
9.1 Definition

Sägen ist ein Zerspanungsverfahren, bei dem das vielschneidige Werkzeug die Schnittbewegung und die Vorschubbewegung ausführt.

9.2 Sägeverfahren

9.2.1 Sägen mit Sägeblatt

Das Sägeblatt ist das Werkzeug für die Bügelsäge. Der Werkzeugträger der Bügelsäge (Abb. 9.1) führt eine hin- und hergehende Bewegung aus.

Dabei ist das Werkzeug nur in einer Bewegungsrichtung (Zugrichtung des Sägebügels) im Schnitt. Beim Rückhub wird das Sägeblatt, damit die Schneiden nicht beschädigt

Abb. 9.1 Bügelsäge, Typ RSR
(Werkfoto der Fa. Cordier,
Menden)

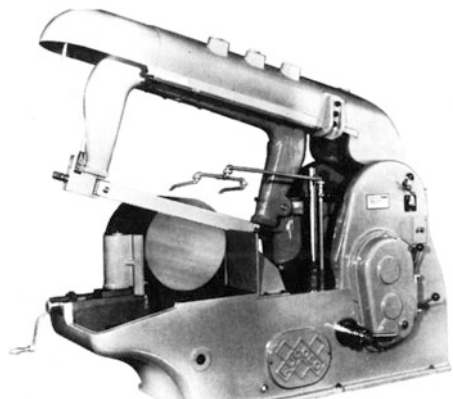


Abb. 9.2 Bandsäge in liegender Anordnung Typ LBU 421
(Werkfoto der Fa. A. Mössmer, Mutlangen)



werden, vom Werkstück abgehoben. Durch den Rückhub, bei dem keine Schnittarbeit geleistet wird, entstehen beim Sägeblatt große Leerlauf- und damit große Verlustzeiten. Wegen der begrenzten Länge der Sägeblätter sind nur wenige Zähne im Einsatz. Deshalb sind die Standzeiten dieser Sägeblätter begrenzt.

9.2.2 Sägen mit endlosen Sägebändern

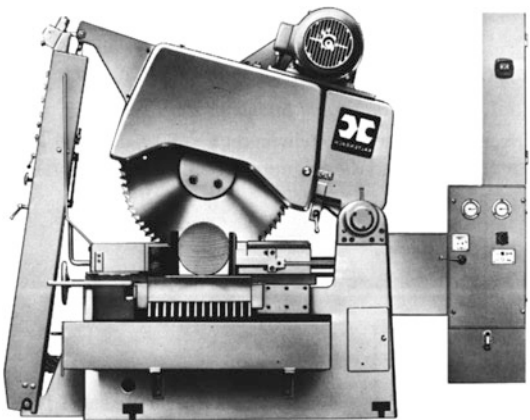
Bei den Bandsägen (Abb. 9.2) ist das Werkzeug ein endloses Band. Die mittlere gestreckte Länge solcher Bänder liegt zwischen 2 und 9 m (bei Großbandsägen bis zu 22 m). Im Gegensatz zur Bügelsäge gibt es hier keinen Tothub. Außerdem sind auf Grund der Bandlänge, im Vergleich zum Sägeblatt, viele Zähne im Einsatz. Deshalb haben Bandsägeblätter höhere Standzeiten als Bügelsägeblätter.

9.2.3 Sägen mit Kreissägeblättern

Das Kreissägeblatt ist das Werkzeug der Kreissägemaschine (Abb. 9.3), das es in verschiedenen Ausführungsformen gibt. Man unterscheidet Stahlvollblätter, bei denen das ganze Blatt aus dem gleichen Werkstoff besteht und Kreissägeblätter mit eingesetzten Zahnsegmenten aus Schnellstahl oder Segmenten mit eingesetzten Hartmetallzähnen.

Kreissägeblätter haben im Vergleich zu den Bandsägeblättern eine große Eigenstabilität. Sägeblätter unter 300 mm Durchmesser, die auch auf Fräsmaschinen eingesetzt werden, bezeichnet man als Metallkreissägen. Sie sind in DIN 1837 und DIN 1838 genormt.

Abb. 9.3 Kaltkreissägemaschine mit Schwenkrahmen Modell HDM 800 (Werkfoto der Fa. Kaltenbach, Lörrach)



9.3 Aufgaben und Einsatzgebiete der Sägeverfahren

Die wichtigste Aufgabe der Sägeverfahren ist das Trennen und Ablängen von Stangen- und Profilmaterial und das Ausschneiden von Durchbrüchen in Platten. Dazu gehört z. B. das Ausschneiden von Durchbrüchen in Schnittplatten für Schnittwerkzeuge.

9.4 Erreichbare Genauigkeiten beim Sägen

Man unterscheidet beim Sägen zwei Arten von Genauigkeit.

Die Längengenauigkeit zeigt an, welche Wiederholgenauigkeit bezüglich der Länge ein abgeschnittenes Werkstück erreichen kann.

Die Winkelgenauigkeit zeigt, wie genau die Winkeligkeit des abgesägten Werkstückes ist. Sie wird in der Regel in mm bezogen auf 100 mm Schnitthöhe angegeben (Tab. 9.1).

Tab. 9.1 Erreichbare Genauigkeiten beim Sägen

Beurteilungsmerkmal	Bügelsägen	Bandsägen	Kreissägen
Längengenauigkeit in mm	$\pm 0,2-0,25$	$\pm 0,2-0,3$	$\pm 0,15-0,2$
Winkelgenauigkeit in mm bezogen auf 100 mm Schnitthöhe	$\pm 0,2-0,3$	mit neuem Sägeband $\pm 0,15$ am Ende der Standzeit des Bandes $\pm 0,5$	$\pm 0,15-0,3$

9.5 Kraft- und Leistungsberechnung

9.5.1 Beziehungen, die für alle Sägeverfahren gültig sind

Spanungsdicke und Spanungsbreite

Weil beim Sägen der Einstellwinkel $\iota = 90^\circ$ ist, entspricht hier die Spanungsdicke dem Vorschub pro Zahn und die Spanungsbreite der Schnittbreite (Abb. 9.4).

$$h = f_z$$

$$b = a_p$$

h Spanungsdicke in mm

f_z Vorschub pro Zahn in mm

b Spanungsbreite in mm

a_p Schnittbreite in mm

Spezifische Schnittkraft

$$k_{ch} = \frac{(1 \text{ mm})^z \cdot k_{c1,1}}{h^z} = \frac{(1 \text{ mm})^z \cdot k_{c1,1}}{f_z^z}$$

Mit Berücksichtigung der Korrekturfaktoren ergibt sich dann

$$k_c = \frac{(1 \text{ mm})^z}{f_z^z} \cdot k_{c1,1} \cdot K_v \cdot K_{st} \cdot K_{ver}$$

k_c spezifische Schnittkraft in N/mm^2

$k_{c1,1}$ spezifische Schnittkraft bezogen auf $h = b = 1 \text{ mm}$ in N/mm^2

k_{ch} spezifische Schnittkraft bezogen auf h^z in N/mm^2

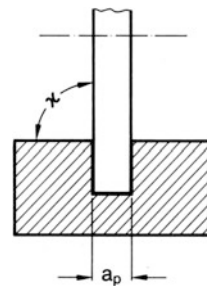
f_z Vorschub pro Zahn in mm

z Exponent (Materialkonstante)

K_v Korrekturfaktor für die Schnittgeschwindigkeit

$K_v = 1,0$ für HM, $K_v = 1,15$ für SS-Werkzeuge

Abb. 9.4 Einstellwinkel $\iota = 90^\circ$ deshalb ist $b = a_p$



$K_{\text{st}} = 1,2$ Korrekturfaktor für die Spanstauchung

$K_{\text{ver}} = 1,3$ Verschleißfaktor

Der Verschleißfaktor berücksichtigt den Verschleiß am Werkzeug.

