

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Forstverein
<b>Band:</b>	118 (1967)
<b>Heft:</b>	7
<b>Artikel:</b>	Was bewirkt die Massgenauigkeit beim Einschnitt von Rundholz in Hochleistungsmaschinen?
<b>Autor:</b>	Thunell, B.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-764299">https://doi.org/10.5169/seals-764299</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

## Journal forestier suisse

118. Jahrgang

Juli 1967

Nummer 7

### Was bewirkt die Maßgenauigkeit beim Einschnitt von Rundholz in Hochleistungsmaschinen?

Von B. Thunell, Stockholm

Oxf. 832

In der heutigen Sägewerkstechnik ist die Maßgenauigkeit der gesägten Ware von Bedeutung, teils unter Berücksichtigung der Brauchbarkeit der gesägten Ware selbst und der etwaigen weiteren Veredlung und teils im Hinblick auf den Rohstoffverbrauch. Diese Umstände werden von Tag zu Tag wichtiger. In der modernen Holzbautechnik erfordern die Konstruktionen und Arbeitsmethoden eine immer größere Präzision der Waren, und die holzbearbeitende Industrie wird auf Grund der weiter vorangetriebenen Mechanisierung und Automation ein gleichförmigeres Material verlangen, damit sie vollen Nutzen aus den technischen Vorgängen und Ausrüstungen ziehen kann. Auf Grund seiner Natur eines hygrokopischen und anisotropen Werkstoffes, der außerdem sowohl heterogen als auch äußerst variabel ist, ist die Verwendung von Holzmaterial mit zahlreichen Problemen verbunden. Man sollte es daher möglichst vermeiden, weitere Probleme hervorzurufen, und aus diesem Grunde sollte man sorgfältig darauf achten, wie der Säevorgang geleitet werden muß, wenn man auch hinsichtlich der Maße ein gutes Ergebnis erzielen will. Für gesägte Holzwaren bestehen indes keine allgemeinen Toleranzbestimmungen ähnlicher Art wie zum Beispiel in der Metallindustrie (Abbildung 1).

Im Rahmen der Internationalen Organisation für Normung (ISO) sind jedoch gewisse internationale Arbeiten im Gang, und es liegen bereits gewisse Vorschläge vor.

Um auf die Ursachen der Maßabweichungen einzugehen, sollen hier vorerst die verschiedenen denkbaren Möglichkeiten dazu behandelt werden. Die fertige gesägte Ware wird grundsätzlich durch zwei Bewegungen im Zusammenhang mit dem Einschnitt geformt, nämlich durch die eigentliche Schnittbewegung und die Vorschubbewegung. Die Schnittbewegung ist dabei von großer Geschwindigkeit beim Blatt, weil die Vorschubbewegung eine relativ niedrige Geschwindigkeit hat, die in der weitaus überwiegenden Anzahl der Fälle dem Arbeitsstück, das heißt dem Rundholz oder dem aus dem Rundholz ausgesägten Teil, beigebracht wird. Die Kreissäge weist bei der Zähnung Schnittgeschwindigkeiten auf, die zwischen 40 und 50 Metern je Sekunde oder gar noch höher liegen. Die Schnittgeschwindigkeit der Bandsäge liegt in der Nähe von 30 Metern je Sekunde, während es sich bei

der Gattersäge um eine komplizierte Bewegung handelt, bei der die Geschwindigkeit von 0 bis etwa 10 Meter je Sekunde schwankt. Die Vorschubbewegung hält sich zwischen einigen Metern je Minute und 25 Metern je Minute bei der Gattersäge, 75 Metern je Minute als Maximum bei der Bandsäge und etwa 150 Metern je Minute bei der Kreissäge (Besäumsäge). Die Ausführungen hier gründen auf Erfahrungen, die man vor allem in hochproduktiven Sägewerken gemacht hat, in denen in einer Schicht auf einer Produktionsebene bis zu 35 000 Kubikmetern Schnittwaren erzeugt werden.

Grundsätzlich kann gesagt werden, daß die Maßgenauigkeit bei der Bearbeitung davon abhängig ist, wie exakt es gelingt, die Schneidkante im Verhältnis zum Arbeitsstück in die vorgesehene Bahn zu führen. Als erste Bedingung muß die Zähnung an die richtige Stelle gelangen, wenn die Blätter in die Maschine eingespannt werden. Bei Bandsägen und Kreissägen ist dies eine verhältnismäßig einfache und natürliche Sache – oder sollte es wenigstens sein. Bei der Kreissäge kommt es vor allem darauf an, daß die Flanschen der Achse sich in der richtigen Lage befinden und eine Vertikalebene im Verhältnis zur Achsmittellinie bilden. Bei der Bandsäge wird die Lage dadurch bestimmt, daß die Räder richtig justiert sind und den richtigen Durchmesser haben, daß sie keinen Belag von Schmutz und Harz aufweisen und daß sie nicht abgenutzt sind; ferner müssen auch die Führungs vorrichtungen des Blattes richtig eingestellt sein. Bei der Kreissäge ist es außerdem wichtig, daß das Loch des Sägeblattes so abgepaßt ist, daß die Peripherie wirklich in eine konzentrische Lage kommt.

Am größten ist das Problem ohne Zweifel bei der Gattersäge: Hier sollen die Sägeblätter in eine vertikale Ebene eingespannt werden, die parallel zur Vorschubrichtung des Stammes verläuft. Einige Abbildungen zeigen auf Grund von Messungen, die in Sägewerken erfolgten, daß die Einspannung der Sägeblätter viel zu wünschen übrig läßt. Die Sägeblätter sind oft schief und im Verhältnis zur Vorschubrichtung verdreht eingehängt. Bei diesen Abweichungen kann es sich um gleiche Größenordnungen handeln wie die Toleranzwerte, die man anstreben sollte (Abbildung 2).

Nach dem Einspannen der Sägeblätter und dem Ingangsetzen der Maschine dürfen auch keine Abweichungen von der Bahn vorkommen, welche die Zähnung bei ihrer Bewegung beschreibt. Dies hängt natürlich davon ab, ob einer Reihe von Faktoren Rechnung getragen wurde oder nicht. Hier einige Gesichtspunkte bezüglich der Wahl der Bahn, die die Zähnung bei ihrer Bewegung beschreiben soll.

Bei der Bandsäge ergeben sich keine Probleme, da sich die Zähnung in einer geradlinigen Bahn bewegt. Auch bei der Kreissäge braucht man nicht viel nachzudenken und keine besonderen Berechnungen anzustellen, da die Bahn in Form eines Kreises gegeben ist. Dagegen sind im Laufe der Zeit eine ganze Reihe verschiedener Vorschläge bezüglich der Gattersäge ge-

macht worden, und man arbeitet mit Sägerahmen, die sich in geradlinigen Bahnen oder in Bahnen mit verschiedenen bogenförmigen Elementen bewegen, die durch das eine oder andere Gelenk- oder Kurvensystem hervorgebracht werden. Wenn man Zuflucht zu den komplizierteren Bewegungsbahnen des Sägerahmens nimmt, so tut man es bekanntlich deshalb, weil man die im großen und ganzen sinusförmig schwankende Schnittgeschwindigkeit ausgleichen will.

Welche Bewegungsbahn man auch gewählt haben mag, die Bearbeitung der Maschinenteile muß derart exakt sein, daß die vorgesehene Bahn der Bewegung wirklich innerhalb angemessener Grenzen eingehalten wird. Die Maschinenteile dürfen natürlich auch nicht zu gering bemessen sein, so daß sich unzulässige elastische Deformationen ergeben; auch dürfen die Teile nicht abgenutzt oder schlecht justiert sein, so daß das System irgendein Spiel aufweist. Leider sind die Schmiervoraussetzungen bei einer Gattersäge nicht die besten, und es hat daher bedeutende Schwierigkeiten bereitet, den Verschleiß zu eliminieren. Bei Kreis- und Bandsägen führen die Räder und Achsen rotierende Bewegungen aus. Die Kugel-, Rollen- oder Gleitlager der Räder dürften ohne Schwierigkeiten funktionieren, wenn sie vorschriftsmäßig gepflegt werden. Es versteht sich aber, daß man auch bei diesen Maschinen Sorgfalt walten lassen muß, um beispielsweise unzulässigen Vibrationen und Schwingungen der großen Räder in einer Bandsäge vorzubeugen.

Auch die Werkzeuge — die Blätter — müssen mit ausreichender Sorgfalt gepflegt werden. Die durch das Schleifen hervorgebrachten Winkel der Sägezähne müssen genau nach Vorschrift eingehalten werden, und vor allem darf keine Asymmetrie vorhanden sein. Eine solche Asymmetrie kann zum Beispiel dadurch entstehen, daß die Schleifmaschinen sich nicht in vorschriftsmäßigem Zustand befinden oder nicht richtig eingestellt sind. Die Schränkung oder Stauchung der Zähne muß auch genau kontrolliert werden; sie hat nicht nur im Durchschnitt beiderseits gleich groß zu sein, sondern jeder Zahn muß innerhalb der gegebenen Toleranzgrenzen wie vorgesehen abgebogen oder gestaucht sein. Es hat sich gezeigt, daß eine erheblich verschärzte Kontrolle hier sehr zu empfehlen ist.

Der Einspannfall, der sich in bezug auf Sägeblätter ergibt, ist bei den drei Maschinentypen völlig verschieden. Bei der Kreissäge ist vor allem die Eigenstabilität des Blattes ausschlaggebend, und hierbei sind die Schneidekräfte an der Peripherie und insbesondere die Erwärmung der Säge von entscheidender Bedeutung. Die wichtigste Bedingung dafür, daß sich ein solches Sägeblatt gut bewegt und nicht zu flattern anfängt, ist die, daß die ganze Zeit über Zugspannungen im äußersten Teil des Blattes direkt unter der Zähnung herrschen. Zu diesem Zweck gibt man dem Blatt eine Streckzone. Dies ist auch heute ein Vorgang, bei dem wir uns auf das berufliche Können desjenigen verlassen müssen, der die Arbeit ausführt (Abbildung 3).

