edition.
- 1947. Pulpwood Cutting. Efficiency of Technique. (Faserholzhauung. Leistungssteigerung von der Technik.) Canadian Paper and Pulp Association. Woodlands Section. Montreal.
- Kühne 1936. Ein neues Gerät zum Messen des Arbeitswiderstandes von Waldsägen. Die technik in der Landwirtschaft, Heft 9.
- Kunze, M. 1866/67. Ueber die Bestimmung der Leistungsfähigkeit der Sägen. Kritische Blätter für Forst- u. Jagdwissenschaft, 1866, 176—183, 1867, 149—158.
- Lane, B. 1940. Zahn-pflege der Waldsäge. J. D. Dominicus & Soehne, Berlin.
- Larionov, A. I. 1932. Charakteristika toporov i pil, primenjaenych na lesozagotovkach Sibirii 1932 g. (Eigenschaften der in den Hauungsbetrieben Sibiriens angewandten Äxte und Sägen im Jahre 1932.) Erscheinungsort unbekannt.
- Lehmusluoto, P. A. 1941. Metsätyöntekijän työkalujen hoito. (Gerätepflege der Waldarbeiter.) Yksit.-metsänhoitajayhd. Vuosik., Helsinki 13—14, 39—57.

- Leibundgut, H. 1936. Ergebnisse aus einem Werkzeugkurs der Forstschule. Schweiz. Z. Forstwes., 12—18.
- Lennertson, T. u. Flodman, B. 1938. Huggningsredskap. (Hauungsgeräte.) Meddelande n:r 1 skogsarbetsstudier, Föreningen Skogsarbeten, Stockholm.
- Lorey, T. 1872. Zur Kenntnis der Waldsägen. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 397—399.
- 1874. Welcher Prozentsatz des Gesamtzeitaufwandes beim Holzhauereibetrieb kommt auf die Arbeit der Säge? Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 109—111.
- 1876/77. Zur Kenntnis der Waldsägen. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 1876, 257—266, 365—373, 1877, 329—336.
- 1877. Ergänzende Bemerkungen zu den Artikeln über Kenntnis der Waldsägen. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 326—327.
- 1878. Die Bedeutung der Raumzähne. Ergänzung zu den Artikeln zur Kenntnis der Waldsägen 1876, 1877. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 146—147.
- 1879. Zur Kenntnis der Waldsägen. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 151.
- 1880 a. Ueber Sägeversuche, insbesondere Entwicklung des Arbeitsplanes der königlich Württembergischen forstlichen Versuchsanstalt. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 7—17.
- 1880 b. Sägeversuche der königlich Württembergischen forstlichen Versuchsanstalt zu Hohenheim. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 293—304.
- 1883. Die Leistungsfähigkeit amerikanischer Sägen. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 82—86.
- Lorey (junior) 1902. Wieder einmal Sägeversuche. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 390—393.
- Lucas, A. 1934. Wood working in ancient Egypt. (Holzbearbeitung im alten Ägypten.) Emp. Forestry J., 213—218.
- Lucevic, K. I. 1937. Ispitanie ručnych pil s različnym profilem zuba. (Versuche der Handsägen mit verschiedenen Zahnformen.) Lesn. Industr., Moskva 2, 17—22.
- Lumijärvi, K. R. 1948. Työkalut teräviksi. (Wie die Werkzeuge geschärft werden?) Pellervo-Seura, Helsinki.
- Lund, L. u. Lundgren, N. 1946. Några erfarenheter från en arbetsfysiologisk undersökning på finska mästerhuggare. (Einige Erfahrungen aus der arbeitsphysiologische Untersuchung über die finnischen Holzhauermeister.) Svenska Skogsvårdsf. Tidskr., 297—309.
- Luthman, G. u. Lundgren, N. 1947. Studies of working methods in swedish forestry. (Untersuchungen über die Arbeitsmethoden in dem schwedischen Forstbetrieb.) Sonderabdruck aus »The Proceedings of the Eighth International Management Congress Stockholm.»
- Makarov, P. Siehe Eliseev.
- Mattsson Mårn, L. 1945. Verktygsvården inom skogsbruket i Sverige. (Werkzeugpflege bei der Waldarbeit in Schweden.) S. D. A. Meddelande N:r 19.
- Metsätyökaluopas. (Merkblatt über die Waldgeräte.) Siehe Aro.
- Micklitz, R. 1860. Ueber Holzhauerwerkzeuge. Supplemente zur Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 144—154.
- Micklitz, R. u. J. 1860. Nachträgliche Beobachtungen über die Leistungsfähigkeit verschiedener Holzhauerwerkzeuge. Supplemente zur Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 154—159.



- v. Monroy, J. A. 1925. Wirtschaftliche Betriebsführung in der Forstwirtschaft. Ein Beitrag zur forstlichen Betriebstechnik. Berlin: V. D. I.-Verlag.
- v. Monroy, J. A. 1926. Amerikanische Waldsägen. Dtsch. Forstztg., 887.
- M. N. 1933. Säg eller yxa. (Säge oder Axt.) Skogen, Stockholm, 246.
- Naidenovj, V. E. 1940. Ot pervobytnogo obščestva do našich dnei. Istorija derevoobrabotki v. fotoilljustracijach. (Von den primitiven Gesellschaftsverhältnissen bis zum heutigen Tag. Geschichte der Holzbehandlung in Fotoaufnahmen.) Lesn. Industr., Moskva 10—11, 76—77, 12, 62—63.
- Näslund, O. J. 1937. Säger. Bidrag till kännedom om sågarnas uppkomst och utveckling. (Sägen. Beitrag zur Kenntnis der Entstehung und Entwicklung der Sägen.) Stockholm: Generalstabens Litografiska Anstalt.
- Några synpunkter på det fabrikmässiga filningsutförandet. (Einige Gesichtspunkte über die Ausführung des fabrikmässigen Feilens.) Medd. f. Sandv. Jernv. Aktb. 2, Februari 1944, 8.
- Negerëvic, A. A. 1937. Rabota stachanovcev na valke i raskrjažovke duba. (Die Leistungen der Stachanovarbeiter beim Fällen und Ablängen der Eichenstämme.) Lesn. Industr., Moskva 7, 36—40.
- 1938. Pily »Kroskot» na zagotovke lesa. (Die Säge »Cross Cut» in dem Hauungsbetrieb.) Lesn. Industr., Moskva 6, 20—26.
- Novikov, M. P. u. Kavardin, I. A. 1936. Stachanovskie metody raboty na lesozagotovkach. (Die Stachanovmethoden in den Hauungsbetrieben) Trudy lesotechn. Akad. im Kirova, Leningrad 45, 102—136.
- Nyhet för skogsarbetet. Sandvikens patenterade handskydd 248 för timmersäger — en efterlängtd artikel. (Neues für Waldarbeit. Patentamtlich geschützter Handgriff Nr 248 für Sandvikens Fuchsschwanz, eine erwünschte Vorrichtung.) Medd. f. Sandv. Jernv. Aktb. 2 Februari 1944, 4.
- Offensive mit der Säge. Int. Holzmarkt 51—52, 1942.
- Om skötseln av Fagersta skogssäger. (Über die Pflege der Fagersta-Waldsägen.) Brukskoncernen A. B., Fagersta.
- Oppermann, A. 1911—1916. Trae og andre Skovprodukter. (Holz und andere Waldprodukte.) København: August Bangs Boghandel.
- Orlov, M. A. 1940. Lučkovye pilu na rubke uchoda. (Die Scheitersägen bei Erziehungshieben.) Lesn. Chozjajstvo, Moskva 10, 70—71.
- Pedder, A. Ju. 1932. Lesnye mašiny. (Forstliche Maschinen.) Moskva—Leningrad.
- Peremyžev, S. 1933. Novaja russkaja metoda rassvodki zuben lesnoj pily. (Neue russische Methode des Schränkens der Zähne der Waldsägen.) Lesn. Chozjajstvo i Lesoeksploat., Moskva 10, 21—22.
- Pio Skogsverktyg. (Pio Waldgeräte). A. B. Stridberg & Biörck, Trollhättan 1943.
- Pleškov, A. G. 1936. Spajka lučkovych pil. (Die Lötung der Scheitersägen.) Lesn. Chozjajstvo i Lesoeksploat., Moskva 10, 12—15.
- Podvzajnikov, I. I. 1936. Zagotovka drevesiny lučkovymi pilami. (Brennholz-Herstellung mit Scheitersägen.) Lesn. Chozjajstvo i Lesoeksploat., Moskva 6, 7—12.
- Podvzajnikov, I. I. u. Ginsburg, V. S. 1936. Opyt lesorubov — »tysjačnikov». (Die Erfahrung der Holzfäller — »Tausendmänner».) Lesn. Chozjajstvo i Lesoeksploat., Moskva 2, 5—11.
- Posdnjakov, N. Siehe Eliseev.
- Ps 1943. Etwas neues vom Sägenschränk. Dtsch. Holzwirtschaft. 3, 1.