Beim arbeitsscharfen Werkzeug ist er 1,0.

Am Ende der Standzeit ist $K_{\text{ver}} = 1,3$.

Hauptschnittkraft pro Zahn

$$F_{\text{cz}} = A \cdot k_c = a_p \cdot f_z \cdot k_c$$

F_{cz} Hauptschnittkraft pro Zahn in N

A Spanungsquerschnitt in mm^2

a_p Schnittbreite in mm

f_z Vorschub pro Zahn in mm

Gesamtschnittkraft für die im Eingriff befindlichen Zähne

$$F_c = F_{\text{cz}} \cdot z_E = a_p \cdot f_z \cdot k_c \cdot z_E$$

F_c Gesamtschnittkraft in N

F_{cz} Hauptschnittkraft pro Zahn in N

a_p Schnittbreite in mm

f_z Vorschub pro Zahn in mm

z_E Anzahl der im Eingriff befindlichen Zähne

Maschinenantriebsleistung

$$P = \frac{F_c \cdot v_c}{10^3 \text{ W/kW} \cdot 60 \text{ s/min} \cdot \eta_M}$$

P Antriebsleistung der Maschine in kW

F_c Gesamtschnittkraft in N

v_c Schnittgeschwindigkeit in m/min

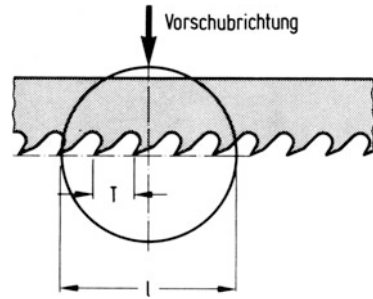
η_M Wirkungsgrad der Maschine

9.5.2 Sägen mit Sägeblatt oder Sägeband

Vorschub pro Zahn

$$f_z = \frac{A_s \cdot T}{l \cdot v_c \cdot 10^3 \text{ mm/m}} = \frac{v_f \cdot l_B}{v_c \cdot 10^3 \text{ mm/m} \cdot z_w}$$

Abb. 9.5 Vorschubrichtung, Zahnteilung T und Schnittlänge l beim Sägen mit Sägeblatt oder Sägeband



f_z	Vorschub pro Zahn in mm
$A_s = v_f \cdot l$	spez. Schnittfläche (wird aus Tab. 9.16 oder 9.18 entnommen) in mm ² /min
T	Zahnteilung in mm
l	Schnittlänge in mm
v_c	Schnittgeschwindigkeit in m/min
v_f	Vorschubgeschwindigkeit in mm/min
l_B	Länge des Sägebandes in mm
z_w	Zähnezahl des Sägebandes

Die Schnittlänge wird senkrecht zur Vorschubrichtung (Abb. 9.5) gemessen. Deshalb entspricht nur bei Rundmaterial der Werkstoffdurchmesser auch der Schnittlänge. Bei anderen Profilen ist die Schnittlänge das Maß, welches senkrecht zur Vorschubrichtung liegt.

Anzahl der im Eingriff befindlichen Zähne

$$z_E = \frac{l}{T}$$

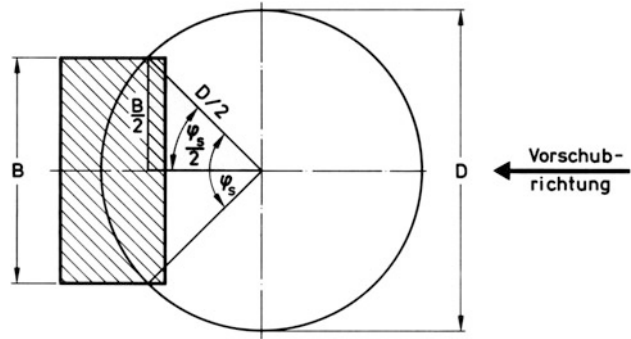
z_E	Anzahl der im Eingriff befindlichen Zähne
l	Schnittlänge (Abb. 9.5) in mm
T	Zahnteilung in mm

9.5.3 Sägen mit Kreissägeblatt

Vorschub pro Zahn

$$f_z = \frac{A_s \cdot D \cdot \pi}{l \cdot v_c \cdot z \cdot 10^3 \text{ mm/m}} = \frac{v_f \cdot D \cdot \pi}{v_c \cdot z \cdot 10^3 \text{ mm/m}}$$

Abb. 9.6 Schnittlänge beim Kreissägeblatt, l = Bogenlänge zu φ_s



f_z Vorschub pro Zahn in mm

A_s spez. Schnittfläche (aus Tabelle entnehmen) in mm^2/min

l Schnittlänge in mm

$$l = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi_s^\circ}{360^\circ}$$

Eingriffswinkel

$$\sin\left(\frac{\varphi_s}{2}\right) = \frac{B}{D}$$

Wenn $D \gg B$ kann näherungsweise gerechnet werden mit $l \approx B$

v_c Schnittgeschwindigkeit in m/min

z_w Zähnezahl des Kreissägeblattes

D Durchmesser des Kreissägeblattes in mm

n_c Drehzahl des Sägeblattes in min^{-1}

v_f Vorschubgeschwindigkeit in mm/min

B Werkstückbreite in mm

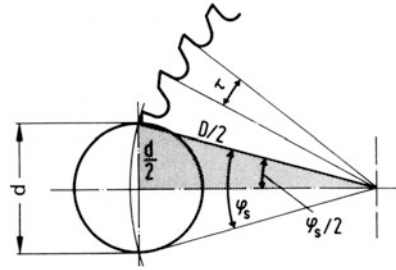
φ_s in Eingriffswinkel in $^\circ$

Auch hier wird die Schnittlänge senkrecht zur Vorschubrichtung (Abb. 9.6) angegeben.

Anzahl der im Eingriff befindlichen Zähne

Beim Sägen mit Kreissägeblättern muss man zunächst den Eingriffswinkel φ_s berechnen.

Abb. 9.7 Eingriffswinkel
beim Kreissägen, D Sägeblatt-
 \varnothing ; d Werkstückdurchmesser



Er lässt sich nach folgender Gleichung näherungsweise bestimmen (Abb. 9.7).