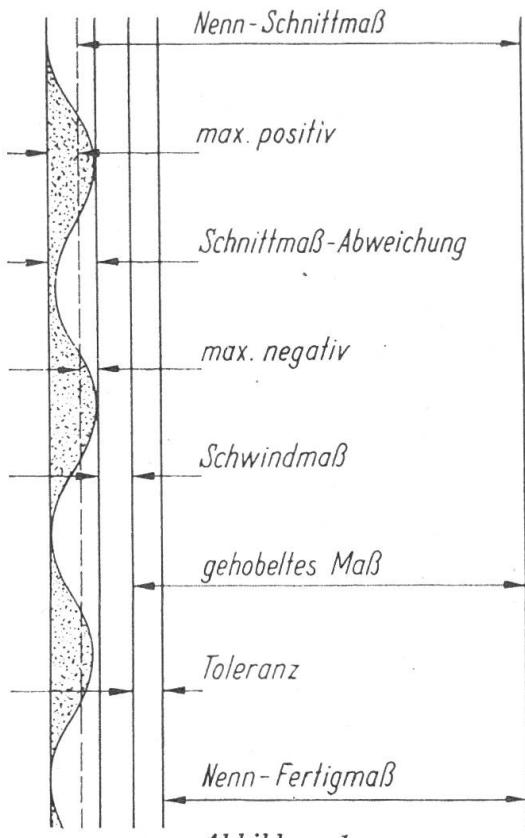


Abbildung 1

Maßbegriffe bei der Holzbearbeitung

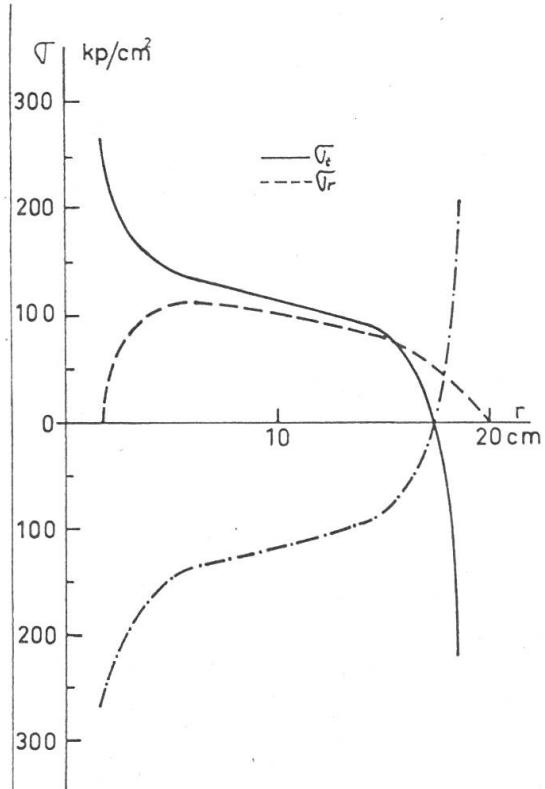


Abbildung 2  
Variationen der Sägeblätter beim  
Einhängen

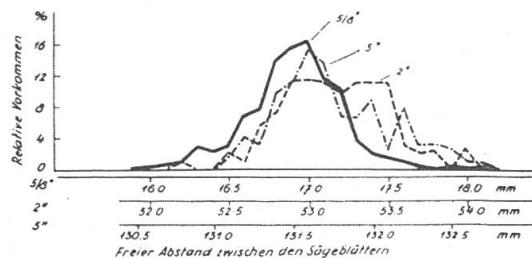


Abbildung 2a  
Freier Abstand zwischen den Sägeblättern, in der halben Höhe der Blätter an der Zahnkante gemessen

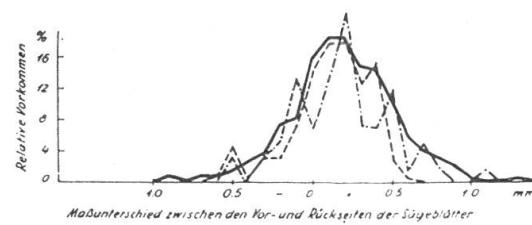


Abbildung 2b  
Unterschied des Abstandes zwischen den Zahngrundlinien und den Blattrücken

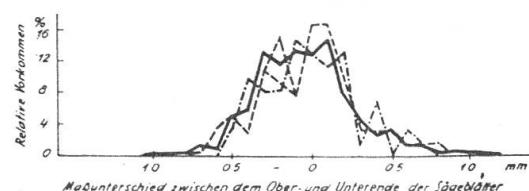


Abbildung 2c  
Unterschied des Abstandes zwischen den Zahngrundlinien, am oberen und unteren Register gemessen

Abbildung 3  
Innerer Spannungszustand berechnet für ein rotierendes und zugleich erhitztes Sägeblatt. Die gestrichelte Kurve zeigt die Spannung, die dem Sägeblatt durch Streckung beigebracht werden muß, damit Spannungsfreiheit bei Zusammenlegen mit der vollgezogenen Kurve erreicht wird

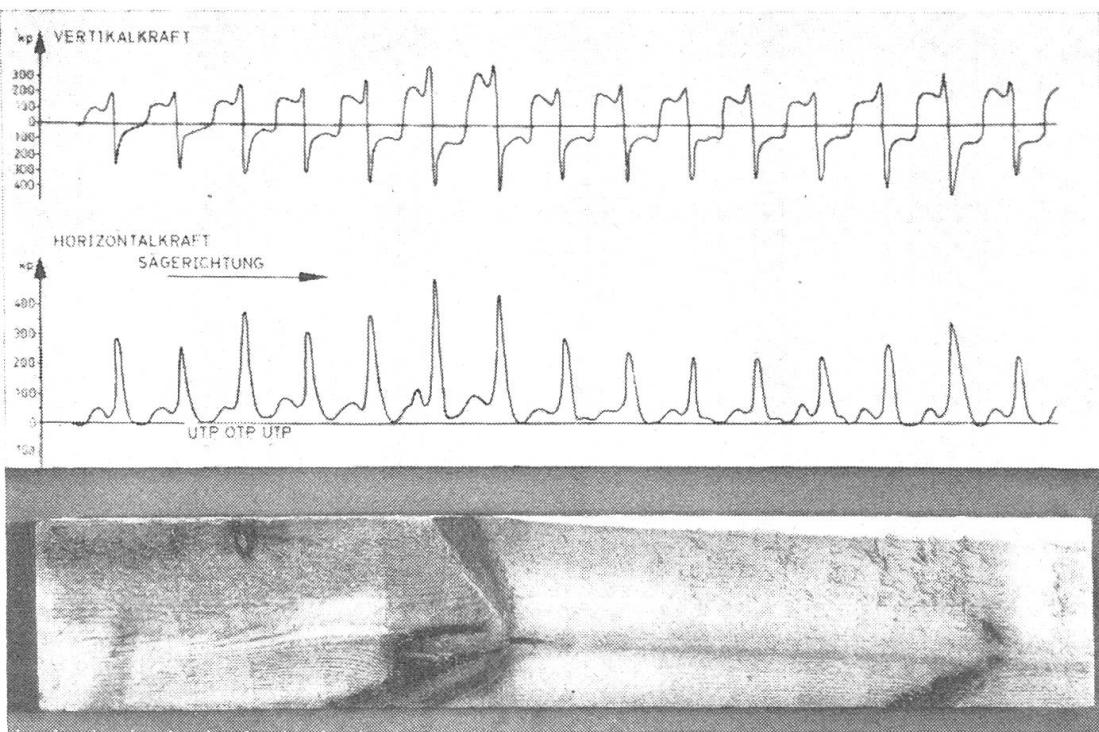
Bei der Bandsäge entscheidet die Spannung des Bandsägeblattes zusammen mit der Form der Laufbahn der Räder darüber, wie das Blatt läuft. Das Band steht jedoch in der Längsrichtung unter einer gewissen Streckung, wenn die Räder mit einer bestimmten Kraft auseinandergespannt werden. Diese Spannung im Blatt ist indes verhältnismäßig gering. Auch die Bandsägeblätter werden normalerweise in der Längsrichtung mit gestreckten Zonen versehen, was damit zusammenhängt, daß sich gewisse Erwärmungs- und Temperaturphänomene ergeben, welche die innere Spannungsverteilung im Blatt ändern. Durch die Streckung wird die den Sägeblättern durch die Belastung der Räder zugeführte Zugspannung auf die wichtigsten Teile der Vorderkante des Blattes unter der Zähnung konzentriert.

Bei den Blättern der Gattersäge sind die Einspannkräfte erheblich höher; sie betragen heute bei hochproduktiven nordischen Sägerahmen sieben bis acht Tonnen je Blatt. Dies ergibt Spannungen, die auf Grund des Hohlkehlenfaktors am Zahnggrund sehr nahe an die Bruchgrenze des Materials herankommen (Abbildung 4).

Bei diesen Blättern ist die Einspannkraft ohne Zweifel der dominierende Faktor, wenn es darum geht, die Stabilität zu erhöhen, doch spielt die Stärke des Blattes natürlich auch eine bedeutende Rolle. Es dürfte auch charakteristisch sein, daß man bei den hohen nordischen Vorschubgeschwindigkeiten stärkere Blätter verwendet als bei dem in Mitteleuropa üblichen geringeren Vorschub.