- Preobraženskij, N. A. u. Sinicyn, E. N. 1933. Promkooperacija i lesozagotovki. (Erzeugungsgenossenschaft und Forstbetrieb.) Moskva.
- Reissig 1932. Die Schärfwinkelschablone. Ein Beitrag zur Verbesserung der Werkzeughaltung im forstlichen Betrieb. Silva, 156—157.
- Reissinger, G. 1938. Eine neue Schränkvorrichtung. Dtsch. Forstztg. 7, 522.
- Robst, 1942. Was ist richtig, die Gattersägen vor dem Schärfen oder nach dem Schärfen zu schränken. Dtsch. Holzwirtschaft. 131.
- Rylov, P. 1935. Kak nado pravit pily so složnym zubjami amerikanskovo obrazca. Goslestechizdat, Moskva. Finnische Aufl. 1936: Miten pitää teroittaa puruhamppailla varustettuja amerikkalaismallisia sahoja? (Wie sollen die Sägen amerikanischer Form mit Hobelbezeichnung geschärft werden?) Petroskoi: Kirja.
- Salev, K. 1937. Ajaurimusi meie okasmetsade ülestötamisel. (Zeitstudien über die Aufarbeitung unserer Nadelwälder.) Tartu ülikooli metsaosakonna toimetused 28.
- 1939. Paremate tööriistadega tõstame tööjoudlust metsa ülestötamisel. (Mit besseren Werkzeugen steigern wir die Arbeitsleistungen beim Hauungsbetrieb.) Eesti Mets, 348—352, 436—439.
- Sandvikens skogssäger och deras skötsel. (Waldsägen von Sandviken und ihre Pflege.) Sandviken: Sandvikens Jernverks Aktiebolag, 1939.
- Sandvikens varumärken för sägar. (Warenzeichen für Sägen von Sandviken.) Medd. f. Sandv. Jernv. Aktb. 2, Februari 1944, 9.
- Schlumpf, A. 1946. Der Feilbock. Der Waldarbeiter 1. 1946/47, Dezember 1946, 4—5.
- Schönwiese, F. 1936. Schnittversuche mit Waldsägen. Wiener Allg. Forst- u. Jagdztg., 208—209.
- Seeger 1942. Eine umwälzende Erfindung — die Hengst'sche DsD-Säge. NSBZ-Dtsch. Forstztg, 189—191.
- Semenov, K. S. 1938. Opyt raboty stachanovcev-tysjačnikov v lesach severa. (Erfahrungen der Stachanov-Waldarbeiter »Tausendmänner» in den Wäldern des Nordens.) Lesn. Industr., Moskva 3, 6—12.
- Seppänen, O. 1942. Metsätyökalujen kunnostustaidon levinneisyys työkalukursien valossa. (Die Verbreitung der Instandsetzungskunst der Waldgeräte im Lichte der Werkzeugkursen.) Metsätal. aikakausl., Helsinki 139—140.
- 1943 a. Metsänhakkautyökalut, niiden kunnostaminen ja hoito. (Waldgeräte, ihre Instandsetzung und Pflege.) Työtehoseuran julk. 28, 2. Auflage. Helsinki.
- 1943 b. Höylähammasteiset sahat ja tutkimuksia niiden kunnostamisesta. (Die Sägen mit Hobelbezeichnung und Untersuchungen über ihre Instandsetzung.) Työtehoseuran julk., Helsinki 30, Metsätal. aikakausl., Helsinki, 64—73.
- 1946. Metsätyökalujen standardisointitutkimuksia. (Standardisierungsuntersuchungen der Waldgeräte.) Työtehoseuran julk. 37.
- Sinicyn, E. N. Siehe Preobraženskij.
- Sipilä, M. 1943. Saha. (Säge.) Tiede ja me. Nide 2. Helsinki. Lehtipaino Oy.
- Skogskarlen's handbok. (Handbuch für Waldarbeiter.) Brukskoncernen A. B., Fagersta.
- Skötseln av Sandvikens hyveltandade bågsågblad N:ris 129 och 132. (Pflege der Bügelsäge mit Hobelbezeichnung von Sandviken.) Sandv. Jernv. Aktb. Sandviken 1945.
- Spaak, H. 1940. Några försök att höja effekten vid huggningsarbete. (Einige Ver-

- suche zur Erhöhung der Leistungen von Hauungsarbeit.) Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift, Häfte 1, 24.
- Spatz, G. 1925. Über Quersägen. Holz-Zbl., Stuttgart 94.
- St. 1945/46. Mit welcher Säge soll das Brennholz eingeschnitten werden? Der Waldarbeiter 2, 10—11.
- Stentzel, E. 1934 a. Leistungsstudien an Sägen mit Hobelbezeichnung. Forstarch., Hannover, 309—323.
- 1934 b. Die gebräuchlichsten Waldsägen in Deutschland. Dtsch. Metallindustrietzg. 4572.
- 1935. Die Zahnformen der Waldsäge. Forstarch., Hannover, 301—308, 317—327.
- 1937. Ein neues Gerät zur Prüfung von Waldsägen. Forstarch., Hannover, 172—174.
- 1938. Zur Frage der Sägefeilen. Forstarch., Hannover, 345—347.
- 1939 a. Neue Ergebnisse der Sägeforschung. Forstarch., Hannover, 1—24.
- 1939 b. Vom Sägenscharfen. Dtsch. Forstztg., 568—569.
- 1948 a. Zur Werkstofffrage der Sägenindustrie. Holz-Zentralblatt 6 u. 7. Stuttgart.
- 1948 b. Das Wetzen von Sägen. Holz-Zentralblatt 15, Stuttgart.
- Forstliche Gerätekunde. Lehrgut für das Schulungslager Grafenbrücker Mühle. Eberswalde.
- Siehe Gläser.
- Strehlike, E. G. 1929. Die Methodik des Sägeversuchs. Eberswalde.
- Studier i skogsbrukets arbetslära. Undersökningar vid Wärmlands Skogsarbetsstudier I. (Studien über die Waldarbeitslehre. Untersuchungen bei Wärmlands Waldarbeitsstudien I.) Stockholm: Industriens Utredningsinstitut, 1943.
- Tonkel, I. 1931. Työajan analysointia Karellesin metsätöissä ja prikaadien järjestämistä. (Über die Zergliederung der Arbeitszeit im Hauungsbetrieb von Karelles und über die Organisation der Arbeitsbrigaden.) Sovjetskaja Karelija — Neuvosto Karjala, 98—111.
- 1934 a. Kanadskie lesoruby v Sovjetskoi Karelii. (Kanadische Waldarbeiter im Sovjetkarelien.) Goslestechizdat. Erscheinungsort nicht angegeben.
- 1934 b. O kanadskoj lučkovoj pile. (Über die kanadischen Scheitersägen.) Lesn. Chozjajstvo i Lesoeksploat., Moskva 9, 7—9.
- 1934 c. Lučkovaja pila (Die Scheitersäge.) 2. Auflage. Leningrad: Goslestechizdat.
- 1939. Racionalizacija poperečnych lučkovych i dvuručnych pil. (Rationalisierung der Scheiter- und Zweimannsägen.) Lesn. Industr., Moskva 7. 26—29.
- Tuovinen, Arno 1948. I miehen tukkisahan (timmersvans) käyttömahdollisuksista. — Metsätehon tiedoituksia 9, Metsälehti 40.
- Vestergaard, N. u. Biilmann, H. H. 1929. Beretning fra teknisk Udvalg om Forsøg med Skovningsredskaber. (Bericht von dem technischen Ausschuss über die Versuche mit Hauungsgeräte.) Dansk Skovforeningens Tidsskrift, 385—410.
- Vojčehovskij, V. 1936. Podgotovka lučkovych pil. (Anfertigung der Scheitersägen.) Lesn. Chozjajstvo i Lesoeksploat., Leningrad 12, 8—10.
- Wakefield, W. E. Investigation into the various Factors Governing the Efficiency of Bucksaws. (Untersuchungen über die auf die Leistung der Bügelsäge ein-

- wirkenden Faktoren.) Forest Products Laboratories of Canada. Woodlands Section Index 120 (B-7-b).
- Weise, 1879. Die Resultate der im Winter 1877/78 angestellten Sägeversuche. Z. Forst- u. Jagdwes., Berlin, 1—17.
- 1881. Bemerkung zu dem vorstehenden Aufsatz betr. die Leistungsfähigkeit der Waldsägen. Z. Forst- u. Jagdwes., Berlin, 152—153.
- Werkzeugsächli und Werkzeugtaschen für den Säge-Unterhalt. Der Waldarbeiter 1. 1946/47. Dezember 1946, 5—6.
- W. H. D. 1942. Holzhärte und Werkzeugwirkung. Int. Holzmarkt 43—44, 59—60.
- Willman, H. J. Siehe Aro.
- Winkelmann, H. G. 1944. Im Dienste des Waldes. Art. Institut Orell Füssli, A-G., Zürich, 31—40.
- Zanin, I. Siehe Beljakov.
- Zehnder, J. 1936. Verwendung und Unterhalt der Säge im Forstbetrieb. Eine Anleitung für Holzhauer. — Französische Aufl. 1937: Emploi de la scie en forêt et son entretien. Guide pour bûcherons. Forstwirtschaftliche Zentralstelle der Schweiz, Solothurn.
- 1942. Brief vom 7. Mai.
- 1943. Die berufliche Ausbildung von Holzhauern in der Schweiz. Silvae Orbis 13.
- 1944. Grundregeln der Holzhauerei. 4. Auflage. Schweizerischer Verband für Waldwirtschaft, Forstwirtschaftliche Zentralstelle, Solothurn.
- 1945 a. Über das Einschneiden von Brennholz mit Wald- oder Scheitersägen. Schweizer. Zeitschr. f. Forstwes., 171—176.
- 1945 b. Der Unterhalt der Sägen für die Holzgewinnung. Praktische Anleitung für Holzhauer. — Schweizerischer Verband für Waldwirtschaft, Solothurn.
- 1948. Ueber Hobelzahnsägen mit zwei oder vier Schneidezähnen. Der Waldarbeiter 4. 1947/1948, Juni 1948, 25—26.
- Žulikov (Sverdlovsk) 1931. O kačestve lesorubočnovo instrumenta. (Über die Qualität der Fällungsgeräte.) Lesoprom. Delo, 303.

## METSÄSAHATUTKIMUKSET KESKI- JA POHJOIS-EUROOPASSA.

### SELOSTUS.

Alkukantaisissa oloissa elivät muinaisaikojen ihmiset hankkivat työkalunsa luonnosta. Niinpä luonnon kansat käyttävät vieläkin leikkaavaan työhön m.m. sahaan hampailla varustettua nokkaa. Arkeologisten löytöjen perusteella on sahanakin kehitystä mahdollista seurata vanhoista ajoista nykyaikaan asti.

Kivikauden aikana leikattiin tai sahattiin puuta teräväreunaisilla kivillä. Kun sitten nuo terävät reunat lohkeilivat hammasreunaisiksi, huomattiin, että ne leikkasivat hivetettaessa niitä puuhun entistä paremmin. Kivikauden aikaisien löytöjen joukossa on tavattu useita piikvisahoja, joilla jo on nykyisen sahan muoto.

Kupari- ja pronssikaudella sahat kehittyivät edelleen ja saavuttivat yhä täydellisemmän muodon. Kreikkalaisen mytologian mukaan saha keksittiinkin oikeastaan pronssikaudella. Egyptiläisissä hautalöydöissä on tavattu useita kiintoisia seinäpiirroksia, jotka esittävät sahan käyttöä ja joista voidaan tehdä pitkällekin meneviä johtopäätöksiä sahojen teknillisistä yksityiskohdista.