$$\sin\left(\frac{\varphi_s}{2}\right) = \frac{d}{D}$$

$$z_E = \frac{\varphi_s^\circ \cdot z_w}{360^\circ}$$

z_E Anzahl der im Eingriff befindlichen Zähne

z_w Zähnezahl des Sägeblattes

d Werkstoffdurchmesser in mm

D Durchmesser des Sägeblattes in mm

φ_s Eingriffswinkel in $^\circ$

9.6 Bestimmung der Hauptzeit

Die Hauptzeit lässt sich für alle Sägeverfahren nach der folgenden Gleichung bestimmen:

$$t_h = \frac{A}{A_s}$$

t_h Hauptzeit in min

A umschreibende Querschnittsfläche in mm^2

A_s spez. Querschnittsfläche (aus Richtwerttabelle 9.16 und 9.18) in mm^2/min

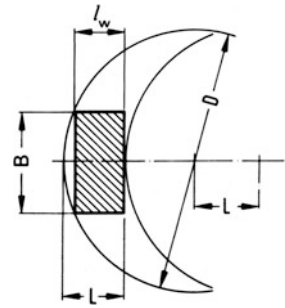
Wenn keine Erfahrungswerte für die spezifische Querschnittsfläche A_s vorliegen, dann kann man die Hauptzeit auch, wie bei allen anderen Arbeitsverfahren, nach folgender Gleichung berechnen:

$$t_h = \frac{L}{v_f}$$

L Gesamtweg in mm

v_f Vorschubgeschwindigkeit in mm/min

Abb. 9.8 Gesamtweg L beim Kreissägen



9.6.1 Sägen mit Kreissägeblatt Rechteckquerschnitt (Abb. 9.8)

$$A = L \cdot B$$

A umschreibende Rechteckfläche in mm^2

L Gesamtweg in mm

B Breite des Materials (Gesamtbreite) in mm

$$L = l_w + \frac{D}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D^2 - B^2}$$

l_w Dicke des Materials in Vorschubrichtung in mm

D Sägeblattdurchmesser in mm

Kreisquerschnitt (Abb. 9.7)

$$A = d^2$$

$L = d$; $B = d$; d in mm Durchmesser des zu trennenden Materials.

Hier kann man L und B gleich d setzen.

$$A_s = f \cdot l \cdot n_c = v_f \cdot l = \frac{f \cdot l}{t}$$

$$v_f = f_z \cdot z_w \cdot n_c$$

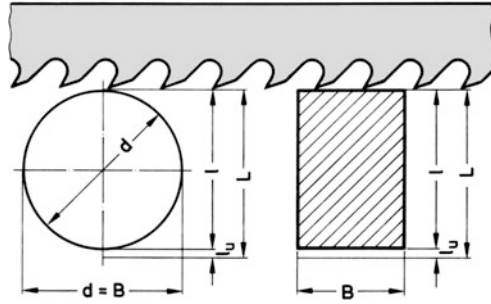
$$v_f = \frac{A_s}{l}$$

v_f Vorschubgeschwindigkeit in mm/min

f_z Vorschub pro Zahn in mm

z_w Zähnezahzahl des Sägeblattes

Abb. 9.9 Gesamtweg L bei Bandsägen



n_c Drehzahl des Sägeblattes bzw. Anzahl der Hübe pro Minute in min^{-1}

f Vorschub pro Umdrehung $f = f_z \cdot z_w$ bzw. pro Hub in mm

t Zeit pro Hub bzw. pro Umdrehung in min

Die Werte für v_f oder A_s können aus Tab. 9.16 entnommen werden.

9.6.2 Sägen mit Sägeblatt oder Sägeband

$$A = L \cdot B$$

A umschreibende Rechteckfläche in mm^2

L Gesamtweg in mm

B Gesamtbreite in mm

l_u Überlaufweg in mm

d Werkstückdurchmesser = B in mm

l Länge des Werkstückes in Vorschubrichtung in mm

$$L = l + l_u = d + l_u$$

Die Werte für v_f und A_s können aus Tab. 9.16 entnommen werden.

9.7 Sägewerkzeug

9.7.1 Winkel und Teilung am Sägezahn

Die Größe der Winkel ist durch die Form des Sägeblattes (Abb. 9.10) festgelegt. Von den drei Winkeln, die den Schneidkeil bilden, ist der Freiwinkel α für die Ausbildung des Spanraumes maßgebend. Je größer der Freiwinkel, um so größer ist der Spanraum.

Der Keilwinkel β gibt dem Sägezahn die Stabilität. Deshalb erfordern harte und zähe Werkstoffe einen großen Keilwinkel.

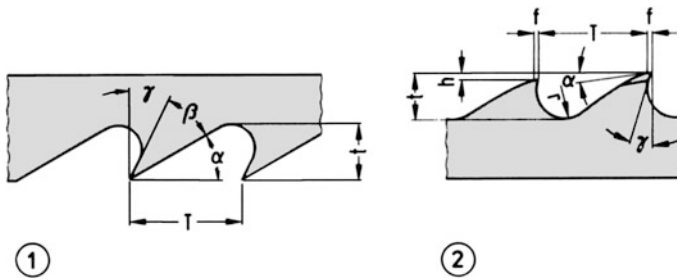


Abb. 9.10 Winkel und Teilung am Sägezahn; 1 Bandsägeblatt; 2 Kreissägeblatt; Freiwinkel; Keilwinkel; Spanwinkel; T Teilung; t Zahntiefe ($t = 0,4 T$)

Weil die Hauptschnittkraft beim Sägen mit zunehmendem Spanwinkel γ kleiner wird, verwendet man überwiegend positive Spanwinkel.

Die Teilung T beeinflusst den Spanraum. Je größer die Teilung, um so größer der Spanraum und um so leichter die Spanabfuhr. Bei zu kleiner Teilung setzt sich die Spankammer zu und der vollgesetzte Zahn kann nicht mehr schneiden. Er schleift nur noch über das Werkstück und verschleißt dabei vorzeitig.

Die Teilung darf aber auch nicht zu groß sein, sonst brechen die Zähne aus.

Als allgemeine Regel gilt:

Es sollen mindestens vier Zähne im Materialquerschnitt im Eingriff sein (bei harten Werkstoffen mehr als vier Zähne – bei weichen Werkstoffen genügen auch drei Zähne).

Beim Schneiden von Profilmaterial ist der dünnste Profilquerschnitt entscheidend. An der dünnsten Stelle sollten dann wenigstens drei Zähne eingreifen.

9.7.2 Zahnformen und Ausführungsformen der Sägewerkzeuge

Unter dem Begriff Zahnform versteht man die Kontur der Zahnschneide und des Zahngrundes. Welche Zahnform einzusetzen ist, hängt von dem zu sägenden Werkstoff und seiner Abmessung ab.

9.7.2.1 Sägeblätter

Die Zahnformen der Sägeblätter für Bügelsägemaschinen entsprechen etwa den in Abb. 9.11 für Metallbandsägeblätter gezeigten Formen.

Die Ausführungsformen (leicht oder schwer), die Abmessung und die Zahnteilung T der Metallsägeblätter sind in DIN 6495 festgelegt. Abb. 9.12 zeigt ein Sägeblatt für Bügelsägemaschinen.

Die Abmessungen und die Zahnteilung dieser Sägeblätter zeigt Tab. 9.2.

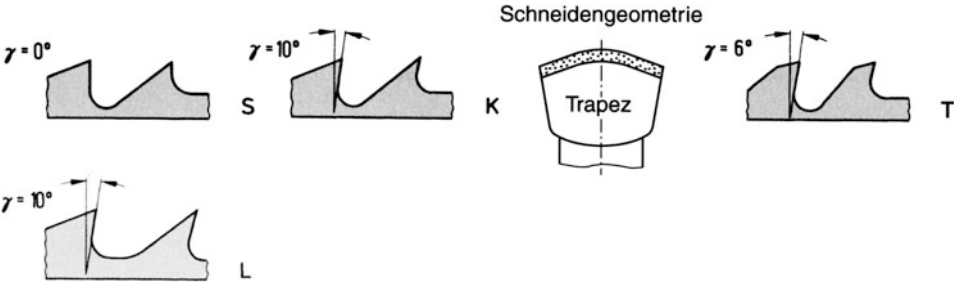
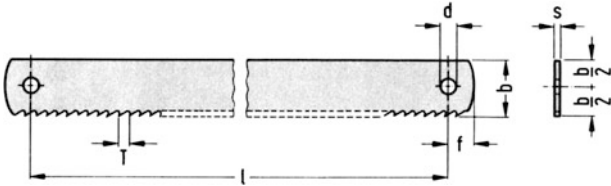


Abb. 9.11 Zahnformen der Metallbandsägeblätter; S Standardzahn; K Klauenzahn; T Trapezzahn; L Lückenzahn

Abb. 9.12 Metallsägeblatt für Bügelsägemaschinen



Bezeichnung eines Sägeblattes Ausführung B mit einer Länge $l = 500\text{ mm}$ und einer Zahnteilung $T = 4\text{ mm}$:

Sägeblatt B 500×4 DIN 6495

9.7.2.2 Sägebänder

Zahnformen Bei den Zahnformen für Sägebänder unterscheidet man nach Abb. 9.11 vier Grundtypen.