Da die Maßgenauigkeit beim Sägen von einem Zusammenspiel der Schneidekante und des gesägten Materials abhängig ist, so sollen auch die Kräfte, die sich bei der Bearbeitung zwischen Holz und Schneide ergeben, kurz behandelt werden. Als Beispiel werden die Verhältnisse gewählt, die in der Gattersäge herrschen, da sie am kompliziertesten sind und es ohne Zweifel am schwersten ist, sie zu ergründen und zu beherrschen. Man kann diese Kräfte während eines Umlaufs mit zweckmäßigen Vorrichtungen messen und registrieren, und zwar sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung (Abbildung 5). Der Verlauf der Kurven geht aus den Abbildungen 6–11 hervor.

Es handelt sich um sehr unregelmäßige Kurven mit ausgeprägten Spitzen. Vor allem die Höhe dieser Spitzen entscheidet darüber, ob das Sägen gut geht oder nicht. Da das Holz ja kein homogenes Material ist, ist auch während bestimmter Abschnitte des Arbeitsvorgangs eine beträchtliche Steigerung der Kräfte zu verzeichnen. Die Kurven in Abbildung 12 zeigen die Kräfte, die beim Durchsägen eines astigen Holzstückes aufgenommen wurden. Es wird hier deutlich gezeigt, wie sehr die Kräfte gerade in denjenigen Partien angestiegen sind, in denen man den Astknorren durchsägt hat, und doch handelt es sich hier um verhältnismäßig gutartige Äste; harte Fichtenäste dürften eine bedeutend größere Steigerung hervorrufen. Es ist anzunehmen, daß man ohne weiteres Steigerungen beobachten kann, welche



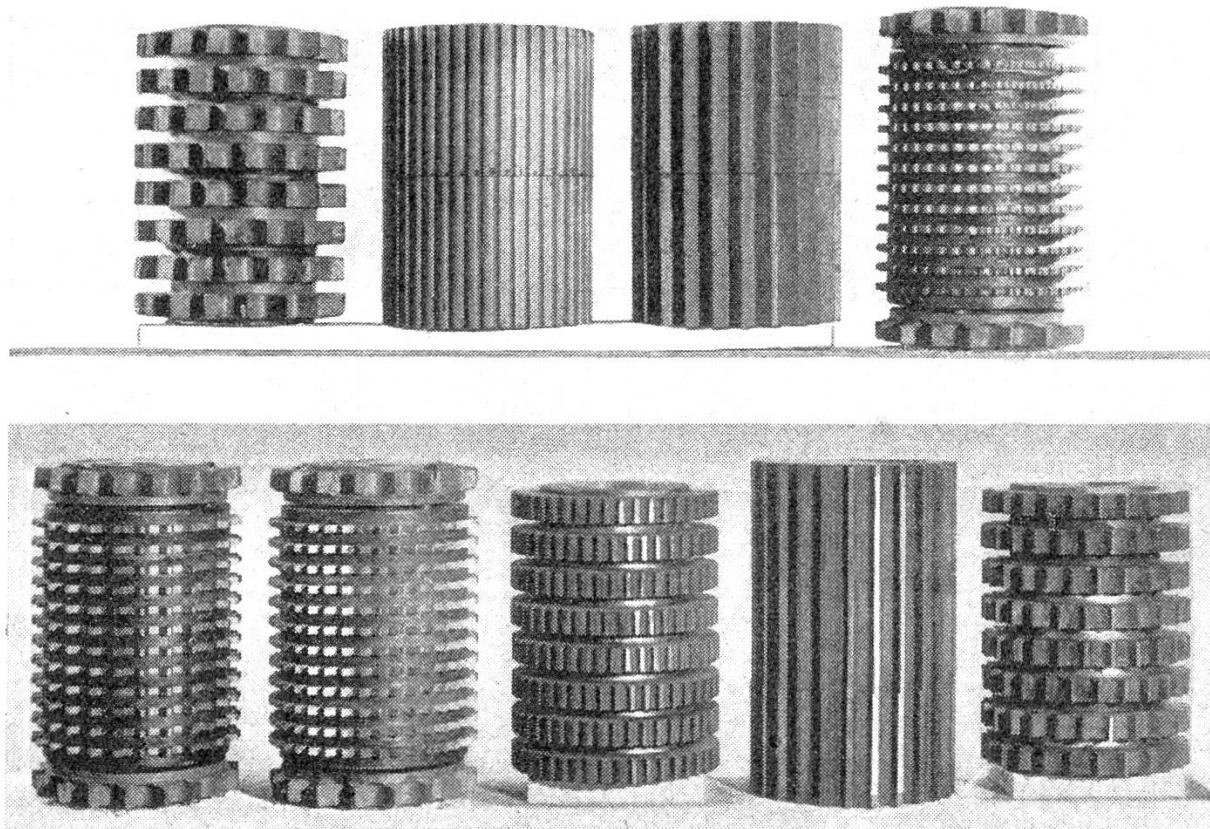
*Abbildung 12*

Schnittkraftkurven für Vertikalkraft  $F_V$  und Horizontalkraft  $F_H$  beim Sägen in astiges Holz. Das durchgesägte Holz ist unter das Diagramm gelegt worden. Der Maßstab ist so gewählt, daß die Vorschubwege für das Diagramm und das Holz übereinstimmen (Vorschub 45 mm pro Hub, Überhang 54 %, Hublänge 600 mm, Schrankmaß 0,6 mm, Dicke 1,5 mm, Zahnteilung 17 mm)

die Normalwerte um das Vier- oder Fünffache, vielleicht sogar noch mehr, übersteigen. Das Sägeblatt erhält hierdurch den Impuls, in seitlicher Richtung auszuweichen.

Bei den soeben behandelten Vorgängen ist das Ausweichen des Blattes auf Kräfte zurückzuführen, die sehr groß sind. Da das Holz kein homogenes Material ist, können sich auch leicht asymmetrische Kräfteverhältnisse ergeben. Dies ist beispielsweise bei den Jahrringen der Fall, aber asymmetrische Kräfte können natürlich auch bei Druckholzbildung oder anderen Unregelmäßigkeiten der Struktur des Holzes auftreten. Es hat sich gezeigt, daß man beim Sägen von Holz aus Gebirgsgegenden verhältnismäßig oft letzterwähnte Ursachen beobachten kann. Beim Sägen in der Bandsäge mit einem nicht allzu fest gespannten Blatt entstehen manchmal gewölbte Oberflächen, die darauf zurückzuführen sind, daß das Blatt der Krümmung der Jahrringe gefolgt ist.

In der Einleitung wurde erwähnt, daß die Vorschubbewegung natürlich auch einen Einfluß auf die Maßgenauigkeit ausübt. Hier ist in erster Linie die Genauigkeit der Bewegungsbahn, die man für das Holz bestimmt hat,



*Abbildung 13*  
Beim Versuch verwendete Flächenmuster der Walzen

von Bedeutung. Man will eine geradlinige Bewegungsbahn erzielen, und man bedient sich zu diesem Zweck vieler verschiedener Methoden. Bei den Gattersägen hat man im ersten Gatter Spannwagen, die auf Schienen laufen, und Einzugwalzen, die im Rahmen angebracht sind. Im zweiten Gatter haben wir einen Apparat mit Rollen und Einzugwalzen, eventuell auch Führungsmesser an der Austrittseite des Rahmens. Für die Rundholz bearbeitenden Bandsägen hat man im allgemeinen auch Wagensysteme und für die Trennbandsägen einen Anschlag mit Anpressen des Blockes durch ein System von Einzugwalzen. Bei den Kreissägen wird der Stamm auf der großen, Rundholz bearbeitenden Sägebank zerteilt, bei der das Sägeblatt sich im allgemeinen an einer fixierten Stelle befindet, während der Vorschub durch eine Bewegung des Tisches erfolgt. Auf dem Tisch wird der Stamm für die ersten Schnitte mit Hilfe von ziemlich primitiven Haken befestigt. Die späteren Schnitte erfolgen gegen einen verstellbaren Anschlag. Bei der Kreistrennsäge ist das Arrangement ungefähr das gleiche wie bei der Trennbandsäge, das heißt mit Anschlag und Walzenvorschub.

Das Besäumwerk arbeitet mit Walzenvorschub, und eine gewisse seitliche Steuerung wird durch Blätter und Messer erzielt.

Es liegt völlig auf der Hand, daß bei allen diesen maschinellen Vorrichtungen ein gutes Arbeitsergebnis in erster Linie von der Bedingung abhängt,

