

Zur Einführung.

Die Werkstattbücher behandeln das Gesamtgebiet der Werkstatttechnik in kurzen selbständigen Einzeldarstellungen; anerkannte Fachleute und tüchtige Praktiker bieten hier das Beste aus ihrem Arbeitsfeld, um ihre Fachgenossen schnell und gründlich in die Betriebspraxis einzuführen.

Die Werkstattbücher stehen wissenschaftlich und betriebstechnisch auf der Höhe, sind dabei aber im besten Sinne gemeinverständlich, so daß alle im Betrieb und auch im Büro Tätigen, vom vorwärtsstrebenden Facharbeiter bis zum leitenden Ingenieur, Nutzen aus ihnen ziehen können.

Indem die Sammlung so den einzelnen zufördern sucht, wird sie dem Betrieb als Ganzem nutzen und damit auch der deutschen technischen Arbeit im Wettbewerb der Völker.

Bisher sind erschienen:

- Heft 1: Gewindeschneiden.** Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage.
Von Obergeringieur O. M. Müller.
- Heft 2: Meßtechnik.** Zweite, verbesserte Auflage. (7.—14. Tausend.)
Von Professor Dr. techn. M. Kurrein.
- Heft 3: Das Anreißen in Maschinenbauwerkstätten.** (7.—12. Tausend.)
Von Ingenieur H. Frangenheim.
- Heft 4: Wechselräderberechnung für Drehbänke.** (7.—12. Tausend.)
Von Betriebsdirektor G. Knappe.
- Heft 5: Das Schleifen der Metalle.** Zweite, verbesserte Auflage.
Von Dr.-Ing. B. Buxbaum.
- Heft 6: Teilkopfarbeiten.** (7.—12. Tausend.)
Von Dr.-Ing. W. Pockrandt.
- Heft 7: Härten und Vergüten.**
1. Teil: Stahl und sein Verhalten. Dritte, verbess. u. vermehrte Aufl. (18.—24. Tsd.)
Von Dr.-Ing. Eugen Simon.
- Heft 8: Härten und Vergüten.**
2. Teil: Praxis der Warmbehandlung. Zweite, verbesserte Aufl. (16.—17. Tsd.)
Von Dr.-Ing. Eugen Simon.
- Heft 9: Rezepte für die Werkstatt.** (7.—10. Tsd.)
Von Ing.-Chemiker Hugo Krause.
- Heft 10: Kupolofenbetrieb.**
Von Gießereidirektor C. Irresberger.
- Heft 11: Freiformschmiede.**
1. Teil: Technologie des Schmiedens. — Rohstoffe der Schmiede.
Von Direktor P. H. Schweißguth.
- Heft 12: Freiformschmiede.**
2. Teil: Einrichtungen und Werkzeuge der Schmiede.
Von Direktor P. H. Schweißguth.
- Heft 13: Die neueren Schweißverfahren.** Zweite, verbesserte u. vermehrte Auflage.
Von Prof. Dr.-Ing. P. Schimpke.
- Heft 14: Modelltschlerei.**
1. Teil: Allgemeines. Einfachere Modelle.
Von R. Löwer.
- Heft 15: Bohren.** Von Ing. J. Dinnebier.
- Heft 16: Reiben und Senken.**
Von Ing. J. Dinnebier.
- Heft 17: Modelltschlerei.**
2. Teil: Beispiele von Modellen und Schablonen zum Formen. Von R. Löwer.
- Heft 18: Technische Winkelmessungen.**
Von Prof. Dr. G. Berndt.
- Heft 19: Das Gußisen.**
Von Ing. Joh. Mehrstens.
- Heft 20: Festigkeit und Formänderung.**
Von Studienrat Dipl.-Ing. H. Winkel.
- Heft 21: Einrichten von Automaten.**
1. Teil: Die Systeme Speneer und Brown & Sharpe. Von Ing. Karl Sachse.
- Heft 22: Die Fräser.**
Von Ing. Paul Zieting.
- Heft 23: Einrichtungen von Automaten.**
2. Teil: Die Automaten System Gridley (Einspindel) u. Cleveland u. die Offenbacher Automaten.
Von Ph. Kelle, E. Gothe, A. Kreil.
- Heft 24: Der Stahl- und Temperguß.**
Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny.
- Heft 25: Die Ziehtechnik in der Blechbearbeitung.** Von Dr.-Ing. Walter Sellin.
- Heft 26: Räumen.**
Von Ing. Leonhard Knoll.
- Heft 27: Einrichten von Automaten.**
3. Teil: Die Mehrspindel-Automaten.
Von E. Gothe, Ph. Kelle, A. Kreil.
- Heft 28: Das Löten.**
Von Dr. W. Burstyn.
- Heft 29: Die Kugel- und Rollenlager (Wälzlager).** Von Hans Behr.
- Heft 30: Gesunder Guß.**
Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny.
- Heft 31: Gesenkschmiede. 1. Teil: Arbeitsweise und Konstruktion der Gesenke.**
Von Ph. Schweißguth.
- Heft 32: Die Brennstoffe.**
Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny.
- Heft 33: Der Vorrichtungsbau.**
I: Einteilung, Einzelheiten u. konstruktive Grundsätze. Von Fritz Grünhagen.
- Heft 34: Werkstoffprüfung (Metalle).**
Von Prof. Dr.-Ing. P. Riebensahm und Dr.-Ing. L. Traeger.

Fortsetzung des Verzeichnisses der bisher erschienenen sowie Aufstellung der in Vorbereitung befindlichen Hefte siehe 3. Umschlagseite.

Jedes Heft 48—64 Seiten stark, mit zahlreichen Textabbildungen.

WERKSTATTBÜCHER
FÜR BETRIEBSBEAMTE, VOR- UND FACHARBEITER
HERAUSGEGEBEN VON DR.-ING. EUGEN SIMON, BERLIN

HEFT 40

Das Sägen der Metalle

Konstruktion und Arbeitsbedingungen der Sägeblätter
Auswahl der Maschinen

Von

Dipl.-Ing. H. Hollaender

Mit 100 Abbildungen im Text



Berlin
Verlag von Julius Springer
1930

ISBN-13: 978-3-642-89019-2 e-ISBN-13: 978-3-642-90875-0

DOI: 10.1007/978-3-642-90875-0

Reprint of the original edition 1930

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	3
Allgemeines, Hubsägen und Abstechmaschinen	3
I. Die Kaltsägeblätter	4
A. Die Stahlvollblätter	4
1. Die gestauchten Sägeblätter S. 4. — 2. Die geschränkten Sägeblätter S. 5.	
— 3. Die verjüngt und hohlgeschliffenen Sägeblätter S. 6. — 4. Werkstoff der	
Stahlvollblätter S. 7. — 5. Metallkreissägeblätter S. 7.	
B. Kaltsägeblätter mit eingesetzten Schnellstahlzähnen	9
1. Die Blätter mit eingesetzten Einzelzähnen S. 10. — 2. Blätter mit ein-	
gesetzten Zahnsegmenten S. 11. — 3. Weitere Ausführungen S. 12. — Schleif-	
fen und Richten S. 12.	
C. Maßnahmen zur Verbesserung der Schneidfähigkeit	13
1. Richtige Wahl der Schneidwinkel S. 13. — 2. Der Einfluß des verwendeten	
Schnellstahls S. 16. — 3. Das Freischneiden S. 17. — 4. Mittel zur Spanteilung	
S. 18. — 5. Zahnteilung und Schnittbreite S. 19.	
D. Das Arbeiten mit den Kaltsägeblättern	20
1. Allgemeine Kaltsäge S. 21. — 2. Aufspannen des Sägeblattes und des	
Arbeitsstückes S. 23. — 3. Schnittgeschwindigkeit und Vorschub S. 25. —	
4. Kühlung beim Sägen S. 25. — 5. Beseitigung der Späne aus den Zahnlücken	
S. 26. — 6. Fehler beim Sägen S. 26. — 7. Sondermaschinen und Sonderaus-	
führungen S. 27.	
E. Das Schärfen der Sägeblätter	30
1. Notwendigkeit rechtzeitigen Schärfens S. 30. — 2. Stellung der Schleif-	
scheibe auf der Schärfmaschine S. 32. — 3. Abmessung und Härte der Schleif-	
scheibe S. 33. — 4. Einstellung der Schärfmaschine S. 34. — 5. Schärffehler S. 35.	
F. Die Reparaturen an Sägeblättern	36
1. Neuzahnen und Einsetzen von Ersatzzähnen S. 36. — 2. Instandsetzung	
der Stammlätter S. 36.	
G. Schnittzeiten und Vergleich von Sägeblättern	37
1. Rechnerische Ermittlung der Schnittzeit S. 37. — 2. Die Schnittzeit unter	
Berücksichtigung der Schnittleistung S. 38. — 3. Vergleich von Sägeblättern S. 40.	
II. Die Warmsägeblätter	41
1. Verwendung der Warmsägeblätter S. 41. — 2. Werkstoff der Warmsäge-	
blätter S. 43. — 3. Rißbildung S. 43. — 4. Zahnform S. 44. — 5. Freischneiden	
S. 45. — 6. Das Richten und Auswuchten S. 46.	
III. Die Trennsägeblätter	47
1. Das Arbeiten mit den Trennsägeblättern S. 47. — 2. Ausführung der Blätter	
S. 49. — 3. Gußtrennblätter S. 49. — 4. Anwendung der Trennmaschinen S. 50.	
IV. Weitere Schneidverfahren	50
1. Metallbandsägen S. 50. — 2. Elektrotrennverfahren S. 51. — 3. Durchschleifen	
an Stelle von Sägen S. 53.	

Bei Zeitangaben bedeutet: s= Sekunde, min=Minute, h=Stunde.

Einleitung.

Das Sägen der Metalle ist für alle metallverarbeitenden Betriebe ein äußerst wichtiges Arbeitsverfahren, das aber meist nur stiefmütterlich behandelt wird. Zeitgemäße Sägemaschinen und die dazu gehörigen Werkzeuge sind noch vielfach unbekannt, und die Leistungen, die mit ihnen erzielt werden können, erregen oft das Staunen der Fachleute, die sich bisher noch nicht mit diesen Maschinen befaßt hatten. Die Sägemaschinen stehen in vielen Betrieben im Rohstofflager, und ihre Bedienung und Instandhaltung wird ungelerten Hilfsarbeitern überlassen, die nichts von ihrer Arbeit verstehen und Maschinen und Sägeblätter eben nur bedienen und nicht instandhalten. Wirtschaftliche Schnittleistungen werden dann natürlich nicht erreicht, und viel Geld wird vergeudet, das leicht durch einige Sachkenntnis erspart werden könnte. Das Werkzeug, das Sägeblatt, seine richtige Wahl, Behandlung und Instandhaltung spielt neben einer leistungsfähigen Maschine die Hauptrolle. Auch wo man die Möglichkeit und Notwendigkeit größerer Sägeleistungen erkannt hat, ist es nicht immer gleich möglich, alle älteren, weniger leistungsfähigen Maschinen durch neue zu ersetzen, obwohl es zweckmäßig wäre, da eine neue Säge bis zu 4—5 ältere Maschinen ersetzen kann. Oft lassen sich aber dann auf solchen Maschinen, die nicht den höchsten Anforderungen entsprechen, durch ein gutes Werkzeug doppelt und dreifach so große Leistungen erzielen als vorher mit schlechten und schlecht instand gehaltenen Werkzeugen.

In Werkstätten, die dauernd und fabrikmäßig mit dem Abtrennen von Austoffen zu tun haben, werden die Metalle in der Hauptsache gesägt:

1. mit Kaltkreissägeblättern,
2. mit Warmkreissägeblättern,
3. mit Reibtrennblättern.

Für Betriebe, die nur ab und zu Metalle zu sägen haben, kommen auch die Hubsägen in Frage, die ein in einem Bügel befestigtes Langsägeblatt besitzen, das eine hin- und hergehende Bewegung ausführt und immer nur auf einem Wege arbeitet. Die Maschinen sind bequem zu bedienen und billig in der Anschaffung, ebenso sind die Sägeblätter verhältnismäßig billig. Vorteilhaft ist auch die sehr geringe Schnittbreite der Sägeblätter und der damit in Zusammenhang stehende geringe Stoffverlust beim Sägen, was besonders bei wertvolleren Stoffen zur Verwendung dieser Sägen führt. Voraussetzung für geringen Stoffverlust ist es aber, daß der Schnitt auch immer genau gerade wird, was er infolge Verlaufs des Sägeblattes jedoch nicht immer tut.

Die Sägeblätter der Hubsägen werden bei gröberer Zahnung meist mit geschränkten Zähnen, bei feinerer Zahnung mit gewellten Zähnen ausgeführt. Die gröbere Zahnung, etwa 8—16 Zähne auf 1'', dient zum Schneiden von Vollquerschnitten, die mittlere Zahnung, etwa 18—22 Zähne auf 1'', zum Schneiden von starkwandigen Stahl-, Guß- und Stahlrohren, wobei beide Sorten mit geschränkten Zähnen versehen werden. Die mittlere Zahnung mit gewellten Zähnen dient zum Schneiden von Kupfer und Messing, und die feine Zahnung, etwa 28—32 Zähne auf 1'', mit gewellten Zähnen für dünnwandige Rohre, Draht, Kabel usw.

Die Schnittzeiten dieser Sägen sind aber im Vergleich zu den anderen, auf den folgenden Blättern ausführlich behandelten Schneidverfahren sehr lang, so daß die Hubsägen für ein fabrikmäßig Sagen im allgemeinen nicht gebraucht werden.

Dagegen erfreuen sich die Abstechmaschinen mit selbsttätig zunehmender Spindelgeschwindigkeit einer immer mehr wachsenden Beliebtheit. Die Schnittzeiten entsprechen etwa denen, die auf einer guten neuesten Kaltkreissäge erzielt werden können, die Schnittbreiten und damit die Schnittverluste sind auch etwa die gleichen, dagegen die Werkzeuge in der Anschaffung und Instandhaltung wesentlich billiger. Ihr Anwendungsgebiet ist freilich weit geringer, da auf ihnen nur runde Querschnitte geschnitten werden können, während sich auf Kaltkreissägen alle Querschnitte schneiden lassen. Wenn daher Querschnitte aller möglichen Art geschnitten werden müssen, wird es immer zweckmäßiger sein, eine Kaltkreissäge anzuschaffen.

Für zahlreiche zylindrische Hohlteile, die auf anderen Werkzeugmaschinen fertiggestellt werden, lassen sich vorteilhaft oft vereinigte Dreh-, Bohr- und Abstechmaschinen verwenden. Auf diesen Maschinen kann in den meisten Fällen das Werkstück während des Bohrens überdreht und dann von der Stange abgestochen werden. Hierbei wird der Abstechstahl geschont, da die Außenhaut der Stange bereits abgedreht ist. Entsprechend der Größe der Bohrung wird auch beim Abstechen an Arbeitsweg gespart.

I. Die Kaltsägeblätter.

A. Die Stahlvollblätter.

Die Entwicklung der Kaltsägeblätter führte von den Stahlvollblättern aus Werkzeug-Kohlenstoffstahl zu den Sägeblättern mit eingesetzten Schnellstahlzähnen. Diese verdrängen heute infolge ihrer höheren Leistungsfähigkeit immer mehr die Vollblätter.

Die Vollblätter werden als gestauchte, geschränkte und verjüngt oder hohl geschliffene Blätter ausgeführt; sie erhalten immer einen verdickten Schneidrand. Die Erfahrung, daß dies bei Kaltsägeblättern zur Vermeidung des seitlichen Reibens und Klemmens erforderlich ist, ist schon sehr alt. Die Schnittfuge wird entsprechend der größeren Breite an den Zahnschneiden breiter als der übrige Teil des Sägeblattes. Die Seitenflächen des Blattes berühren daher im Schnitt den zu schneidenden Werkstoff nicht, so daß sie seitlich nicht reiben und klemmen.

1. Die gestauchten Sägeblätter. Die älteste Form der Stahlvollblätter sind die Blätter mit gestauchten Zähnen, bei denen der Zahn an der Schneide durch Anstauchen verbreitert wird (Abb. 1). Diese Blätter sind heute noch in manchen Betrieben für untergeordnete Zwecke im Gebrauch, obwohl ihre Leistung so gering ist, daß sie in keiner Weise neuzeitlichen Anforderungen entspricht. Die Zahnteilung, von einer Zahnschneide bis zur nächsten gemessen, kann nur sehr gering gewählt werden, und ebenso die Zahntiefe, weil die Zähne zum Stauchen verhältnismäßig klein sein müssen. Dadurch ist auch der gefährliche Querschnitt der auf Biegung beanspruchten Zähne sehr klein und größeren Schneidkräften nicht gewachsen. Die geringe Zahnteilung und Zahntiefe ver-

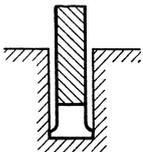


Abb. 1.
Gestauchtes
Sägeblatt.

bieten an sich schon eine größere Spanentwicklung, weil die kleine Zahnstärke nur sehr wenig Späne aufnehmen kann. Die gestauchten Sägeblätter werden im allgemeinen in den Abmessungen der Tab. 1 ausgeführt. Sie werden beim Härten

so behandelt, daß nur die Zähne selbst die Schneidhärte erhalten, während sie im Zahngrund weich sein müssen. Würde die Glashärte der Zähne vom Umfang aus tiefer in das Blatt hineingehen, so würden die kleinen Zähne dem Schnittdruck nicht mehr standhalten können, sondern infolge ihrer Sprödigkeit ausbrechen. Es hätte aber auch gar keinen Zweck, die Blätter tiefer zu härten, da sie doch kaum nachgeschärft werden können. Schon nach kurzer Zeit würde die geringe Anstauchung verloren sein, und die Blätter würden seitlich reißen und klemmen.

Die Blätter sind nach nicht allzu langem Gebrauch nicht mehr verwendungsfähig und müssen wieder aufgearbeitet werden. Dies geschieht im all-

gemeinen am besten bei der Herstellerfirma. Dort werden die Blätter ausgeglüht und, nachdem der Zahnkranz abgeschnitten ist, wieder vollkommen neu bearbeitet. Dadurch werden sie natürlich immer kleiner, können später nur noch auf kleineren Maschinen verwendet werden, bis sie gar nicht mehr gebraucht werden können. Das oft notwendige Auffrischen verbunden mit dem kleiner werdenden Durchmesser ergibt, obwohl diese Blätter an sich nicht so teuer sind, ein ziemlich kostspieliges Verfahren, das in Anbetracht der geringen Leistungsfähigkeit heute eigentlich nicht mehr angewendet werden sollte.

2. Die geschränkten Sägeblätter. Bei den geschränkten Sägeblättern wird abwechselnd ein Zahn nach der einen Seite, der nächste Zahn nach der anderen Seite geschränkt, um so die größere Breite an der Schnittkante zu erreichen (Abb. 2). Sie werden mit einer größeren Teilung als die gestauchten Blätter ausgerüstet, weil zu kleine Zähne nicht geschränkt werden können, sondern hierbei ausbrechen würden. Die erzielbare Leistung kann dementsprechend schon etwas höher sein. Man härtet diese Blätter auch in der Weise, daß sie unterhalb der Zähne weicher werden; das Nachschärfen ist auch hier begrenzt, da sehr bald die Wirkung der Schränkung aufhört. Sie werden hauptsächlich noch in Stahlgießereien zum Absägen der Eingüsse und Köpfe verwendet und behaupten sich dort noch vielfach gegenüber den viel leistungsfähigeren Blättern mit eingesetzten Schnellstahlzähnen, weil es bei diesen Arbeiten sehr oft vorkommt, daß durch Kernstücke und Lunkerstellen geschnitten werden muß. Nach einem solchen Schnitt ist auch das beste und teuerste Blatt stumpf. Man begnügt sich daher in solchen Fällen mit dem billigeren, aber weniger leistungsfähigen geschränkten Sägeblatt, um den Betrieb nicht durch viele solcher Fehlschnitte mit Schnellstahlblättern zu verteuern. Hinzu kommt, daß sich gerade noch in vielen Stahlgießereien ältere Sägemaschinen befinden, die den Leistungen der Schnellstahlblätter doch nicht gewachsen wären. Bis zur Anschaffung von neuen leistungsfähigeren Maschinen verwendet man daher noch die geschränkten oder auch die gestauchten Sägeblätter. Die Masse der

Tabelle 1. Abmessungen der gestauchten Sägeblätter.

Blatt \varnothing mm	Blattstärke mm	Schnittbreite mm	Zahnteilung mm
300	3	4	5
350	3,5	4,5	6
400	4	5,25	6
450	4	5,5	6
500	4	6	7
550	4,5	6,5	7
600	5	7	8
650	5	7	8
700	5,5	7,5	9
750	6	8	9
800	6,5	8,5	9
850	7	9	10
900	7	9	10
950	7,5	10	10
1000	8	10,5 ÷ 11	12

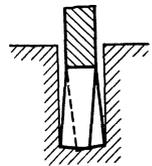


Abb. 2.
Geschränktes
Sägeblatt.

geschränkten Blätter können aus Tab. 2 entnommen werden. Einige Male können diese Blätter nachgeschärft werden, bis die Wirkung der Schränkung aufhört. Sie

Tabelle 2. Abmessungen der geschränkten Sägeblätter.

Blatt \varnothing mm	Blattstärke mm	Schnittbreite mm	Zahnteilung mm
300	3	4 ÷ 4,5	7
350	3,5	4,5	7
400	4	5,5	8
450	4	6 ÷ 6,5	8
500	5	6,25 ÷ 7	9
550	5	6,5 ÷ 7	9
600	5,5	7,5 ÷ 8	10
650	6	7,5 ÷ 8	11
700	6,5	8 ÷ 8,5	12
750	6,5	8,5 ÷ 9	12
800	6,5	10 ÷ 10,5	13
850	7	11 ÷ 12	15
900	8	11 ÷ 12	15
950	8	11 ÷ 12	16
1000	8	11 ÷ 12	18
1100	9	13 ÷ 13,5	20
1200	9	13,5 ÷ 14	22
1300	10	14 ÷ 15	24
1400	10	14 ÷ 15	24

müssen dann ebenfalls der Herstellerfirma zum Aufarbeiten eingesandt werden, das ebenso wie bei den gestauchten Blättern ausgeführt wird.

Beim Stauchen und Schränken der Blätter darf es nicht vorkommen, daß einzelne Zähne seitlich mehr herausstehen als die anderen, da sie beim Arbeiten schnell ausbrechen würden.

3. Die verjüngt und hohlgeschliffenen Sägeblätter. Eine weitere und bessere Ausführungsform der Stahlvollblätter sind die verjüngten Kaltsägeblätter. Sie sind an den Seitenflächen so geschliffen, daß sie nach dem Mittelpunkt des Blattes zu bis auf einen Flansch, der zum Aufspannen dient,

dünnere werden (Abb. 3). Sie erhalten einen breiteren harten Rand von etwa 8—10 cm und können soweit nachgeschärft werden. Nach Abschärfen dieses



Abb. 3. Verjüngt geschliffenes Sägeblatt.

Randes hat auch die Verjüngung der Blätter so weit nachgelassen, daß sie nicht mehr genügend Freischnitt gibt. Die Blätter müssen dann auch aufgefrischt, d. h. ausgeglüht und wieder aufgearbeitet werden. Zur Vergrößerung der noch zurückgebliebenen Verjüngung werden sie entweder verjüngt nachgeschliffen oder die Zähne werden,

wenn es die Zahnteilung zuläßt, etwas angestaucht. Bei dem Nachschleifen zur Verbesserung der Verjüngung muß allerdings berücksichtigt werden, daß die Blätter dabei immer dünner werden, allmählich so dünn, daß sie nicht mehr genügend Starrheit besitzen. Bezüglich der Größe der Blätter gilt dasselbe wie bei den gestauchten und geschränkten Blättern: sie werden beim Auffrischen immer kleiner und sind nach mehrmaligem Auffrischen nicht mehr verwendbar.

Durch das Verjüngtschleifen der Blätter wird außerdem noch erreicht, daß die Oberflächen der Blattseiten glatt werden und nicht so rau sind, wie es bei den roh gewalzten Blechen der gestauchten und geschränkten Sägeblätter nach dem Härten der Fall ist. Sollte dann beim Sägen irgendwie, etwa durch Verspannen des Werkstoffes od. dgl., doch das Werkstück die Seitenflächen des Sägeblattes berühren, so ist die Reibung geringer und unschädlicher als bei den rauhen Blättern. Die Ausführungsmaße sind aus Tab. 3 zu entnehmen, die Verjüngung beträgt etwa 1—2 mm bis zum Flansch.

Eine Abart der verjüngt geschliffenen Blätter sind die hohl geschliffenen. Die ganze Verjüngung ist bei ihnen in einen schmalen Rand verlegt und der übrige Teil des Blattes planparallel geschliffen (Abb. 4). Das hat den Vorteil, daß das Blatt besser frei schneidet, den Nachteil, daß es nach Abschärfen dieses Randes nicht mehr gebraucht werden kann, da das Blatt für ein Nachschleifen zu schwach ist.

Außerdem leidet auch die Starrheit des Blattes etwas, da der größere Teil des Blattes dünner ist als bei dem verjüngt geschliffenen; die Bearbeitungskosten für dieses Blatt werden infolge des teureren Schleifens auch höher.

Die Schnittgeschwindigkeiten können bei den gestauchten Blättern je nach dem zu schneidenden Werkstoff bis etwa 8 m/min bei sehr geringem Vorschub gewählt werden, bei den geschränkten und verjüngten Blättern bis zu 12 m/min, wobei der Vorschub je nach dem Werkstoff bis zu 2—3 mm für jede Umdrehung des Sägeblattes betragen kann.

4. Werkstoff der Stahlvollblätter. Alle drei Arten Sägeblätter werden von einigen Firmen der Billigkeit halber aus gewöhnlichem Siemens-Martinstahl hergestellt und finden auch so für einige untergeordnete Zwecke noch Verwendung. Man kann von diesen Blättern natürlich nicht die Schnitthaltigkeit verlangen wie von Blättern aus Werkzeug-Edelstahl. Für die Blätter aus Werkzeug-Edelstahl wird im allgemeinen ein niedrig legierter Chromstahl verwendet. Die Härtesteigerung durch Chromzusatz ist deshalb erforderlich, weil die Kaltsägeblätter wegen des zu großen Verziehens bei Wasserhärtung im Öl gehärtet werden müssen. Um das Werfen der Blätter weiter zu vermindern, werden sie zwischen zwei eisernen Platten, der sogenannten Quette, im Öl abgeschreckt, wo sie solange verbleiben, bis sie genügend erkaltet sind. Wenn die Blätter trotzdem nach dem Härten noch ballig sind, so muß dies durch Richten mit dem Hammer beseitigt werden.

Zur Erhöhung der Schnitthaltigkeit und der Schnittleistungen können auch die geschränkten und verjüngten Sägeblätter aus einem Kohlenstoffstahl mit geringem Zusatz von Wolfram gefertigt werden. Sie werden dann oft fälschlicherweise als Schnellstahlblätter bezeichnet und so in den Handel gebracht. Da bei einer oberflächlichen Schleifprobe schon bei geringstem Wolframzusatz die für Schnellstahl charakteristischen roten Funken erscheinen, ist eine Täuschung möglich. Infolge ihrer höheren Leistung gegenüber den reinen Kohlenstoffstahlblättern werden diese Blätter dann auch in der Werkstatt oft nicht als Falschlieferung erkannt, obwohl ihre Leistung bei weitem nicht die der Schnellstahlblätter erreicht.

Blätter von 300 mm \varnothing aufwärts ganz aus Schnellstahl herzustellen, hat sich nicht bewährt. Beim Härten und Schleifen entsteht infolge Härtespannungen zuviel Ausschuß, der mit in den Preis einkalkuliert werden muß, und im Gebrauch werden sie auch zu teuer, da der Verlust beim Ausbrechen einzelner Zähne zu groß wird. Statt größerer Vollblätter aus Schnellstahl verwendet man Blätter mit eingesetzten Schnellstahlzähnen.

5. Metallkreissägeblätter. Sägeblätter unter 300 mm \varnothing , die auch vielfach auf Fräsmaschinen gebraucht werden, bezeichnet man als Metallkreissägen. Sie werden aus gewöhnlichem Werkzeugstahl, niedrig legiertem Wolframstahl oder Schnell-

Tabelle 3. Abmessungen der verjüngten Sägeblätter.