Die Wahl der Zahnform ist vom zu sägenden Werkstoff abhängig. Die Zahnteilung ist an die Schnittstärke anzupassen.

Tab. 9.2 Abmessung und Zahnteilung von Metallsägeblättern für Bügelsägemaschinen (Auszug aus DIN 6495)

Form	l in mm	b in mm	s in mm	Zahnteilung T in mm			
A leicht	300	20	0,8	–	1,18	1,8	–
B schwer	355	30	1,5	2,5	3,15	4,0	6,3
	500	40	2,0	2,5	3,15	4,0	6,3
	600	50	2,5	3,15	4,0	6,3	8,0

Tab. 9.3 Einsatzgebiete der Zahnformen bei Metallbandsägeblättern

Zahnform	Einsatzgebiet	Spanwinkel	Teilung T_z (ZpZ)	
			konst.	var.
Standardzahn „S“	universell einsetzbar für Grauguss, Stahlguss, Stahl, Bronze, Rotguss, Messing und spröde Kunststoffe	0	3–32	3–4 bis 10–14
Klauenzahn „K“	für höchste Leistungen bei gut zerspanbarem Material C-Stähle, legierte Werkzeugstähle mit geringem C-Gehalt, Nirosta-Stähle Titan, Aluminium, Messing und Kupfer	+10–16	0,75–6	0,7–1 bis 5–8
Lückenzahn „L“	für spröde Werkstoffe wie GG, Al-Legierungen, Rg, Zn, Ms und große Materialquerschnitte	0	2, 3, 4 und 6	–
Trapezzahn „T“	Trapezzahn (T) mit einer verbreiterten Zahnschneide und positivem Spanwinkel. Die Zahnform ersetzt das Schränken und wird nur für hartmetallbestückte Sägeblätter produziert.	6–12	0,75–4	0,75–1,25 bis 3–4
Profilzahn „P“	für Profile in allen Abmessungen und allen Materialsorten; extra widerstandsfähig gegen Zahnausbruch	6–8	2–16	2–3 bis 12–16

Unter Eingriffslänge ist jeweils das Maß am Werkstück zu verstehen, auf dessen Länge, in Schnittrichtung gesehen, das Sägeband im Eingriff steht. Daraus folgt, dass geringe Eingriffslängen eine feine Verzahnung, d. h. eine kleine Zahnteilung erfordern.

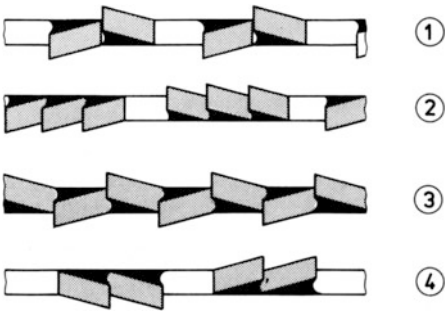
Die wichtigsten Einsatzgebiete, Spanwinkel und Teilungsbereiche der Zahnformen zeigt Tab. 9.3.

Als Zahnteilung T_z wird die Anzahl der Zähne pro Zoll beschrieben. Man unterscheidet bei den WIKUS-Bändern zwischen konstanter Zahnteilung (konst.) mit einheitlichem Zahnabstand und variabler Zahnteilung (var.) mit differierendem Zahnabstand innerhalb eines Verzahnungsintervalles. Variable Maßzahlen werden durch zwei Maßzahlen gekennzeichnet, z. B. 2–3 ZpZ. Die Zahl 2 ZpZ kennzeichnet den maximalen und die Zahl 3 den minimalen Abstand im Verzahnungsintervall.

Bandsägenschränkung Unter Schränkung versteht man das seitliche Ausbiegen der Zähne. Durch die Schränkung (Abb. 9.13) kann sich das Sägeband leichter freischneiden (siehe auch Tab. 9.4).

Bi-Metall-Sägebänder Ein Bi-Metall-Sägeband (Abb. 9.14) besteht aus einem Trägerband aus speziallegiertem Federbandstahl, bei dem durch die Überhitzung beim Schwei-

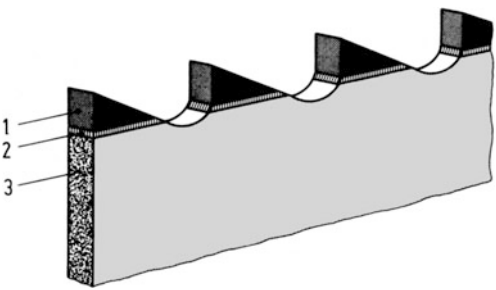
Abb. 9.13 Schränkungsarten; 1 Standardschränkung StS; 2 Wellenschränkung WS; 3 Rechts- Links-Schränkung RLS; 4 Gruppenschränkung



ßen ein Vergütungsgefüge mit hoher Zähigkeit entsteht. Der HSS-Streifen hat je nach Zahnform eine Dicke von 1,0 bis 2,3 mm. Bei den grobverzahnten Maschinensägeblättern für Bügelsägen beträgt die Dicke des HSS-Streifens 5–6 mm.

HSS	G	W %		Mo %		V %		Co %	Zahnhärt
M42	II	2	–	10	–	1	–	8	66–68 HRC
M51	III	10	–	4	–	3	–	10	66–68 HRC
Matrix 2	I	1	–	5	–	1	–	5	67–68 HRC

Abb. 9.14 Bi-Metall-Sägeband. 1 HSS-Material; 2 Schweißnaht; 3 Trägerband



Tab. 9.4 Einsatzgebiete der Schränkungsarten bei Metallbandsägeblättern (Auszug aus Firmenschrift der Fa. WIKUS, Spangenberg)

Schränkungsart	Einsatzgebiet
Standard-Schränkung StS	für Stahl, GG und härtere NE-Metalle ab 5 mm Schnittstärke
Wellen-Schränkung WS	für dünnes Material und geringe Wandstärken wie Bleche, dünnwandige Rohre und Profile
Rechts-Links-Schränkung RLS	für gut zerspanbare Werkstoffe wie NE-Metalle, Kunststoffe
Gruppen-Schränkung GS	zum Trennen von Rohren und Profilen (durch GS-Schränkung erreicht man fast schwingungsfreies Sägen)

Tab. 9.5 Bandabmessungen und Schnittbreiten für Bandsägeblätter (Auszug aus Firmenschrift der Firma WIKUS, Spangenberg)

Abmessung		Schnittbreite in mm
Breite in mm	Dicke in mm	
13	0,8	1,3
20	0,9	1,4
27	0,9	1,5
34	1,1	1,7
41	1,3	2,1
54	1,6	2,6

Diese beiden Werkstoffe werden durch Elektronenstrahlschweißen miteinander verbunden. Solche Bi-Metall-Sägebänder lassen wesentlich höhere Schnittgeschwindigkeiten zu, als die Vollstahlbänder aus wolframlegiertem Material.