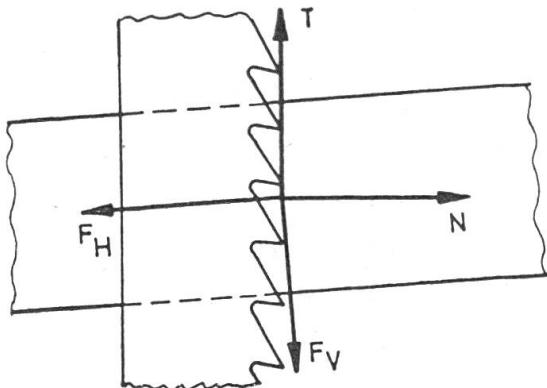
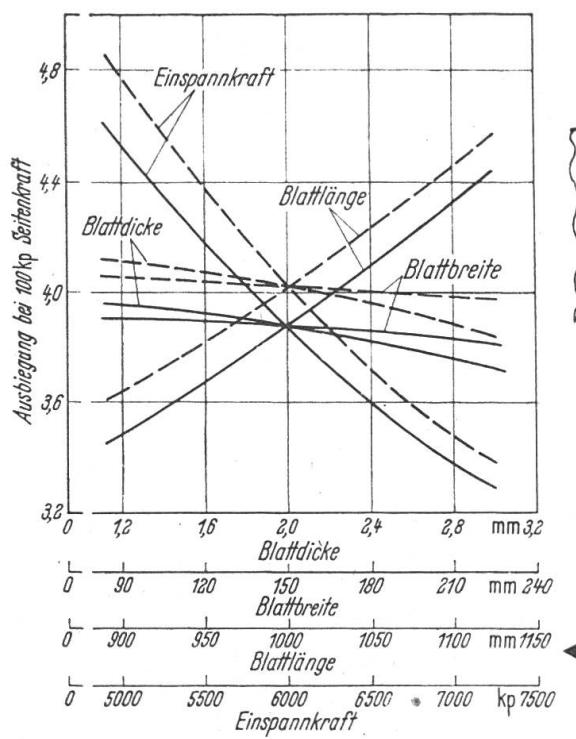
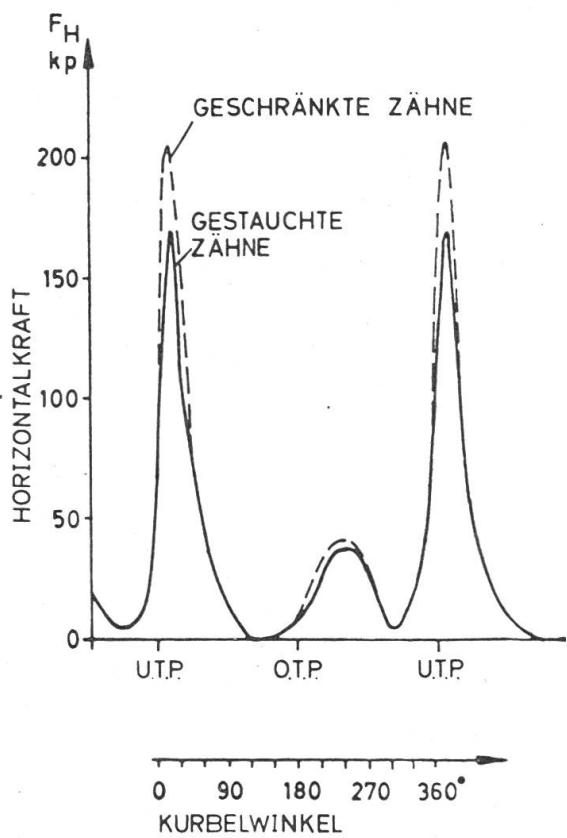
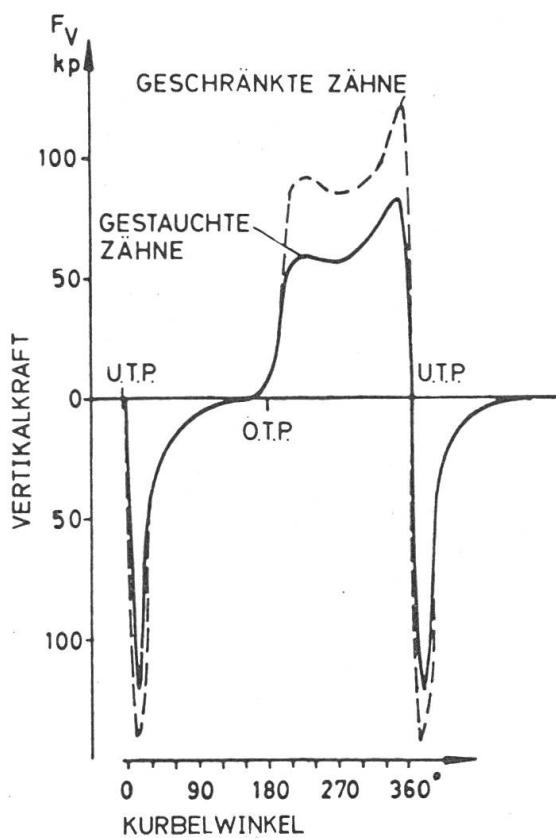


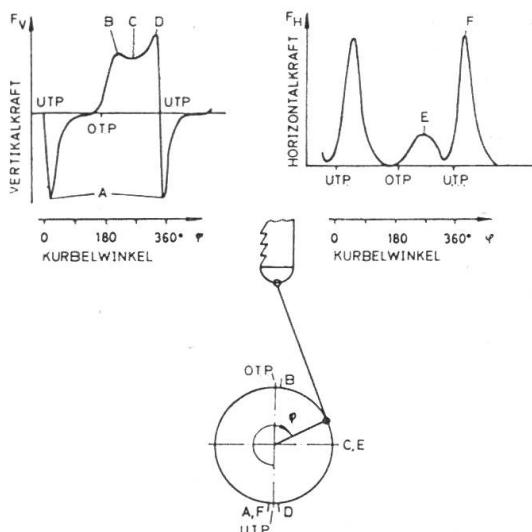
Abbildung 4

Zusammenhang zwischen seitlichem Ausweichen des Sägeblattes und Blattdicke, Blattbreite bzw. Einstellkraft

Abbildung 5

Schnittkräfte  
vertikal  $F_V$  und horizontal  $F_H$





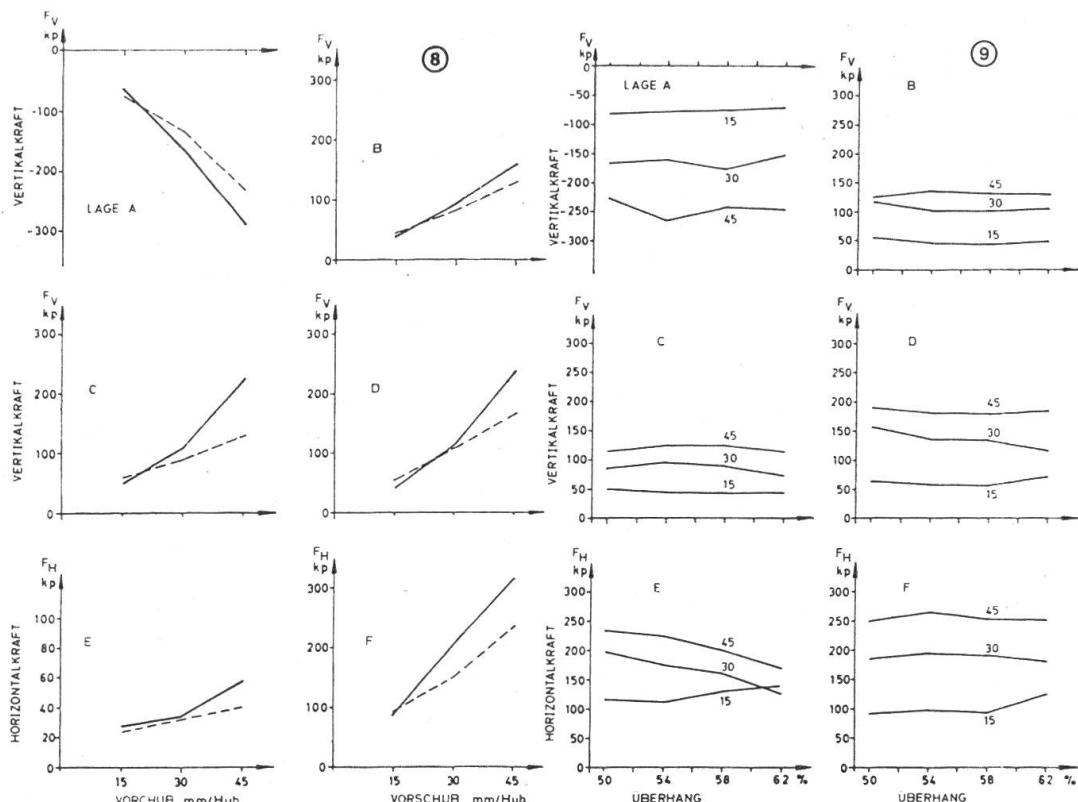
**Abbildung 7**  
Lagen der Kurbelachse, bei welchen die Schnittkräfte studiert wurden

**Abbildung 8**

Die Schnittkräfte in Abhängigkeit vom Vorschub bei gewissen charakteristischen Lagen der Kurbelachse gemäß Abbildung 7 (Überhang 54 %, Schränk- u. Stauchmaß 0,6 mm).  
700-mm-Gatter

**Abbildung 9**

Die Schnittkräfte in Abhängigkeit vom Überhang bei gewissen charakteristischen Lagen der Kurbelachse gemäß Abbildung 7.  
Gestauchte Zähne



**Abbildung 6** Schnittkraftkurven bei folgenden Daten geltend:

Hublänge	600 mm	Geschränkte Zähne bei allen
Vorschub	30 mm	600-mm-Gatter
Überhang	54 %	Zahnteilung 20–25 mm
Blattdicke	2,0 mm	Rückenwinkel 12 °
Schnitt(Model)höhe	120 mm	Brustwinkel 22 °
Schränkmaß	0,6 mm	Gestauchte Zähne
Stauchmaß	0,6 mm	Zahnteilung 25 mm
		Rückenwinkel 14 °
		Brustwinkel 24 °

daß die Vorrichtungen gut gebaut sind. Die für Bahnen und Einstellmechanismen zulässigen Toleranzen sind verhältnismäßig gering. Bei den Systemen, deren Anlagen sich in Form von Wagen oder Tischen auf Schienen bewegen, bereitet die Erzielung ausreichender Genauigkeit natürlich gewisse Probleme. Diese Systeme weisen gern ein Spiel auf, und bestimmte darin enthaltene Maschinenelemente sind oft nicht derart bemessen, daß ein nachteiliges Federn völlig vermieden wird.

Die technische Entwicklung auf dem Gebiet der Spann- und Vorschubvorrichtungen dürfte auch etwas nachhinken. Man hat daher in den letzten Jahren vielenorts mit Entwicklungsarbeiten begonnen, um die Verhältnisse zu verbessern.