Blatt \varnothing mm	Schnittbreite mm	Zahnteilung mm
300	3	7
350	3,5	7
400	4	8
450	4	8
500	5	9
550	5	9
600	5,5	10
650	6	11
700	6,5	12
750	6,5	12
800	6,5	13
850	7	15
900	8	15
950	8	16
1000	8	18
1100	9	20
1200	9	22
1300	10	24
1400	10	24

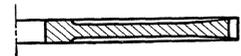
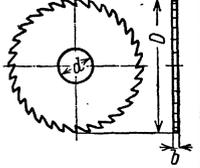


Abb. 4. Hohl geschliffenes Sägeblatt.

stahl hergestellt. Die Blätter aus Kohlenstoffstahl werden mehr oder weniger stark angelassen, wodurch verschiedene Härtegrade erzielt werden. Die weicheren Blätter dienen zum Bearbeiten der härteren Werkstoffe, während sich die härteren mehr für weichere Werkstoffe eignen. Je nach dem Verwendungszweck werden die Metallkreissägen in sehr viel verschiedenen Ausführungen und Stärken angefertigt. Sie sind durch DIN 136 (Tab. 4) genormt, werden in der Regel verjüngt

Tabelle 4. Abmessungen der Metallkreissägen

	Metallkreissägen Richtlinien für Zähnezahlen Werkzeuge	$\overline{\text{DIN}}^1$ 136

Maße in mm

D	50	60	80	100	125	150	175	200	225	250	300
d	13	16	22	22 27	27	32	32	32	40	40	50
b	Zähnezahlen										
1	40	44	54	64							
1,5	38	42	52	60	72	84					
2	36	40	48	56	68	78	88	104	112	124	
2,5	34	38	46	54	64	74	84	96	104	112	136
3	32	36	44	52	60	68	78	88	96	104	124
3,5	30	34	40	48	56	64	72	80	88	96	112
4						56	64	72	80	88	104
5								64	72	80	96
6											88

Geringe Verschiebungen der Zähnezahlen nach oben und unten sind zulässig. Werkstoff und Ausführung sind bei Bestellung anzugeben.

Bohrungen, Breiten und Durchmesser entsprechen den Abmessungen des Deutschen Metallkreissägen-Verbandes.

Bohrungen nach DIN 138.

oder bei den größeren Durchmessern mit gutem Erfolge auch hohl geschliffen. Auf der Fräsmaschine können sie mit Satzfräsern zusammengestellt werden oder auch zu mehreren nebeneinander zum Absägen von gleichbreiten Stücken von der Stange auf einem Fräsdorn aufgespannt werden.

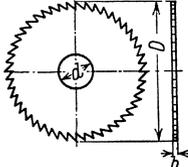
Als Schlitzfräser für flache Schlitze werden sie nach DIN 135 (Tab. 5) ausgeführt. Diese zeichnen sich durch besonders kleine Zahnteilungen aus. Wegen der geringen Schnitttiefe brauchen sie seitlich nicht geschliffen zu werden.

Für das Schneiden von Blei und ähnlichen Werkstoffen, wie sie z. B. in Druckereien viel gebraucht werden, werden die Sägeblätter meist wie Holzkreissägeblätter, d. h. mit etwas geschränkten Zähnen, hergestellt und laufen auch mit den bei Holz üblichen hohen Schnittgeschwindigkeiten.

¹ Wiedergabe erfolgt mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses. Maßgebend sind die jeweils neuesten Ausgaben der Normblätter, die durch den Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Str. 97, zu beziehen sind.

Alle Metallkreissägen erhalten zweckmäßig Schneidwinkel, wie sie auf S. 13ff. besprochen werden. Dies ist zwar noch nicht überall eingeführt, ist aber erstrebenswert.

Tabelle 5. Abmessungen der Schlitzfräser

	Schlitzfräser Richtlinien für Zähnezahlen Werkzeuge	$\overline{\text{DIN}}^1$ 135

Maße in mm

D	20	30	40	50	60	70	80	100	125	150	175	200
d	5	8	10	13	16	16	16	22	27	32	32	32
b	Zähnezahlen											
0,25	68	88	108	132								
0,3	64	84	102	124								
0,4	60	80	96	116								
0,5	56	76	92	108	124	132						
0,6	54	72	88	102	116	128						
0,7	52	68	80	96	108	120						
0,8	50	64	76	88	102	112	124	140				
1	48	60	72	84	96	108	116	136				
1,2		56	68	80	92	102	112	128	144	156		
1,5		52	64	76	88	96	108	124	140	152	160	
1,75			60	72	80	92	102	120	136	148	156	
2			56	68	76	88	96	112	128	140	152	160
2,25			54	64	72	84	92	108	124	136	144	152
2,5			52	60	68	76	84	102	116	128	140	148
3				56	64	72	80	96	112	124	132	140
3,5				54	60	68	76	92	108	120	128	132
4				50	56	64	72	88	102	112	120	128
4,5						60	68	80	96	108	116	120
5						56	64	76	92	102	108	116
6								72	84	96	102	108

Geringe Verschiebungen der Zähnezahlen nach oben und unten sind zulässig.

Werkstoff und Ausführung sind bei Bestellung anzugeben.

Bohrungen, Breiten und Durchmesser entsprechen den Abmessungen des Deutschen Metallkreissägen-Verbandes.

Bohrungen (mit Ausnahme von $d = 5$) nach DIN 138.

B. Kaltsägeblätter mit eingesetzten Schnellstahlzähnen.

Es gibt eine ganze Reihe von Konstruktionen für das Einsetzen der Schnellstahlzähne in die Sägenbleche aus Siemens-Martinstahl, die man allgemein als Stammblätter bezeichnet.

¹ Wiedergabe erfolgt mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses. Maßgebend sind die jeweils neuesten Ausgaben der Normblätter, die durch den Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Str. 97, zu beziehen sind.

1. Blätter mit eingesetzten Einzelzähnen. a) Einfache Einzelzähne. Die einfachste Konstruktion dieser Art sind die Einzelzähne, die sich gegen das Stammblatt abstützen, im folgenden kurz „einfacher Einzelzahn“ genannt (Abb. 5). Hierzu wird in das Stammblatt ein Schlitz eingefräst und in ihn der vorher fertig bearbeitete und gehärtete Zahn eingesetzt, der quadratisch oder rechteckig sein kann (Abb. 5). Er wird in dem Stammblatt verschieden befestigt, jedoch immer

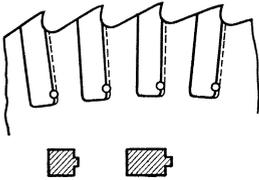


Abb. 5. Einfache Einzelzähne.

so, daß er nicht seitlich aus dem Stammblatt herausgedrückt und beim Arbeiten nicht in radialer Richtung herausgezogen werden kann. Die seitliche Befestigung kann dadurch erreicht werden, daß die Zähne in ihrer Längsrichtung mit einer Rippe oder Feder versehen werden, die in eine in den Stammblattschlitz eingefräste Nut eingreift. Manche Konstruktionen begnügen sich nicht mit einer solchen Rippe, sondern geben den Zähnen auf ihren beiden im Stammblatt anliegenden Flächen je eine Längsrippe oder bringen an der unteren Seite des Zahnes noch eine Rippe an. Zu einer sicheren seitlichen Befestigung genügt aber eine Längsrippe vollkommen, die weiteren noch angebrachten Rippen ergeben keinen Vorteil mehr. Zur Befestigung gegen Herausziehen wird der Zahn im allgemeinen mit dem Stammblatt durch einen Stift vernietet. Der Zahn erhält an seinem unteren Teil eine halbkreisförmige Rille und das Stammblatt an entsprechender Stelle ebenfalls, so daß sie zusammen ein kreisförmiges Loch bilden. In dieses Loch wird ein Stift stramm hereingeschlagen und vernietet.

Der gehärtete Schnellstahlzahn stützt sich bei dieser Ausführung gegen das weichere Stammblatt. Bei Zahnbrüchen kommt es daher leicht vor, daß auch die hinter dem Zahn liegende Stammblattzunge mit verletzt und nach hinten gebogen wird (Abb. 6), so daß es schwierig ist, einen Ersatzzahn neu einzusetzen, weil nun die richtige Anlagefläche fehlt. Durch Übergang von dem quadratischen Zahn auf den rechteckigen unter Verbreiterung der dem Schnittdruck entgegenstehenden Rechteckseite ist die Festigkeit des Zahnes gegen Bruch vergrößert, aber die Verletzungsmöglichkeit der Stammblattzunge nicht beseitigt. Ein weiterer Nachteil dieser einfachsten und damit billigsten Ausführungsart liegt darin, daß die Zahnteilung nicht immer dem zu schneidenden Schnittgut angepaßt werden kann. Die Stammblattzunge muß eine gewisse Breite haben, um dem Schnittdruck genügend Widerstand leisten zu können. Da sie nur ein Stück der Zahnteilung ausmacht und zu diesem noch die Zahnbreite hinzukommt, kann man mit der Teilung nicht unter ein gewisses Maß heruntergehen und kleine Zahnteilungen, wie



Abb. 6. Ausgebrochener Zahn und verletzte Stammblattzunge.

sie für manche Arbeiten benötigt werden, nicht ausführen. Dagegen können die Zahnteilungen beliebig groß gewählt werden, was für das Schneiden von weicheren Stoffen, wie Kupfer und Messing usw., günstig ist.

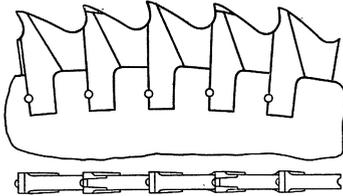


Abb. 7. Hakenzähne.

b) Hakenförmige Einzelzähne. Eine Abart dieser Blätter mit sich gegen das Stammblatt abstützenden Zähnen bilden die Blätter mit sich gegenseitig abstützenden Zähnen. Die Zähne greifen hakenförmig über das Stammblatt hinweg, und der Zahnrücken des einen Zahnes legt sich gegen die Zahnbrust des nächsten Zahnes. Im folgenden seien diese Zähne kurz „hakenförmige“ Zähne genannt. Befestigt werden sie ähnlich wie die

vorigen Zähne: durch Feder und Nut in seitlicher Richtung und durch Nietstift in radialer (Abb. 7). Durch das gegenseitige Abstützen der gehärteten Schnellstahlzähne wird der Schnittdruck auf mehrere Zähne verteilt, und es wird vermieden, daß er sich unmittelbar auf das weichere Stammbblatt überträgt und daß bei etwaigen Zahnbrüchen auch gleich die Stammbblattzunge mit verletzt wird. Es muß allerdings bei diesen Blättern ganz besonders gut aufgepaßt werden, damit bei Bruch eines Zahnes die Maschine gleich angehalten werden kann. Da sich ein Zahn gegen den nächsten legt, werden sich bei Ausbrechen eines Zahnes auch die vor der entstandenen Lücke sitzenden Zähne lockern oder ausbrechen, weil der geschlossene Zahnkranz gestört ist und die Zähne ihren Halt verloren haben. Vorteilhaft ist es bei diesen Blättern, daß die Zahn-
teilung beliebig klein gehalten werden kann, und zwar durch Einfräsen mehrerer Zähne in ein einzelnes Zahnstück (Abb. 8). Die Zähne ähneln dann den später beschriebenen Zahnsegmenten. Auch große Zahnteilungen können gut hergestellt werden.

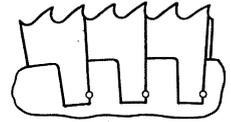


Abb. 8. Unterteilte Hakenzähne.

Diesen beiden Ausführungsarten ist gemeinsam, daß die Zähne sehr stramm in die Stammblatzschlitze eingepaßt werden müssen, damit sie sehr gut im Stammbblatt festsitzen und sich nicht lockern können. Bei den Hakenzähnen kommt noch hinzu, daß auch der Zahn Rücken fest an der Brust des folgenden Zahnes anliegen muß. Das Einpassen der einfachen Einzelzähne ist entsprechend einfach, weil nur zwei Paßflächen vorhanden sind, während bei den Hakenzähnen drei Flächen anzupassen sind, die beiden Randflächen des Zahnfußes und die Rücken- bzw. Spanfläche. Der Verbrauch an Schnellstahl ist bei den Hakenzähnen sehr viel größer als bei den einfachen Einzelzähnen, was aus einem Vergleich der beiden Abb. 5 und 7 unmittelbar hervorgeht. Der Preis der Blätter mit Hakenzähnen muß daher auch höher sein als der der Blätter mit einfachen Einzelzähnen. Beim Nachschärfen der Blätter mit Hakenzähnen werden die Stammbblätter nicht berührt und können nach Verbrauch der Schnellstahlzähne immer wieder mit neuen Zähnen versehen werden, so daß die einmal verwendeten Stammbblätter sehr lange Zeit ausgenutzt werden können. Bei den Blättern mit einfachen Einzelzähnen wird beim Nachschärfen stets das Stammbblatt mit abgeschärft und dadurch immer kleiner. Nach Verbrauch der Schnellstahlzähne müssen die Stammbblätter wieder neu eingefräst werden, um neue Zähne einsetzen zu können. Nach einigen Erneuerungen ist das Stammbblatt zu klein geworden und nicht mehr verwendbar (Abb. 9).

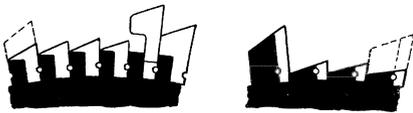


Abb. 9. Abnutzung beim Schärfen.

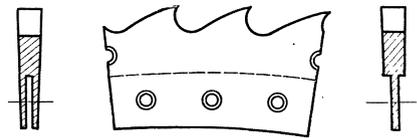


Abb. 10. Zahnsegmente.

2. Blätter mit eingesetzten Zahnsegmenten. Die Blätter mit eingesetzten Segmenten werden in zwei Ausführungsformen hergestellt (Abb. 10). Bei der einen Art werden die Stammbblätter seitlich am Rande so weit abgedreht, daß ein schmaler Steg stehenbleibt, und die Segmente greifen mit zwei seitlichen Lappen über das Stammbblatt weg. Bei der anderen Art wird das Stammbblatt nutartig abgedreht, und das Segment wird mit einem Steg in die Stammblattnut eingeschoben. Damit sind die Segmente seitlich befestigt; radial werden sie mit drei Nieten be-

festigt, und außerdem wird jedes einzelne noch an seinen Berührungsflächen durch einen Niet gesichert. Wir haben es hier ebenfalls mit einem geschlossenen Zahnkranz zu tun. Die Befestigung der Segmente ist in beiden Richtungen sehr gut, da die Niete viel stärker ausgebildet werden können als bei den Einzelzähnen. Bei Zahnbrüchen muß allerdings immer ein ganzes Segment ausgewechselt werden, wenn auch nur ein Zahn ausgebrochen ist, wodurch der Zahnersatz teurer wird als bei den anderen Systemen. Bei den in das Stammblatt eingreifenden Segmenten kommt noch die Schwierigkeit hinzu, daß beim Entfernen von gebrochenen Segmenten der in das Stammblatt greifende Teil in diesem steckenbleiben kann. Bei dem Versuch, auch diesen Teil herauszubekommen, werden oft die beiden dünnen, zu beiden Seiten der Stammblattnut stehenden Stücke oder auch das ganze Sägeblatt verbogen werden. Dadurch wird die Instandsetzung schwierig.

Beim Einnieten der gehärteten Segmente der letzten Bauart kann in dem Fußteil des Segmentes ein Riß entstehen, der durch das Stammblatt verdeckt ist. Dieses Segment wird beim Arbeiten des Blattes sehr schnell zu Bruch gehen. Bei den übergreifenden Segmenten ist dies nicht möglich, weil jeder Schaden sofort sichtbar ist; auch ist es einfacher und leichter, gebrochene Segmente zu beseitigen. Die Zahnteilung kann durch Einfräsen von mehr oder weniger Zähnen in die Segmente so klein oder so groß wie nötig gewählt werden. Der Schnellstahlbedarf ist etwa der gleiche wie bei den Hakenzähnen, auch können die Stammblätter immer wieder unter Beibehaltung des gleichen Durchmessers neu gezahnt werden.

3. Weitere Ausführungen. Außer den genannten Ausführungsarten hat es noch eine Reihe anderer gegeben, die aber wohl alle wieder vom Marke verschunden sind und daher hier nicht weiter aufgeführt werden sollen. Erwähnt seien nur noch einige amerikanische Systeme, die den beiden deutschen Systemen, Einzelzahn und Segment, entsprechen. Der Einzelzahn (Abb. 11) wird mit einer Querrippe gegen radiale Verschiebung gesichert und in seitlicher Richtung durch eine Längsrippe mit einem eingeschobenen Keil gehalten. Die Segmente (Abb. 12) werden im Unter-



Abb. 11. Amerikanischer Einzelzahn.

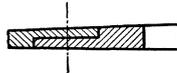


Abb. 12. Amerikanisches Segment.

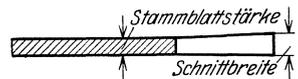


Abb. 13. Hohlgeschliff der Blätter mit eingesetzten Zähnen.

schied zu den deutschen seitlich an dem Stammblatt befestigt, was befürchten läßt, daß sie leichter seitlich herausgedrückt werden können als bei der deutschen Konstruktion.

4. Schleifen und Richten. Um seitliches Klemmen zu vermeiden, werden alle eingesetzten Schnellstahlzähne nach Art der hohl geschliffenen Sägeblätter geschliffen (Abb. 13): die Zähne sind vom Umfang bis zum Zahnfußende verjüngt. Die Stärke des Fußendes entspricht der Stärke des Stammblattes, das im allgemeinen eben geschliffen wird. Es geschieht dies deswegen, weil die Stammblätter, bereits so dünn wie möglich, durch ein verjüngtes Schleifen zu sehr geschwächt würden und nicht mehr starr genug wären.

Alle Sägeblätter müssen ganz genau gerade und richtig gespannt sein, damit sie beim Arbeiten nicht verlaufen. Durch richtig verteilte Hammerschläge wird zunächst das Sägeblatt genau gerade gerichtet und dadurch eine solche Spannung im Sägeblatt hervorgerufen, daß es vollständig stramm ist und vom Umfang bis zur Blattmitte gleiche Spannung herrscht. Da die Kaltsägeblätter verhältnis-

mäßig langsam laufen, bildet die eigene innere Festigkeit den einzigen Widerstand gegen Verbiegen des Blattes beim Einschneiden in das Werkstück. Diese wird durch eine starke, gleichmäßig in dem Blatt verteilte Spannung, die durch ein sachgemäßes Richten erzeugt wird, entsprechend erhöht. Das Richten und Spannen der Sägeblätter bis etwa 800 mm \varnothing kann von einem Mann ausgeführt werden, für die Blätter bis etwa 1200 mm \varnothing werden zwei Mann und für die noch größeren Blätter drei Mann benötigt (vgl. auch Abb. 73 auf S. 37).

C. Maßnahmen zur Verbesserung der Schneidfähigkeit.

1. Richtige Wahl der Schneidwinkel. Bis in die Jahre 1922/23 wurden in Deutschland die Kaltsägeblätter fast alle, die Stahlvollblätter sowohl als auch die Blätter mit eingesetzten Schnellstahlzähnen, mit gerader Zahnbrust (Spanfläche) hergestellt, also ohne jeden Spanwinkel (Benennung und Bezeichnung der Schneidwinkel sind entsprechend DIN 768¹ in Abb. 14 dargestellt). Die Folge des fehlenden Spanwinkels war, daß der Zahn nicht schnitt, sondern bei geringer Schnittleistung den Werkstoff wegquetschte.

Bei der Spanabtrennung wird der Span unter einem bestimmten Winkel zur Spanabflußrichtung abgeschoben und umgebogen (Abb. 15). Der Teil der Schnitтарbeit, der zum Umbiegen des Spanes aufgewendet werden muß, macht einen großen Teil der Zerspanungsarbeit aus und wird um so größer, je stärker der Span abgelenkt werden muß. Bei $\gamma = 0$, also radialer Zahnfläche, wird diese Umbieungsarbeit am größten, und ebenso der Gesamtschnittdruck P . Bei den höheren Leistungen, wie sie heute auf den modernen Kaltkreissägemaschinen verlangt werden, könnten die Zähne mit radialer Zahnfläche dem hohen Schnittdruck nicht mehr standhalten bzw. wären einer solch hohen Beanspruchung ausgesetzt, daß sie in kürzester Zeit ausbrechen oder doch stumpf würden. Durch einen auch beim Drehstahl üblichen Spanwinkel $\gamma > 0$ werden Spanumbieungsarbeit und Schnittdruck wesentlich herabgemindert und damit auch der Kraftverbrauch.

Der Gesamtschnittdruck P (Abb. 14) setzt sich aus zwei Teilkräften zusammen, dem Hauptschnittdruck K , von dem die Schnittleistung abhängig ist, und dem Vorschubdruck oder Rückdruck Q . Beide Kräfte werden bei wachsendem γ kleiner, und Q kann sogar, wenn γ sehr groß ist, negativ werden, also in entgegengesetzter Richtung auftreten, d. h. in das Werkstück hineingerichtet sein. Das hat zur Folge, daß Q den Zahn aus dem Stammblatt herauszuziehen sucht. Es müssen also die Zähne bei einem großen Spanwinkel und bei hohen Leistungen ganz besonders gut in dem Stammblatt in radialer Richtung befestigt sein. Bei den Segmentblättern ist die Befestigung der Segmente in dieser Beziehung ganz besonders gut, obwohl auch bei den anderen Blattkonstruktionen bei guter Herstellung die radiale Befestigung kräftig genug ist.

Durch einen Spanwinkel $\gamma > 0$ wird die Zahnschneide spitzer und durch die auftretende Zerspanungswärme leichter angelassen als eine stumpfere Schneide. Es muß

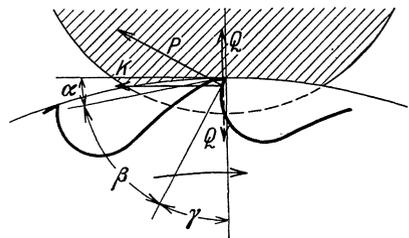


Abb. 14. Bezeichnung der Schneidwinkel.
 α = Freiwinkel. β = Keilwinkel. γ = Spanwinkel.

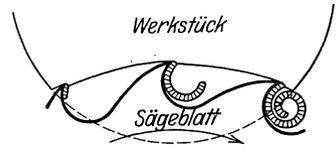


Abb. 15. Spanbildung.

¹ Das DIN-Blatt erscheint erst in einiger Zeit.

daher darauf geachtet werden, daß der Freiwinkel α nicht zu groß ist, da er bei festliegendem Spanwinkel die Größe des Keilwinkels β bestimmt. Je größer aber β ist, desto besser wird die Zerspanungswärme abgeleitet und die Zahnschneide vor Stumpfwerden geschützt. Daher kann man auch mit dem Spanwinkel nicht so hoch hinaufgehen, wie es für die Verbesserung des Kraftverbrauches gut wäre, weil dadurch der Keilwinkel, und damit die Lebensdauer der Schneide, zu klein würde.

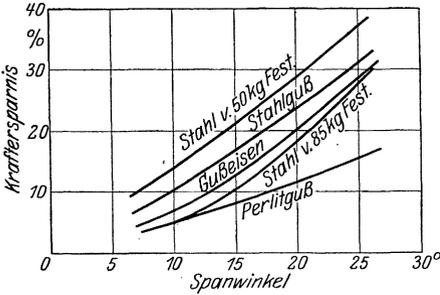


Abb. 16. Kraftersparnis durch Spanwinkel.

Aus den Kurven der Abb. 16 ist die Kraftersparnis bei Anwendung von verschiedenen Spanwinkeln beim Sägen der hauptsächlichsten Werkstoffe gegenüber einem Blatt, dessen Zähne keinen Spanwinkel haben, also radial stehen, zu ersehen. Die Kraftersparnis ist bei den größeren Spanwinkeln am größten, aus den oben angeführten Gründen wählt man aber die

Spanwinkel nicht so groß. Erprobte günstige Spanwinkel gibt die Tab. 6.

Neben der Verringerung der Spanumbiegungsarbeit spielt zur Verringerung des Kraftverbrauches noch die Spanableitung eine große Rolle. Der Span soll auf seinem

Tabelle 6. Schneidwinkel.

Werkstoff	Spanwinkel γ	Freiwinkel α
Kupfer, ganz weicher Stahl	25 ÷ 28°	7 ÷ 10°
Stahl bis 50 kg Festigkeit	18 ÷ 22°	6 ÷ 8°
Stahl bis 75 kg Festigkeit	15 ÷ 20°	5 ÷ 7°
Stahl über 75 kg Festigkeit u. legierte Stähle	10 ÷ 15°	5 ÷ 6°
Messing	0 ÷ 8°	5 ÷ 6°

Wege an der Zahnbrust entlang möglichst wenig Widerstand finden. Dagegen wird viel gesündigt. Die Zahnlücke muß so ausgebildet werden, daß sie dieser Forderung gerecht wird. Dazu gehört vor allen Dingen, daß sie eine große Abrundung erhält, und zwar so, daß die Rundung schon an der Zahnschneide beginnt

(Abb. 17). Es hat sich herausgestellt, daß ein gerades Stück an der Zahnschneide, wie es vielfach noch ausgeführt wird (Abb. 18), für die Spanentwicklung sehr schädlich ist. Der Span folgt bei seiner Abnahme dann zunächst diesem geraden Stück



Abb. 17. Richtige Zahn-lücke.



Abb. 18. Fehlerhafte Zahn-lücke.

und staucht sich bei Beginn der Rundung fest zusammen. Dadurch kann er so warm werden, daß er sich an der Zahnschneide festsetzt. Wenn derselbe Zahn nach einem Umlauf dann wieder in Eingriff kommt, löst sich der vorher hängengebliebene Span nicht gleich von der Zahnschneide, der nächste Span schiebt sich dahinter und staucht sich noch mehr zusammen, bis die Zahn-lücke verstopft ist, wodurch dann Zahnbruch entsteht.

Wenn dagegen die Rundung an der Schneide beginnt, fängt der Span sofort an, sich aufzurollen, findet keine Gelegenheit festzukleben und fällt aus der Lücke leicht heraus. Die Zahn-lücke muß so groß sein, daß der abgenommene Span gut Platz findet, weil er sonst zusammengestaucht würde und die Zahn-lücke verstopfen, den Kraftverbrauch vergrößern und unter Umständen den Zahn zerbrechen würde. Die Zahn-lückentiefe ist etwa $\frac{1}{3}$ der Zahnteilung. Die Reibung des Spanes an der Zahnfläche und in der Zahn-lücke macht man dadurch so klein wie möglich, daß man diese Flächen recht glatt schleift. Beim Bearbeiten sehr weicher Stoffe, wie z. B. Kupfer, geht man sogar dazu über, diese Flächen noch zu polieren. Auf die

seitliche Reibung des Spanes in der Schnittfuge wird in dem Abschnitt über Spanteilung noch eingegangen werden.

