

leitz

Anwenderlexikon

Leitz Lexikon Edition 7

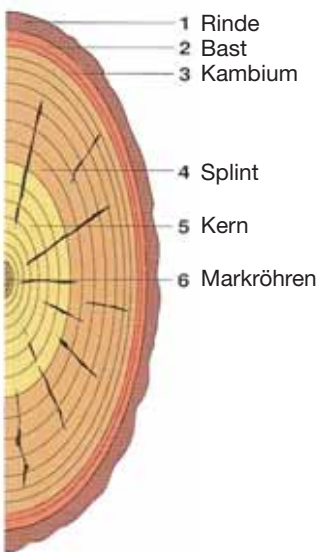


11. Anwenderlexikon

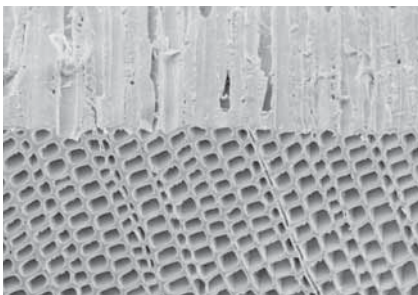
11.1 Werkstoffkunde	11.1.1 Holz als Roh- und Werkstoff	2
	11.1.2 Holzwerkstoffe	6
	11.1.3 Kunststoffe	9
	11.1.4 Mineralische Werkstoffe	11
	11.1.5 NE-Metalle	12
	11.1.6 Verbundwerkstoffe	13
11.2 Schneidstoffe		14
11.3 Zerspanungsgrundlagen	11.3.1 Schneidengeometrie und Winkelbezeichnungen	19
	11.3.2 Schnittrichtungen und Fräsverfahren bei der Holzzerspanung	20
	11.3.3 Zerspanungskinematik	21
	11.3.4 Bearbeitungsqualität	22
	11.3.5 Werkzeugeinsatzparameter	25
11.4 Maschinenwerkzeuge	11.4.1 Werkzeugarten	28
	11.4.2 Werkzeugtypen	31
	11.4.3 Werkzeugspannsysteme	40
	11.4.4 Werkzeuginstandsetzung	43
	11.4.5 Sicherheit	51
	11.4.6 Lärmarme Werkzeuge	53
	11.4.7 Staub- und Späneerfassung	54
	11.4.8 Werkzeuge als intelligente Prozessbausteine	56
11.5 Holzbearbeitungsmaschinen	11.5.1 Durchlaufmaschinen	58
	11.5.2 Stationärrmaschinen	59
	11.5.3 Maschinen für Handvorschub	61
	11.5.4 Handgeführte Elektrowerkzeuge	62



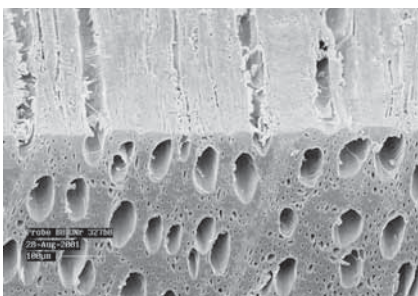
Baum



Aufbau eines Baumstammes



Querschnitt Nadelholz (Fichte)



Querschnitt Laubholz (Buche)

Holz als nachwachsender Rohstoff ist aufgrund seiner hohen Festigkeit bei geringer Dichte ein wichtiger und weltweit verbreiteter Werkstoff. So findet Holz vielfältige Anwendung für Tragwerkskonstruktionen im Holzbau sowie in weniger statisch beanspruchten Bereichen wie Bauelemente, Möbel oder dem Innenausbau. Aufgrund seiner porösen Zellstruktur besitzt Holz im getrockneten Zustand eine geringe Wärmeleitfähigkeit, wodurch eine gewisse Wärmedämmung erreicht wird. Deshalb ist Holz auch unter energetischen Gesichtspunkten ein günstiger Werkstoff, was beispielsweise bei Fensterkantelementen oder Dämmstoffplatten genutzt wird. In seiner weiteren Verwendung wird Holz in seiner natürlichen Form (Massivholz) oder als Holzwerkstoff eingesetzt.