Es versteht sich, daß Maschinen, die in einem Durchgang mehrere Schnitte ausführen, in dieser Hinsicht etwas überlegen sind, da man mit diesen Maschinen leichter eine gleichmäßige Dicke erzielen kann als bei einem Verfahren, bei dem jeder Schnitt unabhängig von den übrigen gesägt wird. Während der letzten Jahre sind verschiedene interessante Maschinen mit mehreren Blättern entwickelt worden, und zwar sowohl vom Kreissäge- als auch vom Bandsägetyp. Man ist also dabei, die Dominanz der Gattersäge auf diesem Gebiete zu beseitigen.

Bei den Kreis- und Bandsägen besteht — wie schon in der Einleitung hervorgehoben wurde — kein Anlaß, ein anderes Verfahren als den kontinuierlichen Vorschub zur Anwendung zu bringen, da die Schneidgeschwindigkeit konstant ist. Bei der Gattersäge dagegen hat man sich verschiedener Systeme bedient — von demjenigen mit einer rein kontinuierlichen Bewegung bis zu verschiedenen Ausgestaltungen mit variablen Bewegungen, von denen der reine Ruckvorschub das extremste Verfahren darstellt. Wenn man die Bewegung des Stammes während des Sägens mißt, so wird man wenigstens in den schnelleren Gattern feststellen, daß der Stamm eine gewisse Bewegung aufweist, die, wenn auch nicht völlig, so doch verhältnismäßig unabhängig von der Art der zugeleiteten Vorschubbewegung ist. Diese Erscheinung ist auf das Zusammenspiel der Massenkräfte und der Schneidkräfte zurückzuführen. Von dem Gesichtspunkt aus, von dem die Frage heute behandelt wird, spielt dies natürlich aus dem Grunde eine Rolle, weil größere oder kleinere Spitzen in bezug auf diejenigen Kräfte entstehen, die früher anhand der Diagramme gezeigt wurden. Aber auch auf die Weise, daß der Griff der Einzugwalzen um die Stämme und Blöcke beeinflußt wird. Je ruhiger man den Vorschub durchführen kann, desto besser ist der Griff, mit dem die Einzugwalzen das Holz packen, und desto geradliniger wird der Vorschub des Stammes im allgemeinen erfolgen können. Das Riffelungsmuster der Einzugwalzen spielt dabei natürlich eine bedeutende Rolle wie auch Form und Zustand des Stammes, beispielsweise, ob er gefroren oder nicht gefroren ist (Abbildungen 13 und 14).

Man hat manchmal vom Sägen gesagt, ein guter Fachmann könne auch mit primitiver Ausrüstung ein hinsichtlich der Maße gutes Sägeergebnis

erzielen, während unvorsichtiges Sägen auch bei guter Ausrüstung ein schlechtes Sägeergebnis zur Folge habe. Dies hängt sowohl mit Wartung und Pflege als auch mit der Einstellung der Maschinen zusammen, nicht zuletzt aber mit dem Einspannen der Stämme und Blöcke in die Maschine. Es ist wichtig, daß das Material auf richtige Weise zu den Maschinen vorgeschnitten wird, zum Beispiel so, daß scharfe Rucke oder lange Krümmungen auf Grund unnötigen seitlichen Drucks gegen Anschläge oder Einzugwalzen vermieden werden.

Nach der Erörterung der wichtigsten Faktoren, welche die Maßgenauigkeit beeinflussen können, sollen nun einige Beispiele von Vermessungen aus verschiedenen Sägewerken und Typen von Sägewerken gegeben werden. Das Ergebnis derartiger Vermessungen ist von einer ganzen Menge verschiedener Faktoren abhängig, vor allem vom Typ des Werkes, von der Art der verwendeten Maschinen, von der Art des gesägten Holzes, von der jeweiligen Jahreszeit und nicht zuletzt auch von der Art und Größe des Vorschubs, dessen man sich bedient. In den skandinavischen Sägewerken arbeitet man mit verhältnismäßig großen Vorschubgeschwindigkeiten; so sind zum Beispiel vier Stämme je Minute keineswegs ungewöhnlich in einem modernen Gattersägewerk, das Holz mit geringeren Abmessungen sägt. Dies entspricht also einem maximalen Vorschub von etwa 75 mm je Umdrehung bei 400 Umdrehungen je Minute. Wenn man daher eine Kurve zeichnet, welche die Maßabweichungen bei verschiedenen Vorschüben darstellt, so erhält die Kurve grundsätzlich das aus dem nächsten Bild hervorgehende Aussehen (Abbildung 15). Man kann hier von einer Kurve reden, die anfänglich langsam ansteigt und an einem bestimmten Punkt plötzlich zu einem sehr starken Anstieg übergeht. Ein plötzlich eintretender Stabilitätsverlust wird also in der Kurve von einem Knickpunkt dargestellt. Das Diagramm hat für Gattersägen Gültigkeit, aber auch bei Kreissägen und Bandsägen kommen grundsätzlich die gleichen Erscheinungen vor. Da die Belastung der Sägeblätter größer wird, wenn die Sägehöhe zunimmt, tritt der Stabilitätsverlust bei geringerem Vorschub früher ein, je nachdem wie die Höhe der Blöcke zunimmt (Abbildung 16).

Es ist selbstverständlich klar, daß ein dünneres Sägeblatt empfindlicher ist als ein dickes; diese Tatsache geht auch daraus hervor, daß man bei dem geringeren Vorschub in Mitteleuropa im allgemeinen dünnere Sägeblätter als diejenigen verwendet, die man in Skandinavien auf Grund des größeren Vorschubs verwenden muß (Abbildung 17).

Der Sägerahmen selbst kann rein bewegungsgeometrisch natürlich auch verschieden gestaltet werden; unter anderem kann man ja die Hublänge ändern. Bis zum Beginn der dreißiger Jahre hatte man Sägerahmen mit einer Hublänge von 500 mm, später hat man mit Rahmen von 600 mm gearbeitet, und in den letzten vergangenen Jahren ist man nun zu Sägerahmen mit einer Hublänge von 700 mm übergegangen (Abbildung 18).

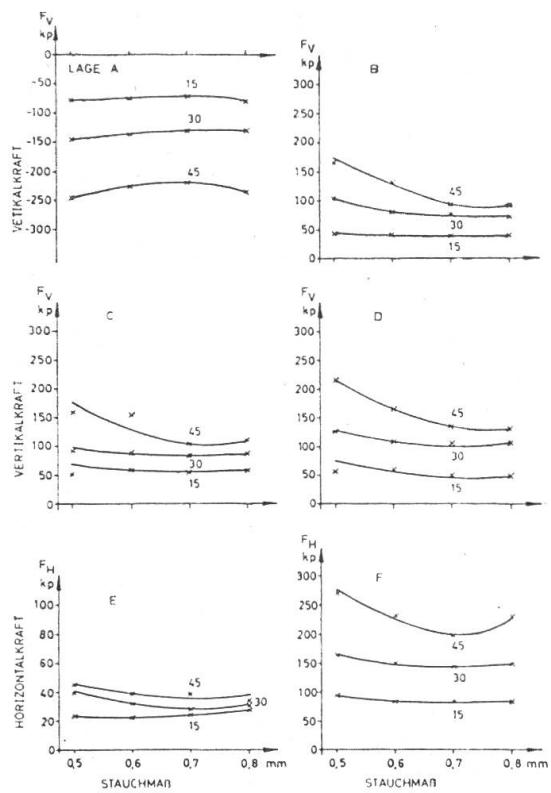


Abbildung 10

Die Schnittkräfte in Abhängigkeit vom Stauchmaß bei gewissen charakteristischen Lagen der Kurbelachse gemäß Abbildung 7.  
Gestauchte Zähne

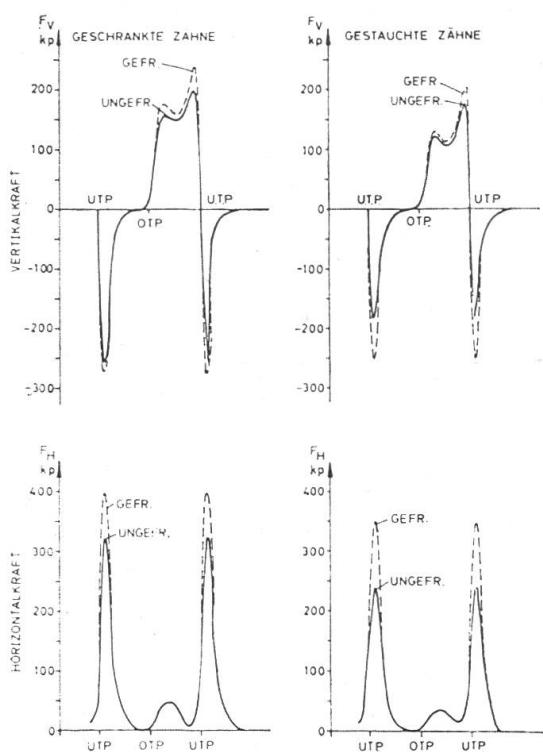


Abbildung 11

Schnittkräfte  $F_V$  und  $F_H$  in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel bei geschränkten bzw. gestauchten Zähnen und ungefrorenem (volle Linien) und gefrorenem (gestrichelte Linien) Holz (Vorschub 45 mm pro Hub, Überhang 54 %)