Verschiedene Sägenfirmen hatten zunächst versucht, durch schräges Einsetzen der Zähne in zur Schnittrichtung geneigter Lage dem Zahn einen Spanwinkel > 0 zu geben. Es zeigte sich aber, daß dies nicht der richtige Weg war. Man sieht aus Abb. 19, daß die Zähne nicht mehr so gut festsitzen können wie bei der geraden Stellung. Es kommt aber noch hinzu, daß der Zahndruck den Zahn nach hinten zu biegen sucht. Wenn ein Zahn nun ein ganz klein wenig nachgibt, wird er durch dieses Aufbiegen aus dem Sägeblatt herausgedreht und der Blattradius an dieser Stelle vergrößert. Der wegzunehmende Span wird infolge des längeren Zahnes immer dicker und die aufbiegende Wirkung immer größer, bis der Zahn vollkommen festhakt und schließlich abbricht. Außerdem wird bei diesem Vorgang die Teilfuge zwischen Zahn und Stammblatt bzw. bei Hakenzähnen zwischen Zahn und Zahn vergrößert, und der abgehobene Span kann sich zwischen beide klemmen. Diese Wirkung vergrößert wieder weiter das Aufbiegen des Zahnes, bis das Blatt gänzlich zerstört wird. Weiter bildet noch die vorstehende Spitze *a* des Stammblattes oder des Hakenzahnes (Abb. 19) ein Hindernis für den sich entwickelnden Span, der an dieser Stelle steckenbleibt und sich zusammenstaucht. Aus diesen beiden Wirkungen ersieht man, daß die Spanfläche nicht mit der Teilfuge der Zähne zusammenfallen darf. Man ging daher dazu über, die Zähne wieder gerade einzusetzen und den Spanwinkel anzuschleifen. Das ist günstiger, weil die Aufbiegung des Zahnes durch die radiale Stellung nicht so stark in Erscheinung tritt und Spanfläche und Teilfuge nicht zusammenfallen, der Span also nicht in die Fuge eindringen und auch kein Hindernis für die Spanentwicklung an dieser Stelle auftreten kann. Um das Anschleifen des Spanwinkels zu ermöglichen, müßte der früher quadratische Zahn in der Schnittrichtung verbreitert werden, weil sonst seine Ausnutzungsmöglichkeit sehr gering wäre (Abb. 20). Damit die Stammblattzunge dadurch nicht schmaler wird und an Festigkeit verliert, muß die Teilung entsprechend größer gewählt werden, was für die Größe der Zahnücke, abgesehen von den Fällen, wo eine kleine Zahnteilung notwendig, nur von Vorteil ist.

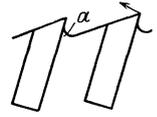


Abb. 19.
Schräg eingesetzte Einzelzähne.

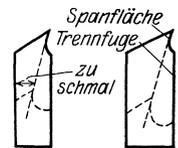


Abb. 20. Ausnutzungsmöglichkeit der schmalen und breiten Zähne.

Ganz beseitigt ist allerdings auch durch das radiale Einsetzen der Zähne die Aufbiegungswirkung nicht, wenn auch die Folgen gemildert sind. Bei den Sägeblättern mit einzeln eingesetzten Zähnen kann es vorkommen, daß ein oder der andere Zahn diesem Aufspreizdruck etwas nachgibt, auch wenn die Zähne noch so stramm und fest eingebaut sind. Es ist natürlich zunächst nur eine kleine Federung, ein kleiner Bruchteil eines Millimeters, der sich aber durch den ständig wachsenden Druck sehr steigern kann, mit der Wirkung, daß der länger gewordene Zahn einen stärkeren Span wegnimmt und die nachfolgenden Zähne dafür leer durchlaufen, bis der Vorschubdruck wieder genügend nachgefolgt ist. Durch diese Umstände kann ein Rattern und unruhiges Laufen eintreten, was ganz unregelmäßige Beanspruchung der Blätter und Zähne zur Folge hat und weiter zum vorzeitigen Stumpfwerden und oft auch zum Bruch einzelner, besonders beanspruchter Zähne führt. Bei kleineren Schnittleistungen treten diese Erscheinungen nicht so zutage, aber bei Höchstleistungen auf neuzeitlichen Maschinen, bei denen neben großen Schnittgeschwindigkeiten auch große Vorschübe verlangt werden, sehr stark, und um so mehr, je größer der Spanwinkel ist, weil dann der Vorschubdruck Q

des Schnittdruckes negativ werden kann. Bei den Segmentblättern liegen die Verhältnisse insofern günstiger, als ein Aufbiegen der einzelnen Zähne nicht möglich ist. Zahnbrüche sind daher seltener, und die Zähne sind meist auch schnitthaltiger, weil das Rattern und die unregelmäßige Beanspruchung wegfallen. Es empfiehlt sich daher, bei den Blättern mit einzeln eingesetzten Zähnen die Spanwinkel nicht zu groß zu wählen.

2. Der Einfluß des verwendeten Schnellstahls auf die Leistungsfähigkeit des Sägeblattes. Neben der richtigen Schneidenform hat die Güte des Schnellstahls bei jedem Werkzeug den größten Einfluß auf die Leistungsfähigkeit. Aber gerade bei den Kaltsägeblättern spielt das Anschleifen des Span- und Freiwinkels, die Teilung der Zähne, die Hohlkehle in der Zahnücke und die Abführung der Späne eine so überragende Rolle, daß die Wahl eines hochwertigen Schnellstahls nur dann in Frage kommt, wenn die Zähne dauernd im Verbraucherbetriebe richtig angeschliffen werden können. Dieser Punkt wird meist nicht genügend beachtet. Das Sägeblatt wird zwar in bester Ausführung von dem Lieferwerk angeliefert, aber schon beim ersten Nachschärfen wird die Schneidenform in vielen Betrieben verdorben, und die Schneidleistung geht nach jedem Nachschärfen immer mehr zurück. Daher soll das gute Schärfen eines Blattes in einem späteren Abschnitt noch eingehend behandelt werden. Nur den Verbraucherfirmen, die geeignete Schärmaschinen besitzen und überhaupt in der Werkzeugmacherei so eingerichtet sind, daß die angelieferte Schneidenform unbedingt beim Nachschärfen beibehalten wird, kann empfohlen werden, Blätter mit Zähnen aus den besten Schnellstahlmarken zu verwenden. Sie werden mit den teureren Blättern die gewünschten wirtschaftlichen Erfolge erzielen können.

Der Schnellstahl mit 16—18% Wolframgehalt ist heute schon fast ganz durch höher legierte Marken verdrängt. Als leistungsfähigere Marken kommen die Stähle mit höherem Wolframgehalt bis 24% oder die Vanadium- und Kobaltlegierten Stähle in Frage.

Beim Härten der Zähne¹ sind die von den Stahlwerken gegebenen Vorschriften genau einzuhalten und dabei zu beachten, daß die Sägenzähne wie Drehstähle gehärtet werden müssen und nicht wie in vielen Betrieben die Fräser, wenn auch die Kaltsägeblätter oft als große Fräser bezeichnet werden. Die Zerstörung der Schnellstahlschneiden ist auf zwei Umstände zurückzuführen: die Abnutzung durch Abreiben und das Weichwerden infolge Anlaßwirkung. Bei den Fräsern, bei denen die Schneidkanten kaum jemals bis auf 600°, der gefährlichen Anlaßtemperatur des Schnellstahls, erhitzt werden, erweicht der Stahl meist nicht in erster Linie durch Anlaßwirkung, sondern das Stumpfen der Schneide kommt zum größten Teil durch bloßes Abreiben zustande. Bei dieser Art der Beanspruchung ist größte Härte von Wichtigkeit, ohne daß das größte Maß von Anlaßbeständigkeit durchaus notwendig wäre. Aus diesem Grunde ist es bei Fräsern auch angängig, sie bei der Temperatur abzuschrecken, die bereits größte Härte ohne höchste Anlaßbeständigkeit gibt und die meist schon 150° unter der höchsten Härtetemperatur erreicht wird (wobei gleichzeitig die Formen und Kanten der Fräser dabei geschont werden). Anders ist es bei den Drehstählen. Bei ihnen wird infolge der gewaltsamen Beanspruchung die entstehende Reibungswärme so groß, daß eine starke Anlaßwirkung eintreten kann. Der Stahl hält dann dem Schnittdruck nicht mehr stand, und die Schneide wird in kürzester Zeit zerstört. Auch bei den Sägeblättern ist die Beanspruchung der Zähne infolge des längeren Verbleibens des einzelnen Zahnes im Schnitt so groß, daß eine starke Reibungswärme auftreten kann, durch die der Zahn erweichen könnte. Die Zähne müssen also so gehärtet werden, daß sie die höchste Anlaßbestän-

¹ s. Heft 7 u. 8 der Werkstattbücher: Härten und Vergüten.

digkeit erhalten, was nur erreicht werden kann, wenn sie bei der höchsten Härtetemperatur ($1250 \div 1350^\circ$) abgeschreckt werden. Es hat sich sogar als zweckmäßig erwiesen, die Zähne nach dem Härten auf etwa $580\text{--}600^\circ$ anzulassen, weil die Anlaßbeständigkeit dadurch noch erhöht wird. Dieses Anlassen hat aber nur Zweck, wenn der Stahl hochlegiert ist und auch wirklich bei der höchsten Härtetemperatur abgeschreckt wurde. Dies ist bei den Sägezähnen freilich schwieriger als bei einem Drehstahl. Bei einem Drehstahl wird immer nur die Spitze gehärtet, während ein Sägezahn so gehärtet werden muß, daß die größte Härte und Anlaßbeständigkeit tief hinein in den Zahn reicht, weil der Zahn möglichst weit abgenutzt werden soll und auch dann noch die gleiche Leistungsfähigkeit zeigen muß wie anfangs. Wenn ein Sägeblatt nach mehrfachem Nachschärfen in seiner Leistung nachläßt, wird dies meist darauf zurückzuführen sein, daß zwar die Zahnspitze bei der richtigen Temperatur gehärtet wurde, diese hohe Temperatur aber nicht genügend bis in den Zahnfuß hinein reichte, vorausgesetzt allerdings, daß das Nachlassen der Leistung nicht durch schlechtes Nachschärfen verursacht wurde. Beim Nachschärfen kann die ursprüngliche Schneidenform verlorengegangen sein, oder die Schneide wurde ausgeglüht, was bei einer zu harten Scheibe oder bei zu starkem Angreifen der Scheibe geschieht. Die Zähne sind beim Härten zunächst langsam zu erhitzen, weil sonst Spannungen im Stahl entstehen, die beim Arbeiten des Sägeblattes schnell zum Bruch des Zahnes führen. Wichtig ist es auch, daß alle Zähne am Umfang eines Sägeblattes gleichmäßig gut gehärtet sind, denn ein einzelner Zahn, der schneller stumpf wird, beeinflußt sehr stark die Leistung der anderen Sägeblattzähne.

Ob die Schneidmetalle, wie Stellite, Cädit, Widia, Miramant usw., für die Verwendung in Sägeblättern vorteilhaft sind, ist noch nicht genügend erprobt, es scheint aber, daß die Schneidmetalle für diesen Zweck zu spröde sind und daher wenig Erfolg versprechen, zumal die Sägeblätter sehr teuer werden würden.

3. Das Freischneiden. Zum Zwecke des Freischneidens werden die Zähne der Kaltsägeblätter mit eingesetzten Schnellstahlzähnen wie erwähnt vom Umfang nach dem Mittelpunkte zu verjüngt geschliffen. Dadurch ist zwar die seitliche Reibung des Blattes in der Schnittfuge vermieden, aber nicht die Reibung seitlich an den Zahnspitzen, da an dieser Stelle die Verjüngung noch nicht groß genug ist, um die seitliche Reibung verhüten zu können. Gerade an dieser Stelle ist sie aber insofern besonders ungünstig, weil sich hier durch das Reiben Werkstoffspäne festsetzen und festklemmen können, was in den meisten Fällen zum Zahnbruch führt. Aus diesem Grunde werden die Zähne so hinterfräst oder hinterschleifen, daß seitlich an der Zahnschneide nur eine schmale Fase stehenbleibt, wodurch die Möglichkeit, daß Spanteilchen anhaften, sehr vermindert wird. Bei den einzeln eingesetzten Zähnen, sowohl bei den einfachen als auch bei den Hakenzähnen, werden die Zähne im allgemeinen seitlich so abgefräst, wie es Abb. 7 u. 22 zeigen, während bei den Segmentblättern hinter der Zahnschneide eine Nut eingeschleifen wird (Abb. 21). Die Einfräsung bzw. die Nut muß so geführt werden, daß die stehenbleibende Schneidfase beim Nachschärfen des Blattes und Tiefschleifen der Zahnücke nicht verletzt wird, also in Richtung des größten, vorkommenden Spanwinkels, etwa $\frac{1}{2}$ mm

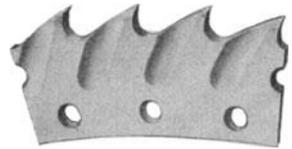


Abb. 21. Hinterschleifene Zahnflanken.

hinter der Zahnspitze. Die Einfräsungen und Nuten werden bei der Herstellung des Sägeblattes angebracht und brauchen vom Sägenverbraucher nicht nachgearbeitet zu werden. Durch das Wegfallen der seitlichen Reibung an der Zahnschneide werden sauberere Schnitte erzielt, und außerdem

wird durch die Einfräsungen oder Nuten die Wirkung des Kühlwassers beim Sägen erhöht.

4. Mittel zur Spanteilung. a) Spanbrechernuten. Bei Fräsern, insbesondere bei breiteren Fräsern, ist es üblich, Spanbrechernuten an den Zähnen anzubringen. Diese sollen die Breite des Spanes verkürzen, die sonst der ganzen Schnittbreite des Fräsers entsprechen würde, und somit günstig auf den Kraftverbrauch einwirken. Eine ähnliche Spanteilung finden wir bei den Feilen, bei denen der Unterhieb als Spanbrecher wirkt, und bei den neueren gefrästen Feilen werden zur Verbesserung des Kraftaufwandes besondere Spanbrechernuten angebracht. Auch bei den Sägeblättern teilt man den Span. Die schmaleren Späne kleben bei Erwärmung nicht so leicht an den Zahnschneiden fest und fallen nach Heraustreten des Zahnes

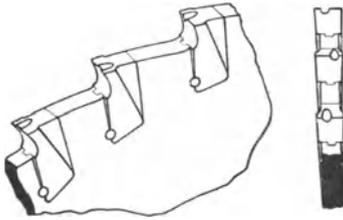


Abb. 22. Spanbrechernuten.

aus der Schnittfuge entweder von selbst heraus, oder sie können durch das Kühlwasser besser als breitere herausgespült werden. Die Spanteilung hat hierbei aber noch einen besonderen Zweck: Läßt man die Zähne in ihrer ganzen Breite schneiden, so würden die Seiten des Spanes in der Schnittfuge an den Schnittflächen reiben und dadurch eine Vergrößerung des Kraftaufwandes herbeiführen. Es kommt dies daher, daß der Werkstoff beim Zerspanen gestaucht wird und daß das Gefüge des losgelösten Spanes nicht mehr so dicht ist wie im Arbeitsstück, der Span daher nach der Abtrennung in die Dicke und in die Breite wächst. Nach Anbringung der Spanbrechernute an dem Zahn (Abb. 22) wird der Span beim Arbeiten des Zahnes in zwei Teile zerlegt, und die beiden Teile

haben nun Platz, nach der Mitte der Schnittfuge auszuweichen, wodurch die seitliche Reibung in der Schnittfuge verringert bzw. ganz beseitigt wird. Die Nuten werden in den Zähnen versetzt eingearbeitet, damit die Unterbrechung der Schnittkanten nicht immer an derselben Stelle liegt und sich nicht ungünstig auf den Schnitt auswirkt. Die Wirkung der Spanbrechernuten kann man in Abb. 23 deutlich sehen. Durch diese versetzte Anordnung kommen die Nuten ziemlich nahe an den Rand der Zähne zu liegen, wodurch die kleinen stehenbleibenden Zahnecken zum Ausbrechen neigen (Abb. 24). Wenn die Zähne schon anfangen stumpf zu werden, ist diese Gefahr am größten, weniger groß, wenn die Blätter rechtzeitig nachgeschärft werden.



Abb. 23. Wirkung der Spanbrechernuten.

b) Wechselschliff und Vor- und Nachschneidezähne. Die Spanteilung in zwei schmalere Späne kann auch durch den sogenannten Wechselschliff erreicht werden. Bei



Abb. 24. Zahn mit ausgebrochener Ecke.

diesem arbeiten die Zähne nicht in ihrer ganzen Breite, sondern von jedem Zahn wird eine Ecke bis etwa zur halben Zahnbreite abgeschliffen, und zwar immer abwechselnd an einem Zahn die linke Ecke und an dem folgenden die rechte (Abb. 25). Die wirksame Zahnteilung entspricht dann nicht mehr der Zähnezahl, sondern nur noch der Hälfte.

Eine weitere Möglichkeit der Spanteilung bietet die Anbringung von Vor- und Nachschneidezähnen (Abb. 26). Am Vorschneider werden beide Ecken weggeschlif-

fen und nur etwa $\frac{1}{3}$ der Schnittbreite bleibt stehen, so daß dieser Zahn eine schmale Furche in der Schnittfuge erzeugt (Abb. 27), während der folgende Zahn in seiner ganzen Breite stehen bleibt und die beiden seitlichen Späne wegarbeitet. Auf diese Weise wird eine Dreiteilung des Spanes erzielt, aber nur, wenn dafür gesorgt wird, daß der Vorschneider ein wenig länger als der Nachschneider ist und

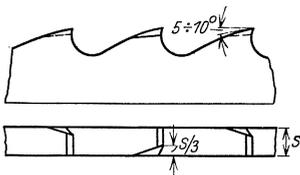


Abb. 25. Wechselschliff.

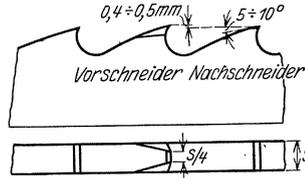


Abb. 26. Vor- und Nachschneider.

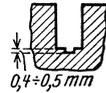


Abb. 27. Von Vor- und Nachschneidern erzeugte Schnittfuge.

somit durch das Vorstehen die Möglichkeit hat, die Furche zu schneiden. Wird dies nicht richtig ausgeführt, so arbeitet solch ein Blatt schlechter als irgendein anderes, da nur der Nachschneider in seiner ganzen Breite und der Vorschneider fast gar nicht schneidet.

Durch Anbringung der Vor- und Nachschneidezähne wird der Kraftverbrauch sehr günstig beeinflusst und der Gang der Maschine sehr ruhig und gleichmäßig. Als Nachteil dieser Anordnung ist zu erwähnen, daß nur an den Nachschneidern die Zahnnecken, die natürlich der Abstumpfung in erster Linie ausgesetzt sind, arbeiten und daher eher stumpf werden als bei Spanbrechernuten nach Abb. 22, bei der die Ecken aller Zähne gleichmäßig arbeiten. Man muß daher bei Vor- und Nachschneidezähnen besonders darauf achten, die Blätter rechtzeitig zu schärfen, da der Abstumpfungsvorgang sehr rasch fortschreitet, wenn die Zähne erst einmal angefangen haben sichtbar stumpf zu werden. Das Anschärfen der Vor- und Nachschneidezähne ist schwieriger als das des Wechselschliffes, da außer dem Brechen der Kanten, das bei beiden Arten das gleiche ist, auch noch die Nachschneidezähne nach dem fertigen Schärfen verkürzt werden müssen. Betriebe, die auf das Schärfen nicht besonders gut eingerichtet sind, bevorzugen daher den Wechselschliff, weil bei diesem kaum ein Fehler beim Nachschärfen gemacht werden kann. Alle diese Blätter müssen eine gerade Zähnezahl haben, da sonst weder die versetzten Spanbrechernuten noch Wechselschliff oder Vor- und Nachschneider geschliffen werden können.

Die Ausbildung des Vorschneiders wurde auch so versucht, daß man bei den einfachen Einzelzähnen dem Vorschneider nur die Stärke von etwa $\frac{1}{3}$ des Nachschneiders gab (Abb. 28). Es hat sich aber herausgestellt, daß dieser schwache Zahn dem Schnittdruck nicht mehr genügend Widerstand bietet und leicht ausbricht.

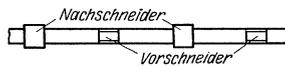


Abb. 28. Schwächere Zähne als Vorschneider.

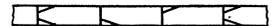


Abb. 29. Amer. Verbindung von Wechselschliff und V. u. N.

Eine Verbindung des Wechselschliffes mit den Vor- und Nachschneidezähnen ist in Amerika versucht worden (Abb. 29). Der eine Zahn arbeitet als Vorschneider, der nächste Zahn nimmt den rechten seitlichen Span weg, der darauffolgende Zahn den linken, und dann folgt wieder ein Vorschneider. Diese Anordnung würde das Schärfen noch erschweren, ohne daß einzusehen wäre, wie sie einen wirklichen Vorteil brächte. Aus diesem Grund hat sich die Ausführung auch nicht einbürgern können.

5. Zahnteilung und Schnittbreite. Für die gute Verwendungsmöglichkeit der

Blätter spielt die Zahnteilung eine große Rolle. Für Vollquerschnitte wird eine große Zahnteilung gewählt, damit der von jedem Zahn abgenommene Span auch in der Zahnücke genügend Platz findet. Kann er das nicht, so staucht er sich zusammen und verstopft die Zahnücke. Bei Austritt des Sägezahnes aus der Schnittfuge fällt er dann nicht heraus, und beim nächsten Eingriff dieses Zahnes findet der folgende Span keinen Platz mehr, was zum Festsetzen des Blattes oder Zahnbruch führt. Je größer der Querschnitt des zu schneidenden Werkstoffes ist, desto größer muß die Zahnteilung sein, weil der Zahn länger in der Schnittfuge bleibt und mehr Werkstoff abtrennt. Auf den neuzeitlichen Hochleistungssägemaschinen ist für nicht zu harten Vollwerkstoff immer eine große Zahnteilung anzuwenden, weil bei großen Schnittgeschwindigkeiten und großen Vorschüben auch große Spanmengen entstehen, die von den Zahnücken aufgenommen werden müssen. Dagegen ist für dünnwandige Werkstücke, Profilwerkstoff, Rohre u. dgl. eine kleinere Zahnteilung am Platze, so daß mindestens immer zwei Zähne im Eingriff

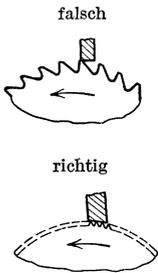


Abb. 30.
Zahnteilung für
dünnwandige Werk-
stücke.

sind (Abb. 30). Früher verwendete man bei kleineren Leistungen kleinere Zahnteilungen und glaubte, bei der größeren Zähnezahl eine längere Schnitthaltigkeit zu erreichen. Die kleinere Zähnezahl hat aber bei der gleichen Schnittleistung auch eine Verringerung des Kraftverbrauches zur Folge. Bei großer Zähnezahl stehen beim Arbeiten mehr Zähne im Eingriff und zerspanen feiner. Dadurch ist der Schnittwiderstand und der Kraftverbrauch größer. Für ältere Kaltsägemaschinen ohne zwangsläufigen Vorschub, z. B. für die alten Hebelsägen, sind Blätter mit kleinerer Zahnteilung angebracht, bei größerer Zahnteilung würden die Blätter einhaken. In diesem Falle ist es aber kaum wirtschaftlich, Blätter mit eingesetzten Schnellstahlzähnen zu verwenden, da sie nur wenig ausgenutzt werden können. Es genügen vollkommen die gestauchten, geschränkten oder verzängt geschliffenen Vollkreis-

sägeblätter, wenn man sich nicht entschließen kann, die alten Maschinen durch neue zu ersetzen. Auf älteren Schlittenkreissägen, auf denen man aus früher erwähnten Gründen noch gern geschränkte Blätter verwendet, ist es vorteilhaft, auch diese Blätter mit einer etwas größeren Teilung als sonst üblich und namentlich auch die Zähne mit einem Spanwinkel zu versehen, die Leistungen können dadurch erheblich gesteigert werden.

Die Schnittbreite der Sägeblätter wird zur Erzielung eines möglichst kleinen Kraftverbrauches so gering wie ausführbar gehalten. Die geringste Schnittbreite ergibt auch den geringsten Stoffverlust. Für gewöhnlichen Stahl kann das schon ein beachtenswerter Vorteil sein, der sich aber noch erheblich vergrößert bei wertvolleren Stoffen, wie hochlegierte Stähle, Kupfer, Messing usw. Die Stammblätter der Blätter mit eingesetzten Schnellstahlzähnen sind entsprechend der Verzängung der Zähne dünner als die Schnittbreite. Um ihre Starrheit nicht zu gefährden, ist man daher in der Schnittbreite an die geringste Stärke der Stammblätter gebunden. Für die Stammblätter wird ein Flußstahl von hoher Festigkeit bis 95 kg/mm^2 genommen, damit die Starrheit bei geringer Stärke möglichst groß wird. Neuerdings sind auch einige Firmen dazu übergegangen, die Stammblätter auf eine Festigkeit von etwa 150 kg/mm^2 zu härten (vergüten), um sie noch schwächer machen zu können. Die Widerstandsfähigkeit eines solchen Stammblattes ist natürlicherweise noch größer. Bei kleinen Verbiegungen, z. B. infolge Verlaufens des Sägeblattes, federn die Stammblätter, auch die ungehärteten von hoher Festigkeit, wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück. Nur starke Verbiegungen, die beim Arbeiten mit sehr stumpfen Blättern oder nicht genügend be-

festigten Arbeitsstücken eintreten können, gleichen sich nicht wieder aus und müssen durch geschicktes Richten des Blattes wieder beseitigt werden. Bei den gehärteten (vergüteten) Blättern liegt in diesem Falle eher eine Bruchgefahr vor als bei den ungehärteten. Aus der Tab. 7 sind bewährte Abmessungen für Kaltkreissägeblätter mit eingesetzten Schnellstahlzähnen zu entnehmen.

Tabelle 7.

Abmessungen der Sägeblätter mit eingesetzten Schnellstahlzähnen.

Blatt \varnothing mm	Schnittbreite mm	Stamblatt Stärke mm	Zahnteilung mm		
			für Vollwerkstücke	für Profile	für sehr dünne Querschnitte
300	5	3,5	15	7,5	—
400	5,5	4,0	18	9	6
500	5,5	4,0	24	12	8
600	6	4,5	24	12	8
700	6,5	5,0	28	14	9,3
800	7	5,25	28	14	9,3
900	8	6,0	30	15	—
1000	8	6,0	30	15	—
1100	10	7,75	35	17,5	—
1200	10	7,75	35	17,5	—
1400	12	9,0	40	—	—
1500	12	9,0	40	—	—

D. Das Arbeiten mit den Kaltkreissägeblättern.

Wenn Sägeblätter, die nach den in den vorhergehenden Abschnitten geschilderten Grundsätzen hergestellt sind, verwendet werden, lassen sich auf den neuzeitlichen Höchstleistungskaltsägemaschinen ansehnliche Schnittleistungen erzielen.

1. Allgemeine Kaltkreissäge.

Eine solche Maschine ist in Abb. 31 dargestellt. Die Maschine wird durch Einscheibe oder unmittelbar gekuppelten Motor angetrieben über einen Räderkasten, der die richtige Größe der Schnittgeschwindigkeit für den zu schneidenden Werkstoff einzustellen gestattet. Der Vorschub kann ebenfalls durch einen Räderkasten geregelt werden. Er paßt sich durch eine nachgiebige Kupplung dem jeweiligen Schnittdruck selbsttätig an. Je tiefer das Sägeblatt bei Vollquerschnitten in das

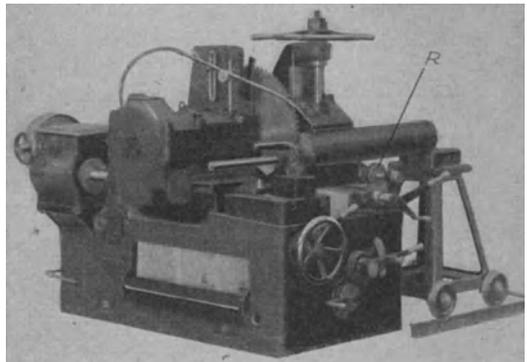


Abb. 31. Kaltkreissäge.

Werkstück eindringt, desto mehr Zähne kommen zum Eingriff, und desto größer wird auch der Schnittdruck, bis er nach Überschreiten der Mitte des Werkstückes wieder geringer wird. Der Schnittdruck wird also in der Mitte des Arbeitsstückes am größten, und um das Sägeblatt nicht zu stark zu belasten, wird der Vorschub entsprechend dem Werkstoffquerschnitt geregelt. Ähnlich ist es bei Profilwerkstoff, für den die Wirkung des nachgiebigen Vor-

schubantriebes aus Abb. 32 zu ersehen ist. In gleichen Zeiteinheiten wird auch die gleiche Anzahl von cm^2 geschnitten. Müßte der automatische Vorschub nach den kleinsten Abständen der in gleichen Zeitabschnitten zurückgelegten Vorschub-

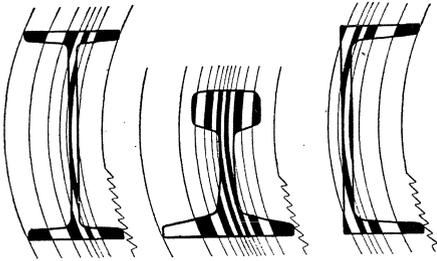


Abb. 32. Veranschaulichung der in gleichen Zwischenräumen geschnittenen Werkstoffquerschnitte.

schub nach dem kleinsten jeweiligen Schnittquerschnitt wählen.