Bei der Auswahl, dem Einsatz und der Bearbeitung von Massivholz (auch „Vollholz“ genannt) müssen die spezifischen Eigenschaften beachtet werden. Als **wesentliche Eigenschaften** sind zu nennen: **inhomogen, anisotrop, porös, hygroskopisch und biologisch abbaubar**. In seiner Struktur besteht Holz aus Fasern, die in Längsrichtung eine höhere Festigkeit aufweisen als in Querrichtung. Die Fasern wiederum bestehen aus Zellwänden, die die eigentliche Holzsubstanz bilden und aus Hohlräumen, den sog. Poren. Das Verhältnis des Porenvolumens zur Masse der Holzsubstanz entscheidet über die Rohdichte und ist von Holzart zu Holzart verschieden. Je nach Jahreszeit sind die Poren größer (Frühjahr, Sommer → **Frühholz**, geringere Dichte) oder kleiner ausgebildet (Herbst, Winter → **Spätholz**, höhere Dichte). Im Querschnitt durch das Holz wird dieses Phänomen in den sog. Jahresringen aus aufeinanderfolgenden Früh- und Spätholzbereichen sichtbar. Bei langsam wachsenden Hölzern aus kalten Regionen sind diese Jahresringe sehr fein ausgebildet, bei schnell wachsenden Hölzern aus wärmeren Regionen sehr grob. Bei tropischen Hölzern hingegen sind diese Unterschiede kaum sichtbar.

Holz entsteht durch Zellteilung und Zellvermehrung in der Wachstumschicht, dem sog. Kambium. Die meisten Holzzellen wachsen nach innen und bauen die eigentliche Holzsubstanz auf. Nur wenige Zellen wachsen nach außen und bilden dort Bast und Rinde. So ist jeder Baum in Schichten von außen nach innen aufgebaut: Rinde, Bast, Kambium, Splint (Markstrahlen, Jahresringe, Früh- und Spätholz, Harzgänge), Kern (keine Safführung, nur statische Funktion), Markröhren.

Bei den Holzarten unterscheidet man **Laubhölzer und Nadelhölzer**. Nadelhölzer sind entwicklungsgeschichtlich älter und weisen daher einen einfacheren Zellaufbau mit zwei Zelltypen auf. Die Tracheiden (langgestreckt, spitz zulaufend) haben sowohl Leitungs- als auch Festigkeitsfunktion. Der Wasseraustausch erfolgt zwischen den Zellen über sog. Tüpfel bzw. Hoftüpfel. Die Parenchymzellen (rechteckig) sind für den Transport der Nährstoffe sowie die Speicherung von Stärke und Fetten zuständig.

Bei Laubhölzern liegt dagegen eine Funktionstrennung zwischen den Zellen vor. Man unterscheidet sie in Leitgewebe, Festigungsgewebe und Speichergewebe. Wesentliches Unterscheidungskriterium von Laubhölzern gegenüber Nadelhölzern sind die Gefäße (Tracheen) des Leitgewebes. Im Querschnitt sind sie als Poren, im Längsschnitt als Rillen zu erkennen. Je nach Anordnung dieser Tracheen unterscheidet man ringporige Hölzer (z.B. Eiche, Esche), halbringporige Hölzer (z.B. Kirsche, Nussbaum) oder zerstreutporige Hölzer (z.B. Birke, Buche, Pappel).

Für die Beurteilung der Holzart hinsichtlich der erforderlichen Bearbeitung und Oberflächenbehandlung müssen die Dichte, die Härte, die Elastizität und die Festigkeit des Holzes beachtet werden. Dementsprechend ist die Unterscheidung in **Hart- und Weichholzarten** für die Bearbeitung und die Werkzeugauswahl wichtiger. Als weich gelten alle Nadelhölzer mit Ausnahme der Eibe sowie die Laubhölzer Erle, Birke, Linde, Pappel und Weide.



Splintholz (hell) und Kernholz (dunkel)
(Beispiel Kiefer)

Bereits das „Bild“ der Stamm-, Brett- oder Hobelware lässt Rückschlüsse auf Eigenschaften bis hin zu eventuellen Schwierigkeitsgraden bei der Zerspannung zu. **Splint- und Kernholz** eines Baumes haben z.B. unterschiedliche Eigenschaften. Der aufströmende Saftstrom verläuft in den äußeren Schichten des Stammes. Dadurch entsteht eine stärker durchfeuchtete äußere Splintholzzone und ein weniger feuchter innerer Kernholzbereich. Kern und Splint sind stets von unterschiedlicher Qualität. Mit zunehmendem Stammdurchmesser wird der Anteil des Kernholzes durch „Verkernung“ des älteren Splintholzes (auch Reifholz genannt) größer. Kernholz wird im Stamm nicht mehr verändert. Kern und Splint sind in jeder Holzart vorhanden. Man kann sie jedoch bei „Kernholzbäumen“ deutlicher an der unterschiedlichen Färbung erkennen als bei „Reifholzbäumen“. Buche, Tanne und Fichte sind typische Reifholzbäume, während Eiche, Lärche, Kiefer, Kirsche und Esche reine Kernholzbäume sind.