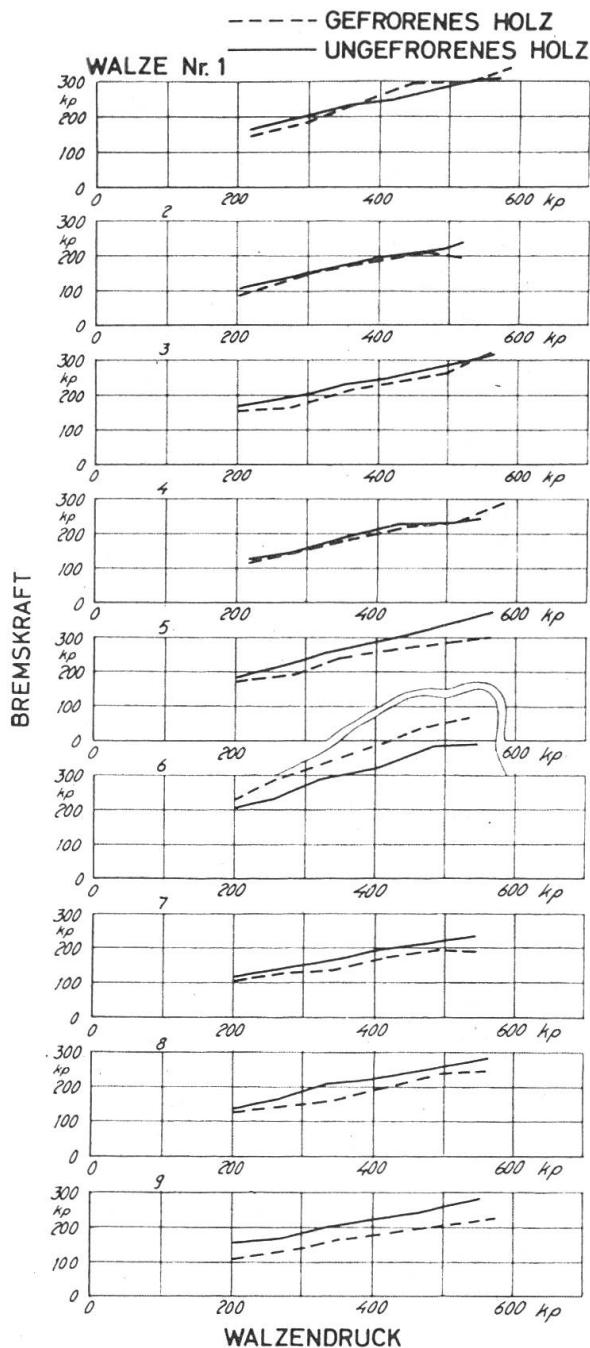


Abbildung 14

Versuchsweise bestimmte Bremskräfte bei verschiedenen Walzendrücken für die neun Walzen mit ungefrorenem und gefrorenem Holz

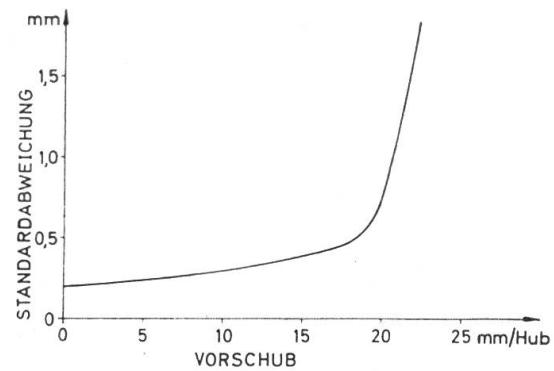


Abbildung 15

Grundsätzlicher Einfluß des Vorschubs an einer Gattersäge auf die Maßgenauigkeit (angegeben als Standardabweichung)

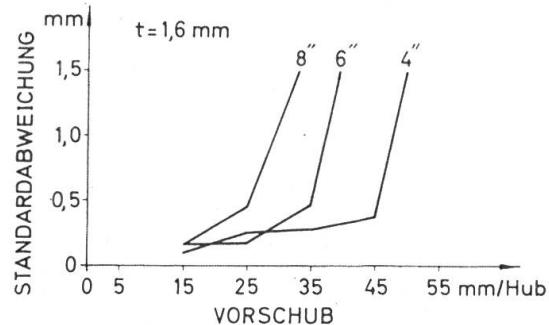


Abbildung 16

Der Einfluß des Vorschubs auf die Maßgenauigkeit bei 8, 6 und 4 Zoll Schnitthöhe und bei beiner Blattdicke von 1,6 mm in einem Gatter mit 360 U./min und 600 mm Hub

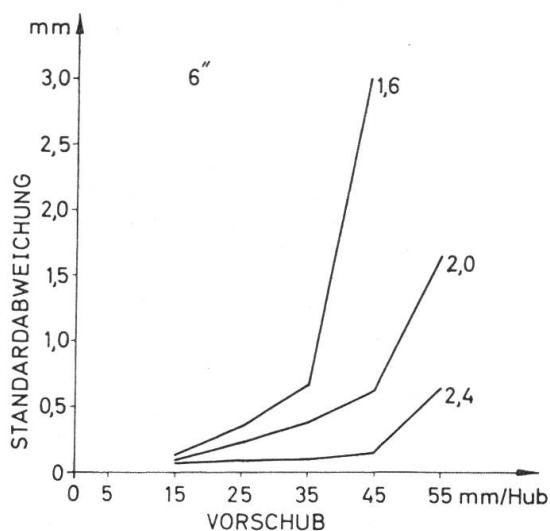


Abbildung 17

Der Einfluß des Vorschubs auf die Maßgenauigkeit bei 6 Zoll Schnitthöhe und bei Blatt dicken von 1,6, 2,0 und 2,4 mm in einem Gatter mit 360 U./min und 600 mm Hub

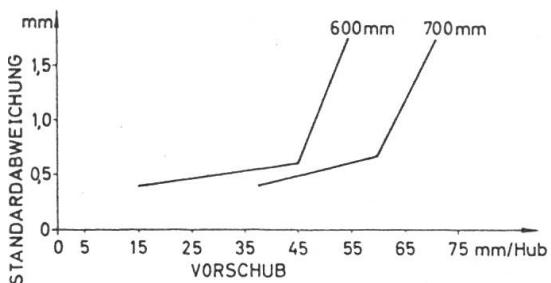


Abbildung 18

Der Einfluß des Vorschubs auf die Maßgenauigkeit bei 4 Zoll Schnitthöhe und bei einer Blattdicke von 2,2 mm in einem Gatter mit 340 U./min und 600 bzw. 700 mm Hub

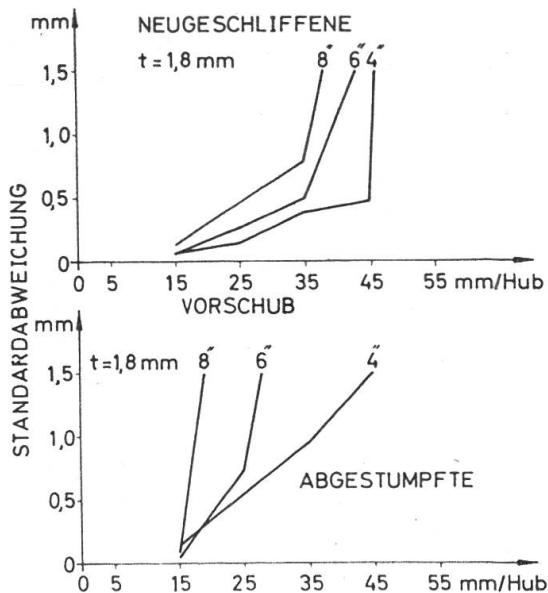


Abbildung 19

Der Einfluß des Vorschubs auf die Maßgenauigkeit bei 8, 6 und 4 Zoll Schnitthöhe und bei einer Blattdicke von 1,8 mm in einem Gatter mit 360 U./min und 700 mm Hub. Gatter mit neu geschärften bzw. stumpfen Blättern ausgerüstet

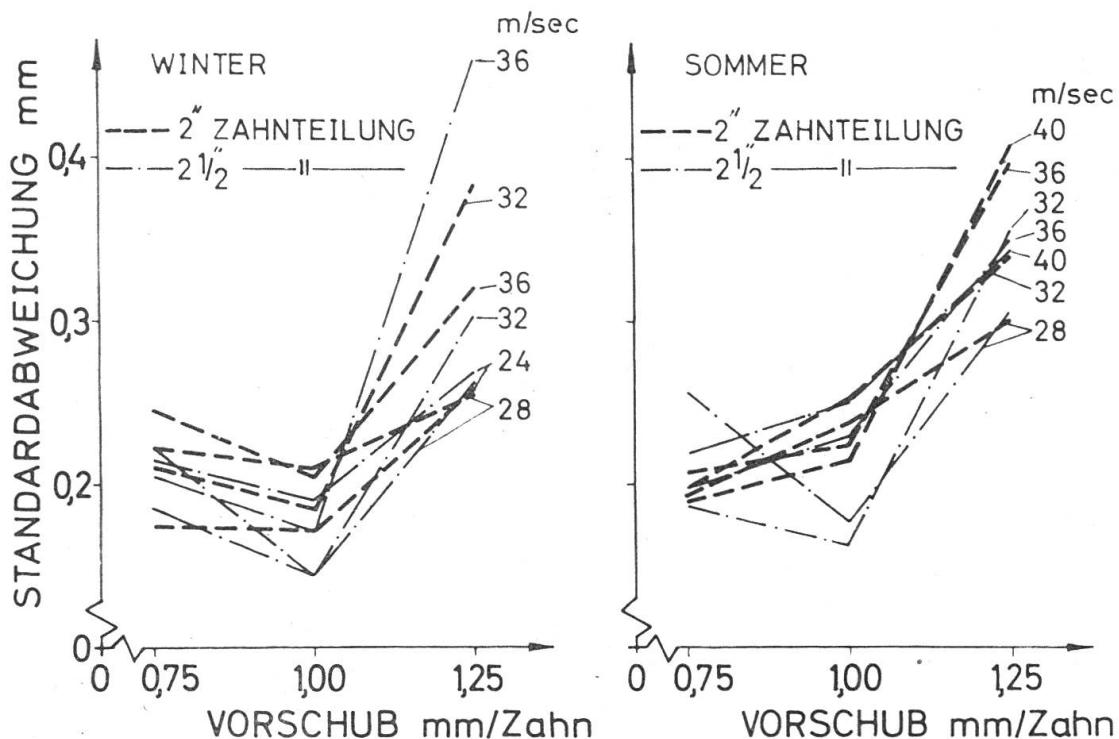


Abbildung 20

Die Maßgenauigkeit in Abhängigkeit vom Vorschub pro Zahn in einer Trennbandsäge

Diese vergrößerte Hublänge hat etwas günstigere Sägeverhältnisse und eine bessere Bewegungs- und Spanngeometrie zur Folge. Das geht auch daraus hervor, daß der Knickpunkt bei den 700-mm-Rahmen höher als bei den 600-mm-Rahmen liegt. Es hat sich auch erwiesen, daß geschränkte Sägezähne etwas empfindlicher sind als gestauchte. Während man vor etwa zehn Jahren vorwiegend geschränkte Zähne beim Sägen hatte, ist man heute zu gestauchten Zähnen übergegangen und hat dadurch die Produktion bei unveränderter Maßgenauigkeit erhöhen können (Abbildung 19).