Kun sitten rautaa ruvettiin käyttämään, alettiin valmistaa monen muotoisia sahoja erilaisia tarkoituksia varten. Ennen rautakautta sahat olivat miltei yksinomaan yhdenmiehen sahoja. Rautasahojen suurempi teho johti kahdenmiehen sahojen keksimiseen. Sahaukseen käytettävää voiman tarvetta voitiin myöskin huomattavasti vähentää, kun rautaiset sahat voitiin tehdä entisiä ohuemmiksi. Näillä oli kuitenkin se varjopuoli, että ne taipuivat helposti sahatessa. Tämän välttämiseksi keksittiin puinen kehys, johon terä kiinnitettiin. Alkuperäisin muoto on n.s. halkaisusaha, jossa neliskulmaisen puukehyksen keskelle kiinnitettiin sahan terä jotenkin samaan tapaan kuin nykyaikaisessa kehysahassa. Tässä kehysessä terää ei voitu kuitenkaan jännittää, ja näin ollen syntyi ajatus kiinnittää terä sillä tavalla kehykseen, että sitä voitiin jännittää. Puusepät ensin keksivätkin tuollaisen jännesahan ja heiltä se sitten vähitellen on siirtynyt metsätyömiehen työaseeksi. Toinen muoto, joka lienee kehittynyt metsässä, on kaarisaha, jossa sahan terä jännitetään puisella kaarella. Myöhemmin puun sijalle on otettu teräs.

Rautasahoja valmistivat aluksi kyläsepät, jotka kukin kehittivät oman mallinsa. Kun sitten viime vuosisadalla tehdasmainen sahojen valmistus pääsi vauhtiin, saivat sahat metsätoissa yhä suuremman levikin. Ja mitä pitemmälle puun käyttö kehittyi, sitä tärkeämmäksi työkaluksi saha metsätoissa muodostui.

Saadakseen tuotteensa kaupaksi valmistivat sahatehtaat aikaisemmin kyläseppien kehittämien mallien mukaisia sahoja, joten niitä tuli sangen monilukuinen joukko erilaisia. Keski- ja pohjois-Euroopan maissa, joita esitys koskee, on kaksi päätyyppiä edustettuina, nim. jännitetyt sahat, jotka sahatessa ovat kiinnitetyt jonkinlaiseen jännityslaitteeseen (kaareen, sahanpuihin jne.) ja jännittämättömät sahat, joiden

terä pysyy suorana teräksen sisäisen jännityksen avulla. Jännitetyt sahanterät ovat ohuempia ja kapeampia kuin jännittämättömien sahojen. Koska jännitettyjen sahojen jännityslaitteet (sahanpuut ja kaaret) estävät sahaamista paksumpina puita, onkin sahojen kesken sellainen työnjako, että 25—30 sm paksimpien puiden sahaukseen käytetään jännittämättömiä, n.s. justeerisahoja ja sitä ohuempien sahaukseen jännitettyjä, halko- tai kaarisahoja.

Sen mukaan kuinka paljon sahat tarvitsevat käyttövoimaa, jaetaan sahat yhdenmiehen ja kahdenmiehen sahoihin. Jännittämättömät sahat ovat tavallisimmin kahdenmiehen sahoja ja jännitetyt sahat yhdenmiehen sahoja. Poikkeuksen tekevät n.s. yhdenmiehen justeerit. Jännitetyissä yhdenmiehen sahanterissä on hammaspuoli ja selkäpuoli tavallisimmin suora ja yhdensuuntainen toistensa kanssa. Kahdenmiehen sahoissa tavataan sekä suoria teriä että myöskin joko vain hammaspuoleltaan kaarevia tai sekä hammas- että selkäpuoleltaan kaarevia teriä (kuvat 1—4).

Kaikkissa maissa on kolmiohammastus sahoissa kaikkein yleisin. Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että sen kunnostaminen on helpoin ilman erikoisia kunnostusvälineitä, ja työmiehet suosivat sitä siitä syystä. Kolmiohammastuksessa erotetaan kaksi päätyyppiä, tiheä ja harva hammastus. Harvasta hammastuksesta on olemassa sitten monia erilaisia yhdistelmämuotoja hampaiden ryhmittymisen ja hammasvälien erilaisuuden mukaan (kuva 5). Enemmän tai vähemmän monimutkaisista hammastuksista voidaan mainita M-hammastus (kuva 6), uurrettu M-hammastus (kuva 7), kruunutai amerikkalainen hammastus (kuva 6), höylähammastus (kuva 8) ja keihäshammastus. Näissä hammastuksissa on joko vain leikkaushampaita tai sekä leikkaus- että höylähampaita. Höylähampaat voivat olla joko kolmiomaisia tai muun muotoisia. Hampaiden etäisyys toisistaan vaihtelee hampaan leveyden ja hammasvälin mukaan.

Sahatutkimuksia on erittäinkin Saksassa suoritettu sangen monia. Varsinkin viime vuosisadan toisella puoliskolla oli tutkimustoiminta vilkasta. Huolimatta siitä suuresta työstä ja vaivasta, joka sahatutkimuksiin silloin uhrattiin, olivat käytännölliset tulokset verraten minimaaliset. Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että tutkijat eivät käyttäneet yhdenmukaisia tutkimusmenetelmiä, minkä vuoksi tulokset eivät olleet keskenään verrannollisia. Toiseksi jäivät tutkimustulokset useimmiten tutkijain salaisuudeksi eivätkä tulleet yleisimmin tunnetuiksi. Tähän oli syynä se, että kun tutkijat eivät kokeissa vaikuttavien monien eri tekijöiden sekä erilaisten tutkimusmenetelmien takia päässeet yhtenäisiin tuloksiin ja vielä sangen vähän kiinnittivät huomiota sahojen kunnostamiseen ja kunnostamisen vaikutukseen sahaustulokseen, eivät he päässeet päämääräänsä, jona oli useasti sahamallien parantaminen ja standardisoiminen. Sahausten teho ja laatu on kuitenkin tänäkin aikana jatkuvasti parantunut. Tätä ei ole luettava niinkään paljon suoritettujen sahatutkimuksien ansioksi kuin sahoja valmistavien tehtaiden, jotka kova kilpailu sekä amerikkalaisten sahojen tunkeutuminen Eurooppaan pakotti parantamaan tuotteittensa laatua.

Vasta sen jälkeen kun Eberswalden metsätyötieteellinen laitos ensimmäisen maailmansodan jälkeen ryhtyi sahatutkimuksia suorittamaan ja ennenkaikkea niiden metodiikkaa selvittämään ja samalla alkoi kiinnittää suurta huomiota kunnostamistapoihin ja julkaisi v. 1929 ensimmäisen sahojen kunnostamisoppaan, saatiin perusteet käytäntöä varten. Sitä mukaa kun uusia tuloksia tutkimuksista saatiin, otettiin oppaasta uusia painoksia vv. 1934, 1937 ja 1939.

Venäjällä sahatutkimuksia on suoritettu varsinkin viime vuosikymmenellä ja



useita kunnostamisoppaita on julkaistu. Ruotsissa ja Suomessakin on eräitä kokeita tehty, mutta toistaiseksi aivan riittämättömässä määrässä.

Muissa Euroopan maissa on tähän mennessä verraten vähässä määrin tehty sahatutkimuksia. Sahan ja sen kunnostamisen merkitys on kuitenkin kaikkialla oivallettu, ja tutkimustulosten puutteessa on koetettu koota käytännöstä havaintoja ja julkaistu niitä sitten taskukirjoissa tai työkaluoppaissa. Puuttuvissa kohdin on suuremmissa tai pienemmissä määrässä turvauduttu saksalaisiin tietoihin. Huomattavan lisän sahatietoutta ovat antaneet Ruotsin sahanterätehtaat julkaisemalla viime vuosina pitkäaikaisen toimintansa aikana saamansa kokemukset sahan kunnostamisesta. Saksalainen sahatettilija David Dominicus on myöskin monissa kirjoitelmissaan ja kirjassaan saattanut kokemuksensa julkisuuteen.

Näiden eri Euroopan maissa julkaistujen työkaluoppaiden sekä sahatutkijain tutkimuksien ja havaintojen mukaan sahojen kunnostamisessa on noudatettava seuraavallaisia periaatteita.

#### Sahan kunnostaminen.

Sahan kunnostamisessa voidaan erottaa seuraavat päävaiheet: Sahan kiinnittäminen ja jännittäminen kunnostamista varten, hammasrivin tasoittaminen, hammasvälin syvyyden määrittäminen ja hammasvälien syventäminen, hampaiden terotus, hampaiden haritus ja kunnostuksen jälkitarkistus. Yleensä on kunnostusjärjestys kaikissa maissa suurin piirtein samanlainen.

Kunnostusvaiheiden järjestys riippuu ennen muuta sahan kunnosta. Hyvin hoidettu tai tehtaan jäleltä oleva saha on haritettava ennen viilausta, mutta kulunut saha haritetaan viilauksen jälkeen.

#### Sahan kiinnittäminen ja jännittäminen.

Sahan kiinnittämistä ja jännittämistä varten kunnostamiseen ryhdyttäessä on kaikissa maissa konstruoitu enemmän tai vähemmän monimutkaisia laitteita (kuvat 21—27).

#### Hammasrivin tasoitus.

Jotta sahausjälki tulisi tasaista, täytyy kaikkien sahan hampaitten olla yhtä korkeita. Hampaiden kärjet on siis kunnostamiseen ryhdyttäessä hammaskärkihöylällä tasoitettava niin että niiden pienet kolmiopinnat tulevat kaikki samalle suoralle viivalle tai sahoissa, joilla on kaareva hammasrivi, alkuperäisen muotoiselle kaarelle (kuvat 28—29).

N.s. höylähammasteisten sahojen höylähampaat tasoitetaan sitä varten valmistetussa laitteessa (kuvat 31—32). Näiden höylähampaiden kärkien täytyy olla alempana kuin leikkaushampaiden. Värmlands Skogsarbetsstudier on tullut siihen tulokseen, että pienetkin erot parhaasta mahdollisesta korkeuserosta vaikuttavat tehoon niin huomattavasti, että on asetettava kysymyksenalaiseksi, onko n.s. höylähammasteisten halkosahojen käyttöä ollenkaan suositeltava metsätöissä. Koska puun rungoissa on huomattavia eroja puun ominaisuudessa, tulisi korkeuseron sahoissa vaihdella rungosta toiseen.

Kun höylähampaat ovat tasoitetut on niiden kärkien välinen uurre myöskin syvennettävä.

#### Hammasvälin syvyyden määrittäminen ja hammasvälien syventäminen.

Hammasrivin tasoitus aiheuttaa automaattisesti hammasvälien syventämisen, ja jotta hampaiden muoto, suuruus ja kärkikulma säilyisi entisenlaisena, täytyy etukäteen hammasrivin alle merkitä viiva (kuva 30), johon asti hammasvälejä saadaan syventää. Tämä syventäminen voidaan hyvin hoidetuissa sahoissa toimittaa viilauksen yhteydessä. Huonosti hoidettujen sahojen hammasvälit on ennen terotusta huolellisesti syvennettävä ja poistettava niihin syntynyt n.s. hammasliha viilan kapealla reunalla. Tätä työtä voidaan jouduttaa n.s. hammasstanssilla. Sillä ei ole kuitenkaan aivan täyteen syvyyteen syvennettävä, vaan on lopputasoitus suoritettava viilalla.