Hartmetallbestückte Sägebänder Bei den hartmetallbestückten Sägebändern werden die Hartmetallzähne mit einem Spezialverfahren der Fa. WIKUS auf das Trägerband aufgebracht. Mit den Zahnformen S und K als geschränkte Variante sowie der Zahnform T als ungeschränktes Sägeband können höchste Ansprüche der Zerspantechnik erfüllt werden.

Die Schränkweiten und somit Schnittweiten können je nach Anwendungsfall reduziert oder vergrößert gefertigt werden (siehe Tab. 9.5).

Die Bandbreiten der Decoupiersägen liegen zwischen 3 und 13 mm.

9.7.2.3 Kreissägeblätter

Zahnformen Die Zahnformen (Abb. 9.15) für Kreissägeblätter sind in DIN 1840 festgelegt. Darin unterscheidet man zwischen Winkelzahn, Bogenzahn und Bogenzahn mit Vor- und Nachschneider.

Zahnteilung Die zu wählende Zahnteilung ist abhängig von der Abmessung des zu sägenden Materials. Einige Richtwerte gibt die Tab. 9.6.

Werkzeugtyp Man unterscheidet bei den Kreissägeblättern nach DIN 1837 und 1838 drei Werkzeugtypen. Mit der Bezeichnung N, H und W werden die Einsatzgebiete dieser Kreissägeblätter festgelegt (siehe Tab. 9.7).

Typ N: für Baustähle, Grauguss und NE-Metalle

Typ H: für harte und zähnharte Werkstoffe

Typ W: für weiche und zähe Werkstoffe

Zahnformen

Benennung	Bild	Kurzzeichen
Winkelzahn		A
Winkelzahn mit wechselseitiger Abkantung		Aw
Bogenzahn		B
Bogenzahn mit wechselseitiger Abkantung		Bw
Bogenzahn mit Vor- und Nachschneider		C

Abb. 9.15 Zahnformen für Kreissägeblätter (Auszug aus DIN 1840)

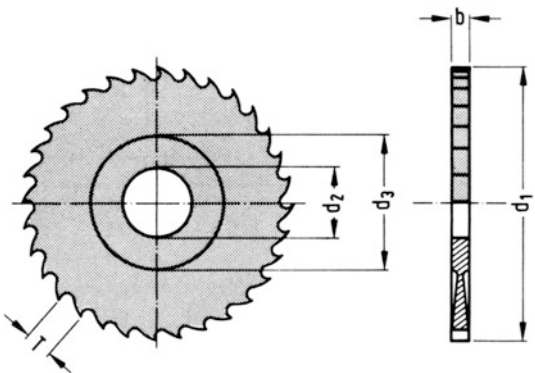
Tab. 9.6 Zahnteilung bei Kreissägeblättern

Abmessung in mm	Vollmaterial				Profile und Rohre		
	bis 6	> 6–20	> 20–50	> 50	bis 3	> 3–6	> 6
Zahnteilung <i>T</i> in mm	4	6	8	10–16	3–4	6	8

Tab. 9.7 Zuordnung von Werkstoffen und Werkzeugtyp (Auszug aus DIN 1836)

Werkstoff	Werkzeugtyp		
S 275 JR C 15–C 22	N		(W)
E 295–E 335 C 35–C 45	N		
E 360 C 60	N	(H)	
Werkzeug- und Vergütungsstähle z.B. 16 MnCr 5, 30 Mn 5		H	
GE 200–GE 260	N	(H)	
GJL 100–GJL 200	N		
GJL 250–GJL 300		H	

Abb. 9.16 Kreissägeblatt nach DIN 1837/38



Ausführungsformen der Kreissägeblätter nach DIN 1837/38 Kreissägeblätter werden bei kleineren Abmessungen bis 315 mm Ø als Vollstahlblätter und bei größeren Abmessungen als Segmentblätter ausgeführt.

Abmessung, Teilung und Zählerzahl der Kreissägeblätter bis 315 mm Ø (Abb. 9.16) sind in DIN 1837 (feingezahnt) und DIN 1838 (grobgezahnt) festgelegt.

Einen Auszug aus diesen beiden DIN-Blättern zeigt Tab. 9.8.

Bezeichnung eines grobgezahnten Metallsägeblattes mit $d_1 = 160$ mm, $b = 3$ mm, Zahnform B, Werkzeugtyp N aus HSS (siehe dazu Abb. 9.16)

„Kreissägeblatt 160 × 3 BN DIN 1838 – HSS“

Die Spanwinkel sind bei diesen Kreissägeblättern abhängig von der Zahnform und dem Werkzeugtyp.

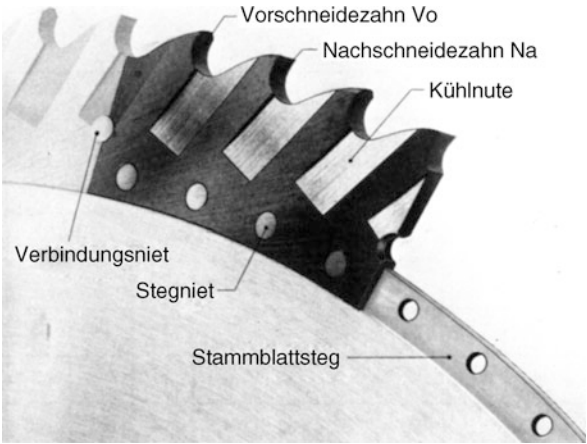
Tab. 9.8 Abmessung der Vollstahl-Kreissägeblätter (Auszug aus DIN 1837/38)

	DIN 1837				DIN 1838							
d_1	20		50		63		100		160		315	
d_2	5		13		16		22		32		40	
d_3	10		25		32		40		63		80	
b	T	z	T	z	T	z	T	z	T	z	T	z
0,5	1,25	48	1,6	100	3,15	64	–	–	–	–	–	–
1	1,6	40	2	80	4	48	5	64	6,3	80	–	–
3	2	32	3,15	48	6,3	32	8	40	8,0	64	10	100
6	2,5	24	4	40	8	24	10	32	10,0	48	12,5	80

Tab. 9.9 Spanwinkel der Kreissägeblätter nach DIN 1837 und 1838

Zahnform	Spanwinkel $\gamma \pm 2^\circ$		
	Typ N	Typ H	Typ W
Winkelzahn A	5	0	10
Bogenzahn B	15	8	25
Bogenzahn C	15	8	25

Abb. 9.17 Segmentkreissägeblatt (Werkfoto der Fa. J. W. Arntz, Werkzeugfabrik, Remscheid)



Große Kreissägeblätter werden überwiegend als Segmentsägeblätter (Abb. 9.17) ausgeführt. Bei diesen Sägeblättern ist das Stammblatt aus Werkzeugstahl und das Segment (Abb. 9.18) aus Schnellarbeitsstahl.

Es gibt auch Segmente mit eingesetzten Hartmetallschneiden. Die Segmente greifen mit ihrem unteren federharten Teil über den Steg des Stammblattes, oder der Steg des Segmentes greift in die Nut des Stammblattes (Abb. 9.19). Diese Segmente werden durch vier Niete am Stammblatt befestigt. Die Zahnform zeigt Abb. 9.20.