Man rechnet in Schweden im allgemeinen damit, die Sägeblätter für vierstündige Arbeitsgänge einsetzen zu können. Die Schärfe sollte daher so groß sein, daß die Blätter während einer solchen Periode nicht ausgewechselt werden müssen. Wie wichtig eine beibehaltene Schärfe auch für die Maßgenauigkeit ist, geht aus Abbildung 19 hervor. Ein Beispiel für eine Bandsäge ist in Abbildung 20 gezeigt.

Im folgenden sind einige Diagramme (Abbildungen 21–23) zusammengestellt, die sich auf Vermessungen in verschiedenen Sägewerken gründen. Um die Maßabweichungen zu definieren, sind diese Diagramme als Häufigkeitspolygone gezeichnet worden.

Aus wirtschaftlichen Gründen ist es wichtig, welchen Einfluß die Maßtoleranzen auf das Sägen ausüben können. Die Frage kann so formuliert werden, ob ein erhöhter Vorschub, der größere Unsicherheit hinsichtlich der Maße nach sich zieht, sich lohne oder nicht.

Es muß hierbei auch bekannt sein, wie sich die Kosten des Sägens und anderer Arbeitsmomente, die von dem gesamten Produktionsverlauf des Werkes erfaßt werden, je nach Maßgabe des Produktionsvolumens ändern; in diesem Falle ist dies anhand des Vorschubs je Umdrehung gemessen worden. Hierbei ergibt sich ein Diagramm gemäß Abbildung 24.

Zwischen den beiden Grenzkurven ist eine weitere Kurve eingezeichnet worden, welche die relative Kostenveränderung bei einem guten Gattersägewerk zeigt: Hierbei sind in diesem Augenblick 40 mm je Umdrehung als Vorschub für die in Betracht kommende Dimension ( $2 \times 4"$ ) angesetzt worden. Relativ betrachtet sind die Kosten 100 Prozent. Bei verschiedenen Werken dürfte sich eine verhältnismäßig individuelle Lage der aktuellen Kurve ergeben. Die Form der Kurve wird von den festen und den beweglichen Kosten bestimmt, aber auch davon, ob beispielsweise die effektive Ausnutzung der Produktionslinie vom Materialdurchlauf beeinflußt wird, etwa in der Form, daß ein rascherer Produktionstakt längere Unterbrechungen auf Grund von Scherereien mit Maschinen und Sägeblättern nach sich zieht.

Hier wurde vorausgesetzt, daß das System flexibel reagiert. Sollten produktionstechnisch enge Sektoren vorhanden sein, die zum Beispiel eine Ver vollständigung von Installationen oder gewisse Um- oder Ausbauten erfordern, so muß dies berücksichtigt werden — es zeigt sich dann in den Diagrammen als Sprung der Kurven.

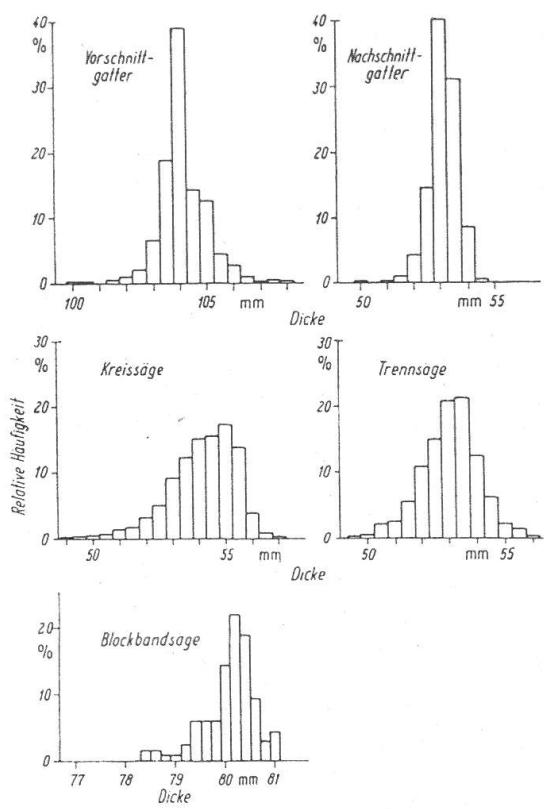


Abbildung 21

Relative Häufigkeit der Brettmaße beim Sägen von Kiefer mit verschiedenen Maschinen

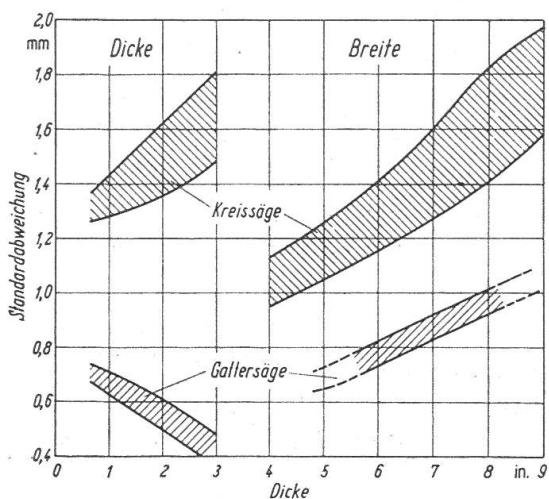


Abbildung 22

Streuungsbereiche für die Standardabweichung der Brettmaße bei verschiedenen Sägeverfahren in Werken mit gutem Maschinenzustand

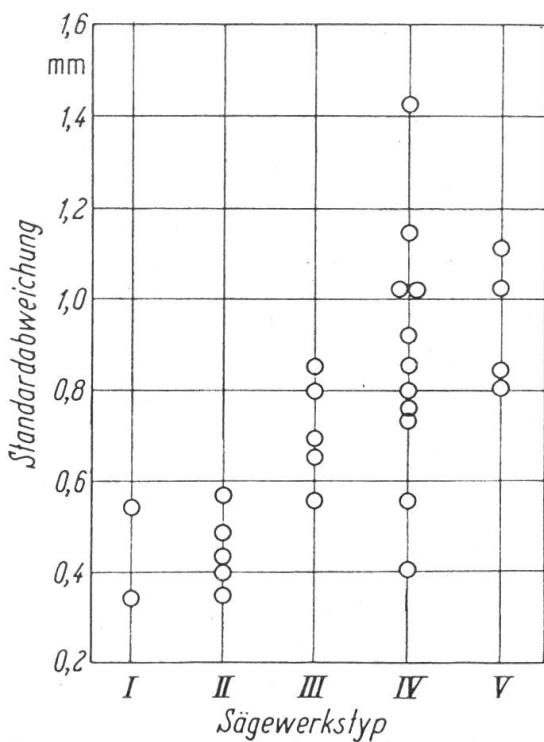


Abbildung 23

Standardabweichungen als Kenngrößen für die Maßgenauigkeit beim Einschnitt von Rundholz in verschiedenen Sägewerken. Die Kreise stellen die einzelnen Werke dar.

- I Gattersäge
- II Trennkreissäge Typ G 130, Fabrikat Ja. Jensen und Dahl
- III Trennkreissäge Typ KL, Fabrikat ARI
- IV Doppelte Kreissäge üblicher Art
- V Trennkreissäge, Fabrikat Heramb

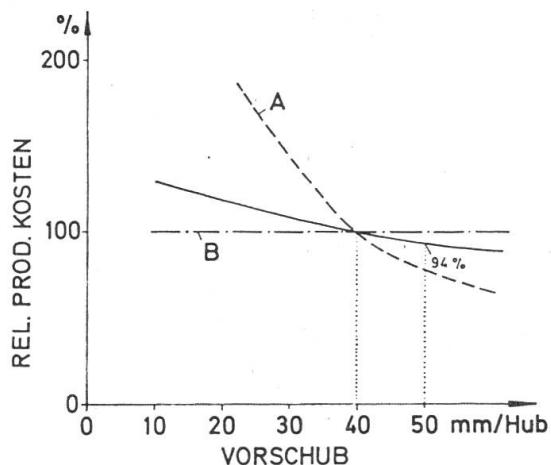


Abbildung 24

Veränderung der Produktionskosten (exklusive Rohstoff) mit dem Vorschub.