Die nachgiebige Vorschubschaltung wird verschieden ausgeführt. In Abb. 33 wird sie durch die nachgebende Mutter *m* erreicht, die durch das Gewicht *G* so stark gegen das Lager *l* gedrückt wird, daß sie durch die entstehende Reibung gegen Drehen gesichert ist. Die Leitspindel *L* wird durch einen Räderkasten angetrieben und schiebt den Sägeschlitten in Richtung des Vorschubes vor. Sobald jedoch der Schnittdruck größer als die durch das Gewicht hervorgerufene Reibung wird, dreht sich die Mutter *m* mit der Leitspindel *L* und setzt dadurch den zwangsläufigen Vorschub solange aus, bis der größere Widerstand wieder aufhört und das Gewicht *G* die Mutter wieder festhält. Das Gewicht *G* selbst ist verschiebbar und kann so für größere und kleinere Schnittdrucke eingestellt werden.

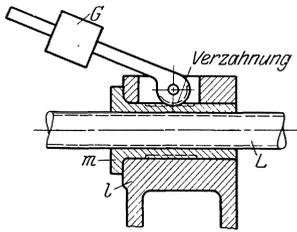


Abb. 33. Nachgiebige Vorschubschaltung.

und kann so für größere

Eine andere nachgiebige Vorschubschaltung zeigt Abb. 34. Auf der Vorschubwelle sitzt lose eine Wanderschnecke mit einer Klauenkupplung, die durch eine kräftige Druckfeder in den mitnehmenden Klauenring gedrückt wird. Die Druckfeder hat den ganzen Arbeitsdruck des Sägeblattes aufzunehmen, und wenn dieser zu groß wird, gibt sie nach und rückt die Klauenkupplung solange aus, bis der Arbeitsdruck wieder kleiner als die Federspannung ist. Diese selbst kann durch eine Nachstellmutter den Verhältnissen angepaßt werden.

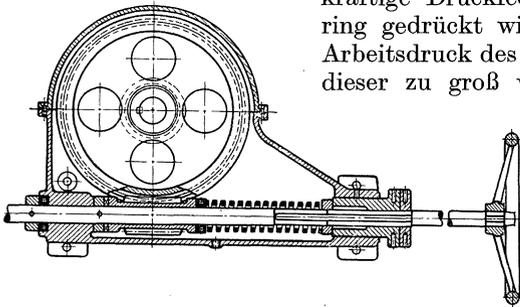


Abb. 34. Nachgiebige Vorschubschaltung.

Häufigeres Aussetzen des Vorschubes während des Arbeitens deutet darauf hin, daß das Sägeblatt nicht mehr scharf genug ist. Denn durch Abstumpfen wird auch der Schnittdruck größer, und die nachgiebige Kupplung löst solange aus, bis der aufgetretene Widerstand überwunden ist. Das gleiche gilt, wenn harte Stellen im Werkstoff vorhanden sind, die den Schnittdruck vergrößern.

Durch Anschlagknaggen am Sägeschlitten kann jede gewünschte Schnitttiefe eingestellt werden. Beim Anstoßen an diesen Anschlag schaltet der Vorschub auf

schnellen Rücklauf um. Zum Abschneiden von gleichen Abschnitten von Stangen dient der selbsttätige Vorschub für das Schnittgut. Die Transportrolle *R* in Abb. 31, die vom Räderkasten ihren Antrieb erhält, wird dazu durch geringen Hebeldruck gegen das Werkstück gedrückt, das am Ende von einem auf einem Gleis laufenden Rollenbock getragen wird. Das Schnittgut wird auf diese Weise so schnell umgespannt, daß fast während des Rücklaufes des Sägeschlittens schon wieder der neue Werkstückabschnitt festgespannt sein und der Vorschub bald nach dem selbsttätig stillgesetzten Rücklauf wieder eingeschaltet werden kann. Die toten Zeiten werden so auf ein Geringstmaß verkleinert.

Neuerdings werden diese Maschinen auch mit Öldruckschaltung und mit hydraulischer Spannvorrichtung versehen (Abb. 35). Das Manometer am Bett der Maschine zeigt den Vorschubdruck an, der durch den Hebel links davon hinter dem Handrad geregelt werden kann. Die Vorschubgröße ist durch dieses Handrad stufenlos regelbar. Bei zu groß werdendem Arbeitsdruck wird zur Schonung des Sägeblattes jede Drucksteigerung durch Abfließen zu viel geförderter Druckflüssigkeit selbsttätig vermieden. Das Werkstück kann von Hand oder hydraulisch festgespannt werden.

Bei hydraulischer Spannung zeigt das Manometer am Spannstock den Spanndruck an, der immer 10 at betragen muß. Bei geringerem Druck ist das Werkstück noch nicht ordentlich festgespannt.

2. Aufspannen des Sägeblattes und des Arbeitsstückes. Für ein gutes Arbeiten muß das Sägeblatt in erster Linie genau rundlaufen, damit alle Zähne gleichmäßig schneiden. Ein schlagendes Sägeblatt, und seien es auch nur einige Hundertstel Millimeter Schlag, läuft unruhig, was ein beschleunigtes Abstumpfen der Zähne zur Folge hat. Dies wird klar, wenn man die Dicke des auf jeden Zahn entfallenden Spanquerschnittes berechnet, die bei einem Vorschub von 6 mm/U und bei 100 Zähnen des Sägeblattes 0,06 mm beträgt. Ein Schlag von 0,03 mm bedeutet dann eine Steigerung des Spanquerschnittes um 50% innerhalb jeder Umdrehung und dementsprechend auch eine gleich große Veränderung des Spandruckes und überstarke Beanspruchung einzelner Zähne. Aus diesem Grunde ist auch für die ruhige Arbeit des Sägeblattes ein einzelner höher stehender Zahn besonders gefährlich. Damit ein gut geschärftes Sägeblatt rund läuft, muß es mit seiner genau angefertigten Bohrung satt auf dem gehärteten Sitzring der Sägenachse sitzen, und die Sägenachse selbst muß unbedingt rund laufen. Es darf daher niemals mit einer Feile eine schlecht passende Bohrung nachgearbeitet werden, da sie dadurch unrund wird und dann unrund läuft; ebenso falsch ist es, ein in der Bohrung ausgeweitetes Sägeblatt einzuspannen, da es auch immer unrund laufen wird. Sämtliche Lager der Maschine, Achsen, Wellen, Supporte, Gleitschienen, sind so instandzuhalten, daß sie ohne jegliches Spiel laufen. Das Sägeblatt wird durch eine Spannscheibe mit Mitnehmerstiften an den Sägenachsflansch gepreßt (Abb. 36). Die Bohrungen der Sägeblätter sowie die Mitnehmerlöcher weichen leider noch immer stark voneinander ab, weil es noch nicht möglich gewesen ist, die Sägemaschinenfabriken zu veranlassen, an ihren Maschinen einheitliche Maße für die

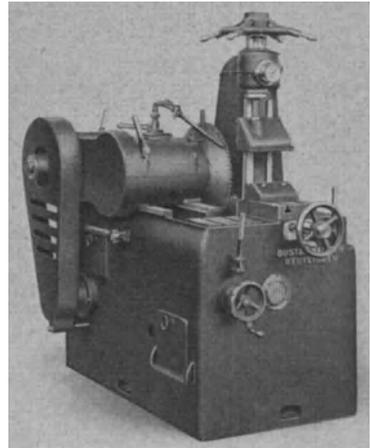


Abb. 35. Kaltkreissäge mit Öldruckschaltung und Öldruckspannung.

Befestigung der Sägeblätter zu verwenden. Es kommt daher vor, daß für nebeneinanderstehende Maschinen gleichen Blattdurchmessers nicht dieselben Blätter gebraucht werden können. Man muß natürlich dann selbst im Betriebe versuchen, die Maße gleichzumachen, aber oft ist dies auch infolge der verschiedenen Konstruktionen nicht ohne weiteres möglich. Gut zu verwendende Maße bringt die Tab. 8, und es wäre sehr zu wünschen, wenn auf dieser Grundlage Normalien für die Sägeblattbohrungen geschaffen würden. Dies würde die Verwendung der Sägeblätter außerordentlich erleichtern.

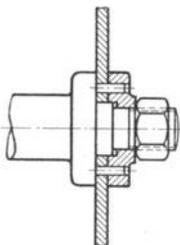


Abb. 36. Befestigung der Sägeblätter.

Zum Absägen von Gußtrichtern kann das Sägeblatt auch ohne überstehenden Flansch mit versenkten Kopfschrauben aufgespannt werden, um die Trichter dicht am Gußstück absägen zu können (Abb. 37). Bei Maschinen für Gießereien kann der Sägenkopf gedreht werden, so daß das Sägeblatt senkrecht bis waagrecht in jedem Winkel arbeiten und so jeden beliebig angebrachten Trichter absägen kann (Abb. 38). Diese Maschinen können auch für schräge oder Geh-

Tabelle 8. Bohrungsmasse.

Blatt \varnothing mm	Bohrungs- \varnothing mm	\varnothing der Mitnehmerlöcher	Mitnehmerlochkreis \varnothing mm	Anzahl der Mitnehmer
300	50	13,5	70	2
400	60	16,5	85	2
500	70	20,5	110	2
600	80	22,5	120	2
700	80	22,5	120	4
800	80	22,5	120	4
900	120	25,5	185	4
1000	120	25,5	185/225	2×4^1
1100	120	25,5	185/225	2×4^1
1200	120	25,5	185/225	2×4^1
1400	150	25,5	225/300	2×4^1
1500	150	25,5	225/300	2×4^1

¹ 2 Lochkreise, Mitnehmerlöcher versetzt.

rungrungsschnitte verwendet werden, ohne den zu schneidenden Werkstoff schrägstellen zu müssen (Abb. 39).

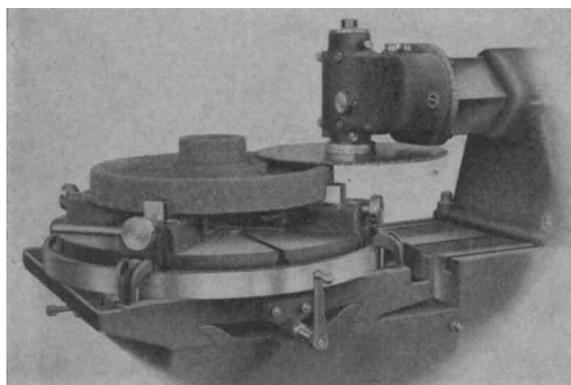


Abb. 37. Kalkkreissäge für Gußtrichter usw.

Das Werkstück ist in der Nähe des Schnittes unbedingt so festzuspannen, daß es während der Arbeit sich nicht lösen oder federn kann. Profilstücke müssen durch geeignete Auflagen, die sich dem Profil anschmiegen, so festgespannt werden, daß beim Anziehen der Spanschrauben Verspannungen vermieden werden. Wenn dies nicht geschieht, so lösen sich die Spannungen im Werkstoff während des Schnittes aus; das Sägeblatt klemmt sich

oder setzt sich fest, oder die Zähne brechen aus. Löst sich das Werkstück während des Arbeitens infolge ungenügenden Festspannens, so ist eine Verbiegung des Sägeblattes unausbleiblich, und wenn dieser Vorgang nicht recht-

zeitig bemerkt und die Maschine stillgesetzt wird, wird das Sägeblatt völlig zerstört (Abb. 40).

3. Schnittgeschwindigkeit und Vorschub. Schnittgeschwindigkeit und Vorschub sind wie bei jeder Werkzeugmaschine dem Werkstoff anzupassen. Für die Schnittgeschwindigkeiten gelten etwa die Werte der Tab. 9. Die Größe des Vorschubes richtet sich außer nach der Festigkeit des Werkstoffes bzw. der Bearbeitungshärte auch nach dem Querschnitt und der Form des Werkstückes, nach der Bauart der Maschine und nach ihrem Zustande, so daß unmittelbar verwertbare Zahlen nicht gegeben werden können. Der Vorschub läßt sich im allgemeinen auf 3—10 mm/U einstellen und ist durch Versuche zu ermitteln. Bei dem ersten Schnitt beginnt man mit kleinerem Vorschub und steigert ihn so weit, bis die Maschine und das Sägeblatt voll ausgenutzt wird. Zu große Vorschübe gehen auf Kosten des Blattes, das um so schneller stumpf wird. Für eine gleichmäßige Dauerleistung ist ein mittlerer Vorschub vorteilhaft. Bei einem Werkstoff von 60 kg/mm² Festigkeit und 100 mm \varnothing wäre etwa ein Vorschub von 6 mm für jede Umdrehung des Sägeblattes bei 26 m/min Schnittgeschwindigkeit für eine gute Dauerleistung anwendbar; es kann aber auch mit einem Vorschub bis zu 10 mm je nach der Güte des Sägeblattes und des Werkstoffes noch gut geschnitten werden¹.

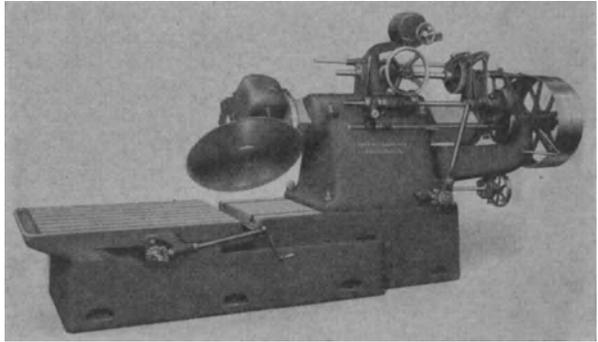


Abb. 38. Kaltkreissäge für Schrägschnitte.

Der Vorschub läßt sich im allgemeinen auf 3—10 mm/U einstellen und ist durch Versuche zu ermitteln. Bei dem ersten Schnitt beginnt man mit kleinerem Vorschub und steigert ihn so weit, bis die Maschine und das Sägeblatt voll ausgenutzt wird.

Zu große Vorschübe gehen auf Kosten des Blattes, das um so schneller stumpf wird. Für eine gleichmäßige Dauerleistung ist ein mittlerer Vorschub vorteilhaft. Bei einem Werkstoff von 60 kg/mm² Festigkeit und 100 mm \varnothing wäre etwa ein Vorschub von 6 mm für jede Umdrehung des Sägeblattes bei 26 m/min Schnittgeschwindigkeit für eine gute Dauerleistung anwendbar; es kann aber auch mit einem Vorschub bis zu 10 mm je nach der Güte des Sägeblattes und des Werkstoffes noch gut geschnitten werden¹.

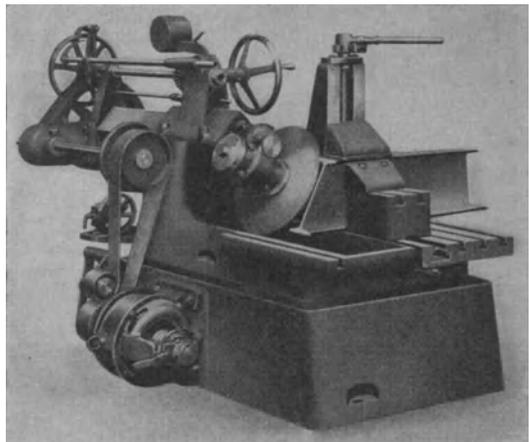


Abb. 39. Das Sägen von Gehrungsschnitten.

Bei Beginn des Schnittes muß besonders gut aufgepaßt werden — bei unbekanntem Werkstoff ist der Anschnitt vorsichtig von Hand auszuführen —, und erst wenn das Blatt gut schneidet, soll der automatische Vorschub eingerückt werden. Bei weiteren Abschnitten von dem gleichen Werkstoff kann der Vorschub dicht vor dem Arbeitsstück eingeschaltet werden, wenn man sich bei dem vorhergehenden Schnitt überzeugt hat, daß er richtig gewählt war.

4. Kühlung beim Sägen. Die Kühlung des Sägeblattes mit einer etwas fetten, Rostbildung verhindernden Flüssigkeit ist von ganz besonderer Bedeutung. Ein



Abb. 40. Das Arbeitsstück wird lose.

¹ Bestimmung der Vorschubgröße siehe S. 39.

kräftiger Kühlstrom muß auf das Blatt unmittelbar bei seinem Austritt aus dem Schnitt geleitet werden. Er muß so stark sein, daß möglichst auch die Späne durch den Druck des Kühlwassers beseitigt werden.

5. Beseitigung der Späne aus den Zahnlücken. Bei weicheren, schmierenden Werkstoffen kommt es trotz richtig gewählter Zahnform und starkem Kühlwasserstromes vor, daß einzelne Späne an den Zähnen hängen bleiben. Zum Ausputzen der Zahnlücken während des Schnittes kann ein von den Sägeblattzähnen getriebenes Räumrädchen verwendet werden (Abb. 41), dessen Zähne während der Drehung eine Querbewegung zum Sägeblatt machen und dadurch die Zahnlücken von allen Spänen befreien. Bei guter Schneidenform sitzen aber die Späne, wenn sie nicht von selbst herausfallen, meist nur lose an den Zahnsitzen fest und können

durch einen leichten Anstoß entfernt werden. Dafür ist ein Spanklopper zweckmäßig, der in Form eines weichen Gußrades an dem Maschinenständer angebracht wird, so daß die Rolle oberhalb des Sägeblattes läuft und durch eine Feder leicht auf seinen Umfang gedrückt wird (Abb. 42). Beim Laufen des Sägeblattes schlägt die Gußeisenrolle nacheinander auf jeden einzelnen Zahn und stößt den etwa hängengebliebenen Span an, so daß er abfällt. Diese Vorrichtungen verhindern Verstopfen der Zahnlücken und Zahnbruch und tragen wesentlich zur Erhöhung der Schnitthaltigkeit und zur Erzielung sauberer Schnittflächen bei, da hängengebliebene Späne leicht an ihnen reiben und Riefen auf ihnen hervorrufen.

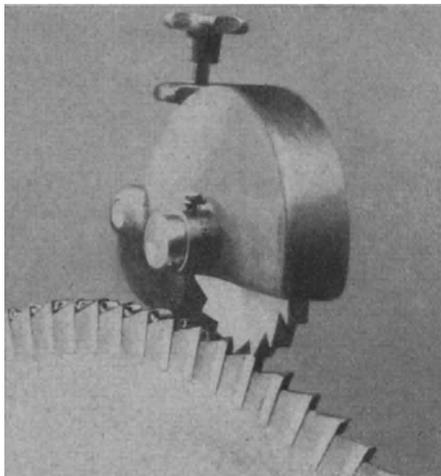


Abb. 41. Räumrädchen.

geführt werden: z. B. wiederholtes Schiefschneiden, was vorkommt, wenn der Werkstoff ungleichmäßig ist, so daß die Zähne auf einer Seite des Blattes schneller stumpfen als auf der anderen. Das Blatt kann aber auch zu dünn sein und dadurch zu geringe innere Festigkeit besitzen oder schlecht gerichtet sein. Weiter kann die Ursache für das Schiefschneiden darin liegen, daß der Wechselschliff oder die Vor- und Nachschneidezähne nicht gleichmäßig angebracht sind und die Abschrägung auf der einen Seite größer ist als auf der anderen. Daß das Blatt krumm wird, wenn das Arbeitsstück nicht fest genug gespannt ist und sich beim Arbeiten löst, wurde schon an anderer Stelle erwähnt. Ein weiterer Grund für das Krummwerden kann darin liegen, daß das Werkstück schon angeschnitten war und das Sägeblatt in den vorhandenen Schnitt eingeführt werden muß. Wenn die Richtung des Sägeblattes nicht ganz genau

6. Fehler beim Sägen. Der hauptsächlichste Fehler, der an einem Blatt auftreten kann, ist außer dem Ausbrechen einzelner Zähne das Krummwerden beim Arbeiten. Das kann auf eine ganze Reihe von Gründen zurück-

mit dem schon gesägten Schlitz übereinstimmt, biegt es sich ab und wird allmählich krumm (Abb. 43). Dasselbe geschieht, wenn der Schnitt einseitig erfolgt. Dabei wird ein einseitiger Druck auf das Blatt ausgeübt, der es krumm drückt (Abb. 44). Das Schneiden mit stumpfen Zähnen ist für das Geradebleiben der Blätter besonders gefährlich. Durch die stumpfen Zähne wird der Vorschubdruck immer größer, und die Zähne können nicht mehr soviel Werkstoff wegnehmen, wie der Vorschubgröße entspricht. Ein Krummwerden ist die unausbleibliche Folge. Es wird zwar durch das nachgiebige Vorschubgetriebe zunächst der Vorschub des Blattes etwas nachlassen, wenn aber der durch die stumpfen Zähne zu groß gewordene Widerstand infolge des Lösens der Vorschubkraft aufgehört hat, setzt der Vorschubdruck wieder ein, und die stumpfen Zähne müssen wieder Arbeit leisten, bis der Vorschub von neuem wieder aussetzt. Dies wiederholt sich einige Male, das Blatt biegt sich allmählich immer mehr durch und reibt nun so gewaltig, daß auf der durchgebogenen Seite starke Reibfurchen entstehen können. So beschädigte Blätter sind oft selbst durch Nachrichten nicht wieder instand zu setzen.

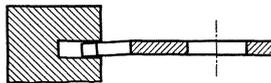


Abb. 43. Einschneiden in vorgehenden Schnitt.

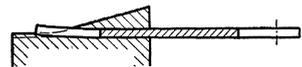


Abb. 44. Einseitiger Schnitt.

7. Sondermaschinen und Sonderausführungen. Für eine Reihe von Sonderzwecken werden auch Sondermaschinen hergestellt. Hier seien nur einige aufgeführt.

Zum Absägen von langen Platten und Blöcken u. dgl. dient die Langschnittkaltkreissäge (Abb. 45). Die Platte wird oben auf dem Aufspanntisch befestigt, und das Sägeblattmittel läuft unter der Platte. Einem ähnlichen Zweck dient die Schnellsäge Abb. 46, die einfach, kräftig und billig für die Sonderbedürfnisse der Messingwerke gebaut ist. Da mit diesen Sägen nur Messing oder Kupfer geschnitten werden soll, kann die Schnittgeschwindigkeit sehr hoch sein, bis 1000 m/min. Die Leistung ist dementsprechend groß. Die Maschine trennt die Gießköpfe von Messingwalzplatten ab und zerteilt die Walzplatten in Walz- und Preßstücke. Der Supporttisch, auf dem das Werkstück aufgespannt ist, kann mit dem großen Speichenrad leicht vorbewegt und wieder zurückgeführt werden. Diese Bewegung ist der Vorschub. Da er von Hand erfolgt, kann er den beim Sägen stets auftretenden Unregelmäßigkeiten gut angepaßt werden. Wegen der Schnelligkeit des Schnittes wäre auch der automatische Vorschub nicht recht lohnend. Man muß aber immer einen Mann an der Maschine stehen haben, der auch mit dem richtigen Gefühl für Unregelmäßigkeiten den Vorschub bedient. Da man aber unter den in Frage kommenden Hilfsarbeitern selten einen geeigneten Mann findet, wäre ein eingebauter mechanischer Vorschubantrieb vielleicht doch zweckmäßig.

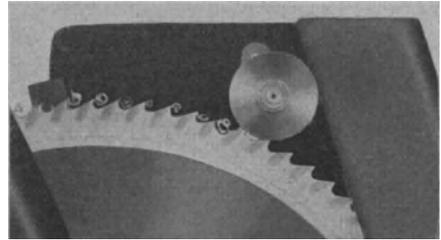


Abb. 42. Spanklopfen.

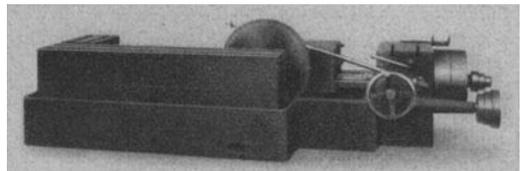


Abb. 45. Langschnittkaltkreissäge.

Zum Beschneiden oder Einteilen sehr großer Metallplatten für Feuerbuchsen und Kondensatoren, z. B. bei Abmessungen von 6000×2000 mm bei $20 \div 100$ mm

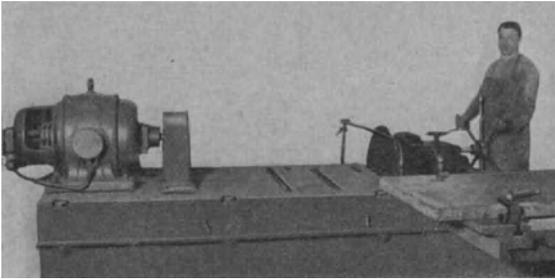


Abb. 46. Schnellkreissäge.

Stärke, ist die Maschine nach Abb. 47 geeignet, die automatischen, regelbaren Vorschubantrieb und beschleunigten Rücklauf besitzt. Zum Abschneiden mehrerer langer Bolzen oder Rohre, die sich schwer auf einen Tisch spannen lassen, kann die Maschine auch nach Abb. 48 unter Flur gebaut werden. Für die Betriebe der Messingwerke haben diese Schnellsägen gegenüber den

sonst verwendeten Scheren bei gleicher Leistungsfähigkeit den Vorteil, daß die

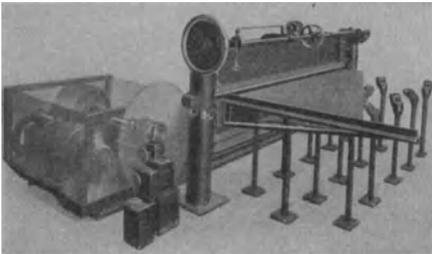


Abb. 47. Schnellkreissäge für große Metallplatten.

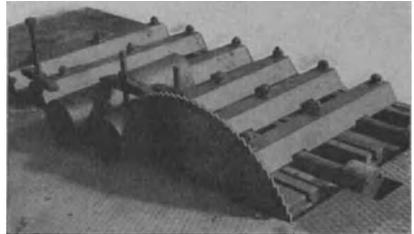


Abb. 48. Schnellkreissäge unter Flur.

Schnittfläche sauber und nicht verformt ist, und daß Anschaffungskosten und Kraftbedarf wesentlich geringer sind.

Für manche Zwecke sind die Sägemaschinen so groß, daß sie in den Großmaschinenbau eingereicht werden müssen. In großen Stahlgießereien dienen zum



Abb. 49. Große Kalkkreissäge mit 2 Aufspanntischen.

Absägen der Eingußtrichter und verlorenen Köpfe von ganz großen Stücken die nach dem Bohr-Fräsmaschinen-Ständertyp gebauten Kaltsägen, die mit Blättern bis 1500 mm Durchmesser ausgerüstet werden können (Abb. 49). Der Sägenkopf ist um eine waagerechte Achse drehbar, so daß auch schräge Schnitte gesägt werden können. Er kann am Sägenschlitten waagrecht, quer und senkrecht und mit dem Ständer längs des Bettes verstellt werden, und man kann so an alle Stellen des Werkstückes herangehen. Das Werkstück wird auf einer Platte

oder auf einem Drehtisch aufgespannt. Es kann auch in der Zeit, in der ein Stück abgesägt wird, ein zweites neben diesem aufgespannt werden und nach der Beendigung des ersten Schnittes der Sägenständer an das zweite Stück verschoben werden. Die Maschine

wird auf diese Weise ununterbrochen ausgenutzt. Auch nach der Art der Radialbohrmaschinen können die Sägen ausgebildet werden und sind so für viele Zwecke gut verwendbar.

Zum gleichzeitigen Absägen bzw. Aufschneiden beider Bandagen an Lokomotiv- und Wagenradsätzen dient eine doppelte Kaltkreissäge (Abb. 50), die unterhalb des Eisenbahngleises auf einem in der Höhe verstellbaren Winkeltisch steht. Die beiden in einem gemeinsamen Führungsbock untergebrachten Werkzeugschlitten sind waagrecht zu und voneinander, mechanisch und von Hand, verstellbar. Wenn die Maschine außer Betrieb ist, wird der Tisch mit der Maschine soweit herunter gekurbelt, daß der Maschinenraum abgedeckt werden kann.