Wie man daraus erkennt, sind die Zähne abwechselnd als Vorschneider Vo und als Nachschneider Na ausgebildet.

Abb. 9.18 Segment von einem Segmentkreissägeblatt
5-zahniges Einzelsegment
(Werkfoto der Fa. Arntz, Remscheid)

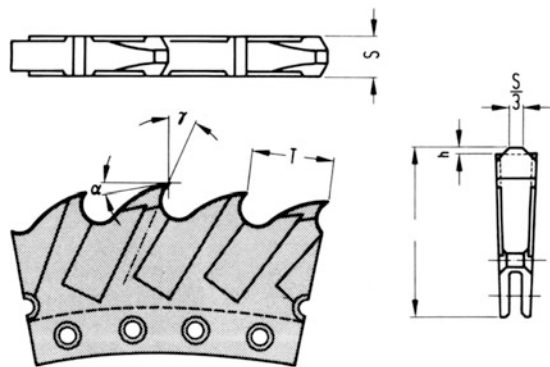


Abb. 9.19 Befestigung des Segmentes im Stammblatt
(entweder Stammblatt oder Segment geschlitzt)

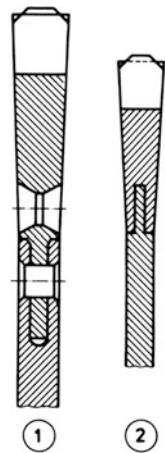
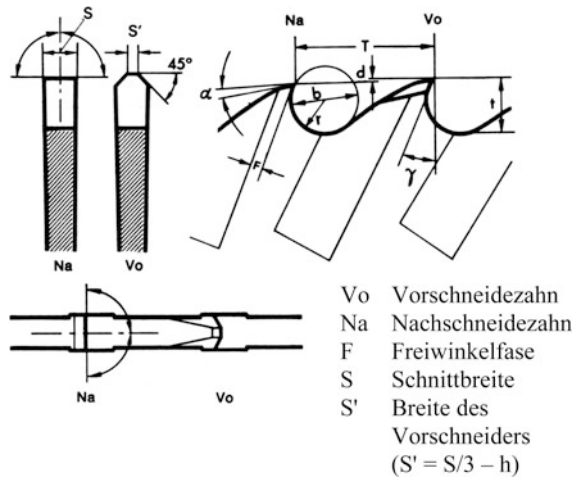


Abb. 9.20 Zahnform der Segmentsägeblätter



Der Vorschneider ist beiderseitig um $\frac{1}{3}$ der Zahnbreite B auf 45° abgeschrägt. Er schneidet in die Tiefe.

Der mit ganzer Breite arbeitende Nachschneider steht um den Höhenunterschied h tiefer als der Vorschneider. Durch die Ausrundung der Zahnücke kann der Span leicht spiralförmig abfließen.

Die Maße einer solchen Verzahnung zeigt Tab. 9.10.

Die Abmessungen der Segmentkreissägeblätter sind in DIN 8576 festgelegt (siehe Tab. 9.11).

9.7.3 Schneidstoffe

Für alle drei Sägearten mit

- Sägeblatt für Bügelsägemaschinen
- Sägebänder für Bandsägen
- Kreissägeblätter für Kreissägen

setzt man als Schneidstoff sowohl

- Werkzeugstahl als auch
- Schnellarbeitsstahl

ein.

Sägeblätter für Bügelsägemaschinen und Sägebänder für Bandsägen werden überwiegend aus Werkzeugstahl hergestellt.

Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit wird diesem Werkzeugstahl 1,8 bis 3 % Wolfram zulegiert.

Die Entwicklung von Bi-Metall-Werkzeugen für Sägeblätter und Sägebänder, bei denen der Trägerwerkstoff Federstahl und nur die Schneiden aus Schnellarbeitsstahl bestehen, führte zu Hochleistungswerkzeugen, die auch bei den Sägebändern hohe Schnittgeschwindigkeiten zulassen.

Der bevorzugte Werkstoff der Kreissägeblätter ist der Schnellarbeitsstahl. Man verwendet hierfür überwiegend den Werkstoff S 6-5-2, Werkstoff Nr. 1.3343.

Für höchste Beanspruchungen setzt man neuerdings 8–9 % kobaltlegierte Schnellarbeitsstähle, oder Schnellarbeitsstähle mit etwas geringerem Kobaltgehalt dafür aber zusätzlichen Zusätzen von Wolfram und Chrom ein.

Bei großen Sägeblättern besteht das Stammblatt aus Werkzeugstahl, das mit Segmenten aus Schnellarbeitsstahl versehen wird.

Solche Segmente können aber auch mit Hartmetallschneiden ausgerüstet werden. Man verwendet dazu die Hartmetallsorte P 25 und in manchen Fällen auch P 40. Damit können Schnittgeschwindigkeiten von 70–180 m/min, bei Vorschüben pro Zahn von 0,1–0,3 mm erreicht werden.

Tab. 9.10 Zahnteilung und Zahntiefe bei Segmentsägeblättern nach DIN 8576 (Auszug aus Firmenunterlagen der Fa. Th. Flamme, Fulda)

Zahnteilung T in mm	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Zahntiefe t in mm	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8,8	9,6	10,4	11,2	12	12,8	13,6	14,4	15,2	16
Ausrundung d in mm	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Höhenunterschied h in mm	0,2	0,3					0,4					0,5								

Tab. 9.11 Abmessungen der Segmentsägeblätter (Auszug aus DIN 8576)

Außendurchmesser in mm	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Bohrungsdurchmesser in mm	32	40	50	50	80	80	100	100	100
Schnittbreite in mm	4,0	4,5	5,0	5,6	6,3	7,0	8,0	9,0	12,6
Blattstärke in mm	3,0	3,5	3,8	3,8	4,5	5,0	6,0	7,0	10,5

Weil der Einsatz solcher Hartmetallsegmente, wegen der großen Schnittgeschwindigkeiten etwa die 10fache Antriebsleistung im Vergleich zu HSS-Werkzeugen erfordert und die meisten Sägemaschinen noch nicht darauf eingestellt sind, wird Hartmetall bei den Sägewerkzeugen z. Zt. noch relativ wenig eingesetzt.

9.8 Fehler beim Sägen

Tab. 9.12 Fehler beim Sägen mit Bügelsägemaschinen

Auswirkung am Werkzeug	Fehlerursache	Abhilfe
Blattbruch in der Bohrung	Zu starke Spannung des Sägeblattes	Verringerung der Blattspannung
Blattbruch	Falsches Ansetzen des Sägeblattes auf das zu trennende Material	Nicht in vorhandenen Schnitt ansetzen
	Blatt zu wenig gespannt	Blatt nachspannen
	Schnittdruck zu hoch	Schnittdruck verringern
	Werkstück nicht fest genug gespannt	Werkstück nachspannen
Vorzeitiger Verschleiß des Sägeblattes	Zu hohe Schnittgeschwindigkeit oder zu hoher Schnittdruck	Schnittgeschwindigkeit bzw. Schnittdruck verringern
	Bügel der Maschine hebt beim Leerhub nicht ab	Maschine überprüfen
	Falsche Zahnteilung	Andere Teilung wählen
	Kühlmittel fehlt	Für richtige Kühlung sorgen
Ausbrechen der Zähne	An scharfer Kante angesetzt	Blatt beim Ansägen vorsichtig aufsetzen
	Zahnteilung zu groß	Andere Teilung wählen
Schrägschnitt	Zu geringe Spannung abgestumpftes Blatt zu großer Schnittdruck	Blatt nachspannen Sägeblatt auswechseln Schnittdruck verringern