Frühholz (hell) und Spätholz (dunkel)
(Beispiel Pinus Radiata)

Bei der Bearbeitung und Zerspanung von Holz muss beachtet werden, dass es sich hier um einen Werkstoff mit unterschiedlichen Strukturen und Eigenschaften handelt. Besonders bezeichnend für diese Tatsache sind die Jahrringbreiten bei Nadelhölzern. Zwischen den ausgeprägten Bereichen von **Früh- und Spätholz** bestehen große Härteunterschiede. Bei der Zerspannung muss diesem Umstand Rechnung getragen werden und Schneidstoff, Winkelgeometrie und Prozessparameter entsprechend angepasst werden. Bei einer Mischholzverarbeitung ist oftmals ein Kompromiss für unterschiedliche Holzarten erforderlich.

Für die meisten technischen Eigenschaften ist die **Rohdichte** das ausschlaggebende Merkmal. Als Rohdichte bezeichnet man den Quotienten aus Masse und Volumen einschließlich aller Hohlräume. Je nach Holzart liegt die Rohdichte in einem Bereich zwischen 100 kg/m^3 und 1200 kg/m^3 . Mit steigender Rohdichte wird Holz härter, fester, schwerer zu bearbeiten und zu behandeln, aber auch schwieriger zu trocknen. Auch der Verschleiß an den Werkzeugen erhöht sich in erster Näherung mit der Rohdichte des Holzes. Weitere Einflussfaktoren auf den Schneidverschleiß sind die Holzinhaltstoffe wie Gerbsäuren oder Silikateinschlüsse. Natürliche Gerbsäuren, z.B. bei Eiche, führen zu chemischem Verschleiß an der Werkzeugschneide, insbesondere bei großer Holzfeuchte. Silikateinschlüsse, wie sie bei tropischen Hölzern wie Meranti, Teak oder Mahagoni vorkommen, werden mit den Nährstoffen aus dem Boden aufgenommen und kristallisieren in den Gefäßen. Sie erzeugen einen erhöhten abrasiven Verschleiß an den Werkzeugschneiden. Große Dichteunterschiede zwischen Früh- und Spätholz sind in der Regel ein Indiz für starke Vorspaltung und Splitterneigung bei der Bearbeitung (Beispiel: Pinus Radiata). Aufgrund des weltweit steigenden Holzbedarfs werden Bäume zunehmend in Plantagen gezüchtet. Bei diesen sog. Plantagenhölzern handelt es sich in der Regel um schnellwachsende Arten wie z.B. Pinus Radiata, Eukalyptus oder Pappel. Diese Hölzer weisen eine gröbere Jahrring-Struktur sowie eine geringere Dichte und Festigkeit auf als ihre natürlich im Wald gewachsenen Verwandten. Aufgrund der stärkeren Neigung zum Splintern oder Zerfasern ist die Zerspannung von Plantagenhölzern mitunter recht anspruchsvoll und erfordert oft spezielle Bearbeitungstechniken und Werkzeuglösungen. Langfaserige Hölzer wie Pappel werden oft als Rohstoff für die Herstellung von Holzfaserverwerkstoffen genutzt.