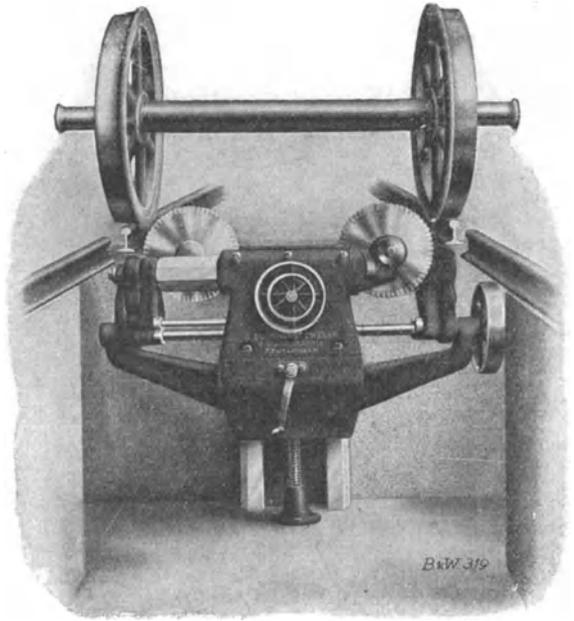


Abb. 50. Doppelte Kaltkreissäge.

Beim Einschneiden von Kurbelachsen und allen ähnlichen Stücken, bei denen nur ein Schlitz eingesägt wird, werden während des Schneidens Werkstoffspannungen ausgelöst, die das Sägeblatt oft festklemmen, wenn die beiden den Schlitz begrenzenden Stücke zusammenfedern. Nach beendetem Schnitt läßt sich das Sägeblatt nicht mehr aus dem Schnitt herausziehen oder, wenn es doch gelingt, bleiben die Zähne in dem Schnitt womöglich stecken und werden aus dem Sägeblatt herausgerissen. Mit sehr großen Mühen läßt sich manchmal der Schnitt auseinanderkeilen, so daß das Blatt herausgezogen werden kann. Um das Sägeblatt leicht herausziehen zu können, wird eine Sonderausführung benutzt: ein Teil des Zahnkranzes des Sägeblattes wird bis auf die Stammblattstärke abgeschliffen. Die Zähne haben an dieser Stelle des Umfanges, deren Sehne etwas größer sein muß als das Schnittgut breit ist, keine Verjüngung, und wenn das Zusammenfedern nicht größer ist als die Verjüngung des Blattes beträgt, so kann der Sägeblattschlitten ohne Umstände zurückgekurbelt werden, nachdem das Sägeblatt so gedreht ist, daß der dünner geschliffene Teil in dem Schnitt liegt (Abb. 51). Das etwas schlechtere Arbeiten des Sägeblattes, hervorgerufen durch das Dünnerschleifen und durch die fehlende Verjüngung an dieser Stelle, nimmt man des angegebenen Vorteils wegen in Kauf.

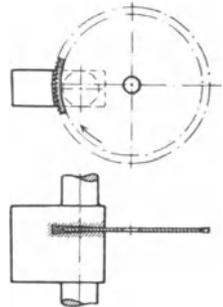


Abb. 51. Kaltkreissägeblatt zum Aufschneiden von Kurbelhuben.

Eine besondere Art von Sägemaschinen bilden die sogenannten Higley-Kaltkreissägemaschinen (Abb. 52). Das Sägeblatt wird bei diesen nicht durch Mitnehmerstifte, sondern durch ein Kegelrad mit besonderer Zahnform angetrieben

(Abb. 53), das nahe am Umfang des Blattes in dessen radiale Ausschnitte eingreift, so daß die Führungsspindel nur zum Zentrieren dient. Der zum Aufspannen des Blattes benötigte Flansch wird dadurch auch wesentlich kleiner, so daß mit einem kleineren Blatt ein größerer Querschnitt gesägt werden kann, z. B. kann mit einem Blatt von 610 mm \varnothing ein kreisförmiger Querschnitt bis 250 mm \varnothing , wozu auf den Schlittenkreissägemaschinen ein Blatt von etwa 700 mm \varnothing gebraucht wird. Die Werkzeugkosten werden dadurch vermindert, die Schnittzeiten sind allerdings infolge der Bauart der Maschinen etwas größer. Auf der Außen- und Innenseite des Angriffspunktes des Antriebsrades am Sägeblatt ist je ein Paar gehärteter Führungsbacken angeordnet, die das Sägeblatt am seitlichen Ausbiegen verhindern. Das Sägeblatt sitzt an einem schwingenden Arm, der beim Arbeiten durch das Vorschubgetriebe nach oben in den zu schneidenden Werkstoff gedrückt wird. Sehr vorteilhaft ist der geringe Platzbedarf bei dieser Art von Maschinen, der durch die ganze Anordnung bedingt ist.

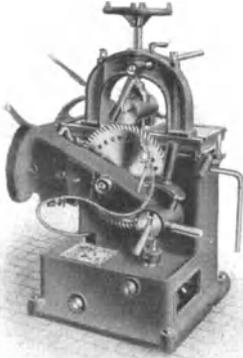


Abb. 52. Kaltkreissäge mit Kegeldelantrieb des Sägeblattes.

Zum Abschneiden kleiner Querschnitte, wofür die Metallkreissägeblätter verwendet werden, dienen die Kleinkreissägemaschinen (Abb. 54), die ebenfalls den Anforderungen der Höchstleistung entsprechend gebaut werden. Große Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe zeichnen auch diese Maschinen aus, ihre Verwendungsmöglichkeit ist

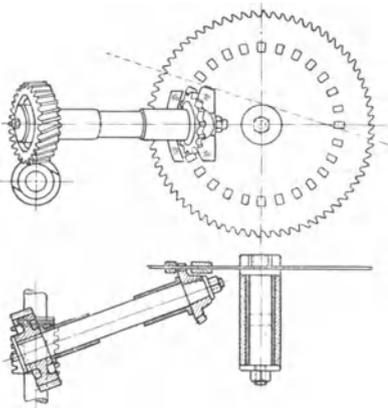


Abb. 53. Antriebsmechanismus für Abb. 52.

sehr vielseitig und die Bedienung so einfach wie möglich. In Abb. 55 ist eine weitere Kleinkreissäge dargestellt, die auf der Werkbank neben dem Schraubstock aufgestellt werden kann und dem Schlosser erspart, kleine Querschnitte mit der Hand- oder Bügelsäge zertrennen zu müssen. Durch Anschläge lassen sich gleiche Abschnitte erzielen und infolge der Ausführung gerade und auch schräge Schnittflächen, bei Baustoffen bis 30 mm \varnothing in einem Schnitt; größere Durchmesser bis 60 mm können durch Umspannung des Werkstoffes auch noch geschnitten werden. Mit der Maschine kann ein Sägeschärfapparat verbunden werden, der von der Hauptscheibe aus angetrieben wird und auch während der Schneidzeit benutzt werden kann.

E. Das Schärfen der Sägeblätter.

1. Notwendigkeit rechtzeitigen Schärfens. Rechtzeitiges und richtiges Nachschärfen der stumpf gewordenen Sägeblätter ist die Seele des ganzen Sägereibetriebes. Es ist für die Schnittleistung, die Lebensdauer des Sägeblattes und die Sauberkeit des Schnittes von allergrößter Bedeutung.

Ein Sägeblatt ist ein großer Fräser und muß ebensogut und mit der gleichen Sorgfalt behandelt und geschärft werden, wie es bei Fräsern üblich ist. Zum Nachteil der Sägerei werden aber meist die Sägemaschinen von Hilfsarbeitern bedient,

die nichts von der Maschine und dem Werkzeug verstehen und die oft die Blätter tage- und wochenlang weiterarbeiten lassen, wenn sie schon längst stumpf sind und sie erst dann abspannen, wenn sie überhaupt nicht mehr schneiden. Der Schlosser, der seinen Meißel nicht rechtzeitig schärft, spürt es am eigenen Leibe, daß er bei stumpfem Meißel bedeutend mehr Kraft aufwenden muß und trotzdem seine Arbeit nicht ordentlich vollenden kann. Er wird daher seinen Meißel schleunigst schärfen, wenn er anfängt stumpf zu werden. Der ungelernete Arbeiter an der Sägemaschine merkt es aber nicht, wenn die Maschine bedeutend mehr Kraft braucht und vorzeitig verschleißt und dabei auch noch das Sägeblatt zerstört wird; ihm ist es gleichgültig, ob er ein gutes oder ein schlechtes Werkzeug auf seiner Maschine hat. Hier ist Abhilfe erforderlich.

Beim beginnenden Stumpfwerden,

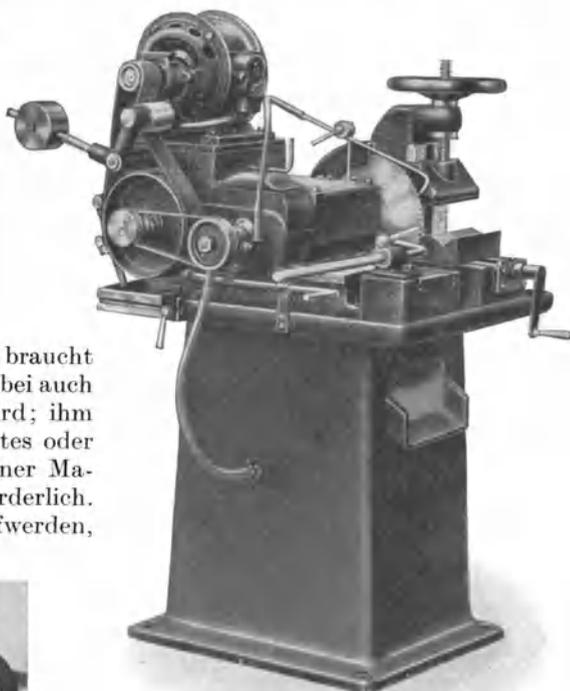


Abb. 54. Kleinkreissäge.



Abb. 55. Kleinkreissäge für die Werkbank.

das sich durch Blankwerden der Zahnecken anzeigt, ist unbedingt das Werkzeug auszuwechseln. Ein nur kurze Zeit zu lange verwendetes Sägeblatt braucht eine viel längere Schärfezeit als ein normal abgenutztes, womit ein erheblich größerer Stahlverlust verbunden ist (Abb. 56). Diese Abbildung zeigt, wie wenig ein normal abgestumpfter Zahn abgeschärft zu werden braucht und um wieviel mehr der stark abgenutzte. Bei einem rechtzeitig geschärften Blatt sollte der Durchmesser nach dem Schärfen nur um etwa $\frac{3}{4}$ mm kleiner geworden sein. Man kann sich leicht vorstellen, daß das Blatt, das immer zu stark abgenutzt wird, eine viel kürzere Lebensdauer hat als ein rechtzeitig geschärft-

tes. Hinzu kommt noch, daß der Antrieb der Maschine und die Führung durch die dauernde Überlastung schneller abgenutzt werden und daß der Schleifscheibenverbrauch für das Nachschärfen erheblich größer wird. Außerdem werden die

Reparaturkosten infolge der häufig hervorgerufenen Zahnbrüche und des Krümmwens des Sägeblattes viel höher als notwendig.

Zweckmäßig ist es, nach einer bestimmten, ausprobierten Betriebsdauer etwa

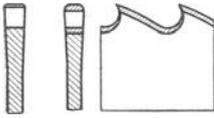


Abb. 56. Wenig und stark abgestumpfter Zahn.

nach einer Schicht, die Blätter zum Schärfen auszuwechseln, auch wenn noch ein paar Stunden damit gearbeitet werden könnte. Wenn ein Blatt aus irgendeinem Grunde schon vorher stumpf ist, muß es natürlich auch schon früher ausgebaut werden. Man erreicht durch diese Maßnahme aber jedenfalls, daß die Blätter nicht aus Bequemlichkeit des bedienenden Arbeiters allzu lange auf der Maschine bleiben

und all die Nachteile herbeiführen, die durch zu stumpfe Blätter verursacht werden.

Es ist daher immer dafür zu sorgen, daß ein genügender Vorrat an Sägeblättern vorhanden ist, damit ein ununterbrochenes Sägen möglich ist. Als Mindestbestand für eine Maschine müßte gelten: ein Sägeblatt auf der Maschine, ein gut geschärftes Sägeblatt in Vorrat, ein Blatt beim Nachschärfen; dazu wird ein Blatt wohl immer beim Neuzahnen oder in Reparatur sein.

2. Stellung der Schleifscheibe auf der Schärmaschine. Da heute wohl alle

Sägeblätter mit eingesetzten Schnellstahlzähnen mit Spanwinkel und Hohlkehle im Zahngrund geliefert werden, und zu einem wirtschaftlichen Sägen diese Zahnform auch beim Nachschärfen beibehalten werden muß, können die Schärmaschinen älterer Bauart nicht ohne weiteres zum Nachschärfen verwendet werden, weil sie für das Schärfen des Spanwinkels noch nicht eingerichtet waren. Das wirtschaftlichere Sägen mit Spanwinkel hätte sich vielleicht schon viel früher durchgesetzt, wenn es geeignete Schärmaschinen zum Nachschärfen solcher Sägeblätter gegeben hätte. Erst nachdem diese auf den Markt gekommen waren, wurde die allgemeine Verwendung von Blättern mit Spanwinkel möglich.

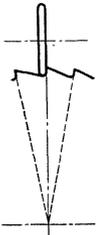


Abb. 57. Sägeblattmitte unter der Schärfscheibe.

Bei den älteren Schärmaschinen stand die Mitte des Sägeblattes unter der Schärfscheibe (Abb. 57), dementsprechend wurde auch die Zahnbrust radial, ohne Spanwinkel, geschärft. Bei den neueren

Schärmaschinen ist die Achse, auf der das Sägeblatt beim Schärfen aufgespannt wird, auf einem Support befestigt und kann mit diesem so verschoben werden,

daß die Blattmitte seitlich von der Schärfscheibe eingestellt werden kann (Abb. 58). Die Mitte des Sägeblattes wird so weit seitlich verschoben, daß die Zahnbrust des unter der Schärfscheibe liegenden Zahnes senkrecht steht. Nach Abb. 59 ist die Verschiebung a gleich dem Radius des Sägeblattes R mal dem Sinus des Spanwinkels γ , also $a = R \cdot \sin \gamma$. Um die Entfernung a muß beim Schärfen das Sägeblatt durch den Support verschoben werden. Die graphische Tabelle (Abb. 60) gibt für die verschiedenen Sägendurchmesser und die Spanwinkel auf der waagerechten Achse die Größe der Verschiebung a des Supports an. Zur Ermittlung dieser Verschiebung z. B. für ein Sägeblatt von 800 mm \varnothing mit einem Spanwinkel von 15° sucht man den Schnittpunkt der Waagerechten durch 15° mit dem Strahl 800 \varnothing und findet senkrecht unter dem Schnittpunkt die Größe $a = 104$ mm. Der Support ist

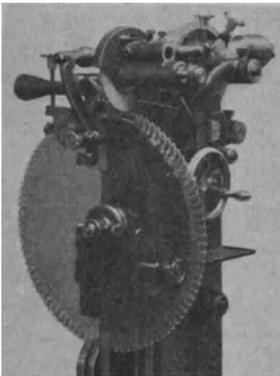


Abb. 58. Schärmaschine mit seitlich einstellbarem Support.

mit einer Millimetereinteilung versehen, so daß a leicht eingestellt werden kann.

Es ist aber zweckmäßig, um wirklich den verlangten Spanwinkel zu erzielen, die Verschiebung des Supportes etwas größer als errechnet zu nehmen, da beim Angreifen der Schärfscheibe das Sägeblatt sich etwas verschiebt und dadurch der Spanwinkel kleiner als beabsichtigt werden würde.

Bei älteren Maschinen, bei denen dieser Support nicht vorhanden ist und der Bolzen zur Aufnahme und Befestigung senkrecht unter der Schärfscheibe liegt, muß eine ähnliche Vorrichtung angebracht werden, um das Sägeblatt seitlich herausrücken zu können. Es kann dies z. B. sehr einfach geschehen, indem auf die vorhandene Achse *o* (Abb. 61) eine Flachleiste aufgeschraubt wird, die an ihrem anderen Ende einen Bolzen *b* zur Befestigung des Sägeblattes trägt. Durch Drehen der Lasche *L* um die Achse *o* kann der Abstand *a* in gewissen Grenzen verändert werden. Der Abstand *l* zwischen *o* und *b* ergibt das Größtmaß *a*, und dieses muß dem größten zu erzielenden Spanwinkel und dem größten zu schärfenden Sägeblattdurchmesser angepaßt werden. Nach Drehung von *b* um *o* bis in die gewünschte Lage wird die Lasche *L* mit einer Mutter auf *o* festgehalten.

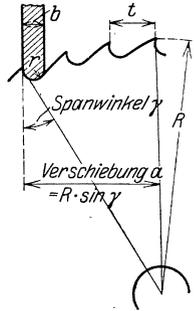


Abb. 59. Seitliche Verschiebung des Sägeblattes auf der Schärfsmaschine.

Das Sägeblatt wird auf dem Aufspannbolzen durch eine Spannscheibe mit verschiedenen hintereinanderliegenden Durchmessern so aufgespannt, daß die Mittelebene des Sägeblattes genau im Mittellot der Schärfscheibe

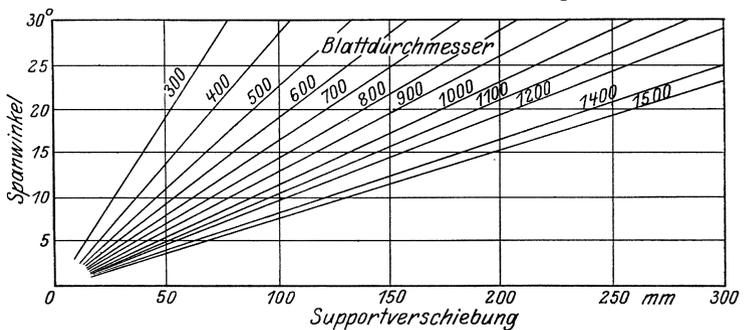


Abb. 60. Graphische Tabelle für die Supportverschiebung.

steht (Abb. 62). Sonst verläuft dann später beim Arbeiten das Blatt im Schnitt.

3. Abmessung und Härte der Schleifscheibe. Die Schleifscheibe wird in der Breite etwa 0,4-0,5 von der Größe der Zahnteilung des zu schärfenden Blattes

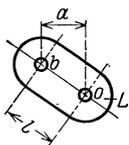


Abb. 61. Vorrichtung zum seitlichen Aufspannen des Sägeblattes.

gewählt und erhält eine gute Abrundung, so daß (Abb. 59) $b = 2r = (0,4 \div 0,5) t$ ist. Die Schleifscheiben dürfen nicht schlagen und sollen eine Umfangsgeschwindigkeit von etwa 25 m/s haben. Scheiben, die zu langsam laufen, erscheinen zu weich und nutzen sich schnell ab, die zu schnell laufen erscheinen ungebührlich

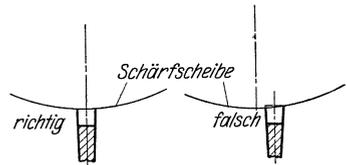


Abb. 62. Aufspannen des Sägeblattes unter Schärfscheibenmittellot.

hart, verglasen auf den Schleifflächen, greifen den Stahl der Zähne dann nicht an und verbrennen die Zahnspitzen. Da Härte und Körnung der Schleifscheiben der Umdrehungszahl der Scheibe angepaßt werden können, ist diese dem Scheibenlieferanten anzugeben. Der Durchmesser der Scheibe wird durch die Abnutzung immer kleiner und damit auch die Umfangsgeschwindigkeit. Es ist daher zweckmäßig, wenn die Schleifscheibe von einer zwei- oder dreifachen Stufenscheibe angetrieben wird, damit die richtige Umfangsgeschwindigkeit beibehalten werden

kann. Es sind im allgemeinen weiche Scheiben zu verwenden, da sie die Zähne nicht so leicht verbrennen und weich machen¹. Sie verglasen nicht und schleifen schneller als harte Scheiben, halten aber auch nicht solange. Sobald die Scheiben sich zusetzen, müssen sie abgedreht oder abgerichtet werden, da sie sonst die Zahnschneiden ausglühen. Abgerichtet wird mit Diamanten oder gehärteten Stahlscheiben, die am Umfang scharfe Spitzen tragen oder mit einem Handschleifapparat (Abb. 63). Dieser besteht aus einer kleinen, sehr harten Schleifscheibe, die mit einem Kugellager versehen auf einem Bolzen mit Handgriff ruht. Es ist beim Schärfen darauf zu achten, daß bei jedem Angriff der Schleifscheibe nur wenig von den Zähnen abgeschliffen wird, da die feinen Zahnschneiden bei zu starkem Angriff der Schleifscheibe schnell warm werden und ausglühen.



Abb. 63. Abrichtapparat.

4. Einstellung der Schärmaschine. Der Schleifarm der Schleifmaschine, auf dem die Schleifscheibe befestigt ist, soll so eingestellt werden, daß er beim Schleifen etwa waagrecht steht. Der Vorschubhebel oder die Schaltfalle muß den dem geschliffenen folgenden Zahn angreifen und so gestellt werden, daß die Schleifscheibe die Zahnspitze beim Heruntergehen gar nicht berührt, an der Zahnbrust nur gerade entlang streicht und

die Zahnluke vertieft, ohne die Breite der seitlichen Fase zu verkleinern (Abb. 64a). Die als richtig befundene Zahnform darf beim Schärfen nicht verändert werden, namentlich müssen der Spanwinkel und die Hohlkehle durch richtige Einstellung des Hubes der Schleifscheibe so beibehalten werden, wie sie gewesen sind. Auch die Wölbung des Zahnrückens darf nicht zu groß und nicht zu klein werden, was ebenfalls durch Einstellung des Hubes der Scheibe erreicht wird. Die jeder Schärmaschine beigegebenen Anleitungsvorschriften sind genau zu beobachten.

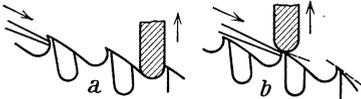


Abb. 64. Schärpen der Zähne.

Nachdem so die Zähne geschärft und die Zahnluken vertieft sind, wird der Freiwinkel angeschliffen. Dies geschieht durch Überschleifen des Zahnes an der Spitze (Abb. 64b), wobei die Schaltklinke den geschliffenen Zahn vorschubt und der Hub der Scheibe und der Vorschub des Sägeblattes so einzustellen sind, daß

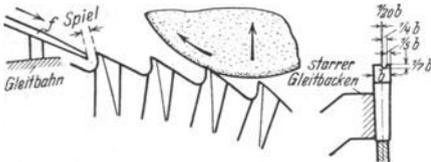


Abb. 65. Schleifen der Spanbrechernuten.

der gewünschte Freiwinkel von 5—10° erreicht wird. Durch dieses nochmalige Anschleifen mit kurzem Schleifhub werden alle Zähne gleich hoch, was für ein gleichmäßiges Arbeiten unbedingt erforderlich ist.

Zum Anbringen der Spanbrechernuten, des Wechselschliffes oder der Vor- und Nachschneidezähne wird der Vorschubhebel so eingestellt, daß bei jedem Hub das Blatt um zwei Zähne verschoben wird. Zum Einschleifen der Spanbrechernuten wird eine besonders mit der Maschine mitgelieferte Vorrichtung an dem Schleifarm angebracht, in der eine senkrecht zu der eigentlichen Schleifscheibe liegende dünne Schleifscheibe gelagert ist. Es werden dann in zwei Arbeitsgängen zunächst die Spanbrechernuten auf der rechten und dann die auf der linken Seite des Blattes eingeschliffen (Abb. 65). Diese besondere Vorrichtung ist für den Wechselschliff oder die Vor- und Nachschneidezähne nicht notwendig. Hierfür wird der Schleifarm

¹ Siehe auch Heft 5 der Werkstattbücher: Buxbaum, Schleifen der Metalle. 2. Aufl.

nach vorn bzw. nach hinten verschoben, um die Kanten der Zähne abschrägen zu können. Beim Wechselschliff werden zunächst in der vorderen Stellung des Schleifarmes die Kanten jedes zweiten Zahnes, sodann in der hinteren Stellung des Schleifarmes die Kanten, die zwischen den zuerst geschliffenen Zähnen liegen, unter 45° abgeschrägt (Abb. 66 u. 67). Das Abschleifen der Kanten der Vorschneider

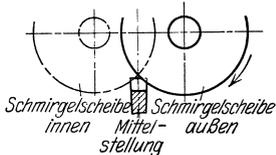


Abb. 66. Abschrägen der Schneidkanten.

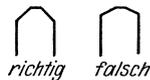


Abb. 67. Richtiger und falscher Vorschneider.

geschieht auf die gleiche Weise, nur muß hierbei vor dem Brechen der Kanten jeder zweite als Nachschneider dienende Zahn etwas tiefer geschliffen werden, etwa um 0,3—0,5 mm. Dies wird am besten gleich nach dem Anschleifen des Freiwinkels gemacht. Zum Abschrägen der Kanten wird eine möglichst kleine, spitz abgerichtete Schleifscheibe (Abb. 68) verwendet und die Mitte des Sägeblattes unter die Schleifscheibe verschoben. Möglichst klein muß die Schleifscheibe sein; damit die Kanten in genügender Breite und unter dem richtigen Winkel von 45° abgeschrägt werden können, und es ist so viel abzuschleifen, daß nur ein Viertel der Schnittbreite stehen bleibt. Die Abschrägung selbst muß weit nach hinten auslaufen, etwa bis auf $\frac{1}{3}$ der Teilung (Abb. 69).



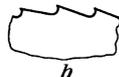
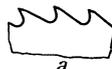
Abb. 68. Schräg abgerichtete Schleifscheibe.



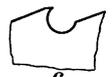
Abb. 69. Auslaufen der Abschrägung am Vorschneider.

5. Schärffehler. In Abb. 70 sind Zahnformen abgebildet, wie sie nicht sein sollen, Fehler, die beim Schärfen nur allzu häufig gemacht werden, aber unbedingt vermieden werden müssen:

a. Da der Schleifscheibenhub zu groß gestellt ist, werden die Zähne zu spitz und brechen daher leicht ab, die Zahnücke wird zu tief. Außerdem ist die Schleifscheibe zu schmal.



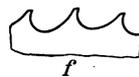
b. Infolge zu kleinen Schleifscheibenhubes werden die Zahnücken zu klein und die abgehobenen Späne haben nicht genügend Platz.



c. Wenn eine Ecke am Zahnrücken entsteht, hat die Schaltklinke toten Gang und schiebt den Zahn zu spät vor. Die Späne können nun nicht ausfallen und werden im Zahngrund festgeklemmt.

Eingeschliffene seitl. Nuten

d. Der Spanwinkel ist zu groß eingestellt, wodurch die seitliche Schneidfase allmählich abgeschliffen wird.



e. Der Spanwinkel ist zwar richtig eingestellt, die Spanfläche des Zahnes wird aber zu sehr von der Schleifscheibe angegriffen und dadurch die seitliche Schneidfase immer schwächer, bis sie ganz abgeschliffen ist und das Sägeblatt nicht mehr verwendbar ist.

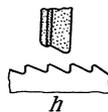
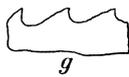


Abb. 70. Schärffehler.

f. Die Schaltklinke schiebt den Zahn zu früh vor, dadurch entsteht ein hohler Zahnrücken; der Zahn wird zu schwach.

g. Wellig wird der Zahnrücken und bekommt blaue Anlaufflecken, wenn die Schleifscheibe flattert, unruhig läuft oder nicht spielfrei gelagert ist.

h. Die Schleifscheibe darf bei kleinerer Zahnteilung auch nicht zu breit sein, da sie sich sonst ungleichmäßig abnutzt und die Zahnform verdirbt. Außerdem erhitzt die zu große Schleiffläche den Zahn und glüht ihn aus.

Es kommt auch manchmal vor, daß der Spanwinkel ganz weggeschliffen wird und sogar ein negativer Winkel an der Spanfläche entsteht. Das kann aber eigentlich nur geschehen, wenn beim Schärfen gar nicht aufgepaßt wird und die Maschine von einem gänzlich unkundigen Arbeiter bedient wird. Bei einiger Aufmerksamkeit lassen sich die geschilderten Fehler und auch andere leicht vermeiden, vorausgesetzt, daß die Schärfmaschine immer in Ordnung gehalten wird und daß genügend Sägeblätter zum Auswechseln vorhanden sind, damit die für ein sorgfältiges Nachschärfen unbedingt nötige Zeit auch darauf verwendet werden kann.