Tab. 9.13 Fehler beim Sägen mit Bandsägen

Auswirkung am Werkzeug	Fehlerursache	Abhilfe
Zähne werden zu schnell stumpf	Schnittgeschwindigkeit zu hoch	Schnittgeschwindigkeit herabsetzen
Zähne brechen aus beim Trennen von Profilmaterial	Zu große Zahnteilung	Andere Teilung wählen
	Zu große Senkgeschwindigkeit des Sägerahmens	Reduzierung der Vorschubgeschwindigkeit
	Werkstück nicht festgespannt	Werkstück nachspannen
Zähne brechen aus beim Trennen von Vollmaterial	Material nicht gegläht	Größere Zahnung verwenden, Schnittgeschwindigkeit erhöhen und Schnittdruck verringern Wellen- oder Gruppenschränkung einsetzen
	Zu feine Zahnteilung	Größere Teilung wählen
	Werkstück nicht festgespannt	Werkstück nachspannen
Bruch des Bandes in der Schweißnaht	Bandführungen stehen nicht richtig	Führung nachstellen
Bruch des Bandes	Führungsrollen stehen zu eng und walzen das Band	Führung nachstellen
	Führungsrollen sind fehlerhaft (konisch oder ballig)	Führungsrollen erneuern
Sägeband kommt beim Sägen in Schwingung	Zu hohe Schnittgeschwindigkeit	Schnittgeschwindigkeit herabsetzen
Schrägschnitt	Zahnung zu grob oder Schnittdruck zu hoch oder Sägeband stumpf	Andere Zahnung wählen Schnittdruck herabsetzen neues Band einsetzen

Tab. 9.14 Fehler beim Sägen mit Kreissägen

Auswirkung am Werkzeug	Fehlerursache	Abhilfe
Blattbruch	Falsches Ansetzen beim Anschnitt	Blatt darf beim Beginn des Schneidens nicht auf dem Material aufliegen
	Kreissägeblatt ist stumpf	Blatt nachschärfen
Zähne brechen aus	Schlechte Spanräumung wegen zu feiner Zahnteilung	größere Zahnteilung wählen
	Zähne haken im Material ein	Feinere Zahnteilung wählen
	Werkstück im Schraubstock zu lose eingespannt	Werkstück nachspannen
Zähne werden zu schnell stumpf	Spanüberfüllung im Zahngrund, Zähne setzen sich zu	Größere Zahnteilung wählen
	Unsauberer Schnitt	Feinere Zahnteilung wählen und Schnittdruck verringern
	Fehlende oder unpassende Kühlmittel	Geeignete Kühlmittel einsetzen
Blankklemmung und Materialanhaftung am Sägeblatt	Falscher Vorschub	Vorschub vergrößern oder verkleinern
	Fehlende oder unpassende Kühlmittel	Geeignetes Kühlmittel einsetzen

9.9 Richtwerttabellen

Tab. 9.15 Wahl der Zahnform und der Zahnteilung (Zähnezahl auf 25 mm Länge) für Bandsägen

Werkstück	Abmessung des zu sägenden Werkstückes in mm						
	bis 2	3–10	11–25	26–50	51–80	81–120	> 120
S 275 JR C 15–C 22	24 S	18 S	10 S	8 S	6 S/K	4 K	3 K
E 295–E 335 C 35–C 45	24 S	18 S	14 S	8 S	6 S	4 S	3 L
E 360 C 60	24 S	24 S	14 S	10 S	8 S	6 S	4 S
16 MnCr 5 30 Mn 5	24 S	18 S	10 S	8 S	6 S	4 K/S	3 K/L
GE 200–GE 260	–	14 S	10 S	8 S	6 S/D	4 S/L	3 L/D
GJL 150–GJL 300	–	14 S	10 S	8 S	6 S/D	4 S/L	3 L/D
CuZn 37– CuZn 30	24 S	14 S	10 S	6 S/K	4 K	3 K	3 K
AW-AL 99,5	14 S	8 S	6 K	4 K	3 K	3 K	3 K
Al-Leg. 9–13 % Si	18 S	10 S	8 S	6 K	4 K	3 K	3 K

(Auszug aus Richtwerttabellen der Fa. Th. Flamme, Fulda)

S = Standardzahn, K = Klauenzahn, L = Lückenzahn, D = Dachzahn

Beispiel Werkstoff S 275 JR, Werkstückabmessung 50 mm Ø
zu wählen: Teilung $T = 8$ Zähne pro 25 mm Länge, Zahnform S

Tab. 9.16 Schnittgeschwindigkeiten v_c in m/min, Vorschubgeschwindigkeiten v_f in mm/min und spezifische Schnittflächen A_s in cm²/min für Bandsägen

Werkstoff	Werkzeugwerkstoff Werkzeugstahl mit 3 % W		Werkzeugwerkstoff HSS-Bi-Metall-Bänder		
	v_c in m/min	A_s in cm ² /min	v_c in m/min	A_s in cm ² /min	v_f in mm/min
S 275 JR C 15–C 22	40–50	60	70–80	70–80	30–50
E 295–E 335 C 35–C 45	40–45	50	60–70	60–70	30–50
E 360 C 60	20–30	40	60–70	50–60	20–40
16 MnCr 5 30 Mn 5	30–35	40	50–60	50–60	15–22
GE 200–GE 260	25–30	40	40–50	50–60	20–40
GJL 200–GJL 300	30–40	30	50–70	40–50	30–45
CuZn 37– CuZn 30	80–120	250–300	250–350	350–400	300–400
Al-Leg. 9–13 % Si	60–70	400–700	80–100	500–800	450–800

(Auszug aus Richtwerttabellen der Fa. Th. Flamme, Fulda und der Fa. Forte, Winterbach)
Bi-Metallbänder haben HSS-Schneiden, Werkstoff-Nr. 1.3343 mit 5 % Mo sowie W und Cr-Zusätzen






Beispiel Welche spezifische Schnittfläche A_s für ein Bi-Metallband kann gewählt werden, wenn der Werkstoff E 295 gesägt werden soll?

Lösung $A_s = 60$ bis 70 cm²/min

Man beachte (vgl. Tab. 9.16):

$$v_f = \frac{A_s}{l} \text{ und } f_z = \frac{v_f}{z_w \cdot n_c}$$

Tab. 9.17 Zahnteilung T in mm, in Abhängigkeit von dem zu sägenden Werkstoff, der Werkstückform und der Werkstückabmessung D in mm für Segmentkreissägeblätter

Werkstoff und Form		Werkstückabmessung D in mm														
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300	400	
	Leichtmetall, Kupfer, Stahlguss S 185–E 360 C 15...C 60 15 Cr 3, 15 CrNi 6, 18 CrNi 8, 16 MnCr 5, 20 MnCr 5, 25 CrMo 4, 50 CrMo 4, 34 CrNiMo 6 Nichtrostende Stähle	10	12	14	16	18	18	20	20	22	26	30	35	38	44	
	Messing Bronze GG 150–GG 220 legierte Werkzeugstähle Schnellarbeitsstähle	8	10	12	12	14	14	16	16	18	22	24	26	28	34	
	Dickwandige Rohre $\delta = 0,1 D$ Profilstahl	6	6	8	8	10	10	10	12	12	14	16	18	20	22	
 	Normalwandige Rohre $\delta = 0,05 D$	4	6	6	6	8	8	8	10	10	12	14	14	16	18	