Hammasvälien syventämisen helpottamiseksi ovat sahatetiaat valmistaneet ja valmistavat vieläkin sahoja, joissa hammasrivin taakse on hammasvälien kohdalle tehty reikärivejä yksi tai useampia. Varsinkin amerikkalaisissa sahoissa tavataan useasti tällaisia perforoituja teriä.

Tutkimuksien mukaan sahanterän reijityksen edut ovat hyvin kyseenalaisia. Reijitys helpottaa tosin hammasvälien syventämistä, mutta reikiin takertunut sahanpuru aiheuttaa sahauspinnalla suuremman kitkan. Yleensä eivät nämä sahat ole päässeet suuremmissa määrin eurooppalaisten metsätyömiesten suosioon.

Höylähammasteisten justeerisahojen hammasvälejä ei kunnostettaessa alenneta, sillä hampaat ovat niin pitkät, että niitä saadaan viilata kauan ennenkuin ne tulevat liian lyhyiksi. Suositellaan tehtaassa uuden hammastuksen tekoa.

Hampaan kärkikulman suuruus vaihtelee sahanmallin mukaan. Yleisimmin sahoissa se on 45°. Hodorowskin mukaan vaihtelee kärkikulma Venäjällä 35—65°, mutta suositeltavin on 40°. Stentzelin uusimpien tutkimuksien mukaan suositellaan Saksassa kolmiohampaille 38° kärkikulmaa. Höylähammasteisten sahojen leikkaushampaille pitää Stentzel edullisimpana pehmeässä ja kovassa puussa 70°. Venäläinen Pedder suosittelee pehmeässä puussa kolmiohampaille 40° ja kovassa puussa 50°.

#### Hampaiden terotus.

Erilaiset hammastusmuodot on kukin terotettava omalla tavallaan. Koska kolmio- ja höylähammastus ovat kaikkein yleisimmät hammastusmuodot metsäsafoissa, tarkastellaan vain näiden hammastuksien terotusta. Hampaiden viilauksessa käytetään kaikissa maissa litteitä, puukko- ja sulkaviiloja (kuva 33). Viilat ovat tavallisesti yksi- tai kaksihakkuisia. Metsäsafojen viilaamiseen suositellaan yksihakkuisia viiloja, koska kaksihakkuiset viilat aiheuttavat pieniä tarpeettomia uurteita viilauspintaan. Viilan hakkaus ei saa olla liian hieno, mutta ei myöskään liian karkea. 1 pituussenttimetrillä pitää olla 20—24 hakkausta. Käytännössä viilataan vielä sangen paljon kolmiikulmaviilalla. Sitä ei kuitenkaan suositella missään maassa, sillä sillä tuskin voi viilata vahingoittamatta naapurihammasta. Sillä on lisäksi aika vaikea pitää oikeata viilaussuuntaa. Useimmissa metsätyökaluoppaissa kolmiikulmaviilan käyttö on kielletty.

Kahdenmiehen ja yhdenmiehen justeerisahat viilataan kiinnitettynä jonkinlaiseen puristus- ja jännityslaitteeseen. Kaari- ja halkosahat viilataan tavallisesti kehyksiinsä jännitettyinä niin että vasemmalla kädellä tuetaan terää viilauskohdalta ja oikealla suoritetaan viilaus.

Kolmiomainen hammas voidaan viilata kolmella eri tavalla (kuva 34).



1. Hampaan molemmat sivut viilataan koko pituudeltaan hampaan juuresta kärkeen niin, että viilauspinnat muodostavat vinokaitteen.

2. Molemmat hampaan sivut viilataan hampaan juuresta kärkeen asti, kuitenkin sillä tavalla, että viilauspinnat tulevat kolmionmuotoisiksi jääden hampaan reuna juuripuolesta tylsäksi ja kärkipuolesta teräväksi.

3. Ainoastaan hampaan kärki, n.  $\frac{1}{3}$  hampaan sivusta viilataan teräväksi. Tällä tavalla viilatun hampaan kärjen muodostaa kaksi kolmion muotoista viilauspintaa ja hampaan sivujen alaosat ovat viilaamattomat.

Mielipiteet viilaustavoista ovat hyvin erilaiset. Ensimmäinen viilaustapa, jossa hampaan sivut juuresta kärkeen asti viilataan teräväksi, on kaikkialla hyvin yleinen ja myöskin kaikista helpoin tapa. Ruotsalaiset sahatehtaat suosittelevat toista tapaa, joka aikaisemmin oli Saksassakin hyvin yleinen. Tämä tapa vastaa sahan kaksinaista tehtävää. Hammas voi leikata vain kärjellään, muu osa hampaan sivusta työntää edellään sahanpurun ulos sahausraosta. Koska hammas ei siis voi leikata koko sivullaan, ei sen välttämättä tarvitse olla koko mitaltaan terävä. Lisäksi työntää kohtisuora hampaan sivu sahanpurun paremmin ulos kuin viilattu, koska vinoa viilauspintaa myöten aina hienompaa purua voi sujua sahanterän sivulle aiheuttaen kitkaa. Näin ollen on riittävä, kun hampaan kärki on täysin terävä, kuten viimeisessä tapauksessa.

Tarkoituksenmukaisen viilaustuloksen lisäksi toisessa viilaustavassa luonnollinen viilan käyttö, työntö hampaan juuresta kärkeen päin, parhaiten pääsee oikeuksiinsa. Tämä tapa edellyttää, että sahan viilaaja on kokenut ammattimies, ja se tulee metsätöissä pääasiassa kysymykseen vain silloin, kun sahojen viilauksesta huolehtii erikoinen sahojen kunnostaja. Milloin kunnostaminen jää tavallisten metsätyöimiesten tehtäväksi, on ensimmäinen viilaustapa varmin.

Mielipiteet terotuskulman suuruudesta vaihtelevat melkoisesti. Yleinen sääntö on, että terotuskulman tulee olla kovaa puuta sahattaessa suuremman kuin pehmeää puuta sahattaessa. Saksan, Ruotsin, Slovakian ja Sveitsin työkaluoppaissa suositellaan pehmeälle puulle  $60^\circ$  ja kovalle puulle  $65-75^\circ$  terotuskulmaa. Venäjällä vaihtelee se käytännössä  $45-65^\circ$ . Omien tutkimuksieni mukaan mänty- ja kuusipuulle soveltuu  $54-60^\circ$  terotuskulma ja koivupuulle  $60^\circ$  tai hieman suurempi.

Höylähammastuksen leikkaushampaat viilataan kolmannen tavan mukaan, siis siten, että  $\frac{1}{3}$ , ehkä vähemmänkin, hampaan kärjestä viilataan teräväksi. Koska leikkaushampaiden tehtävänä on vain leikata puusyyt poikki eikä ollenkaan puhdistaa sahausrakoa, voi terotuskulma olla hyvin loiva. Sen suuruus on riippuvainen teräksen laadusta vaihdellen Saksassa  $35-45^\circ$ . Ensiluokkaisesta teräksestä valmistetuille sahoille suositellaan  $35^\circ$ . Kun molemmat hampaan sivut ovat viilatut poistetaan vielä se harja, joka muodostuu hampaan kärjessä viilauspintojen yhtymäkohdassa, jotta leikkaushampaat eivät toimisi lastun, s.o. sahanpurun poistajana. Lopuksi terotetaan höylähampaat. Hampaiden kärkien sisäsivut viilataan niin että ne ovat kohtisuorassa sahan sivupintaa vastaan.

Viilattaessa sahan terää kunnostus- tai viilauslaitteessa pidetään viilasta molemmin käsin siten (kuva 35), että oikea käsi pitää viilan varresta ja vasen sen kärjestä. Viilaa kuljetetaan kevyesti, mutta voimakkaasti painamalla hampaan juuresta kärkeen tai vaakasuorasti niin että se pureutuu hampaan sivuun luiskahtelematta. Kun viila on kärjestä tyveen asti työnnetty, nostetaan se ylös ja palautetaan ilmateitse takaisin uutta työntöä varten. Jotta viilattaessa jokainen työntö tapahtuisi samansuuntaisesti, niin että jokaiseen hampaaseen tulisi sama terotuskulma, suositellaan

kaikissa maissa etenkin tottumattomille työläisille viilauskulmaviivoitusta, johon viilauskulmaa osoittavat viivoitukset on piirretty. Viilauskulmaviivoitus asetetaan sahanterän taakse ja viilaa kuljetetaan aina viivojen suuntaisesti. Tehdasmaisesti valmistetuissa viilaus- tai kunnostuslaitteissa on tavallisesti tällainen viilauskulmaviivoitus. Halkosahoja varten olen itse konstruoinut viilaussärmiön (kuva 36). Se on neliskulmaisesta puusta tehty, 30 sm mittainen, jonka molemmin puolin ovat viilauskulmaviivoitukset pehmeälle ja kovalle puulle sekä molemmin puolin alaosassa sahausrako, johon terä sijoitetaan. Terä luistaa raossa ja särmiöstä voidaan pitää kiinni vasemalla kädellä, ja sitä voidaan siirtää vaivattomasti eteenpäin sitä mukaa kuin viilaus edistyy.

Kun joka toisen hampaan molemmat sivut ovat viilatut, käännetään saha ympäri ja viilataan toiset hampaat. Sveitsissä opetetaan työkalukursseilla työmiehet viilaamaan vasemmanpuoleiset hampaiden sivut oikealla kädellä ja oikeanpuoleiset vasemalla kädellä. Väitetään, että kun työmies tämän oppii, hän voi paljon paremmin pitää huolen siitä, että terotuskulma tulee samanlainen, ja yleensä hän voi pitää silmällä hampaan kärkeä.

Halko- ja kaarisahojen viilaus, ellei niitä varten ole olemassa erikoista kiinnityslaitetta, suoritetaan oikealla kädellä tukemalla terää vasemmalla kädellä viilauskohdalta joko paljaaltaan tai viilaussärmiöllä (kuva 37). Viilauksen tulee tapahtua muuten samoin kuin justeerienkin hyvässä valaistuksessa. Terotuksen aikana tai jälkeen poistetaan hampaan sivuun tarttunut kierre ja viilajauho viilankärjellä, puukolla tai hioinkivellä. Stentzel suosittelee erikoisesti hampaiden hiomattoman sivun sivelemistä hioinkivellä, koska se vähentää vastusta. Terotuskulman tarkistusta varten on konstruoitu erilaisia terotuskulmamittareita (kuva 38).