F. Die Reparaturen an Sägeblättern.

1. Neuzähnen und Einsetzen von Ersatzzähnen. Bei der Bestimmung der Anzahl der für einen Betrieb notwendigen Sägeblätter muß berücksichtigt werden, daß an einem Blatt auch einmal Reparaturen vorkommen können oder daß ein Blatt nach vollkommener Abnutzung der Zähne zum Einsetzen von neuen Zähnen oder Segmenten an die Lieferfirma eingeschickt werden muß. Es ist besser, diese vollkommene Neuzahnung bei der Lieferfirma machen zu lassen, da die eigene Werkzeugmacherei doch in den seltensten Fällen ausreichend eingerichtet ist, um alle hierfür nötigen Arbeiten richtig ausführen zu können. Der Kranz des Sägeblattes mit den eingesetzten Zähnen oder Segmenten muß vollkommen gleichmäßig stark und nach der Mitte verjüngt verlaufend geschliffen sein, wozu Sonder-einrichtungen gehören, und nach dem Einsetzen der Zähne und nach dem Schleifen müssen die Blätter sehr sorgfältig gerichtet werden. Das bringen auch gute Schlosser kaum sachgemäß fertig, es sind dazu geübte Sägenrichter nötig. Dagegen muß unbedingt darauf gesehen werden, daß kleinere Reparaturen in der eigenen Werkzeugmacherei gut und sachgemäß ausgeführt werden können. Hierzu gehört in erster Linie das Einsetzen eines neuen Zahnes oder Segmentes an Stelle eines gebrochenen. Die Ersatzzähne müssen sehr sauber eingepaßt werden, damit sie richtig festsitzen, und sie dürfen seitlich nicht überstehen. Ein etwa seitlich vorstehender Zahn ist bis auf die genaue Breite der anderen Zähne abzuschleifen. Ebenso sind die Ersatzzähne in der Höhe so weit herunterzuschleifen, daß sie mit den schon etwas abgenutzten alten am Umfang übereinstimmen. Es muß sehr vorsichtig und nicht mit zu starkem Druck geschliffen werden, damit der Zahn nicht ausglüht. Nach dem Einsetzen einer oder mehrerer Ersatzzähne ist das Sägeblatt völlig neu zu schärfen, damit die neu eingesetzten Zähne in allem genau mit den übrigen Zähnen übereinstimmen. Das trifft in gleicher Weise auch für das Einsetzen von Ersatzsegmenten in Segmentblätter zu.

2. Instandsetzung der Stammblätter. Sollte es vorgekommen sein, daß mit einem oder mehreren ausgebrochenen Zähnen auch eine Stammblattzunge bei den Blättern

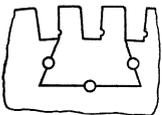


Abb. 71. Reparatur des Stammblattes.

mit einzeln eingesetzten Zähnen ausgebrochen ist, dann kann die Reparatur so vorgenommen werden, daß ein Stahlstück mit einer Zunge, die genau der ausgebrochenen entspricht (Abb. 71), schwalbenschwanzförmig in das Stammblatt eingepaßt und mit diesem vernietet wird. Ein solches Stück kann man sich entweder selbst herstellen oder auch von der Lieferfirma des Sägeblattes beziehen. Es empfiehlt sich weniger, ein solches Stück einzuschweißen, da durch das Schweißen die Spannung und Richtung des Sägeblattes verloren geht und nur schwer wieder hergestellt werden kann. Nachdem auf diese Weise das Stammblatt in Ordnung gebracht ist, müssen die fehlenden Zähne auf die vorher beschriebene Art ergänzt werden.

Die Bohrungen der Sägeblätter sind besonders pfleglich zu behandeln, damit das gute Rundlaufen der Blätter nicht in Frage gestellt wird. Wenn eine Bohrung

aus irgendeinem Grunde zu weit geworden ist oder der aufnehmende Sitzring wegen Beschädigung etwas abgeschliffen werden mußte, wird die Bohrung des Blattes noch etwas weiter ausgedreht, so daß eine Buchse von mindestens 5 mm Wandstärke in das Stammblatt eingesetzt und mit ihm vernietet werden kann (Abb. 72). Hernach wird die Bohrung der Buchse genau ausgeschliffen und das Sägeblatt nachgeschärft, damit etwaiges Unrundlaufen, das beim Ausbuchen nicht zu vermeiden ist, wieder ausgeglichen wird. Die Buchse muß vorsichtig vernietet werden, da sonst die Spannung des Blattes leidet.

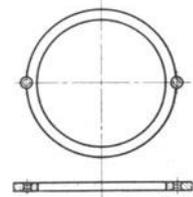


Abb. 72.
Instandsetzung der
Bohrung.

Nachgerichtet werden zweckmäßigerweise krummgewordene Sägeblätter wieder nicht in der eigenen Werkstatt, sondern bei der Herstellerfirma, da nur dort das Richten unter Berücksichtigung aller Umstände gut ausgeführt werden kann (Abb. 73). Es sind selten bei den Verbraucherfirmen die geeigneten Leute vorhanden, die ein krummes Blatt wirklich wieder vollkommen gerade bekommen und ihm dabei die richtige Spannung geben können. Wenn an den Blättern falsch gehämmert wird, können bei einzeln eingesetzten Zähnen sämtliche Zähne locker werden, weil durch das falsche Hämmern der Sägenrand länger wird und damit auch die Schlitzlöcher sich vergrößern, in denen die Zähne befestigt sind.

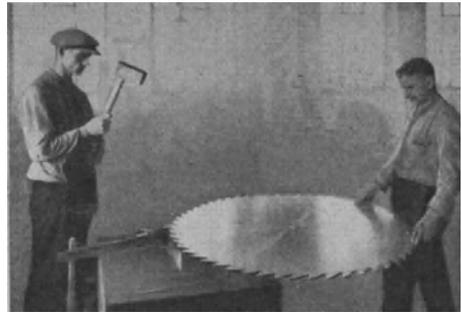


Abb. 73. Richten eines Sägeblattes¹.

G. Schnittzeiten und Vergleich von Sägeblättern.

1. Rechnerische Ermittlung der Schnittzeit. Die rechnerische Ermittlung der Schnittzeit für Sägemaschinen wird dadurch erschwert, daß der Vorschub des Sägeblattes nicht dauernd gleichmäßig ist, sondern sich der Stärke des zu sägenden Querschnittes anpaßt. So wird die wirkliche Schnittzeit immer etwas länger sein, als sich rechnerisch aus Umdrehungszahl und Vorschub des Sägeblattes ergibt. Für die rechnerische Ermittlung werden folgende Größen gebraucht:

v = Schnittgeschwindigkeit in m/min

n = Umdrehungszahl des Sägeblattes in 1 Minute

D = Durchmesser des Sägeblattes in mm

d = Durchmesser des Arbeitsstückes in mm

s = Vorschub des Sägeblattes in mm/U

s' = Vorschubgeschwindigkeit in mm/min

t' = Errechnete Schnittzeit in min

t = Wirkliche Schnittzeit in min

F = Schnittfläche in cm²

f = Minutliche Schnittfläche in cm²/min

B = Breite des Arbeitsstückes in mm-Arbeitsweg des Sägeblattes.

Es ist für runde Querschnitte: $n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot 3,14}$; $s' = n \cdot s$; $t' = \frac{d}{s} = \frac{d}{n \cdot s}$; $t = a \cdot t' =$

¹ Wissenschaftl.-Techn. Versuchsstelle f. Hand- u. Masch.-Werkzeuge von David Dominicus in Remscheid.

$a \cdot \frac{d}{n \cdot s}$; dabei ist a ein Faktor, der sich nach dem Querschnitt des Werkstückes und nach Art der Maschine, besonders nach der Art der Nachgiebigkeit des Vorschubgetriebes, d. h. nach der Kraft des Gegengewichtes oder der Spannung der Gegenfeder, richtet. a ist aber auch abhängig von der Gleichmäßigkeit des Werkstoffes und in hohem Maße von der Güte des Sägeblattes und von der Schärfe jedes einzelnen Zahnes. Für ein in bestem Zustande befindliches Sägeblatt und für gleichmäßigen Werkstoff kann a für die verschiedenen Querschnitte der Werkstücke durch Versuche festgelegt werden. Für ein schlecht geschärftes oder stumpfes Sägeblatt wird a wesentlich größer.

2. Die Schnittzeit unter Berücksichtigung der Schnittleistung. Infolge der nachgiebigen Vorschubschaltung ist es bei Ermittlung der Schnittzeiten günstiger, von der größten Schnittleistung der Maschine auszugehen. Die Schnittleistung, die von der Stärke und der Bauart der Maschine und der Nachgiebigkeit des Vorschubgetriebes abhängig ist, kann durch die in der Minute erzeugte Spanmenge ausgedrückt werden. Da die Breite der Späne bei demselben Sägeblatt immer gleich ist, kann dies auch durch die Größe des in einer Minute geschnittenen Querschnittes f in cm^2/min geschehen. Zur Bestimmung von f für eine bestimmte Werkstoffart durchsägt man einen für die Größe des Sägeblattes möglichst großen Querschnitt mit einem bestens geschärften Sägeblatt und stellt hierfür die erforderliche Zeit fest. Den geschnittenen Querschnitt F dividiert man durch die gebrauchte Zeit und erhält so f , das für den untersuchten Werkstoff und das Sägeblatt in bezug auf Schärfe, Schnittbreite, Schneidwinkel Gültigkeit hat und im allgemeinen für Vollquerschnitte etwas größer als für Profile ist. Umgekehrt ist bei festliegendem f für einen anderen Querschnitt die erforderliche Schnittzeit $t = \frac{F}{f}$, vorausgesetzt, daß die für diese Laufzeit erforderliche Vorschubgeschwindigkeit auch auf der Maschine eingestellt werden kann. Es können nun zwei Fälle eintreten: entweder die Maschine arbeitet mit vollem Vorschub, aber nicht ausgenutzter Schnittleistung infolge niedriger Querschnittshöhe, oder sie arbeitet bei größerer Querschnittshöhe mit voller Schnittleistung, aber verringertem Vorschub.

Zur Erläuterung diene das Schaubild Abb. 74, das auch unmittelbar als Rechen-tafel¹ Verwendung finden kann. Die Maßstäbe sind für mittlere Verhältnisse gewählt, für größere Querschnitte und längere Schnittzeiten sind sie entsprechend abzuändern.

F und f sind so aufgetragen, daß aus beiden Werten die Schnittzeit abgelesen werden kann. Man geht von dem zu schneidenden Querschnitt F wagerecht nach rechts bis zum Schnittpunkt mit dem Strahl, der den Nullpunkt mit dem für die Maschine, das Sägeblatt und den Werkstoff gültigen f verbindet, und findet senkrecht unter dem Schnittpunkt die Schnittzeit in min. Der größte Vorschub auf der Maschine sei für diese Betrachtung mit $s = 10 \text{ mm/U}$ angenommen und durch Versuche $f = 80 \text{ cm}^2/\text{min}$ ermittelt. Für einen Querschnitt von $F = 200 \text{ cm}^2$ ist $t = 2,5 \text{ min}$ abzulesen. Wenn man weiter die Breite B des Werkstückes einschließlich Anlauf und Überlauf des Sägeblattes durch die so gefundene Schnittzeit dividiert, erhält man die erforderliche durchschnittliche Vorschubgeschwindigkeit s' , was auch aus dem Schaubild ermittelt werden kann. Ist die Breite B des 200 cm^2 großen rechteckigen Querschnittes 250 mm und die Höhe 80 mm , so findet man s' , indem man von $B = 250 \text{ mm}$ nach rechts und von $t = 2,5 \text{ min}$ nach oben senkrecht geht und den Schnittpunkt beider mit dem Nullpunkt verbindet und nach rechts oben bis zum Schnittpunkt mit der rechten Ordinate s' verlängert. Man

¹ nach Scheid.

findet $s' = 100$ mm/min. Bei einem Sägeblatt von 800 mm \varnothing und einer Schnittgeschwindigkeit von 20 m/min erhält man aus dem Schaubild eine Umdrehungszahl für das Sägeblatt von $n = 8$. (Die Schnittgeschwindigkeit v ist entsprechend $\frac{v}{\pi} = n \cdot D$ in einem verkürzten Maßstab aufgetragen, um auf der Abszisse den Durchmesser des Sägeblattes an Stelle des Umfangs $D \cdot \pi$ auftragen zu können.) Es sei angenommen, daß diese Umdrehungszahl auf der Maschine eingestellt werden kann, sonst wäre die diesem Werte am nächsten liegende Umdrehungszahl zu verwenden. Bringt man die Waagerechte durch $s' = 100$ mm mit dem Strahl $n = 8$ zum Schnitt, so erhält man im Schnittpunkt einen Vorschub von 12,5 mm. Die Werte s sind im allgemeinen senkrecht über dem Schnittpunkt auf der oberen Randskala ablesbar. Bei den in Abb. 74 gewählten Abmessungen liegt der Schnittpunkt in der oberen

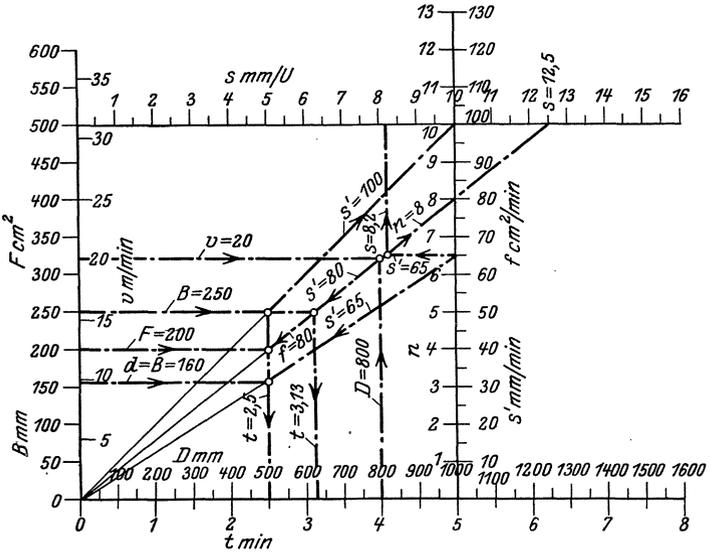


Abb. 74. Rechentafel zur Bestimmung der Vorschübe und der Schnittzeiten.

Randskala, weil diese zufällig die Waagerechte durch den Wert $s' = 100$ ist. Da aber die Maschine einen so großen Vorschub von 12,5 mm/U nach der gemachten Annahme nicht aufweist, muß auf den größten vorhandenen Vorschub von 10 mm/U zurückgegangen werden, wodurch die Schnittleistung nicht ganz ausgenutzt wird, denn s' ist dabei nur 80 mm/min. Die Schnittzeit wird im Schnittpunkt von $B = 250$ mit dem Strahl $s' = 80$ gefunden und ist nun an Stelle von 2,5 min 3,13 min.

Ist dagegen bei demselben Querschnitt von 200 cm² der Durchmesser eines runden Werkstückes 160 mm, d. h. auch $B = 160$ mm, so findet man aus dem Schaubild einen der Zeit $t = 2,5$ min entsprechenden Wert $s' = 65$. Bei dem gleichen Blatt von 800 mm \varnothing liegt links waagrecht vom Randskalenwert $s' = 65$ im Schnittpunkt mit dem Strahl $n = 8$ der durchschnittliche Vorschub $s = 8,2$, an der oberen Randskala ablesbar, der auf der Maschine durch Einschalten des nächsthöheren Vorschubes eingehalten werden kann. Die Schnittzeit ist in diesem Falle mit 2,5 min richtig ermittelt, denn sie entspricht sowohl der minutlichen Schnittleistung als auch dem möglichen Vorschub. Würde man einen noch größeren Vorschub auf der Maschine einstellen, um die Schnittzeit weiter zu verkürzen, so könnte man doch keine wesentliche Zeitersparnis mehr herausholen, da die Leistungsfähigkeit der Maschine überschritten und das Vorschubgetriebe um so mehr nachgeben würde. Man kann leicht durch Versuch feststellen, daß durch Einschalten eines noch höheren Vorschubes die Zeit nur sehr wenig verkürzt wird — höchstens noch beim Sägen der kleinsten jeweiligen Schnittquerschnitte —, während die Beanspruchung und damit die Abnutzung des Sägeblattes sehr viel größer wird. Auch

das Ausbrechen von Zähnen und schließlich eine Zerstörung des Sägeblattes kann die Folge sein. Wenn der für einen Werkstoff und ein Sägeblatt größtmögliche Vorschub beispielsweise auf 6,6 mm/U festgestellt ist und die Schnittzeit mit diesem 4,5 min beträgt, wird durch Einschaltung eines um 50% höheren Vorschubes, also etwa 10 mm/U, die Schnittzeit nicht auf 3 min verkürzt, was dem Vorschub von 10 mm /U entsprechen würde, sondern vielleicht nur auf 3,9÷4,1 min, weil die größtmögliche minutliche Schnittfläche f schon bei $s = 6,6$ erreicht ist.

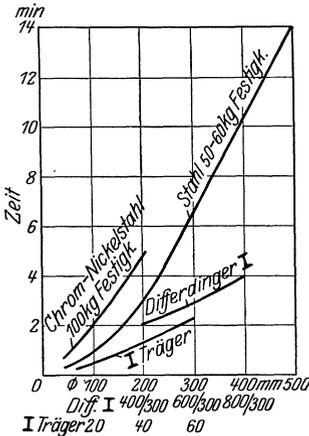


Abb. 75. Schnittzeiten.

Für Dauerleistungen soll man, wie auf S. 25 erwähnt, die Schnittleistung nicht zu groß bzw. die Schnittzeiten nicht allzu kurz wählen, weil dies nur auf Kosten des Sägeblattes geschehen kann, das in um so kürzerer Zeit stumpf wird. Einen Anhalt für durchschnittliche Dauerleistungen gibt Abb. 75, wenn sich auch bei voller Ausnutzung von Maschine und Werkzeug noch kürzere Schnittzeiten erzielen lassen. Es würden aber diese kürzeren Schnittzeiten nur für wenige Schnitte möglich sein, und das Blatt würde viel öfter zum Schärfen ausgespannt werden müssen. Der Vorteil der kürzeren Schnittzeit würde hierdurch wieder aufgezehrt. Nach diesen beiden Gesichtspunkten muß also die Schnittleistung oder die Schnittzeit gewählt werden. Zu dieser Schnittzeit tritt dann noch die Rücklaufzeit

des Sägeblattes und die Auf- und Abspannzeit für das Werkstück hinzu, wobei ein Teil der letzteren mit der Rücklaufzeit des Sägeblattes zusammenfällt.

3. Vergleich von Sägeblättern. Die erzielbare Schnittzeit kann neben dem Kraftverbrauch als Maßstab für die Güte eines Sägeblattes angesehen werden. Je besser die Güte des Sägeblattes ist, um so kleiner ist auch bei gegebener Maschine und bei gleichem Werkstoff der Faktor a ; bei längerer Benutzung des Sägeblattes wird a größer und gleichzeitig damit auch der Kraftverbrauch, weil die Schärfe der Zähne immer mehr nachläßt. Um Sägeblätter miteinander auf ihre Leistungsfähigkeit zu vergleichen, ist es daher nötig, die Schnittzeiten und den

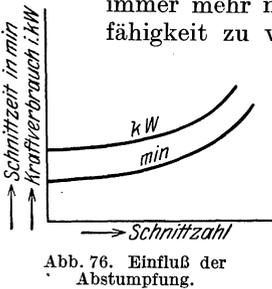


Abb. 76. Einfluß der Abstumpfung.

jeweiligen Kraftverbrauch und die Schnittzahl bis zum Stumpfwerden festzustellen. Aus den gewonnenen Werten kann man sich eine graphische Darstellung aufzeichnen, die eine gute Übersicht über die Leistungsfähigkeit der untersuchten Sägeblätter gibt. Kraftverbrauch und Schnittzeiten werden hierzu in Abhängigkeit von der Schnittzahl in einem Achsenkreuz aufgetragen (Abb. 76). Es ist selbstverständlich, daß man zu diesen Versuchen einen sehr gleichmäßigen Werkstoff haben muß, da

sonst der Vergleich zuungunsten eines Sägeblattes ausfallen könnte, das vielleicht gerade die besten Leistungen zu geben imstande ist. Auch darf man sich nicht auf eine Versuchsreihe bis zum Stumpfwerden beschränken, sondern muß, um mittlere Werte zu erhalten, mehrere solche Versuchsreihen durchführen, am besten soviel, bis das Blatt ganz aufgebraucht ist, d. h. soweit nachgeschärft ist, wie es die Haltbarkeit der Zähne im Stammlatt gestattet. Man sieht auf diese Weise auch, welches Blatt am meisten nachgeschärft werden kann. Für die Wirtschaftlichkeit eines Blattes ist dies von größter Bedeutung, da die Ausnutzbarkeit der Zahnhöhe von mehreren Blättern sehr verschieden sein kann. Man könnte auch

die ausnutzbare Zahnhöhe an den Sägeblättern von vornherein ausmessen, man hat jedoch vor dem Versuch noch keinen Anhalt dafür, wann die Abnutzung der Zähne so weit fortgeschritten ist, daß der kleine verbleibende Rest der ursprünglichen Zahnlänge nicht mehr fest genug im Stammbblatt sitzt. Bei den Versuchen ist noch darauf zu achten, daß die Zähne auch gleichmäßig abgestumpft werden, damit nicht von einem Blatt mehr abgeschärft werden muß als von einem anderen. Weiter ist auch zu berücksichtigen, wie oft Reparaturen nötig werden und was sie kosten.

II. Die Warmsägeblätter.

1. Verwendung der Warmsägeblätter. Die Warmsägeblätter dienen in der Hauptsache im Hüttenbetriebe dazu, die aus der Walzenstraße kommenden Eisen- und Stahlknüppel oder Stangen und Profile noch warm zu zerschneiden. Im Schmiedebetriebe werden sie zum gleichen Zwecke verwendet. Da das Sägen im warmen Zustande sehr schnell vor sich geht, werden zuweilen auch stärkere Knüppel besonders zu dem Zwecke erhitzt, um sie auf warmem Wege zerteilen zu können. Es erscheint aber in sehr vielen Fällen zweifelhaft, ob dabei bei dem heute hochentwickelten Stande der Kaltsägerei noch wirtschaftlich gearbeitet wird. Zum Bedienen des Ofens, zum Herausholen der Knüppel und zum Bedienen der Warmsäge gehören immer mehrere Leute, während die Kaltsäge von einem Mann bedient werden kann und große Stücke mit einem Kran oder Flaschenzug sehr leicht aus- und eingespannt werden. Es ist daher unbedingt zu empfehlen, unter Berücksichtigung aller Umstände zu ermitteln, welches Verfahren billiger kommen wird.

Zu gleichen Zwecken werden auch die Scheren gebraucht, die zwar schneller arbeiten als die Warmsägen, aber keinen so sauberen Schnitt ergeben, auch werden bei den Warmsägen die Verformungen an den Schnittkanten vermieden, die bei den Scheren immer auftreten.

Viel verwendet werden die Pendelsägen (Abb. 77), bei denen das Sägeblatt durch Riemenübertragung von einem Elektromotor angetrieben wird, der auf einer kräftigen Konsole am Hauptständer der Maschine befestigt ist. Der Vorschub erfolgt durch einen besonderen Motor oder auch hydraulisch, ein Handvorschub ist als Sicherheit immer vorhanden, für den Fall, daß der automatische einmal versagen sollte. Das Pendel, in dem das Sägeblatt sitzt, wird in seitlichen Führungen an den Ständern geführt, wodurch die beim Arbeiten auftretenden Erschütterungen möglichst vermindert werden. Abb. 78 zeigt eine Schlittensäge. Das Sägeblatt wird wieder durch einen breiten Riemen von einem Motor angetrieben, der mit dem Sägeblatt zusammen auf einen kräftigen Schlitten gebaut ist. Neuerdings wird auch durch unmittelbar gekuppelten Motor angetrieben (Abb. 79). Das hat den Vorteil, daß alle Riemenstörungen wegfallen und die Sägewellenlager entlastet werden. Beim Riemenantrieb sind die Riemenscheiben infolge der höchst zulässigen Riemengeschwindigkeit bedeutend kleiner als die Blätter, und daher ist die Umfangskraft entsprechend höher: der Riemenzug ist mindestens gleich der dreifachen Um-

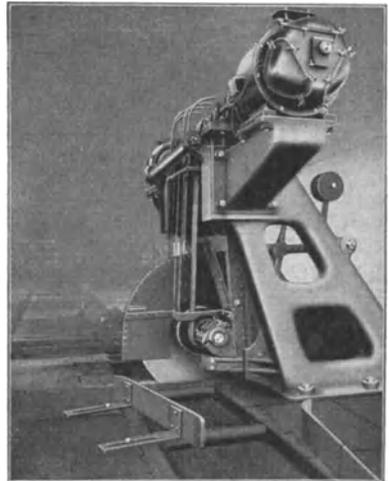


Abb. 77. Pendelwarmsäge.

fangkraft, so daß die Lager durch den Riemenzug bedeutend stärker belastet werden als der Umfangskraft des Sägeblattes entspricht. Beim unmittelbaren Antrieb ist dies nicht der Fall. Um ein möglichst kleines Sägeblatt verwenden zu

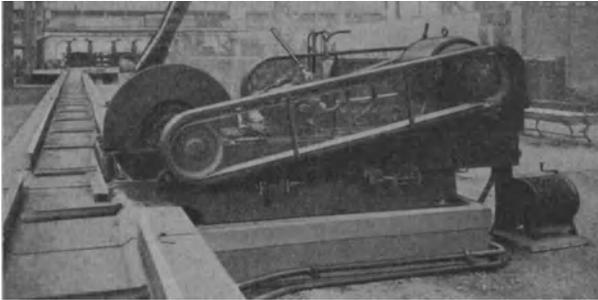


Abb. 78. Schlittenwarmsäge.

können, muß auch der Motor klein gebaut sein, damit die Wellenmitte niedrig liegt. Erreicht ist dies durch eine aufgesetzte Schwungscheibe, die die Schnittarbeit unterstützt, und durch selbsttätige Regelung des Vorschubs in Abhängigkeit von der Belastung des Sägenmotors. Durch eine besondere Schaltung läuft der Vorschubmotor um so langsamer, je größer die

Belastung des Sägenmotors wird. Bei einer bestimmten Überlastung bleibt der Vorschub stehen, so daß sich das Sägeblatt freischneiden kann, worauf der Vorschub selbsttätig wieder einsetzt.

Hebelwarmsägen werden in der Hauptsache als Unterflursägen verwendet.

Zur Schonung des Sägeblattes soll der zu schneidende Werkstoff eine Temperatur von mindestens $850\text{--}1050^\circ$ haben, was etwa einer Festigkeit von 5 kg/mm^2 je nach der Festigkeit des kalten Werkstoffes entspricht. Bei geringerer Temperatur wird die Festigkeit schnell größer, wodurch die Zähne des Sägeblattes viel stärker in Anspruch genommen werden. Die Schnittgeschwindigkeit oder Umfangsgeschwindigkeit der Warmsägeblätter beträgt etwa 100 m/s und der Vorschub bei kleineren Warmsägen $50\text{--}100$, bei mittleren $100\text{--}150$, bei großen 150 bis 200 mm/s , wobei die kleineren Vorschübe für Vollquerschnitte, die größeren für Profile zu verwenden sind. Die hohe Schnittgeschwindigkeit, die wegen der geringen

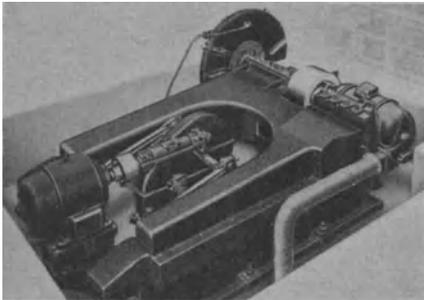


Abb. 79. Schlittenwarmsäge mit unmittelbarem Motorantrieb.