(Auszug aus Richtwerttabellen der Fa. Wagner Reutlingen)

Tab. 9.18 Schnittgeschwindigkeiten v_c in m/min, Vorschubgeschwindigkeiten v_f in mm/min, spez. Schnittflächen A_s in cm^2/min und Werkzeugwinkel für Segmentkreissägeblätter (SS) (Auszug aus Richtwerttabellen der Fa. Th. Flamme, Fulda)

Werkstoff	v_c in m/min	v_f in mm/min	A_s in cm^2/min	Werkzeugwinkel	
				$\alpha \pm 1^\circ$	$\gamma \pm 1^\circ$
E 295 C 15–C 22	25–30	80–150	120–200	8	22
E 295–E 335 C 35–C 45	20–28	70–120	100–140	8	20
E 360 C 60	20–22	50–80	80–120	7	18
16 MnCr 5 30 Mn 5	12–15	50–90	80–120	6	15
GE 200–GE 260	15–20	70–100	100–120	8	20
GJL 200–GJL 300	17–20	80–110	80–100	6	12
CuZn 37–CuZn 30	200–600	800–1100	480–700	10	20
Al-Leg. 9–13 % Si	300–600	1200–2200	800–2000	12	30
Profile aus Stahl DIN 1024	25–30	70–130	80–150	8	20

$$v_f = f_z \cdot z_w \cdot n$$

$$v_f = \frac{A_s}{l}$$

- v_f Vorschubgeschwindigkeit in mm/min
- f_z Vorschub pro Zahn in mm
- z_w Zähnezahl des Sägeblattes
- n_c Drehzahl des Sägeblattes in min^{-1}

9.10 Beispiele

Beispiel 1 Es soll Material E 295 mit der Abmessung 180 Ø auf einer Kreissäge gesägt werden. Der Sägeblattdurchmesser des Segmentkreissägeblattes (SS) beträgt 630 mm. Der Wirkungsgrad der Kreissägemaschine wird mit 0,8 angenommen.

gesucht

- Hauptschnittkraft für die im Eingriff befindlichen Zähne
- Antriebsleistung der Maschine
- Hauptzeit für einen Schnitt

Lösung

1. aus Tab. 9.17 Zahnteilung T wählen

$T = 28 \text{ mm}$ gewählt

2. Zähnezahzahl des Sägeblattes

$$z_w = \frac{D \cdot \pi}{T} = \frac{630 \cdot \pi \text{ mm}}{28 \text{ mm}} = 70,68$$

$z_w = 70$ Zähne gewählt

Die Zähnezahzahl des Kreissägeblattes legt der Hersteller bei gegebener Teilung fest. Hier sollte nur gezeigt werden, wie man sie bestimmen kann.

3. Aus Tab. 9.18 A_s und v_c für E 295 entnehmen.

$$A_s = 120 \text{ cm}^2/\text{min}, \quad v_c = 24 \text{ m/min}$$

4. Eingriffslänge

$$l = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi_s^\circ}{360} = \frac{\pi \cdot 630 \text{ mm} \cdot 33^\circ}{360^\circ} = 181 \text{ mm}$$

$l \approx d$ da $D \gg d$, weiter gerechnet mit $l = d$

5. Vorschub pro Zahn

$$f_z = \frac{A_s \cdot D \cdot \pi}{l \cdot v_c \cdot z \cdot 10^3 \text{ mm/m}} = \frac{12 \cdot 10^3 \text{ mm}^2/\text{min} \cdot 630 \text{ mm} \cdot \pi}{180 \text{ mm} \cdot 24 \text{ m/min} \cdot 70 \cdot 10^3 \text{ mm/m}} \\ = 0,0785 \text{ mm/Zahn}$$

6. Anzahl der im Eingriff befindlichen Zähne

$$z_E = \frac{\varphi_s^\circ \cdot z}{360^\circ} = \frac{33^\circ \cdot 70}{360} \quad \sin \frac{NR}{\frac{\varphi_s}{2}} = \frac{B}{D} = \frac{d}{D} = \frac{180 \text{ mm}}{630 \text{ mm}}$$

$z_E = 6,41$ Zähne

$$\sin \frac{\varphi_s}{2} = 0,285$$

$$\frac{\varphi_s}{2} = 16,5^\circ; \quad \varphi_s = 33^\circ$$

z_E darf nicht gerundet werden – reine Rechengröße!

7. Spezifische Schnittkraft

$$k_{ch} = \frac{(1 \text{ mm})^z \cdot k_{c1.1}}{h^z} = \frac{(1 \text{ mm})^z \cdot k_{c1.1}}{f_z^z}$$

$$k_{ch} = \frac{(1 \text{ mm})^{0,26} \cdot 1990 \text{ N/mm}^2}{(0,0785 \text{ mm})^{0,26}} = 3856,4 \text{ N/mm}^2$$

$$k_c = k_{ch} \cdot K_v \cdot K_{ver} \cdot K_{st}$$

$$k_c = 3856,4 \text{ N/mm}^2 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 6918,4 \text{ N/mm}^2$$

8. Hauptschnittkraft für die im Eingriff befindlichen Zähne

$$F_c = a_p \cdot f_z \cdot k_c \cdot z_E$$

Schnittbreite $a_p = 6,3 \text{ mm}$ aus Tab. 9.11 entnehmen.

$$F_c = 6,3 \text{ mm} \cdot 0,0785 \text{ mm} \cdot 6918,4 \text{ N/mm}^2 \cdot 6,41$$

$$F_c = 21.931,7 \text{ N}$$

9. Maschinenantriebsleistung

$$P = \frac{F_c \cdot v_c}{10^3 \text{ W/kW} \cdot 60 \text{ s/min} \cdot \eta_M} = \frac{21.931,7 \text{ N} \cdot 24 \text{ m/min}}{10^3 \text{ W/kW} \cdot 60 \text{ s/min} \cdot 0,8} = 11 \text{ kW}$$

10. Hauptzeit

$$t_h = \frac{A}{A_s} = \frac{d^2}{A_s} = \frac{180^2 \text{ mm}^2}{12 \cdot 10^3 \text{ mm}^2/\text{min}} = 2,7 \text{ min}$$

oder:

$$t_h = \frac{L}{v_f}$$

mit

$$L = d$$

$$v_f = f_z \cdot z_w \cdot n$$

$$n = \frac{v}{d \cdot \pi} = \frac{24 \cdot 10^3 \text{ mm/min}}{630 \cdot \pi \text{ mm}}$$

$$n = 12 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = 0,0785 \text{ mm} \cdot 70 \cdot 12 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = 66 \text{ mm/min}$$

$$t_h = \frac{180 \text{ mm}}{66 \text{ mm/min}} = 2,7 \text{ min}$$

Beispiel 2 Beim Trennen von Vollmaterial 100 Ø mit einer Bandsäge brechen am Sägeband die Zähne aus.

Nennen Sie Ursachen für den Ausbruch der Zähne.

Lösung siehe Tab. [9.13](#)!

9.11 Testfragen zum Kapitel 9

1. Nennen Sie die Sägeverfahren.
2. Warum ist beim Sägen $h = f_z$?
3. Zeigen Sie an der Skizze eines Sägezahnes die Winkel α , β und γ .
4. Warum müssen die Sägezähne geschränkt sein?
5. Was ist ein Bi-Metall-Sägeband?
6. Wie ist ein Segmentkreissägeblatt aufgebaut?