#### *Hampaiden harittaminen.*

Toinen sahan kunnostamisen tärkeimmistä vaiheista on hampaiden haritus, jolloin hampaat taivutetaan vuorotellen oikealle ja vasemmalle. Harituksen tarkoituksena on estää sahanterän ja sahausraon seinämien välisen kitkan syntyminen. Koska kitka on sitä suurempi mitä pitempi ja karkeampisyistä puuaine on, täytyy harituksen pehmeässä puussa, jonka leikkauspinta on rosainen, olla suurempi kuin kovassa, lyhytsyisessä puussa, jolla on sileä leikkauspinta. Kitkaa on voitu jo suuresti välttää sillä, että sahojen terät valmistetaan selkäpuoleltaan ohuemmiksi kuin hammaspuolelta. Harituksen suuruus riippuu puulajista, puun läpimitasta, hammasmuodosta, sahanterän leveydestä ja sileydestä sekä työmiehen taitavuudesta.

Ylimalkaan voidaan sanoa, että haritus vaihtelee  $0.2 \text{ mm}-0.7 \text{ mm}$ . Se merkitsee siis sitä, että hampaankärjet ovat mainittujen mittojen verran taivutetut ulospäin sahanterän pinnasta. Uusimpien ruotsalaisten tutkimuksien (Värmlands Skogsarbetsstudier) mukaan suositellaan harituksen standardiarvoksi kaarisahoille jäätyneessä puussa  $0.15 \text{ mm}$ , sulassa puussa  $0.20 \text{ mm}$  ja yhden miehen justeerille vastaavasti  $0.20$  ja  $0.25 \text{ mm}$ . Itse olen havainnut tutkimuksieni perusteella, että havupuissa riittää  $0.2 \text{ mm}$  ja koivu- sekä jäätyneessä puussa  $0.1-0.15 \text{ mm}$  halkosahoille. T o n k e l i n mukaan käytetään Venäjällä talvella  $0.1-0.2 \text{ mm}$  ja kesällä  $0.2-0.4 \text{ mm}$  haritusta. Justeerisahoille suositaa venäläinen P e d d e r pehmeässä puussa  $1 \text{ mm}$  ja kovassa puussa  $0.5-0.6 \text{ mm}$  haritusta. Kaikista tähänastisista kokeista käy ilmi, että on mahdotonta tarkasti määritellä, kuinka suuren harituksen tulisi olla. On koetettava tulla toimeen

mahdollisimman pienellä harituksella ja kokeilemalla löytää kuhunkin tapaukseen parhaiten sopiva haritusasu. Harituksen suuruudella sinänsä on paljon pienempi merkitys kuin sillä että haritus on kaikissa hampaissa ehdottomasti saman suuruinen.

Haritus tapahtuu tavallisimmin haritusraudalla. Sen ohessa käytetään muitakin välineitä kuten haritustankoa ja harituspihtejä (kuva 39). Viimeksimainitut, joissa on erikoinen haritusasteikko, ovat erittäin käytännöllisiä laitteita. Niillä on vain se suuri varjopuoli, että niillä ei saa haritusta yhdenmukaiseksi, koska hampaiden kovuus on erilainen, joten ne reagoivat eri tavoin samanlaiseen taivutusvoimaan, joka harituspihdeillä aikaansaadaan. Keski-Euroopassa käytetään justeerisahojen, erittäinkin höylähammasteisten harituksessa vielä aika paljon haritusvasaraa ja alasinta.

Yleinen sääntö harituksessa on, että haritettaessa ei saa taivuttaa koko hammasta sivulle, vaan korkeintaan  $\frac{2}{3}$  hampaan pituudesta kärjestä lukien. Sahatehtaat neuvovat välttämään koko hampaan taivuttamista juuresta asti, koska aina on vaara tarjona, että hampaan juureen syntyy murtumia ja hammas katkeaa. Höylähammasteisten sahojen leikkaushampaista taivutetaan vain uloin kärki, koska nämä hampaat eivät saa toimia höylähampaina. Koska höylähammasteistenkin sahojen selkäpuoli on ohuempi kuin hammaspuoli, riittää pehmeässä puussa 0.25—0.35 mm haritus ja kovassa puussa 0.1—0.2 mm haritus.

Yhdenmukaisen harituksen aikaansaaminen vaatii jokaisen hampaan harituksen tarkistamista heti taivutuksen jälkeen. Haritusmittareita on konstruoitu useita erilaisia ja niitä valmistetaan tehdasmaisesti useassa maassa (kuva 40). Uudenaikaisimpia ja tarkimpia ovat n.s. vieterimittarit.

Kahdenmiehen ja yhdenmiehen justeerit haritetaan tavallisesti kunnostusteli-neessä. Haritettaessa sahan terä kulkee vasemman käsivarren alitse. Joka toinen hammas taivutetaan oikeassa kädessä olevalla haritusraudalla vasemmalle ja vasemmalla kädellä tuetaan sahan terää harituskohdalta sekä siinä kädessä olevalla haritusmittarilla tarkistetaan heti harituksen suuruus. Kun toinen puoli hampaista on haritettu käännetään saha ja toinen puoli haritetaan. Venäjällä ja osaksi Suomessakin haritetaan siten että taivutetaan hampaat oikealle. Tässä tapauksessa täytyy pitää sekä haritusrauta että haritusmittari oikeassa kädessä. Hampaita on taivutettava hitaasti ja rauhallisesti ja taivutus ja mittaus toistettava siksi kunnes haritus on annetun suuruinen. Äkkinäisellä taivutuksella saatetaan vahingoittaa hammasta niin että se murtuu. Kylmällä ilmalla täytyy hampaita lämmittää ennen haritusta.

#### *Kunnostuksen tarkistus ja sahan hoito.*

Kun sahanterä on viilattu ja haritettu, täytyy terotus ja haritus vielä tarkistaa, että ne ovat kaikissa hampaissa yhdenmukaiset. Kaikki jälle jääneet virheet on korjattava. Hampaan kärkiin ei saa jäädä tasotuksesta aiheutuneita valkeita pintoja ja hammaskärkien tulee olla samalla suoralla viivalla molemmiin puolin terän keskiviivaa. Parhaiten voi tottunut työmies tarkistaa sahan tekemällä sillä muutamia sahausia. Sahan kulusta ja leikkauspinnan laadusta kykenee hän päättelemään vastaavko terotuskulma ja haritus tarkoitustaan.

Eräs tärkeä kysymys sahan kunnostamisessa on: »Kuinka usein kunnostus on toistettava?» Tähän ei voida mitään yleistä sääntöä antaa, sillä kunnostamisen toistaminen riippuu sahattavan puun laadusta, ilman lämpötilasta, sahanteräksen kovuudesta ja muista ominaisuuksista, terotuskulman ja harituksen suuruudesta, työpäivän pituu-

desta, työntekijän taidosta ja työn intensiivisyydestä. Metsätyömiehen täytyy nämä tekijät huomioon ottaen kunnostamistoimenpiteet toistaa niin usein kuin sahan täydessä tehossa pitäminen vaatii. Hyvät metsätyömiehet korjailevat sahan terotusta ja haritusta päivittäin. Tavallisimmin neuvotaan ainakin kerran viikossa suorittamaan täydellinen kunnostaminen. Venäläisen Tonkelin mukaan uuden sahanterän kunnostaminen ottaa aikaa 2 tuntia ja käytetyn sahan kunnostamiseen kuluu n. 35—45 minuuttia.

Erilaisten saha- ja hammastusmallien kunnostamisessa on omia erikoisuuksiaan ja niksejään, mutta suurin piirtein noudattaa se edellä selostettuja suuntaviivoja. Nämä pääperiaatteet voidaan kiteyttää seuraaviin päätelmiin: Sahan hampaiden alkuperäinen koko ja muoto on säilytettävä, kärkikulman, terotuskulman ja harituksen tulee olla yhdenmukainen kaikissa hampaissa. Kunnostuksen yhdenmukaisuudella on paljon suurempi merkitys kuin kulmien ja harituksen määräsuuruudella. Huolellisuus ja tarkkuus kunnostamisessa johtaa työtehon kohoamiseen.

Käytön aikana on sahoja huolellisesti hoidettava. Sahanterä on pidettävä puhtaana pihkasta ja kaikista roskista sekä varjeltava ruostumiselta. Jos ruostetta on päässyt tulemaan, on se poistettava esim. paloöljyllä. Kun sahaa joudutaan säilyttämään pidemmän aikaa käyttämättömänä, on se huolellisesti rasvattava tai öljyttävä. Sahaa ei saa työpaikalla huolettomasti viskellä. Kun jännitettävää sahaa ei käytetä, on sen jännitystä löysennettävä. Käytettäessä taas on aika ajoin tarkattava jännitystä, ja kun terä on kulunut, on sen kiinnitys sahanpuihin uusittava tekemällä uudet reijät terän päihin.

Kunnostamistaidon edistämiseksi ja levittämiseksi on miltei kaikissa maissa järjestetty metsätyöläisille kursseja, joilla on neuvottu tarkoituksenmukaisten työkalujen hankkimista ja kunnostamista. Viime aikoina erikoisesti on kaikissa maissa pyritty löytämään tarkoituksenmukaisimmat ja tehokkaimmat sahat ja hammastusmuodot sekä kehitetty kunnostusvälineitä. Lisäksi on kiinnitetty vakavaa huomiota tapaturmasuojeluun ja m.m. valmistettu erikoisia kunnostusvälineistöjä ja työkalusuojuksia niiden kuljetusta varten.