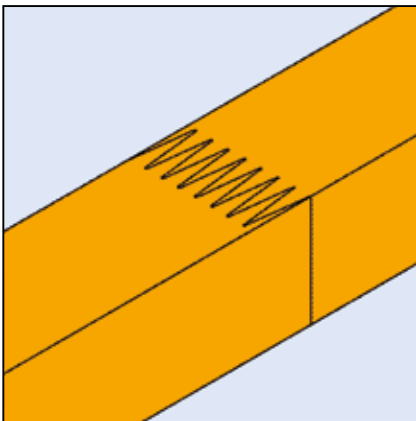
Holzart	Rohdichte [kg/ m ³]	Festigkeit [N/mm ²]		
		Druck-	Biege-	Scher-
Laubhölzer				
Afzelia	750 - 950	65 - 79	90 - 120	7,5 - 15,0
Ahorn	530 - 790	29 - 72	50 - 72	9,0 - 15,0
Balsa	90 - 260	5 - 15	12 - 23	1,1 - 2,0
Bangkirai	900 - 1100	68 - 80	125 - 140	10,0 - 15,0
Birke	510 - 830	38 - 100	147 - 155	12,0 - 14,5
Buche (Rotbuche)	540 - 910	41 - 99	74 - 210	6,5 - 19,0
Eiche amerik.	550 - 980	39 - 61	89 - 130	9,0 - 14,6
Eiche europ.	430 - 960	54 - 67	74 - 105	12,0
Erle	490 - 640	31 - 77	44 - 172	3,0 - 6,5
Esche	450 - 860	23 - 80	58 - 210	9,0 - 14,6
Eucalyptus	720 - 790	37 - 51	75 - 104	9,5
Iroko	550 - 850	52 - 81	70 - 158	9,5 - 12,5
Kirsche amerik.	525 - 615	33 - 59	59 - 98	15,0
Mahagoni	450 - 620	36 - 70	50 - 130	6,0 - 9,5
Meranti, Dark Red	550 - 890	53 - 74	66 - 222	7,1 - 10,6
Meranti, Light Red	390 - 760	21 - 50	32 - 80	4,0 - 8,0
Merbau	760 - 830	60 - 85	140	13 - 17,5
Pappel	410 - 560	26 - 56	43 - 94	4,0 - 8,0
Sipo	550 - 750	43 - 73	47 - 155	5,5 - 15
Teak	520 - 700	42 - 59	58 - 109	8,3 - 9,5
Nadelhölzer				
Douglasie	640 - 800	43 - 68	68 - 89	7,8 - 10,2
Fichte	330 - 680	33 - 79	49 - 172	3,0 - 6,5
Kiefer	330 - 890	35 - 94	59 - 98	6,1 - 14,6
Lärche	440 - 850	64 - 132	107	4,5 - 10,9
Radiata Pine	450 - 580	36 - 65	60 - 91	6,8 - 7,6
Tanne	350 - 750	31 - 59	47 - 118	3,7 - 6,3

Tabelle: Rohdichte und Festigkeitswerte (Holzfeuchte 12%) für gängige Holzarten (Quelle: Holzatlas, Wagenführ, 2007)

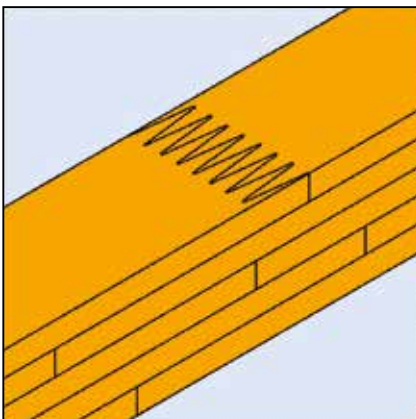
Die **Härte** der verschiedenen Holzarten wird nach Brinell bei einer Holzfeuchte von 12% gemessen. Parallel zur Faser ist die Härte etwa doppelt so groß wie senkrecht zur Faser. Wegen des unterschiedlichen Zellaufbaus und des ungleichmäßigen Gefüges von Holz werden Härteangaben nur als Näherungswerte angenommen. In ähnlicher Weise wie die Rohdichte beeinflusst die Holzfeuchte die Holz Härte.