Festigkeit des warmen Werkstoffes möglich ist, hat noch das Gute, daß jeder einzelne Zahn des Sägeblattes nur sehr kurze Zeit in der Schnittfuge unmittelbar der Wärme des Schnittgutes ausgesetzt ist und sich nur wenig erwärmt. Der starke Luftstrom, der bei der schnellen Drehung entsteht, trägt auch noch zur Abkühlung der Zähne bei. Trotzdem ist eine gute Wasserkühlung des Blattes beim Austritt aus der Schnittfuge Grundbedingung für ein gutes Schneiden, da der Werkstoff des Sägeblattes schon bei geringer Erwärmung, etwa 400° , stark an Festigkeit abnimmt und die Zähne dadurch zu weich werden. Das Kühlwasser schreckt gleichzeitig die glühenden Späne ab, wodurch diese abspringen und die Zahnluken nicht verstopfen.

Zur Zuleitung des Kühlwassers dient ein Brauserohr mit nach dem Sägeblatt gerichteten Brauselöchern, das seitlich vom Sägeblatt an der Schutzhaube sitzt. Es sitzt zweckmäßig nahe dem Austritt des Sägeblattes aus dem Werkstück, muß aber so angebracht sein, daß das Werkstück nicht mit abgekühlt wird.

Der Durchmesser des Sägeblattes ist abhängig von der Querschnittshöhe des Werkstückes über der Rollenoberkante des Rollganges, von dem Durchmesser des Aufspannflansches des Sägeblattes, dem unter Rollenoberkante stehenden Teil des Sägeblattes und dem Zwischenraum zwischen Werkstück und Aufspannflansch. Es wird beispielsweise Profilleisen von 300 mm Schnitthöhe mit einem Sägeblatt von 1600 mm Durchmesser geschnitten.

2. Werkstoff der Warmsägeblätter. Als Scheibenwerkstoff wird ein Kohlenstoffstahl von 80—90 kg/mm² Festigkeit und 12—14% Dehnung verwendet, wobei der Mangangehalt etwa 0,8—1% betragen soll. Gehärtet werden diese Blätter nicht; es ist nicht erforderlich, da trotz der hohen Schnittgeschwindigkeit wegen der niedrigen Festigkeit des warmen Werkstoffes der auf den einzelnen Zahn entfallende Schnittdruck sehr gering ist. Auch wäre bei gehärteten Blättern die Bruchgefahr sehr vergrößert. Die Blätter werden in natürlicher Härte geliefert und müssen aus bestem, völlig fehlerfreiem Stahl hergestellt sein. Kleinste Unreinigkeiten, Lunkerstellen u. a. können bei der hohen Umfangsgeschwindigkeit zum Auseinanderfliegen des Blattes führen. Solche sogenannten Explosionen ereignen sich immer wieder, und es kommt vor, daß dabei infolge der großen Zentrifugalkräfte Teile des Blattes durch das Dach des Fabrikraumes weit hinaus auf den Hof geschleudert werden.

3. Rißbildung. Beim Arbeiten mit Warmsägeblättern kann daher gar nicht genug empfohlen werden, die Blätter genau auf Rißbildungen, die meist radial von der Zahnücke aus verlaufen (Abb. 80), öfters während des Stillstandes zu untersuchen und sie sofort auszubauen, wenn sich solche Risse zeigen. Die Ursachen für diese Risse können verschieden sein. Es kann ein Fehler im Werkstoff vorliegen, z. B. kann durch Lunkerbildung eine Doppelblechstelle entstanden sein. Beim Walzen solcher großen Bleche können Doppelblechstellen immer einmal vorkommen, ohne daß sie an dem gewalzten Blech infolge des Zunders zu sehen sind; bei den fertig bearbeiteten und gestanzten Blättern zeigen sich aber dann an der Zahnoberfläche dunklere Linien, die auf eine solche Stelle schließen lassen (Abb. 81). In der Eingangskontrolle sind daher alle Warmsägeblätter am ganzen Umfange genau zu untersuchen. Es können aber trotz genauesten Prüfens solche Stellen vorhanden sein, die nicht erkannt werden konnten. Wenn die Doppelblechbildung aber nur so gering ist, daß sie mit dem bloßen Auge nicht entdeckt werden kann, wird sie sich auch in den meisten Fällen nicht so aus-



Abb. 80. Warmsägeblatt mit Rißbildung.



Abb. 81. Doppelblechstelle.

wirken, daß das Blatt beim Arbeiten völlig zerstört wird. Es ist aber immer Vorsicht geboten. Weitere Ursachen für Rißbildungen können in der Herstellung und in der Behandlung des Blattes liegen. Die Zähne der Blätter werden meist gestanzt, weil dies billiger ist als Fräsen und schneller geht. Es können sich aber beim Stanzen leicht feine Haarrisse bilden — besonders wenn das Werkzeug nicht mehr ganz scharf ist —, die durch die starke und rasch wechselnde Beanspruchung beim Sägen und durch die Erwärmung und das Abschrecken zu größeren Rissen und Sprüngen Anlaß geben können. Der Zahngrund soll eine möglichst große Abrundung haben, da von scharfen Ecken infolge der Kerbwirkung besonders leicht Risse ausgehen. Dieser Fehler wird oft beim Nachschärfen der Blätter hervorgerufen. Es wird vielfach mit der Feile geschärft, oft auch an dem auf der Säge aufgespannten Sägeblatt, um das Ab- und Aufspannen zu ersparen. Hierbei kommt es vor, daß die ursprünglich gute Abrundung im Zahngrund durch Verwendung einer falschen, zu scharfen Feile verloren geht und eine scharfe Ecke entsteht, von der dann eine

Rißbildung ausgehen kann. Je größer die Abrundung in der ursprünglichen Zahn-
lücke ist, desto eher ist es möglich, eine größere und handlichere Feile mit großer
Abrundung der Kanten zu verwenden, um die Bildung von scharfen Ecken zu ver-
meiden.

Es ist bei dem freihändigen Nachschärfen mit der Feile nicht immer zu erreichen,
daß die Zähne alle gleich lang werden. Durch vorstehende Zähne wird beim Ar-
beiten mit dem Blatte nun aber eine starke Stoßwirkung hervorgerufen. Diese
Beanspruchungen wiederholen sich am Tage unzählige Male, was, namentlich bei
scharfen Zahnecken, unbedingt zur Rißbildung und all den erwähnten Weiterungen
führen muß. Dieser Fehler kann beim Schärfen auf einer automatischen Schärf-
maschine bei richtiger Einstellung nicht vorkommen; zur Vermeidung von scharfen
Ecken muß aber darauf geachtet werden, daß die Schärfscheibe immer gut ab-
gerundet ist.

Aber auch eine falsch gewählte Teilung der Zähne kann zu Brüchen führen.
Wie schon bei den Kaltsägeblättern erwähnt, soll die Zahnteilung so groß sein,
daß mindestens immer zwei Zähne im Eingriff sind. Tritt bei kleineren Schnitt-
längen, z. B. bei Stegen von T-Trägern oder Schenkeln von Winkeleisen, der eine
Zahn aus dem Werkstück aus, bevor der nächste Zahn eingegriffen hat, so tritt eine
Entspannung des Vorschubgetriebes ein. Hierdurch hakt der folgende Zahn zu
stark ein, was Brüche zur Folge haben kann. Die Zahnteilung darf aber auch nicht
zu klein sein, weil sich dann bei großen Schnittlängen die Zahnlücke verstopft,
wodurch ebenfalls Brüche hervorgerufen werden. Bei Warmsägeblättern ist dies
jedoch meist nicht so zu befürchten wie bei Kaltsägeblättern, da jeder einzelne
Zahn bei der großen Schnittgeschwindigkeit nur wenig wegzunehmen hat. Die
Zahntiefe ist auch bei kleinerer Zahnteilung meist groß genug, um die entstandenen
Späne aufzunehmen.

4. Zahnform. Die Zahnform der Warmsägeblätter hat man früher immer in
Dreiecksform mit etwas zurückliegender Schneidkante (Abb. 81) ausgeführt, weil
man glaubte, durch die zurückliegende Schneidkante das Einhaken der
Zähne und Rißbildung vermeiden zu können. Dies ist aber durch prak-
tische Versuche nicht erwiesen; es hat sich vielmehr gezeigt, daß auch
für das Warmsägen die allgemeinen Schnittgesetze Gültigkeit haben und
nur durch ihre Befolgung günstige Schnittergebnisse erzielt werden
können. Bei dem Dreieckszahn ist der Freiwinkel viel zu groß und
die Spitze des Zahnes viel zu scharf. Sie erwärmt sich daher leichter,
stumpft schneller ab und legt sich bald um (Abb. 82). Der Freiwinkel wird dadurch
 0° , ein Eindringen der Zähne in das Werkstück ist nicht mehr möglich, und es tritt
mehr ein Abwürgen als ein Schneiden ein. Noch spitzer wird beim Dreieckszahn
die Zahnspitze, wenn man der Zahnbrust (Spanfläche) zur Erreichung eines wirk-
lichen Schneidens einen positiven Spanwinkel gibt. Durch diesen
wird außerdem der Zahn so geschwächt, daß er leichter abbricht.
Man müßte also entsprechend den früheren Ausführungen dem
Zahn zur Verstärkung und zur Erzielung eines kleineren Frei-
winkels einen gewölbten Zahnrückengaben. Bei Warmsägeblättern
braucht aber die Hohlkehle im Zahngrund wegen der auf jeden
einzelnen Zahn entfallenden geringeren Spanmenge und wegen der ganz andersartigen
Spanbildung nicht so groß zu sein, wie bei den Kaltsägen, man führt daher die Zähne
besser nach der Form der Wolfszähne aus, die noch eine bessere Verstärkung des
Zahnes ermöglicht und die sich sowohl mit der Feile als auch mit der Schärfmaschine
besser nachschärfen läßt (Abb. 83). Die Breite des den Freiwinkel bildenden
Teiles der Zahnlücken macht man etwa halb so groß wie den übrigen Teil. Die



Abb. 82.
Abnutzung
des Drei-
eckzahnes.

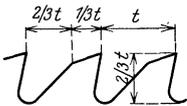


Abb. 83. Wolfszahn.

Zahntiefe ist allgemein etwa $\frac{2}{3}$ der Zahnteilung. Der Spanwinkel soll nicht zu groß sein, etwa 10° und der Freiwinkel etwa $10 \div 15^\circ$. Man erhält so eine Schneide, die weniger schnell abstumpft, eine genügende Festigkeit besitzt und den Kraftverbrauch günstig beeinflusst. Der Kraftverbrauch ist weiter abhängig von der Blattdicke und der Zahnteilung. Die Blattdicke muß so gering wie möglich sein, ohne die Starrheit des Blattes zu gefährden; bei zu geringer Stärke würde das Blatt sich durchbiegen. Man erhält etwa die richtige Stärke s durch die Formel: $s = (0,18 \div 0,20) \sqrt{D}$. Die Teilung muß zur Erzielung des geringsten Kraftverbrauchs möglichst groß sein, damit recht wenige Zähne im Eingriff stehen, dabei gilt aber die schon erwähnte Einschränkung beim Schneiden von Profilen und Rohren, bei denen mindestens immer zwei Zähne im Eingriff sein sollen. Günstige Verhältnisse beim Schneiden von Vollquerschnitten gibt für die am meisten vorkommenden Sägeblattgrößen Tab. 10.

Tab. 10. Abmessungen der Warmsägeblätter.

Blatt \varnothing mm	Blatt- stärke mm	Zahnteil- lung mm	Zähne- zahl
400	3	9	140
500	3,5	10	156
600	4	12	156
700	4	14	156
800	4,5	15	168
900	5	16	176
1000	5,5	18	176
1100	5,5	18	192
1200	6	20	188
1400	7	22	200
1600	7,5	23	220
1800	8	24	236

Die Abb. 84 und 85 zeigen ein Sägeblatt vor Gebrauch und nach einem Schnittquerschnitt von $740\,000\text{ cm}^2$. Die Zahnspitzen weisen jetzt eine starke Abrundung auf, es ist aber aus dem großen Schnittquerschnitt zu erkennen, wie lange die Warmsägeblätter bei richtiger Verwendung und guter Instandhaltung gebraucht werden können.

5. Freischneiden. Die Mittel zur Erzielung des seitlichen Freischneidens spielen bei den Warmsägeblättern nicht die große Rolle wie bei den Kaltsägeblättern. Die großen sehr schnell umlaufenden Sägeblätter werden nie ganz genau in einer Ebene



Abb. 84. Warmsägeblatt vor Gebrauch.

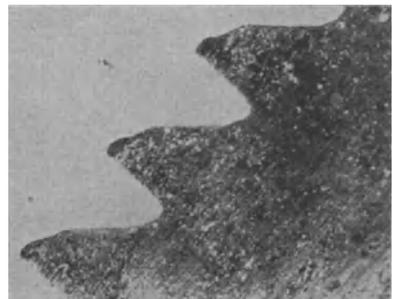


Abb. 85. Warmsägeblatt nach Gebrauch.

laufen, so daß sich die Blätter von selbst in der Schnittfuge freiarbeiten. Das soll natürlich nicht heißen, daß die Blätter einen seitlichen Schlag haben dürfen. Alle Blätter, bei denen mit bloßem Auge ein seitlicher Schlag festgestellt werden kann, bedeuten vielmehr eine große Betriebsgefahr und erhöhen den Kraftverbrauch außerordentlich. Solche Blätter müssen sofort ausgebaut werden. Ein Schränken oder Stauchen der Zähne ist aber aus dem oben angeführten Grunde nicht erforderlich und würde durch den entstehenden breiteren Schnitt nur unnötigerweise den Kraftverbrauch erhöhen. Es hat sich aber erwiesen, daß ein geringes Verjüngt-

schleifen der Blätter nach dem Mittelpunkt zu für alle die Zwecke von Vorteil ist, wo es auf einen sauberen glatten Schnitt besonders ankommt. Das ist immer dann der Fall, wenn in der Adjustage auf diese Weise Nacharbeit gespart werden kann. Durch das Schleifen werden auch gleichzeitig die sonst rauhen Seitenflächen glatter, wodurch auch die Reibung vermindert wird. Der glattere Schnitt ist nur auf die geringere bzw. ganz fortgefallene Reibung zurückzuführen. Es kommt allerdings noch ein Umstand hinzu, der das Schleifen günstig erscheinen läßt: es ist im Walzwerk nicht möglich, diese großen Bleche so zu walzen, daß sie an allen Stellen genau gleiche Stärke haben, und es kommen Stärketoleranzen von $6 \div 10\%$ der Blechstärke vor. Werden nun aus diesen ungleichmäßig gewalzten Blechen Warmsägeblätter hergestellt, so haben diese am Umfang verschiedene Stärken. Daraus folgt, daß die stärkeren Stellen der Blätter dort seitlich reiben, wo die schwächeren Stellen geschnitten haben. Diese stärkeren Stellen der Warmsägeblätter können nur durch seitliches Schleifen beseitigt werden. Demnach werden auch seitlich plangeschliffene Blätter bessere Schnitte ergeben und geringeren Kraftverbrauch aufweisen als die aus den roh gewalzten Blechen hergestellten. Für viele Zwecke genügen die plangeschliffenen Blätter zur Verbesserung der Schnittflächen, und nur bei den ganz großen Blättern wird man zu verjüngt geschliffenen Seitenflächen übergehen, wenn der glattere Schnitt wirklich Vorteile und später Arbeitersparnis bringt. Dabei ist jedoch zu bedenken, daß durch das Plan- oder Verjüngtschleifen die Kosten der Blätter sehr gesteigert werden. Es kommt in Walzbetrieben vor, daß schon mehr als zulässig erkaltetes Walzgut unbedingt geschnitten werden muß, da sonst durch zu lange Stäbe, die kaum fortgeschafft werden können, später weitere sehr hohe Unkosten durch schwierige Transporte entstehen würden. Durch zu kaltes Schneiden kann eine Warmsäge bei einem Schnitt vollkommen unbrauchbar gemacht werden. Man nimmt in solchen Fällen das Unbrauchbarwerden des Sägeblattes als geringeres Übel in Kauf. Wenn nun ein sehr viel teureres geschliffenes Sägeblatt verwendet wurde, ist der entstandene Verlust noch größer. Es muß daher genau geprüft werden, an welchen Stellen des Betriebes mit Vorteil geschliffene Warmsägeblätter zu verwenden sind. In vielen Fällen wird sicher mit diesen wirtschaftlicher zu arbeiten sein, während in anderen Fällen die sogenannten schwarzen Blätter vollkommen ihren Zweck erfüllen. Die verjüngt geschliffenen Blätter dürfen aber nur verwendet werden, wenn die Starrheit des Blattes durch das Dünnerschleifen nach der Mitte zu nicht leidet. Die Blätter wegen des verjüngten Schliffes stärker zu machen als sonst nötig, empfiehlt sich wegen des größeren Kraftverbrauches nur in den seltensten Fällen.

6. Das Richten und Auswuchten. Starrheit und gutes Rundlaufen der Blätter ist unbedingt zu beachten. Das genaue Richten der Blätter bei der Herstellung ist die wichtigste Arbeit des Sägenfabrikanten. Dabei sollen die Blätter nicht nur genau gerade werden, sondern sie müssen auch ebenso wie die Kaltsägeblätter die richtige Spannung erhalten. Im Gegensatz zu den Kaltsägeblättern, die stramm



Abb. 86. Richtige Spannung der Warmsägeblätter.

gerichtet werden, werden die Warmsägeblätter lose gerichtet, d. h. man kann sie nach sachgemäßem Richten vom Rande nach der Mitte zu hin und her biegen (Abb. 86). Sie können durch diese Art der Spannungsverteilung die bedeutenden Fliehkräfte, die bei der hohen Umfangsgeschwindigkeit entstehen, besser aufnehmen als wenn sie stramm gerichtet wären. Falsch gerichtete Blätter, bei denen die Spannung nicht richtig verteilt ist, flattern und schlagen und können nicht verwendet werden. Daher kommt es häufig vor, daß in Betrieben selbst nachgezahnte Sägeblätter nicht mehr richtig arbeiten. Durch das Nachzählen haben sich die Spann-

gen in dem Blatt geändert, und das schlechte Arbeiten ist darauf zurückzuführen. Es ist nicht einfach, ein so großes Warmsägeblatt sachgemäß zu richten. Dazu ist große Sachkenntnis und praktische Erfahrung notwendig, die die Arbeiter in den Hüttenbetrieben meistens nicht haben können. Das Sägenrichterhandwerk ist hauptsächlich in Remscheid zu Hause, wo wirklich gute Sägenrichter sehr gesuchte Leute sind und gut bezahlt werden. Bei Kaltsägeblättern wurde schon empfohlen, diese zum Nachrichten an die Lieferfirma einzusenden, in noch höherem Maße ist dies bei Warmsägeblättern notwendig, da erfahrungsgemäß durch Richtversuche von Schlossern oder sonst sehr tüchtigen anderen Handwerkern mehr verdorben als genutzt wird.

Zum guten und ruhigen Laufen der Sägeblätter trägt das sachgemäße Richten außerordentlich bei, die Blätter müssen aber auch sehr genau ausgewuchtet sein, da durch Unbalancen in den Blättern bei der hohen Umlaufgeschwindigkeit starke Stöße und Erschütterungen entstehen. Frühzeitige Abnutzung der Lager und dadurch weiteres ungenaues und unsauberer Arbeiten der Blätter sind die Folgen, die sich schließlich bis zur Zerstörung der Maschine und des Blattes auswirken können. Unbalancen können in den Blättern schon in erheblichem Maße infolge der erwähnten ungleichmäßigen Stärke der Bleche vorhanden sein, sie können aber auch durch verschiedene Dichtigkeit des Werkstoffs hervorgerufen sein und schließlich auch durch die Art der Bearbeitung entstehen. Auch beim Nachstanzen der Zähne in den Betrieben kann eine Unbalanz in das Blatt hineinkommen, die vor dem Einbau des Blattes wieder beseitigt werden muß. Bei den Warmsägeblättern, die im Verhältnis zum Durchmesser sehr dünn sind und bei denen daher keine Kräftepaare in verschiedenen Ebenen auftreten können, ist das statische Auswuchten am Platze. Hierfür sind in vielen Werkstätten wagerecht gelegte Dreikantlineale in Gebrauch. In die Bohrung des Sägeblattes wird eine Scheibe eingesetzt, die vorher genau ausgewuchtet ist, und durch das Mittelloch der Scheibe eine Achse gesteckt. Man läßt nun das Sägeblatt mit der Achse auf den Dreikantlinealen abrollen und stellt das etwa vorhandene Übergewicht fest. Dies wird durch Bohren von Löchern an der schwereren Stelle oder durch Schleifen beseitigt und das Auswägen so oft wiederholt, bis sich kein Übergewicht mehr zeigt. Die Lineale mit ihren schmalen Kanten werden jedoch leicht beschädigt und ergeben nur dann eine genaue Auswuchtung, wenn sie genau waagrecht und parallel zueinander laufen. Bei Verwendung an mehreren Stellen im Betriebe müssen sie immer wieder genau ausgerichtet werden, was viel Arbeit erfordert und zu Ungenauigkeiten Anlaß gibt. Um dies zu vermeiden, ersetzt man die Lineale durch Auswuchtapparate nach Abb. 87, deren Scheiben in Kugellagern mit geringster Reibung laufen und selbstgenauest ausgewuchtet sind.

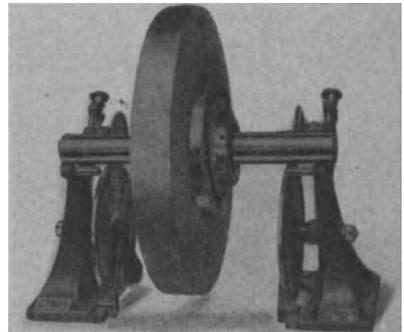


Abb. 87. Auswuchtapparat.

III. Die Trennsägeblätter.

1. Das Arbeiten mit den Trennsägeblättern. Eine besondere Gattung von Kalt-sägen sind die Metalltrennmaschinen, die nach dem Schnellreibverfahren arbeiten. Dieses besteht darin, daß eine schnell umlaufende dünne Stahlscheibe gegen das

zu zerschneidende Werkstück gedrückt wird. Dadurch entsteht so viel Reibungswärme, daß die vom Scheibenumfang berührten Stoffteilchen zum Glühen und Schmelzen kommen und aus der Schnittfuge herausgeschleudert werden. Unterstützt wird die Erzeugung der Reibungswärme noch dadurch, daß der Scheibenumfang mit feinen Riefen, einer Art Korde lung, versehen wird (Abb. 88). Durch das Kordeln oder Aufrauhn wird gleichzeitig der Scheibenrand etwas verbreitert, so daß das Blatt in der Schnittfuge frei läuft und seitlich nicht reibt.

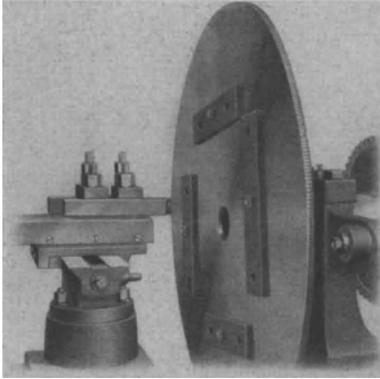


Abb. 88. Trennsägeblatt und Kordelapparat.

Die Scheiben arbeiten mit einer Schnittgeschwindigkeit von etwa 120 m/s. Der Vorschub geschieht von Hand oder maschinell; er soll gleichmäßig und der Art und Stärke des Schnittgutes angepaßt sein. Er wird am besten so geregelt, daß der bedienende Arbeiter einen Strommesser vor sich hat und den Vorschub so bedient, daß immer die festgesetzte Stromstärke erreicht und auch nicht überschritten wird. Die Scheibe muß bis zur Beendigung des Schnittes in stetiger Berührung mit dem Werkstück bleiben, weil sonst keine genügende Reibung auftritt und die erhitzten Werkstoffteilchen nicht schnell genug aus der Schnittfuge herausgeschleudert werden. Eine starke Gratbildung wäre die Folge.

Infolge der hohen Umlaufgeschwindigkeit bleiben die einzelnen Umfangstellen des Blattes nur sehr kurze Zeit in der Schnittfuge und erwärmen sich nicht stark. Durch den entstehenden Luftstrom sowie durch einen starken Wasserstrahl werden außerdem die Blätter beim Arbeiten gekühlt. Das Schneiden mit diesen Blättern geht sehr schnell, z. B. werden Doppel-T-Träger von 450 mm Stärke in 55 Sekunden, Winkeleisen von 160 × 100 mm Schenkellänge in 28 Sekunden geschnitten. Sie eignen sich hauptsächlich für Profile, es können aber auch nicht zu starke Vollwerkstücke geschnitten werden, jedoch ist bei diesen die Schnittzeit kaum kürzer als beim Zersägen auf modernen Kaltkreissägemaschinen. Stärkere Vollwerkstücke werden zweckmäßig während des Schneidens um ihre eigene Achse gedreht. Auch gehärtete Stahlteile können abgetrennt werden, was auf den spanabhebenden Kaltsägen nicht möglich ist. Für die Verwendung der Maschine auf Schrottplätzen kann dies von Vorteil sein.

Der Kraftverbrauch ist infolge des zur Erzeugung der Reibungswärme nötigen hohen Anpreßdruckes sehr groß, da aber andererseits sehr schnell geschnitten wird, ist der Leistungsbedarf für einen Schnitt nicht so erheblich. Es ist aber ein verhältnismäßig sehr starker Motor erforderlich.

Die Schnittfläche wird entsprechend dem Schnittvorgang nicht so glatt und schön wie beim Kaltsägen. Die Randzonen weisen eine leichte Gefügeveränderung auf, die aber nur den Bruchteil eines Millimeters in den Werkstoff eindringt. Die Änderung der Härte in dieser Zone ist auch nur gering, und nur bei Werkzeugstählen und höher legierten Stählen ist die Härtezunahme größer. Eine Gratbildung an den Schnittflächen läßt sich nicht ganz vermeiden und liegt in der Eigenart des thermisch-dynamischen Schneidverfahrens begründet, da an der Schnittstelle der Werkstoff zum Fließen gebracht wird. Der Grat, der bei gut hergestellten und ausgewuchteten Trennblättern entsteht, ist aber nicht erheblich (Abb. 89) und kann mit Hammer und Meißel (Preßluftmeißel od. dgl.) leicht entfernt werden.

Bei härteren Werkstoffen, Stahl höherer Festigkeit, Mangan- oder Chromnickelstahl, bildet sich wesentlich weniger Grat.

In Eisenkonstruktionswerkstätten, Brückenbauanstalten, großen Maschinenfabriken und auf Schrotplätzen finden die Trennmaschinen vorteilhaft Verwendung. Abb. 90 zeigt eine Trennmaschine mit Trennscheibe, die vom Motor unmittelbar angetrieben wird.

2. Ausführung der Blätter.

Hergestellt werden die Trennsägeblätter aus einer zähen, weichen Flußstahllegierung; sie werden ebenso wie die Warmsägeblätter wegen ihrer hohen Umlaufzahl sehr genau ausgewuchtet und gerichtet. Die Her-

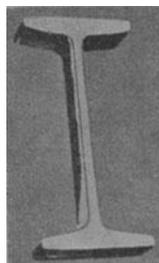


Abb. 89. Gratbildung beim Trennsägen.

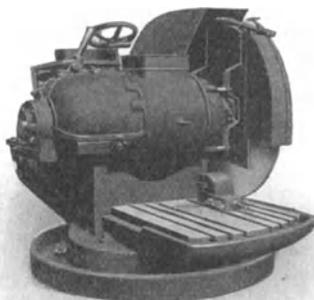


Abb. 90. Trennsäge.

stellungsmaße, die im allgemeinen angewendet werden, sind aus Tab. 11 zu ersehen.

Beim Arbeiten mit den Blättern ist auf den Zustand der Kordelung zu achten. Diese nutzt sich allmählich je nach der Härte des zu schneidenden Werkstoffes ab

und muß, sobald sich ein stärkerer Verschleiß bemerkbar macht, erneuert werden. Zu diesem Zweck wird auf einer Kopf- oder Karusselldrehbank der gekordelte Rand abgedreht und der Umfang mit einem Kordelapparat nach Abb. 88 neu aufgerauht. Das Sägeblatt kann so oft neu gekordelt werden, bis es im Durchmesser zu klein geworden ist. Durch das Abdrehen des Randes kann sich die Spannung in dem Blatt verändern. Es fängt dann infolge der großen Umlaufzahl

Tab. 11. Abmessungen der Trennsägeblätter.