Tab. 3 —

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Fuchs 1927</b>								
Disston: Triumph Champion								
Cross-cut-Säge .....	Schrotsäge	150	83		1.9	1.9		5.40
C. W. Brandt: Sonnensäge .....	Bauchsäge	125	150			0.9		2.20
J. D. Dominicus & Söhne:								
Bügelsäge .....	Geradsäge	125	60		0.6	0.6		—
Schlesische Öhrsäge .....	Schrotsäge	155	130		1.1	1.1		8.30
Tiroler Bauchsäge .....	Bauchsäge	150	150			1.0		1.65
Heidfeld: Bauchsäge .....	»	125	160		0.9	0.9		1.95
David Dominicus & Co.:								
Bauchsäge .....	»	135	120			1.1		4.50
J. D. Dominicus & Söhne:								
Bauchsäge .....	»	140	160			1.0		1.95
Säge von der Mitte aus gezahnt	»	150	150		1.2	1.2		2.60
Schrotsäge .....	Schrotsäge	145	140		1.2	1.2		5.80
Bügelsäge .....	Geradsäge	117	50			0.5		—
Säge mit amerik. Konstr. ....	Bauchsäge	158	150			1.1		3.65
Fichtelberger Waldsäge .....	»	125	150			0.9		2.65
<b>Hampe 1927</b>								
Säge D I J. D. Dominicus ....	»	127	148		1.05	1.15	1.25	
» D II » » .....	»	138	165		1.20	1.25	1.75	
» N » » .....	»	138	156		1.25	1.35	1.80	
» F I » » .....	Geradsäge	150	80		1.65	1.85	1.50	
» F II » » .....	»	150	82		1.75	1.95	1.65	
» E t » » .....	»	150	82		1.55	1.80	1.25	
» W V Harzer Säge .....	Bauchsäge	118	111		1.00	1.10	1.00	
<b>Vestergaard u. Biilmann 1929</b>								
Sandvik 222, perforiert .....	Schrotsäge	5'	154	96	0.8	1.9		
» 222, » .....	»	5.5'	150	97	1.9	1.9		
» 331, ohne Brust, perforiert	»	5.5'	160	100	0.8	1.9		
» 331, mit » .....	»	5.5'	160	100	0.8	1.9		
Disston, Suwane, perforiert .....	»	5'	156	96	0.7	1.9		
» Buzz » .....	»	5.5'	151	95	0.9	1.9		
» Virginia » .....	»	5'	155	94	0.9	2.0		
» » » .....	»	5.5'	164	96	0.7	2.0		
» » » .....	»	6'	178	96	0.7	2.0		
Simonds 206 » .....	»	5.5'	166	100	0.9	1.9		
P. A. Altena, Remscheid .....	»	5'	141	101	1.4	1.3		

(Fortsetzung)

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Amerikanische				22,	15		18,										
				30			22										
Du D				11	7		14										
»				8	7		13										
»				14	9		16										
»				16	11		26										
»				12	9		15										
»				11	9		20										
»				12	10		17										
Liegende				12	20		20										
DD																	
Du D				11	9		18										
»				7	6		10										
Kronen				—	—		—										
M-zähne				12	8		8										
DD				11	11			58	11								1.9
»				12	11			50	12								2.0
Du D				15	11			42	23								2.1
DD				18	17			50	19								2.8
Du D				14	14.5			49	21								2.25
Amerikanische				15	14			48	21								2.2
Hobelzähne																	
DD				5	6			66	10.5								1.8
Hobelzähne	4	1															
»	4	1															
»	2	1															
»	2	1															
»	4	1															
»	4	1															
»	2	1															
»	2	1															
»	2	1															
»	4	1															
Du D																	

Tab. 3 —

1	2	3	4	5	6	7	8	9
David Dominicus, Sägenkönig . . . .	Schrotsäge	5'	157	96	1.3	1.8		
» » » . . . . .	»	5'	154	92	1.1	1.5		
Sandvik 1350 . . . . .	Rahmensäge	4.5'	82	66	0.7	0.9		
» 1350 . . . . .	»	4'	48	48	0.3	0.8		
» 1350 . . . . .	»	4'	34	34	0.4	0.6		
Disston, Baumann . . . . .	»	4.5'	78	62	0.8	1.1		
Sandvik . . . . .	Bügelsäge	90	49	49	0.3	0.7		
» . . . . .	»	90	47	47	0.5	0.7		
Tonkel 1934 b								
Kanadische Sandvik, gerade . . . . .	Scheitersäge	122	25 bis 35	25 bis 35	0.55	0.85	0.147	
Simonds Cross-cut-Säge . . . . .	Bogensäge	152 bis 167	127	96			1.9 bis 2.6	
Kavardin 1936								
Sandvik . . . . .	Scheitersäge	122	25	25	0.55	0.85	0.147	
Ginsburg 1936								
Russische Säge . . . . .	Schrotsäge	106	150	80	1.17	1.16	1.345	2.0
» » . . . . .	»	106	150	80	1.17	1.16	1.340	2.0
» » . . . . .	»	106	150	80	1.16	1.17	1.335	2.0
» » . . . . .	»	106	150	80	1.16	1.15	1.305	2.0
Lucevič 1937								
Eia-Sägeblatt . . . . .	Bügelsäge	107	25	25	0.65	0.77	1.894	
Kanadisches Sägeblatt . . . . .	»	96	24	24	0.62	0.74	1.839	
Eia-Sägeblatt (Karelischer Rahmen) . . . . .	Scheitersäge	100	25	25	0.65	0.77	1.638	
Kanadisches Sägeblatt Karelischer Rahmen . . . . .	Scheitersäge	930	24	24	0.62	0.74	1.583	
Rahmen von Najenov . . . . .	»	110	24	24	0.56	0.81	1.922	
» » Vyisotin . . . . .	»	82	33	33	0.56	0.81	1.041	
Atkins . . . . .	Fuchsschwanz	107	70	170	1.50	1.75	1.785	
» . . . . .	»	107	60	170	1.25	1.26	1.812	
Viking . . . . .	»	105	65	120	1.18	1.45	1.294	
» . . . . .	»	105	40	140	1.07	1.45	1.482	
Russische Säge (Kaganovič) . . . . .	Schrotsäge	145	144		1.27	2.12	2.186	

(Fortsetzung)

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Hobelzähne	2	1														
Dreieckszähne																
Hobelzähne	4	1														
Dreieckszähne																
Hobelzähne	4	1														
Hobelzähne	4	1														
Dreieckszähne																
Dreieckszähne mit Raumzähnen	100	21	7	7	25			45	7	25	7	7	9	152	1.1 bis 1.2	0.1 bis 0.15
Amerikanische Hobelzähne	42 bis 46	17 bis 19	27					48						55		
DD mit Hobelzähnen	100	21	7	7	25			45	7	25	7	7	9	152		
DD	86		13	10	65	10		0	65							
»	88		13	10	65	10		0	65							
Du D	74		12	8	48	12		4	96							
»	76		12	8	48	12		4	96							
Eia-Kronen			6	6.25, 8				45	7.5					56	1.35	
DDmit Hobelzähnen			7	7				53						40	1.29	
Eia-Kronen			6	6.25, 8				45	7.5					56	1.24	
DDmit Hobelzähnen			7	7				53						40	1.12	
»			7	7				53						40	1.33	
»			7	7				53						40	1.34	
Hobel			23	15				54						40	2.65	
»			18	15				30						50	2.45	
Kronen			14	15				60	13					50	2.37	
DD			12	13				50						50	2.25	
DDmit Hobelzähnen			25	18				60						50	2.72	



Tab. 3 —

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Russische Säge (Kaganovič) .....	Schrotsäge	150	147		1.03	1.74	2.380	
» » » .....	»	125	141		1.05	1.05	1.433	
» » » .....	»	122	110		1.05	1.05	1.050	
» » » .....	»	125	154		1.05	1.05	1.485	
» » » .....	»	125	152		1.05	1.05	1.490	
Salev 1939								
Sandvik .....	»	122	162	110	1.0	1.0		
John Kenyon .....	»	122	165	110	1.0	1.0		
Sandvik 219 .....	»	135	148	94	0.9	1.2		
Kone ja Terä Oy .....	»	136	150	100	1.0	1.2		
Sandvik 218 .....	»	120	85	72	1.0	1.5		
J. D. Dominicus, Iddus 90 .....	»	130	134	81	1.1	1.3		
Sandvik 220 .....	»	120	135	90	1.0	1.4		
Eia-Säge .....	»	120	84	68	1.0	1.4		
J. D. Dominicus, Iddus 2180 .....	»	130	138	93	1.0	1.9		
Sandvik 929, perforiert .....	»	122	149	100	0.9	2.0		
J. D. Dominicus, Iddus 2190, perforiert .....	»	130	138	92	1.0	2.1		
Sandvik 915, perforiert .....	»	122	106	85	1.0	2.0		
J. D. Dominicus, Iddus .....	»	140	144	92	1.2	1.6		
Sandvik 225 .....	»	120	131	85	0.8	1.2		
Sandvik .....	Scheitersäge	98	65	53.5	0.8	0.8		
J. D. Dominicus, Iddus .....	»	100	60	60	0.7	0.8		
Kone ja Terä Oy. Sahurin Suosikki .....	»	105	30	30	0.5	0.7		
Sandvik, Otso .....	»	105	30	30	0.6	0.8		
Eia-Säge .....	»	99	35	35	0.6	0.8		
Sandvik 132 .....	»	99	35	35	0.5	0.8		
Iddus .....	»	100	60	60	0.7	0.8		

(Fortsetzung)

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
DD mit Hobelzähnen			25	18										50	2.34	
Eia-Kronen			11	11.25. 14.5			60	13.5						56	1.75	
DD			14	13			41							45	1.75	
Evseev			14	13			41							45	1.75	
DD			14	13			41							45	1.75	
»			12	10			43							60	0.4	
»			15	11			38							69	0.45	
Du D			19	13			39							60	0.45	
»			15	12			40							50	0.40	
»			15	10			40							65	0.30	
»			11	9.5			42							60	0.35	
Kronen 3—5-spitzzähne			11.5	9			39							50	0.45	
Eia-Kronen				12	8.5		42							45	0.30	
Hobelzähne	2	1	30	13			55				24			45	0.30	
»	2	1	33	15.5			60				29			45	0.25	
»	4	1	41	10							25			40	0.30	
»			38	10			70				24			45	0.30	
Wolfszähne			16	20			50							45	0.50	
Du D			14	10			40							60	0.35	
DD			8.5	8			48							65	0.2	
														bis 70		
Du D			8	7			50	4						60	0.2	
														bis 65		
»			6	4			40	3						60	0.15	
														65		
Du D			5	4.5			40	3, 6.5						60	0.2	
														bis 65		
Eia-Kronen			6.5	4.5			40	5.5						45	0.2	
Hobelzähne			7.5	6.5			45							65	0.2	
EHZ			10	11			55	7						55	0.3	