Zu den weiteren physikalischen Eigenschaften des Werkstoffes Holz, die beim Werkzeugeinsatz zu beachten sind, gehören **Elastizität und Festigkeit**. Elastizität ist die Eigenschaft fester Körper, nach Wegnahme einer formverändernden Kraft wieder die ursprüngliche Form zu erlangen (Kenngröße → E-Modul in N/mm²). Bei der Beurteilung der Festigkeit ist zu beachten, dass Äste, Risse, Drehwuchs und das Gefüge sich zusätzlich auf den Verformungs- und Bruchwiderstand auswirken.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Bearbeitbarkeit und die Qualität des späteren Endproduktes hat die Holzfeuchte. Als **Holzfeuchte** bezeichnet man den prozentualen Anteil Wasser bezogen auf die Trockenmasse des Holzes. In frisch geschlagenem Holz ist das Wasser sowohl in den Zellwänden gebunden als auch frei in den Hohlräumen enthalten. Die Holzfeuchte kann hier über 100% betragen. Ist das Wasser aus den Zellhohlräumen entwichen und nur noch in den Zellwänden gebunden, spricht man vom sog. Fasersättigungspunkt. Er variiert je nach Holzart und liegt etwa bei 30% Holzfeuchte. Unterhalb dieses Punktes schwindet und quillt das Holz bei Feuchtigkeitsabgabe bzw. -aufnahme. Bei darrtrockenem Holz beträgt die Holzfeuchte 0%. Um eine ausreichende Formstabilität zu erreichen, sollte das Holz deshalb vor der Endbearbeitung auf die Feuchtigkeit seiner späteren Einsatzumgebung, die sog. Ausgleichsfeuchte, heruntergetrocknet werden. In geschlossenen Räumen liegt dieser Wert in etwa zwischen 6 und 12%, im Freien zwischen 8 und 16% (ohne direkte Bewitterung). Für die Zerspannung ist eine Holzfeuchte von 12 bis 14% günstig. Darunter neigt das Holz stärker zum Splintern, darüber erhöht sich die Oberflächenrauheit durch Schwindung beim Nachtrocknen.



Konstruktionvollholz (KVH)



Brettschichtholz (BSH)

Aufgrund seiner begrenzten Abmessungen, seines Quell-/Schwindverhaltens und seiner Inhomogenitäten durch Verwachsungen oder Äste wird Massivholz in der Regel zu **Halbzeugen** weiter veredelt. Bei den Konstruktionshölzern werden Schwachstellen im Holz wie Äste oder Risse ausgekappt. Durch Keilverzinkung an den Hirnholzschmittflächen können beliebige Bauteillängen hergestellt werden. Durch faserparalleles Verkleben von Bohlen oder Kanthölzern können größerer Bauteilquerschnitte erzeugt werden und die Festigkeiten erhöht werden. Produkte in diesem Bereich sind z.B. Konstruktionvollholz (KVH) oder Brettschichtholz (BSH). Für Fensterrahmen beispielsweise werden lamellierte Kanteln hergestellt, bei denen auch unterschiedliche Holzarten mit unterschiedlichen Eigenschaften zum Einsatz kommen können.

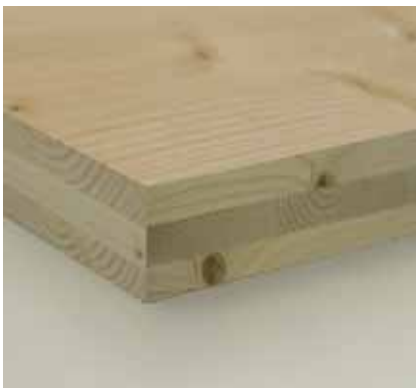
Modifizierte Hölzer

Auf der Suche nach geeigneten Methoden, um ausreichend verfügbare Hölzer auch dimensionsstabil und witterungsbeständig für den Außeneinsatz zu machen, wurden in den vergangenen Jahren unterschiedlichste Verfahren zur Modifizierung entwickelt und erprobt. Pinus Radiata, beispielsweise, wird durch einen Acetylierprozess stabilisiert (Accoya®). Kiefernholz wird durch Druckimprägnierung behandelt (Belmadur®). Bei Thermoholz wird die Formstabilität und Witterungsbeständigkeit durch einen Pyrolyseprozess bewirkt. Allen diesen Verfahren gemeinsam ist, dass sie nicht bloß auf oberflächen-nahe Zonen sondern gleichmäßig auf den gesamten Materialquerschnitt einwirken. Auf diese Weise entstanden „neue Holzarten“ mit verringertem Quell-Schwindverhalten, erhöhter Härte und veränderten Zerspanungseigenschaften. Schnittkräfte und Schneidenschleiß sind geringer als bei den naturbelassenen Hölzern. Sprödigkeit und Staubeentwicklung bei der Bearbeitung steigen an, stellen aber keine grundlegenden Einschränkungen dar.



Modifizierte Hölzer (Beispiele)
Accoya®, Thermobuche, Belmadur®

Alle Werkstoffe, die aus Strukturelementen von Holz wie Bretter, Furnier, Späne oder Fasern hergestellt sind, werden in der Fach- und Normsprache als Holzwerkstoffe bezeichnet. Der Beginn der Holzwerkstoffentwicklungen liegt in den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts. Damals wurden größere, glatte Flächen aus unterschiedlichen Dicken in wechselnden Faserrichtungen verleimt und verpresst. Sperrholzplatten und Stäbchenplatten eröffneten den Weg zu neuen Gestaltungs- und Konstruktionsmöglichkeiten.