Blatt Ø mm	Blatt- stärke mm	Schnitt- breite mm	Teilung d. Kordie- rung mm
300	1,5	3,5	1
500	2	4	1
650	4	6	2
700	4	6	2
900	5	7	2
1300	8	10	2

auf der Maschine zu flattern an und ergibt keinen geraden Schnitt mehr. Dann muß das Blatt neu gerichtet werden, was am besten bei der Herstellerfirma geschieht. Die Lebensdauer eines Blattes ist im allgemeinen groß, und die entstehenden Werkzeugkosten sind entsprechend gering.

3. Gußtrennblätter. Durch eine Änderung in der Ausbildung des Sägeblattes ist es auch möglich, die Trennmaschinen in Grau- und Stahlgießereien für das Absägen von Trichtern, verlorenen Köpfen und anderen Arbeiten zu verwenden. Die Gußtrennblätter erhalten neben der Kordelung noch Einfräsungen am Umfang, wodurch eine dauernde Unterbrechung der Reibung zwischen Werkstück und Scheibe hervorgerufen wird (Abb. 91). Dies hat sich aus Gründen der Verschiedenheit des wärmetechnischen Verhaltens des Grau- und Stahlgusses gegenüber Eisen und Stahl als

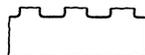


Abb. 91. Gußtrennblatt.

notwendig erwiesen. Vorteilhaft ist es, daß die Trennscheiben, im Gegensatz zu den spanabhebenden Kaltsägen, gegen Lunkerstellen und Sandeinschlüsse unempfindlich sind. Verschiedene Verwendungsmöglichkeiten der Trennmaschinen zeigen die Abb. 92—94, aus denen auch zu ersehen ist, daß Motor mit Schneidscheibe und Werkstück gegeneinander ausgetauscht werden können. Das kann für sperrige Gußstücke öfters von Vorteil sein.

Für weichere Werkstoffe, wie Kupfer und Messing, sind die Trennmaschinen weniger geeignet.

4. Anwendung der Trennmaschinen. Bei Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Trennmaschinen ist zu berücksichtigen, daß die Anlagekosten gegenüber Kaltkreissägen erheblich höher sind. Zum Schneiden von gleichen Werkstoffquerschnitten werden infolge der Bauart der Trennmaschinen weit größere Blattdurch-

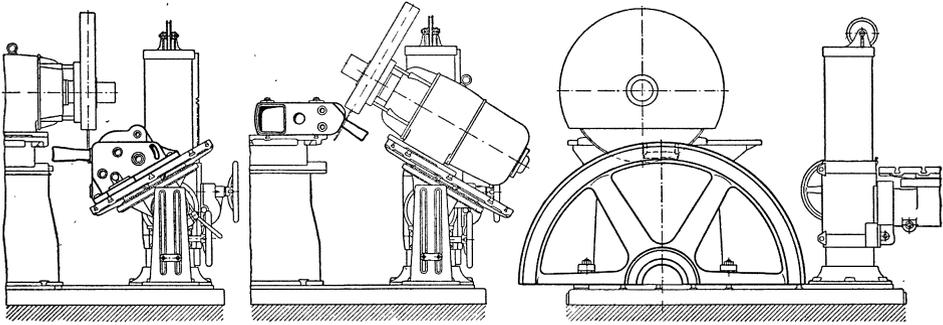


Abb. 92—94. Verschiedene Verwendungsmöglichkeiten der Trennmaschine.

messer benötigt, der Antriebmotor muß mindestens die fünffache Größe haben und wegen der starken Stromstöße, die beim Arbeiten mit der Maschine auftreten können, müssen auch die Leitungsquerschnitte größer genommen werden als sonst nötig. Wenn auch das Geräusch beim Arbeiten bei der jetzigen Ausführung von

Maschine und Werkzeug wesentlich geringer ist als früher, so wird man trotzdem eine solche Maschine nicht gern in sonst geräuschloseren Maschinenhallen aufstellen wollen. In den obenerwähnten Betrieben spielt dagegen der Lärm wegen des schon herrschenden Getöses keine Rolle.

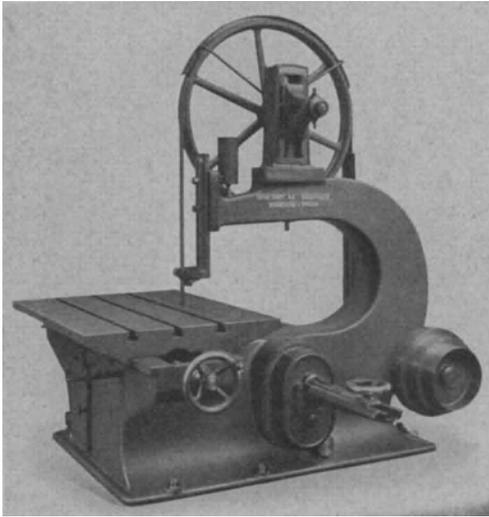


Abb. 95. Metallbandsäge.

IV. Weitere Schneidverfahren.

1. Metallbandsägen. Ebenfalls Maschinen mit umlaufendem und daher ununterbrochen arbeitendem Sägeblatt sind die Metallbandsägen, die in ihrem Aufbau den in der Holzbearbeitung üblichen Maschinen ähneln (Abb. 95). Sie dienen im wesentlichen für Sonderzwecke: für das Absägen von Trichtern und Angüssen an Rot-, Messing- und

Leichtmetallguß, zum Zerteilen und Ausschneiden von Blechen, wobei auch Bogenschnitte ausgeführt werden können. Die Sägeblätter aus Kohlenstoff- und auch aus legiertem Stahl erhalten zum Freischneiden geschränkte Zähne; sie bilden ein endloses Band, das auf zwei mit Gummi belegten Scheiben läuft und zwischen diesen oberhalb des Werkstückes sowie unterhalb des Tisches von je zwei Seitenrollen und einer Rückenrolle geführt wird. Die untere Scheibe ist die Antriebsscheibe und ortsfest gelagert, während mit der oberen senkrecht einstellbaren Scheibe das Sägeblatt gespannt werden kann. Ein Spanabstreifer unterhalb

des Tisches befreit das Sägeblatt von Spänen, was auch zur Schonung der Gummiauflagen erforderlich ist. Das Werkstück wird auf dem Tisch befestigt und kann von Hand oder selbsttätig vorgeschoben werden. Nach beendetem Schnitt läuft der Tisch mit beschleunigter Geschwindigkeit zurück.

Bei veränderlichen Querschnitten, z. B. bei einem flachliegenden Doppel-T-Träger, kann der Vorschub bei dem kleineren Querschnitt in der Mitte während des Ganges der Maschine vergrößert werden. Gut geschärfte und regelmäßig geschränkte Sägeblätter sind auch bei diesen Maschinen die Vorbedingung für ein wirtschaftliches Arbeiten. Zum Schärfen und Schränken dienen selbsttätige Schleif- und Schränkmaschinen.

Eine wesentlich andere Form zeigt eine amerikanische Bandsäge (Abb. 96). Das Bandsägeblatt ist hier waagrecht gelagert und vor und hinter dem Schnitt durch Rollen gut geführt, so daß es möglich ist, sehr gerade Schnitte zu erzielen. Die Sägeblattstärke beträgt nur 0,9 mm. Auf diesen Maschinen können alle Werkstoffe wie auf einer Kaltkreissäge aufgespannt und geschnitten werden mit dem Vorteil eines wesentlich geringeren Stoffverlustes, der nur etwa der gleiche wie bei einer Hubsäge ist. Dagegen sind die Schnittzeiten infolge des umlaufenden Sägeblattes erheblich kürzer als auf einer Hubsäge, wenn auch noch etwa 3—4mal so lang wie auf einer Kaltkreissäge. Von Werkstätten, die hochwertigen Werkstoff verarbeiten, wie von Werkzeugfabriken beim Schneiden von Schnellstahl, kann durch Verwendung dieser Maschinen viel Abfall erspart werden, bei sehr erhöhter Schnittleistung gegenüber den sonst wohl für diese Zwecke gern gebrauchten Hubsägen.

2. Elektrotrennverfahren. Eine interessante Verbindung von Schnellreißsäge und elektrischem Lichtbogen stellt das Elektrotrennverfahren dar, das erstmalig auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1926 vorgeführt wurde (Abb. 97).

Der Werkstoff der Schnittfuge wird hierbei ebenso wie beim Schnellreibverfahren zunächst durch das Sägeblatt erhitzt, geschmolzen und dann ausgeschleudert, nur mit dem Unterschied, daß der Werkstoff nicht durch Reibung, sondern durch den elektrischen Lichtbogen erwärmt wird. Die mit einer Umlaufgeschwindigkeit von



Abb. 96. Horizontale amer. Metallbandsäge.

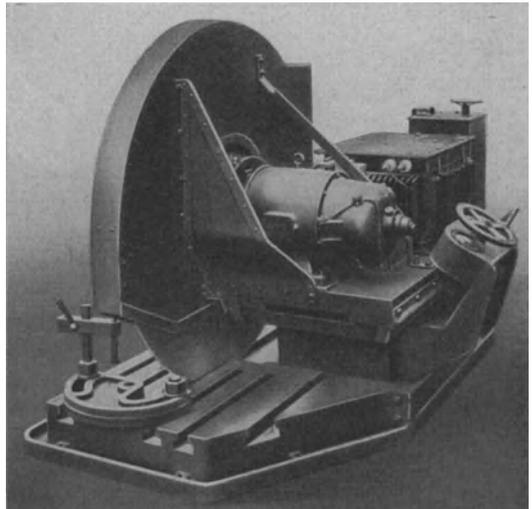


Abb. 97. Elektrotrennmaschine.

120 m/s arbeitende Trennscheibe wird mit einem Pol einer elektrischen Stromquelle und das zu sägende Werkstück mit dem anderen Pol verbunden (Abb. 98). Beide, Trennscheibe und Werkstück, müssen zu diesem Zweck sehr gut isoliert gelagert bzw. aufgespannt werden. Je nach den Abmessungen des Arbeitsstückes

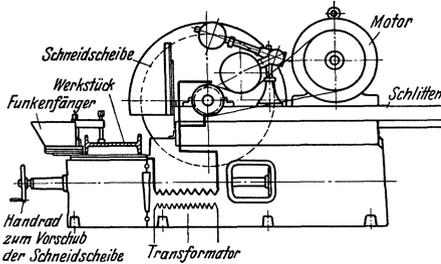


Abb. 98. Aufbau der Elektrotrennmaschine.

muß der Strom eine bestimmte Stärke und Spannung haben, so daß sich an der Eingriffsstelle der umlaufenden Trennscheibe im Werkstück ein elektrischer Lichtbogen ausbilden kann. Auf diese Weise wird der Werkstoff der Schnittfuge erhitzt und durch die Zähne des Sägeblattes herausbefördert (Abb. 99). Das Sägeblatt trägt also an seinem Umfang Zähne wie ein Kaltsägeblatt, leistet aber selbst keine mechanische Arbeit, sondern dient nur als Stromträger und zum Beseitigen der geschmolzenen Metallteilchen. Beim Anschneiden wird die Trennscheibe, nachdem sie die volle Umdrehungszahl erreicht hat, in leichte Berührung mit dem Arbeitsstück gebracht. Es erscheint an der Eingriffsstelle eine grelle elektrische Flamme, und kräftig sprühende Funken spritzen nach oben und unten aus der Fuge heraus. Wird die Scheibe zu kräftig gegen das Werkstück gedrückt, so daß sich kein elektrischer Lichtbogen bilden kann, so wird das Sägeblatt in kürzester Zeit abgenutzt und zerstört, da es dann sofort mechanische Schnittarbeit leisten muß, der es bei der hohen Umlaufgeschwindigkeit und der Art seiner Herstellung aus ungehärteten Flußstahlblechen nicht gewachsen ist. In den Zahnlücken setzen sich nach einiger Betriebsdauer die geschmolzenen Metallteilchen fest und verhindern ein weiteres Arbeiten. Um

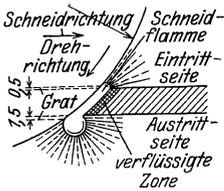


Abb. 99. Wirkungsweise des Elektrotrennblattes.

weiter sägen zu können, müssen sie erst entfernt werden, was nicht ganz einfach ist, da sie meist sehr fest sitzen.

Das Sägeblatt ist, damit es freischneidet, am Rande stärker als in der Mitte, entweder mit gestauchten oder geschränkten Zähnen oder verjüngt geschliffen.

Der Lichtbogen sollte immer an den Zahnspitzen übertreten, es zeigt sich aber beim Arbeiten, daß sich der breitere Rand sehr bald abnutzt und das Blatt unbrauchbar wird. Das muß entweder daran liegen, daß der Werkstoff an den Seitenwänden der Schnittfugen nicht warm genug wird und dadurch die seitlich etwas vorstehenden Zahnnecken sich abnutzen, oder daß auch an diesen Stellen ein Lichtbogen sich ausbildet und die Ecken der Zähne verbrennt. Die Schwierigkeit des Elektrotrennverfahrens liegt daher in der richtigen Ausbildung des Sägeblattes, das den Strom gut übertragen muß und sich nicht zu schnell abnutzen darf. An dieser letzten Forderung wird aber dieses sinnvoll erdachte Verfahren wohl scheitern, das wärmewirtschaftlich sehr günstig arbeiten müßte, da die aufgewandte elektrische Energie unmittelbar in Wärme umgesetzt wird.

Die Veränderung des Werkstoffes an der Schnittfläche findet nur auf eine geringe Tiefe statt, und die Schnitte werden einigermaßen glatt, so daß die Maschine zum Schneiden von schweren Profilen, Schienen usw. in Eisenkonstruktionswerkstätten sonst eine gute und wirtschaftliche Verwendungsmöglichkeit finden könnte. Man hat auch versucht, zum Schneiden Gleichstrom zu verwenden und diesen in einem mit der Schneidscheibe zusammengebauten Generator, in dem die Schneid-

scheibe selbst als Anker läuft, zu erzeugen. Doch scheinen die Versuche mit diesen Maschinen noch nicht abgeschlossen zu sein.

3. Durchschleifen an Stelle von Sägen. Dieses neue Verfahren stammt aus Amerika und fängt an, auch in Deutschland Eingang zu finden. Das Wesentliche sind hierbei die geeigneten Schleifscheiben, an denen es bisher immer gefehlt hatte. Durch die Radial-Abstech-Schleifscheiben ist ein wirtschaftliches Durchschneiden möglich geworden. Diese sind hart gebrannt, porös, aber trotzdem elastisch genug, und nur 2÷3 mm stark, so daß ein geringer Schnittverlust beim Arbeiten entsteht. Die Schnittgeschwindigkeit beträgt etwa 80 m/s. Die Scheiben erzeugen eine vollkommen glatt geschliffene Schnittfläche, ohne den Werkstoff zu verbrennen. Das Verfahren eignet sich für kleine Querschnitte in der Massenfertigung.

Die Maschinen sind sehr einfach gebaut. Auf einem durch Handhebel verschiebbaren Tisch wird in einen Schraubstock das Werkstück eingespannt (Abb. 100) und gegen die umlaufende Schleifscheibe gedrückt. Diese schneidet sehr schnell und außerdem alle Werkstoffe gleich gut, weiche Metalle, alle Stahlsorten und auch gehärtete Werkzeug- und Schnellstähle. Da die letzteren sonst gar nicht geschnitten werden können, bietet sich durch dieses Verfahren vielleicht die Möglichkeit, in manchen Fällen die Herstellungsverfahren abzuändern und zu verbessern. Die Maschinen werden für Scheiben von 300—400 mm Durchmesser gebaut und sind für Vollwerkstoff von etwa 50 mm Durchmesser und Profile und Rohre vom gleichen Querschnitt zu gebrauchen. Durch Drehen des Werkstückes beim Trennen wird es auch möglich, starkwandigere Rohre zu schneiden. Von einer Stahlstange von 9 mm \varnothing können z. B. in $2\frac{1}{2}$ Minuten 100 Stücke abgeschnitten werden, ein Schnitt durch Vollwerkstoff von 45 mm \varnothing dauert etwa 6 Sekunden, Winkleisen $30 \times 30 \times 3$ mm wird in 3 Sekunden geschnitten. Nach einer gewissen Abnutzung der Schleifscheibe muß die Umdrehungszahl erhöht werden, um wieder auf die richtige Schnittgeschwindigkeit zu kommen. Die Anzahl der Schnitte, die eine Scheibe leisten kann, ist sehr hoch. Da außerdem das lästige Schärfen, wie es bei Sägeblättern notwendig ist, wegfällt, ist das Durchschleifen kleiner Querschnitte in vielen Fällen sehr brauchbar.

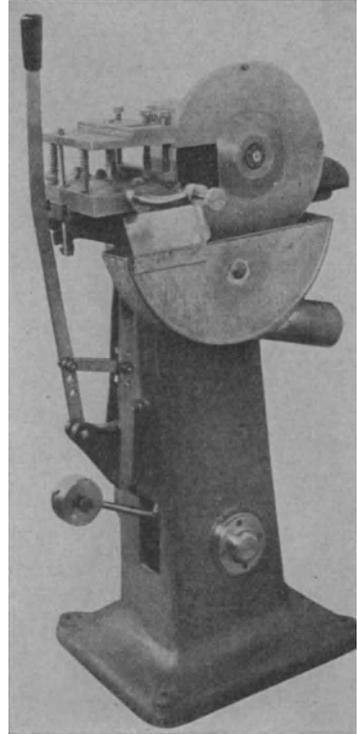


Abb. 100. Abstechschleifmaschine.

Für Photos und Bildstöcke hat der Verfasser folgenden Firmen
zu danken:

Gustav Wagner, Reutlingen: Abb. 22, 23, 35, 37, 38, 39, 45, 58.

Gebr. Heller, Nürtingen: Abb. 21, 31, 42, 49, 54.

Demag, Duisburg: Abb. 77, 78, 97.

Krupp-Gruson, Magdeburg: Abb. 79, 95.

Marswerke, Nürnberg-Doos: Abb. 88, 90.

Joh. Wilh. Arntz, Remscheid: Abb. 9, 84, 85.

Trebelwerk, Düsseldorf: Abb. 63, 87.

Otto Junker, Lammersdorf: Abb. 46, 47, 48.

Franz Irmischer, Saalfeld: Abb. 52, 55.

Burkhardt & Weber, Reutlingen: Abb. 34, 50.

David Dominikus, Remscheid: Abb. 73.

Gebr. Thieliicke, Berlin: Abb. 96.

Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen und der Metallbearbeitung. Von Professor F. W. Hülle, Dortmund. In zwei Bänden.

Erster Band: **Der Bau der Werkzeugmaschinen.** Sechste, vermehrte Auflage.

Mit 512 Textabbildungen. IX, 269 Seiten. 1928. RM 6.50; gebunden RM 7.75

Zweiter Band: **Die wirtschaftliche Ausnutzung der Werkzeugmaschinen.** Vierte, vermehrte Auflage. Mit 580 Abbildungen im Text und auf einer Tafel sowie 46 Zahlentafeln. VIII, 309 Seiten. 1926. RM 9.—; gebunden RM 10.50

Die Bohrmaschine. Ihre Konstruktion und ihre Anwendung. Gesammelte Arbeiten aus der Werkstattstechnik, VI. bis XVII. Jahrgang, 1912 bis 1923. Herausgegeben von Professor Dr.-Ing. G. Schlesinger, Berlin. IV, 158 Seiten. 1925. RM 15.—

Über Dreharbeit und Werkzeugstähle. Autorisierte deutsche Ausgabe der Schrift: "On the art of cutting metals" von Fred. W. Taylor, Philadelphia, von Professor A. Wallihs, Aachen. Vierter, unveränderter Abdruck. Mit 119 Figuren und Tabellen. XII, 231 Seiten. 1920. Gebunden RM 8.40

Die Dreherei und ihre Werkzeuge. Handbuch für Werkstatt, Büro und Schule. Von Betriebsdirektor Willy Hippler. Dritte, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Erster Teil: Wirtschaftliche Ausnutzung der Drehbank. Mit 136 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. VII, 259 Seiten. 1923. Gebunden RM 13.50

Grundzüge der Zerspanungslehre. Eine Einführung in die Theorie der spanabhebenden Formung und ihre Anwendung in der Praxis. Von Dr.-Ing. Max Kronenberg, Beratender Ingenieur, Berlin. Mit 170 Abbildungen im Text und einer Übersichtstafel. XIV, 264 Seiten. 1927. Gebunden RM 22.50

Spanlose Formung. Schmieden, Stanzen, Pressen, Prägen, Ziehen. Bearbeitet von Dipl.-Ing. M. Evers, Dipl.-Ing. F. Großmann, Dir. M. Lebeis, Dir. Dr.-Ing. V. Litz, Dr.-Ing. A. Peter. Herausgegeben von Dr.-Ing. V. Litz, Betriebsdirektor bei A. Borsig G. m. b. H., Berlin-Tegel. (Bildet Bd. IV der „Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure“.) Mit 163 Textabbildungen und 4 Zahlentafeln. VI, 152 Seiten. 1926. Gebunden RM 12.60

Schmieden und Pressen. Von P. H. Schweißguth, Direktor der Teplitzer Eisenwerke. Mit 236 Textabbildungen. IV, 110 Seiten. 1923. RM 4.—

Die moderne Stanzerei. Ein Buch für die Praxis mit Aufgaben und Lösungen. Von Ingenieur Eugen Kaczmarek. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 186 Textabbildungen. VIII, 209 Seiten. 1929. RM 13.—; gebunden RM 14.40

Elemente des Werkzeugmaschinenbaues. Ihre Berechnung und Konstruktion. Von Professor Dipl.-Ing. Max Coenen, Chemnitz. Mit 297 Abbildungen im Text. IV, 146 Seiten. 1927. RM 10.—

Die Werkzeugmaschinen, ihre neuzeitliche Durchbildung für wirtschaftliche Metallbearbeitung. Ein Lehrbuch von Professor Fr. W. Hülle, Dortmund. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 1020 Abbildungen im Text und auf Textblättern sowie 15 Tafeln. VIII, 611 Seiten. 1919. Unveränderter Neudruck 1923. Gebunden RM 24.—

Moderne Werkzeugmaschinen. Von Ingenieur Felix Kagerer. Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage. (Bildet Band 3 der „Technischen Praxis“.) Mit 155 Abbildungen und 16 Tabellen. 265 Seiten. 1923. Gebunden RM 3.—

Die Arbeitsgenauigkeit der Werkzeugmaschinen (Prüfbuch). Von Professor Dr.-Ing. G. Schlesinger, Berlin. Mit 31 Abbildungsgruppen. 40 Seiten. 1927. Gebunden RM 6.—; durchschossen RM 7.—

Werkzeuge und Einrichtung der selbsttätigen Drehbänke. Von Ph. Kelle, Oberingenieur in Berlin. Mit 348 Textabbildungen, 19 Arbeitsplänen und 8 Leistungstabellen. V, 154 Seiten. 1929. RM 15.—; gebunden RM 16.50

Die Werkzeuge und Arbeitsverfahren der Pressen. Mit Benutzung des Buches „Punches, dies and tools for manufacturing in presses“ von Joseph V. Woodworth von Oberingenieur Professor Dr. techn. Max Kurrein, Charlottenburg. Zweite, völlig neubearbeitete Auflage. Mit 1025 Abbildungen im Text und auf einer Tafel sowie 49 Tabellen. IX, 810 Seiten. 1926. Gebunden RM 48.—

Spanabhebende Werkzeuge für die Metallbearbeitung und ihre Hilfseinrichtungen. Bearbeitet von Direktor R. Bussien, Oberingenieur A. Cochius, Prokurist K. Gildenstein, Ingenieur E. Herbst, Direktor W. Hippler, Dr.-Ing. R. Koch, Ingenieur H. Mauck, Direktor Dr.-Ing. e. h. J. Reindl, Professor Dr.-Ing. O. Schmitz, Dipl.-Ing. E. Simon, Professor E. Toussaint. Herausgegeben von Dr.-Ing. e. h. J. Reindl, Technischer Direktor der Schuchardt & Schütte A.-G. (Bildet Band 3 der „Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure“.) Mit 574 Textabbildungen und 7 Zahlentafeln. XI, 455 Seiten. 1925. Gebunden RM 28.50

Die Bearbeitung von Maschinenteilen nebst einer Tafel zur graphischen Bestimmung der Arbeitszeit. Von E. Hoeltje, Hagen i. W. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 349 Textfiguren und einer Tafel. IV, 98 Seiten. 1920. RM 3.—

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, VOR- UND FACHARBEITER
HERAUSGEGEBEN VON DR.-ING. EUGEN SIMON, BERLIN

Bisher sind erschienen (Fortsetzung):

Heft 35: Der Vorrichtungsbau.

II: Bearbeitungsbeispiele mit Reihenplanmäßig konstruierter Vorrichtungen, Typische Einzelvorrichtungen.
Von Fritz Grünhagen.

Heft 36: Das Einrichten von Halbautomaten.
Von J. van Himbergen, A. Bleckmann, A. Waßmuth.

Heft 37: Modell- und Modellplattenherstellung für die Maschinenformerei.
Von Fr. und Fe. Brobeck.

Heft 38: Das Vorzeichnen im Kessel- und Apparatebau.

Von Ing. Arno Dorl.

In Vorbereitung bzw. unter der Presse befinden sich:

Rohe Schrauben. 1. Teil. Das Anstauchen der Köpfe. Von Ing. J. Berger.

Das Pressen von Nicht Eisenmetallen. Von Dr.-Ing. A. Peter.

Stanztechnik I und II. Von Dipl.-Ing. Erich Krabbe.

Stanztechnik III. Von Dr.-Ing. Walter Sellin.

Fellen. Von Dr.-Ing. Bertold Buxbaum.

Die Maschinenelemente. Ein Lehr- und Handbuch für Studierende, Konstrukteure und Ingenieure von Prof. Dr.-Ing. Felix Bötscher, Aachen. In zwei Bänden.

Erster Band: Mit Abbildung 1—1042 und einer Tafel. XX, 600 Seiten. 1927.

Gebunden RM 41.—

Zweiter Band: Mit Abbildung 1043—2296. XX, 754 Seiten. 1929. Gebunden RM 48.—

Maschinenelemente. Leitfaden zur Berechnung und Konstruktion für technische Mittelschulen, Gewerbe- und Werkmeisterschulen sowie zum Gebrauche in der Praxis.

Von Ing. Hugo Krause. Vierte, vermehrte Auflage. Mit 392 Textfiguren. XII, 324 Seiten. 1922.

Gebunden RM 8.—

Automaten. Die konstruktive Durchbildung, die Werkzeuge, die Arbeitsweise und der Betrieb der selbsttätigen Drehbänke. Ein Lehr- und Nachschlagbuch von Ph. Kelle, Oberingenieur in Berlin. Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 323 Figuren im Text und auf 11 Tafeln, sowie 37 Arbeitsplänen und 8 Leistungstabellen. XI, 466 Seiten. 1927.

Gebunden RM 26.—

Das Einrichten von Halbautomaten. Die Einspindel-Maschinen System Potter & Johnston und Monforts, die Mehrspindel-Maschine System Prentice. Von Oberingenieur J. van Himbergen, Ingenieur A. Bleckmann und Oberingenieur A. Wassmuth. (Bildet Heft 36 der „Werkstattbücher“, herausgegeben von Eugen Simon.) Mit 45 Figuren im Text. 52 Seiten. 1928.

RM 2.—

Zeitsparende Vorrichtungen im Maschinen- und Apparatebau.
Von O. M. Müller, Berlin. Mit 987 Abbildungen. VIII, 357 Seiten. 1926. Gebunden RM 27.90

Vorrichtungen im Maschinenbau nebst Anwendungsbeispielen aus der Praxis. Von Obering. Otto Lich, Berlin. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 656 Abbildungen im Text. VII, 500 Seiten. 1927.

Gebunden RM 26.—

Elemente des Vorrichtungsbaues. Von Oberingenieur E. Gempe. Mit 727 Textabbildungen. IV, 132 Seiten. 1927.

RM 6.75; gebunden RM 7.75