Tab. 4. Sägeleistung in dm<sup>2</sup> je Minute mit Waldsägen

Forscher und Versuchssägen	Stärke-			
	unter 20 cm		von 20 bis 30 cm	
	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min
				Kie
<b>Gayer 1871</b>				
Giessener Säge .....			18.0—25.0	5.30
Schwarzwälder Säge .....			18.0—25.0	8.10
Thüringer Säge .....			18.0—25.0	7.80
Spessarter Säge .....			18.0—25.0	2.60
<b>Hess 1875</b>				
Gerade Schrotsäge .....	20.5—21.5	1.81	24.0—25.5	1.70
Sandvoss'sche Öhr-Bogensäge .....	19.0—21.0	3.51	24.0—27.0	3.46
Thüringer Bauchsäge .....	20.0—21.0	2.39	25.0—25.75	2.37
Giessener Quer-Bogensäge .....	18.5—21.0	3.64	24.5—27.0	3.49
<b>Lorey 1876/77</b>				
Giessener Säge, DuD, 5 Raumz. ....	10.0—20.0	2.98	20.0—40.0	2.52
Bogensäge, DuD, 6 Raumz. ....	10.0—20.0	2.09	20.0—40.0	1.88
Bauchsäge, DD, ohne Raumz. ....	10.0—20.0	3.30	20.0—40.0	3.02
Spannsäge » » » .....	10.0—20.0	3.09	20.0—40.0	
Gerade Wolfzahn-säge ohne Raumz. ....	10.0—20.0	3.52	20.0—40.0	2.75
<b>Eberts 1878</b>				
Giessener Säge .....				
Friedrichsthaler Säge, raum .....				
» » dicht .....				
Sandvoss'sche Öhr-Bogensäge .....				
Bügel-Bauchsäge aus Eberswalde .....				
<b>Weise 1879</b>				
Bogensäge, Dreiecksbe-zahnung .....			20.0	6.39
Bügelsäge, » .....			20.0	4.14
<b>Lorey 1883</b>				
Amerikanische Säge .....				
<b>Kast 1896</b>				
Tiroler Bauchsäge, Wolfszähne .....	17.0—20.0	6.64	28.0—32.0	6.06
» » » perforiert .....	17.0—20.0	6.10	28.0—32.0	6.03
Bogensäge, amerikanische Be-zahnung ..	17.0—20.0	4.22	28.0—32.0	3.98
» » » perforiert .....	17.0—20.0	4.02	28.0—32.0	4.01

nach den Versuchen verschiedener Sägeforscher

klassen				Durchschnitt		Anmerkungen
von 30 bis 40 cm		über 40 cm				
Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	
fer						
30.0—35.0	4.40			18.0—35.0	4.80	
30.0—35.0	5.70			18.0—35.0	6.90	
30.0—35.0	5.00			18.0—35.0	6.40	
30.0—35.0	2.40			18.0—35.0	2.50	
30.5—42.0	1.06			20.5—42.0	1.30	
31.0—38.5	2.90			19.0—38.5	3.14	
31.0—40.25	3.29			20.0—40.25	2.80	
31.0—36.5	4.08			18.5—36.5	3.81	
						Ungefrorenes Holz, Schränkweite 2, 3 u. 4 mm
						» »
						» »
						» »
						» »
30.0—55.0	4.15					
30.0—55.0	2.51					
30.0—55.0	3.38					
30.0—55.0	2.77					
30.0—55.0	4.30					
						50 cm 4.10 dm <sup>2</sup> /min
30.0	5.73	40.0	5.29			55 » 4.28 »
30.0	5.59	40.0	5.14			50 » 5.49 »
						55 » 5.15 »
						5.12
				45.0—50.0	4.93	
				45.0—50.0	4.86	
				45.0—50.0	3.72	
				45.0—50.0	3.58	

Tab. 4 —

Forscher und Versuchssägen	Stärke-			
	unter 20 cm		von 20 bis 30 cm	
	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min
				Kie
Schrotsäge amerikanische Bezeichnung ..	17.0—20.0	4.50	28.0—32.0	3.92
» » » perforiert	17.0—20.0	3.51	28.0—32.0	3.32
<b>Fuchs 1927</b>				
Disston-Cross-cut-Säge .....		4.51		4.21
Brandt: Sonnensäge .....		5.66		4.37
J. D. Dominicus: Bügelsäge .....		4.05		4.00
» Schlesische Öhrsäge ..		3.91		3.91
» Tiroler Bauchsäge ....		3.41		3.45
Heidfeld: Bauchsäge .....		3.43		3.33
David Dominicus: Bauchsäge .....		3.41		3.37
J. D. Dominicus: Bauchsäge .....		3.37		3.29
» Säge, von der Mitte aus gezahnt .....		2.72		3.58
» Schrotsäge .....		3.14		3.01
» Bügelsäge .....		2.90		3.34
» Deutsche Säge mit amerik. Konstr. ....		2.82		2.94
» Fichtelberger Waldsäge		2.83		2.42
<b>Gläser 1932</b>				
Schrotsäge, DuD-Bezeichnung .....	15.0—19.0	8.69	20.0—27.0	8.71
» » .....	15.0—29.0	7.60	25.0—29.0	5.98
» » .....			20.0—25.0	6.02
» » .....				
<b>Stentzel 1934 a</b>				
Schrotsäge, DuD-Bezeichnung .....				
» Hobelbezeichnung .....				
» » .....				
» » .....				
» » .....				
» Lanzenbezeichnung .....				
» M-Bezeichnung .....				
» Kronenbezeichnung .....				
Gersonsäge .....				
<b>Tonkel 1934 b</b>				
Russische Schrotsäge .....	16.0	1.59	22.0	1.66
Amerik. Cross-cut-Säge .....	16.0	4.32	22.0	4.56
Kanadisch-finnische Scheitersäge .....	16.0	4.47	22.0	4.75

(Fortsetzung)

klassen		von 30 bis 40 cm		über 40 cm		Durchschnitt		Anmerkungen
Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	
fer				45.0—50.0	4.04			
				45.0—50.0	3.56			
								4.06
								4.61
								4.03
								4.01
								3.43
								3.42
								3.40
								3.29
								3.09
								3.07
								2.91
								2.68
								2.45
		30.0—34.0	5.74	40.0—45.0	6.12			
		35.0—39.0	5.84					
		30.0—45.0	5.87					
		30.0—47.0	5.38					
		30.0—44.0	6.79					
		30.0—44.0	9.78					
		30.0—44.0	7.13					
		30.0—44.0	8.01					
		30.0—44.0	9.91					
		30.0—44.0	9.37					
		30.0—44.0	9.98					
		30.0—44.0	8.22					
		30.0—44.0	9.37					



Tab. 4 —

Forscher und Versuchssägen	Stärke-			
	unter 20 cm		von 20 bis 30 cm	
	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min
				Kie
Lennerthson u. Flodman 1938			26.0—28.0	11.36
Bügelsäge, Sandvik 99, Dreieckszähne			26.0—28.0	10.42
» » 102, »				
Bügelsäge, Sandvik 999, Dreieckszähne mit Raumzahn			26.0—28.0	12.19
» » 129, Hobelbezahnung			26.0—28.0	13.16
» » 132, »			26.0—28.0	12.82
Aro 1942				
Scheitersäge, Sandvik 99	14.0—14.9	6.04		
» » Otso	14.0—14.9	7.90		
» » 392	14.0—14.9	7.26		
» Kone ja Terä Oy. Sahurin Suosikki	15.0—15.9	7.62		
» Epilä Oy, Sini Hai 2	14.0—14.9	5.23		
» » Kelta Hai 3	14.0—14.9	6.31		
» » Sini Hai 1	14.0—14.9	6.73		
» Orsa Ab, Orsia	14.0—14.9	7.62		
				Fichte
Gayer 1871				
Giessener Säge			18.0—25.0	3.70
Schwarzwälder Säge			18.0—25.0	6.70
Thüringer Säge			18.0—25.0	5.60
Spessarter Säge			18.0—25.0	2.40
Lorey 1872				
Thüringer Säge	8.25—17.50	6.20	18.75—28.75	7.30
Lorey 1876/77				
Gerade Wolfszahnsäge ohne Raumz.	10.0—20.0	3.17	20.0—40.0	2.55
Giessener Säge, DuD, 5 Raumz.	10.0—20.0	2.47	20.0—40.0	2.21
Weise 1879				
Bogensäge, Dreiecksbezahnung			20.0	7.72
» M-Bezahnung			20.0	4.73
Kast 1896				
Tiroler Bauchsäge, Wolfszähne	17.0—20.0	5.06	28.0—32.0	4.53
» » » perforiert	17.0—20.0	4.60	28.0—32.0	4.52
Amerikanische Nonpareilsäge, Geradsäge	17.0—20.0	5.44	28.0—32.0	5.35

(Fortsetzung)

klassen		von 30 bis 40 cm		über 40 cm		Durchschnitt		Anmerkungen
Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	
		30.0—35.0	2.50	40.0—50.0	1.80	18.0—50.0	2.60	
		30.0—35.0	2.90	40.0—50.0	2.30	18.0—50.0	3.90	
		30.0—35.0	3.00	40.0—50.0	2.60	18.0—50.0	3.70	
		30.0—35.0	1.80	40.0—50.0	1.00	18.0—50.0	1.70	
		30.0—37.5	6.40			8.25—37.5	6.69	
								Ungefrorenes Holz, Schränkweite 4 mm
		30.0	7.42	40.0	5.48			50 cm 4.77 dm <sup>2</sup> /min
		30.0	3.78	40.0	3.76			50 » 1.80 »
				45.0—50.0	4.26	17.0—50.0	4.75	
				45.0—50.0	3.88	17.0—50.0	4.34	
				45.0—50.0	3.51	17.0—50.0	—	

Tab. 4 —

Forscher und Versuchssägen	Stärke-			
	unter 20 cm		von 20 bis 30 cm	
	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min
				Fichte
Bogensäge, amerikanische Bezeichnung	17.0—20.0	4.24	28.0—32.0	4.15
» » » perforiert	17.0—20.0	4.25	28.0—32.0	3.81
Schrotsäge » » .....	17.0—20.0	3.98	28.0—32.0	3.92
» » » perforiert	17.0—20.0	3.88	28.0—32.0	3.69
H a m p e 1927				
J. D. Dominicus: Schrotsäge, gebogen ..				
» » » ..				
» » » ..				
» » » gerade ..				
» » » ..				
» » » ..				
Harzer Säge, Bogensäge .....				
B a c k m u n d 1927				
Schrotsäge, DuD-Bezeichnung .....			24.0—30.0	5.53
» » » perforiert			24.0—30.0	5.74
» » amerikanische Bezeichnung ..			24.0—30.0	6.05
» » DD-Bezeichnung .....			24.0—30.0	6.57
Non plus ultra, DuD-Bezeichnung .....			24.0—30.0	6.19
Bauchsäge, DD-Bezeichnung .....			24.0—30.0	6.89
» » amerikanische Bezeichnung			24.0—30.0	6.99
» » DuD-Bezeichnung, perforiert			24.0—30.0	6.64
Schrotsäge,..... » .....			24.0—30.0	4.65
Non plus ultra, DuD-Bezeichnung .....			24.0—30.0	6.36
» » » .....			24.0—30.0	6.49
» » » .....			24.0—30.0	7.37
Bauchsäge, Arbeitersäge .....			24.0—30.0	4.92
G i n s b u r g 1936				
Schrotsäge, DuD-Bezeichnung, dicht ....	8.0—26.0	4.68	24.0—34.0	4.74
» » » weit ....	8.0—26.0	5.82	24.0—34.0	5.70
L u c e v i č 1937				
Büfelsäge, Eia-Sägeblatt .....			20.2	4.66
» » Kanadisches Sägeblatt ....			20.3	4.09
Scheitersäge, Eia-Sägeblatt				
(Karelischer Rahmen) ....			20.0	4.81
» » Kanadisches Sägeblatt				
(Karelischer Rahmen) ....			20.0	4.70