- A Grenzkurve mit allen Kosten fest
- B Grenzkurve mit allen Kosten proportional

Wenn die Materialkosten  $M_1$  betragen und die Produktionskosten  $P_1$  je hergestellte Einheit, so ändern sich diese bei einer Erhöhung des Vorschubs auf  $M_2$  bzw.  $P_2$ . Wenn die Änderung einen Sinn haben soll, muß der neue Gesamtkostenaufwand geringer als der alte sein, das heißt

$$M_2 + P_2 \leq M_1 + P_1$$

oder

$$M_2 - M_1 \leq P_1 - P_2$$

Dieser Ausdruck kann folgendermaßen umschrieben werden:

$$\frac{M_2 - M_1}{M_1} M_1 \leq \frac{P_1 - P_2}{P_1} P_1$$

Das Verhältnis zwischen den Rohstoffkosten kann durch das Verhältnis zwischen den Rohstoffvolumen ersetzt werden, wenn der Preis je Volumeneinheit des Rohstoffs unverändert ist und das Volumen der Späne und Schwarten sich der Annahme nach nicht geändert hat, das heißt

$$\frac{V_2 - V_1}{V_1} M_1 \leq \frac{P_1 - P_2}{P_1} P_1$$

Als eine ausreichend genaue Approximation kann angenommen werden, daß das Verhältnis  $\frac{V_2 - V_1}{V_1}$  durch das Verhältnis zwischen den Bruttovolumen der gesägten Waren ersetzt werden kann. Wenn dabei Breite und Stärke mit  $b$  und  $t$  und die zusammengehörigen durchschnittlichen Abweichungen der Maße mit  $S_{t2}$  und  $S_{b2}$  bezeichnet werden, so kann das Volumenverhältnis mit diesen Größen zum Ausdruck gebracht werden. Dabei wird angenommen, daß höchstens 2,5 Prozent der gesägten Waren Mindermaße aufweisen dürfen. Man erhält dann

$$\frac{V_2 - V_1}{V_1} = \frac{2S_{t2} \cdot b + 2S_{b2} \cdot t - 2S_{t1} \cdot b - 2S_{b1} \cdot t}{t \cdot b}$$

Es ist zweckmäßig, das Verhältnis zwischen Materialkosten und Produktionskosten mit  $K$  zu bezeichnen; somit also  $K = \frac{M}{P}$ .

Der Gesamtausdruck der Rentabilitätsbedingung im Zusammenhang mit einem erhöhten Vorschub ist dann

$$\frac{2S_{t2} \cdot b + 2S_{b2} \cdot t - 2S_{t1} \cdot b - 2S_{b1} \cdot t}{t \cdot b} K_1 \frac{P_1 - P_2}{P_1}$$

Dieser Ausdruck besagt, daß die durch die Umstellung eintretenden Veränderungen untereinander in einem bestimmten Verhältnis stehen müssen, damit die Umstellung sich lohnt. Der relative Gewinn an Produktionskosten muß somit mindestens ebenso viele Male im Verhältnis zu dem relativen Verlust an Materialvolumen größer sein wie die Rohstoffkosten im Verhältnis zu den Produktionskosten, berechnet per Volumeneinheit, zum Beispiel  $m^3/h$  oder  $fm/h$ .

Wenn beispielsweise beim Sägen von  $2'' \times 4''$  der Vorschub von 40 mm auf 50 mm je Umdrehung erhöht wird, so hat man folgende Werte festgestellt:

$$\begin{array}{ll} S_{t1} = 0,4 \text{ mm} & S_{b1} = 0,5 \text{ mm} \\ S_{t2} = 0,8 \text{ mm} & S_{b2} = 1,8 \text{ mm} \end{array}$$

$K$  kann hier als 3 angenommen werden, das heißt, daß die Rohstoffkosten eines Kubikmeters Schnittwaren dreimal so groß sind wie die Produktionskosten. Ferner wird angenommen, daß relative Änderungen der Produktionskosten  $P$  bekannt sind. Dann ist

$$\frac{2 S_{t2} \cdot b + 2 S_{b2} \cdot t - 2 S_{t1} \cdot b - 2 S_{b1} \cdot t}{t \cdot b}$$

$$= \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 4 + 2 \cdot 1,8 \cdot 2 - 2 \cdot 0,4 \cdot 4 - 2 \cdot 0,5 \cdot 2}{2 \cdot 4 \cdot 25 \cdot 4} = 0,04$$

$$P_2 = 0,94 P_1$$

$$\frac{P_1 - P_2}{P_1} = 0,06$$

Da  $3 \cdot 0,04 > 0,06$ , ist in diesem Falle die Rentabilitätsbedingung nicht erfüllt, und der erhöhte Vorschub ist nicht berechtigt. Hier ist lediglich ein Fall als Beispiel vorgerechnet worden, aber für ein jedes Werk und eine jede Situation können entsprechende Berechnungen angestellt werden, wenn nur die Veränderung der Produktionskosten anhand der Buchführung ermittelt und durch Probesägen die Maßabweichungen festgestellt werden, die sich bei verschiedenen Vorschüben ergeben. Es ist also möglich, das gesamte Sägen fester in die Hand zu nehmen.

Dieser Gedankengang geht von der Voraussetzung aus, daß der gleiche Prozentsatz von Holz mit Mindermaßen zulässig ist, und dies hat zur Folge, daß die Maße der Registerlehre im gleichen Ausmaß vergrößert werden müssen, wie die Maßvariationen zunehmen. Dadurch erhöhen sich dann auch die Kosten des Rohstoffes. Wenn man diesen Aufschlag bei erhöhtem Vorschub nicht gutheißen will, wird ein größerer Teil des Holzes mit Mindermaßen gesägt werden.

Das Ganze kann in folgender Empfehlung zusammengefaßt werden:

Studieren Sie die Maßgenauigkeit des Holzes mit den richtigen Methoden. Dann erzielen Sie eine Kontrolle über den gesamten Sägevorgang und die Möglichkeit, einen Gesamt-Bestwert der Sägebedingungen zu ermitteln – mit einem verbesserten wirtschaftlichen Ergebnis als Folge.

## Résumé

### Quels sont les éléments déterminant la précision de sciage des machines à haut rendement ?

Le dimensionnement précis des sciages prend actuellement une importance accrue. Malgré l'absence de normes de tolérance, des méthodes et des machines nouvelles sont à l'étude, capables d'augmenter l'exactitude des opérations.

La précision du dimensionnement dépend principalement de l'exactitude avec laquelle le tranchant de la lame de scie peut être placé dans la direction de l'avance-

ment. Chaque installation connaît des difficultés propres. Les imprécisions de la scie alternative multiple peuvent provenir d'inégalités de tension des lames, de leur légère torsion ou de variations dans leur vitesse de coupe. Si le tranchant des lames de la scie circulaire et de la scie à ruban peut être facilement orienté par rapport à l'avancement, les contraintes apparaissant sous leur denture sont considérables; on remédie à la chaleur de frottement et aux tensions régnant dans la lame, et du même coup obtient une précision accrue, en ménageant sous la denture une zone extensible.

Prenant comme exemple la scie alternative multiple, l'auteur expose les forces apparaissant dans le tranchant des lames durant le travail du bois. La structure des cernes, les phénomènes de réaction, les nœuds adhérents, entre autres, font du bois un matériau hétérogène, présentant au sciage de grandes variations de résistance: les maximums peuvent atteindre 4 à 5 fois les valeurs normales.

L'emploi de scies multiples, un avancement constant, la diminution de la hauteur de coupe et une vitesse d'avancement réduite sont quelques moyens d'accroître la précision de sciage. La perte de rendement qui résulterait des deux dernières améliorations techniques citées ci-dessus pourra être évitée grâce à l'emploi de lames plus stables et mieux affûtées.

*Bariska/Matter*

#### *Literatur*

- Thunell, B.: Nyare rön vid undersökningar av skärande bearbetning av trä. Svenska Träforskningsinstitutets trädtekniska avdelning, Meddelande 14 B, Stockholm 1950*
- Thunell, B.: Untersuchungen über Gattersägen. Svenska Träforskningsinstitutets trädtekniska avdelning, Meddelande 24 B, Stockholm 1951*
- Thunell, B., und Forsberg, P.: Försågningssmetodens inverkan på måttnoggrannheten hos sågade trävaror. Svenska Träforskningsinstitutets trädtekniska avdelning, Stockholm 1951*
- Thunell, B., und Norén, B.: Stability Investigations on Frame Saw Blades. Svenska Träforskningsinstitutets trädtekniska avdelning, Meddelande 137—40 B, Stockholm 1965*
- Thunell, B., und Wallin, G.: The Influence of Sawing Conditions on the Cutting Forces in Frame Sawing. Svenska Träforskningsinstitutets trädtekniska avdelning, Meddelande 146 B, Stockholm 1966*
- Thunell, B., und Wallin, G.: The Effect of Knots on the Cutting Forces in Frame Sawing. Svenska Träforskningsinstitutets trädtekniska avdelning, Meddelande 147 B, Stockholm 1967*
- Thunell, B.: Die Maßgenauigkeit beim Einschnitt von Rundholz. Svenska Träforskningsinstitutets trädtekniska avdelning, Meddelande 149 B, Stockholm 1967*
- Klem, G., und Seem, M.: En undersökelse av skurunøyaktigheten ved forskjellige sagbruks typer. Norsk Treteknisk Institutt, Meddelelse nr 3, Oslo 1951*
- Birkeland, R., und Hvamb, G.: Såga nu men såga rätt. Sågverken 1/1964. Stockholm 1964*
- Thunell, B.: Om ytmönstret på matarvalsar i ramsågar. Trädtekniska Centrallaboratoriet, Meddelande 2, Stockholm 1962*
- Englesson, T.: Om stabilitetssträckning av cirkelsågblad. Trädtekniska Centrallaboratoriet, Medellande 14, Stockholm 1964*