(Fortsetzung)

klassen				Durchschnitt		Anmerkungen
von 30 bis 40 cm		über 40 cm				
Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	
		45.0—50.0	3.62	17.0—50.0	4.08	
		45.0—50.0	3.28	17.0—50.0	3.81	
		45.0—50.0	3.40	17.0—50.0	3.84	
		45.0—50.0	3.09	17.0—50.0	3.62	
	39.0	6.40				
	38.0	4.90				
	36.0	2.60				
	38.0	4.90				
	38.0	5.40				
	38.0	4.60				
	38.0	6.30				
	38.0—40.0	5.46	45.0—50.0	4.46		
	38.0—40.0	4.98	45.0—50.0	4.47		
	38.0—40.0	5.76	45.0—50.0	5.09		
	38.0—40.0	6.01	45.0—50.0	5.33		
	38.0—40.0	5.24	45.0—50.0	4.80		
	38.0—40.0	5.99	45.0—50.0	5.04		
	38.0—40.0	6.23	45.0—50.0	5.17		
	38.0—40.0	5.54	45.0—50.0	4.78		
	38.0—40.0	3.78	45.0—50.0	3.39		
	38.0—40.0	5.22	45.0—50.0	—		
	38.0—40.0	5.34	45.0—50.0	5.50		
	38.0—40.0	6.38	45.0—50.0	5.75		
	38.0—40.0	4.41	45.0—50.0	3.90		



Tab. 4 —

Forscher und Versuchssägen	Stärke-			
	unter 20 cm		von 20 bis 30 cm	
	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min
Scheitersäge Kone ja Terä Oy, Sahurin Suosikki .....	14.0 — 14.9	5.57		
» Epilä Oy, Sini Hai 2 .....	14.0 — 14.9	4.91		
» » Kelta Hai 3 .....	14.0 — 14.9	4.91		
» » Sini Hai 1 .....	14.0 — 14.9	5.73		
» Orsa Ab, Orsia .....	14.0 — 14.9	6.80		
<b>Gayer 1871</b>			<b>Buche</b>	
Giessener Säge .....			18.0 — 25.0	2.50
Schwarzwälder Säge .....			18.0 — 25.0	4.60
Thüringer Säge .....			18.0 — 25.0	3.10
Spessarter Säge .....			18.0 — 25.0	2.50
<b>Betzhold 1873</b>				
Gebogene Wolfszahnsäge .....	10.0 — 19.0	6.93	20.0 — 29.0	5.68
» » .....	10.0 — 19.0	5.59	20.0 — 29.0	4.78
Grosse Steyrische Bauchsäge .....	10.0 — 19.0	6.26	20.0 — 29.0	5.69
» » » .....	10.0 — 19.0	4.37	20.0 — 29.0	4.08
Thüringer Bauchsäge .....	10.0 — 19.0	4.80	20.0 — 29.0	4.16
» » .....	10.0 — 19.0	4.80	20.0 — 29.0	4.16
Kleine Steyrische Säge .....	10.0 — 19.0	5.92	20.0 — 29.0	5.43
» » » .....	10.0 — 19.0	3.59	20.0 — 29.0	4.03
Giessener Quer-Bogensäge .....	10.0 — 19.0	6.30	20.0 — 29.0	4.42
» » .....	10.0 — 19.0	—	20.0 — 29.0	4.42
Harzer Bauchsäge .....	10.0 — 19.0	3.59	20.0 — 29.0	3.72
» » .....	10.0 — 19.0	3.48	20.0 — 29.0	3.72
Friedrichthaler Wiegensäge mit Raum- zähnen .....	10.0 — 19.0	5.80	20.0 — 29.0	4.85
» » » » .....	10.0 — 19.0	4.99	20.0 — 29.0	4.54
» » ohne Raumzähne .....	10.0 — 19.0	5.83	20.0 — 29.0	5.12
» » » » .....	10.0 — 19.0	5.56	20.0 — 29.0	4.99
<b>Lorey 1876/77, 1877, 1878</b>				
Gerade Wolfszahnsäge ohne Raumzähne	10.0 — 20.0	2.34	20.0 — 40.0	1.77
Schrotsäge, DuD .....	10.0 — 20.0	1.92	20.0 — 40.0	2.05
Giessener Säge, DuD, 5 Raumz. ....	10.0 — 20.0	3.84	20.0 — 40.0	3.49
Bogensäge, DuD, 6 Raumz. ....	10.0 — 20.0	3.30	20.0 — 40.0	4.76

(Fortsetzung)

klassen		über 40 cm		Durchschnitt		Anmerkungen
von 30 bis 40 cm						
Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	
30.0 — 35.0	2.90	40.0 — 50.0	2.80	18.0 — 50.0	2.70	
30.0 — 35.0	3.40	40.0 — 50.0	1.50	18.0 — 50.0	3.20	
30.0 — 35.0	2.00	40.0 — 50.0	1.00	18.0 — 50.0	2.00	
30.0 — 35.0	2.30	40.0 — 50.0	1.90	18.0 — 50.0	2.20	
30.0 — 35.0	4.97					
30.0 — 35.0	4.43					
30.0 — 35.0	4.33					
30.0 — 35.0	3.88					
30.0 — 35.0	4.33					
30.0 — 35.0	4.43					
30.0 — 35.0	—					
30.0 — 35.0	3.69					
30.0 — 35.0	4.02					
30.0 — 35.0	4.02					
30.0 — 35.0	3.07					
30.0 — 35.0	3.07					
30.0 — 35.0	4.32					
30.0 — 35.0	4.24					
30.0 — 35.0	4.18					
						Gefrorenes Holz, Schränkweite 2.5 u. 3 mm
						» »
						» »
						» »



Tab. 4 —

Forscher und Versuchssägen	Stärke-			
	unter 20 cm		von 20 bis 30 cm	
	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min
<b>Buche</b>				
Giessener Quer-Bogensäge mit Raumzähnen .....	11.0 — 24.0	5.64		
» » ohne Raumzähne .....	11.0 — 24.0	6.48		
Weise 1879				
Bogensäge, Dreiecksbezeichnung .....			20.0	3.77
» M-Bezeichnung .....			20.0	3.58
Bügelsäge, Dreiecksbezeichnung .....			20.0	4.04
Lorey 1883				
Amerikanische Säge .....				
Kast 1896				
Tiroler Bauchsäge, Wolfszähne .....	17.0 — 20.0	4.13	28.0 — 32.0	3.58
» » » perforiert .....	17.0 — 20.0	4.09	28.0 — 32.0	3.47
Amerikanische Nonpareilsäge, Geradsäge .....	17.0 — 20.0	3.77	28.0 — 32.0	3.26
Bogensäge, amerikanische Bezeichnung .....	17.0 — 20.0	3.45	28.0 — 32.0	2.81
» » » perforiert .....	17.0 — 20.0	3.40	28.0 — 32.0	2.50
Schrotsäge, » » .....	17.0 — 20.0	3.15	28.0 — 32.0	2.37
» » » perforiert .....	17.0 — 20.0	2.96	28.0 — 32.0	2.19
Haehnle 1901				
Dominicus, Normalsäge .....			28.0	*4.45
Säge aus Revier Einsiedel .....			28.0	*3.94
» » » Altheim, Dreieckszähne .....				30.0
» » » » M-Zähne .....				36.9
Vestergaard u. Biilmann 1929				
Schrotsäge, Sandvik 222, Hobelbezeichnung .....	10.0 — 20.0	6.71	20.0 — 30.0	8.91
» » 331 .....	10.0 — 20.0	8.43	20.0 — 30.0	7.97
» Disston, Suwanee, Hobelbez. ....	10.0 — 20.0	8.37	20.0 — 30.0	7.29
» » Buzz .....	10.0 — 20.0	10.18	20.0 — 30.0	10.82
» » Virginia .....	10.0 — 20.0	9.15	20.0 — 30.0	8.50
» P. A. Altena, .....				
» Remscheid, DuD-Bez. ....	10.0 — 20.0	7.45	20.0 — 30.0	6.17
» Dominicus, Hobelbez. ....			20.0 — 30.0	6.70
» » Dreiecksbez. ....			20.0 — 30.0	5.52

(Fortsetzung)

klassen							
von 30 bis 40 cm		über 40 cm		Durchschnitt		Anmerkungen	
Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min	Durchm. cm	dm <sup>2</sup> /min		
				14.0 — 35.0	2.48	Gefrorenes Holz, Schränkweite 2.5 u. 3 mm	
				14.0 — 35.0	2.64	» »	
30.0	3.44	40.0	.36			50 cm 2.83 dm <sup>2</sup> /min	
30.0	3.11	40.0	2.91			55 » 2.78 »	
						50 » 2.74 »	
						55 » 2.72 »	
30.0	3.45	40.0	2.78			50 » 2.92 »	
						55 » 2.80 »	
					5.71		
		45.0 — 50.0	3.00	17.0 — 50.0	3.71		
		45.0 — 50.0	3.20	17.0 — 50.0	3.73		
		45.0 — 50.0	2.92	17.0 — 50.0	3.38		
		45.0 — 50.0	2.61	17.0 — 50.0	2.91		
		45.0 — 50.0	2.21	17.0 — 50.0	2.78		
		45.0 — 50.0	2.42	17.0 — 50.0	2.84		
		45.0 — 50.0	2.13	17.0 — 50.0	2.51		
						* Winterarbeit	
		30.0 — 40.0	7.53	40.0 — 50.0	8.28	10.0 — 50.0	7.83
		30.0 — 40.0	7.48	40.0 — 50.0	6.83	10.0 — 50.0	7.53
		30.0 — 40.0	6.75	40.0 — 50.0	7.78	10.0 — 50.0	7.16
		30.0 — 40.0	9.40	40.0 — 50.0	8.98	10.0 — 50.0	9.59
		30.0 — 40.0	7.89	40.0 — 50.0	7.42	10.0 — 50.0	8.01
		30.0 — 40.0	6.00	40.0 — 50.0	3.88	10.0 — 50.0	5.29
		30.0 — 40.0	6.46	40.0 — 50.0	5.66	20.0 — 50.0	6.38
		30.0 — 40.0	4.56	40.0 — 50.0	3.81	20.0 — 50.0	4.13