Brett-Sperrholz CLT

Nach 1950 entstand aus den Anfängen der Spanplattenherstellung in den 1930er Jahren weltweit eine eigenständige Industrie zur Herstellung von Holzspan-Werkstoffen. Es handelt sich hierbei um Platten oder Formteile aus Spänen oder Fasern von Laub- und Nadelhölzern aber auch aus verholzten Einjahrespflanzen (z.B. Getreidestroh oder Flachs). In DIN 4076 sind die Holzspanplatten nach Art, Aufbau und Rohdichte klassifiziert. Erst die Herstellung von Holzwerkstoffplatten ermöglichte das Entstehen einer industriellen Möbelfertigung.

Heute werden die Holzwerkstoffe grob unterteilt in:

- **Vollholz- und Furnierwerkstoffe:**
z.B. Brettsperrholz; Stabsperrholz; Furniersperrholz oder Multiplex-Platten
- **Holzspanwerkstoffe:**
z.B. Flachpressplatte (allgemein als Spanplatte bezeichnet); Strangpressplatte; Grobspanplatte oder OSB (oriented strand board)
- **Holzfaserverwerkstoffe:**
Mitteldichte Faserplatte (MDF); Hochdichte Faserplatte (HDF); Hartfaserplatte oder Holzfaserdämmplatte
- **Holz-Verbundwerkstoffe:**
z.B. Wood Plastic Composites (WPC) – thermoplastisch verarbeitbare Verbundwerkstoffe aus Holz und Kunststoff; Leichtbauplatten – hochfeste Decklagen mit einem leichten Kern aus Schaum, Balsaholz oder Waben aus Pappe oder Kunststoff (Honeycomb); Kunstharzpressholz (Panzerholz) – verdichteter Werkstoff aus Buchenholzfurnieren und Kunstharz (Rohdichte 900 – 1400 kg/m³)



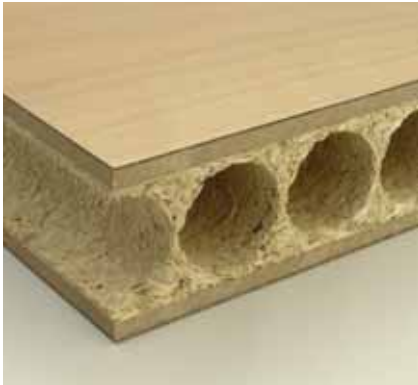
Stabsperrholz

Ziel bei all diesen Holzwerkstoffen ist es, trotz der anisotropen Eigenschaften von Holz, einen zumindest in zwei Dimensionen isotropen Werkstoff zu erzeugen. Ein zur Plattenmittelebene symmetrischer Schichtaufbau ist dabei eine wesentliche Voraussetzung, um verzugsfreie Platten zu gewährleisten.



Furniersperrholz

Bei den **Vollholz- und Furnierwerkstoffen** werden quasi-isotrope Eigenschaften dadurch erreicht, dass die einzelnen Holzlagen in Bezug auf ihre Faserrichtung versperert miteinander verleimt werden. Bei der Zerspannung solcher Werkstoffe müssen die Werkzeuge gleichzeitig für eine Bearbeitung längs und quer zur Faserrichtung ausgelegt sein. Die Leimfugen erzeugen in der Regel den höchsten Schneidenschleiß.



Stranggepresste Spanplatte als Kern eines Verbundwerkstoffs



Spanplatte, kunststoffbeschichtet



MDF-Platte

Bei den **Spanplatten** unterscheidet man je nach Pressverfahren Flachpressplatten oder Strangpressplatten. Bei den Flachpressplatten sind die Späne vorzugsweise in der Plattenebene ausgerichtet. Durch gezielte Beeinflussung der Spangröße können unterschiedliche Schichten mit unterschiedlichen Eigenschaften hergestellt werden. In der Regel werden dreischichtig aufgebaute Platten hergestellt mit groben Spänen in der Mittellage und feinen Spänen in den beiden Decklagen für glatte Oberflächen. Demgegenüber liegen die Späne bei der Strangpressplatte vorwiegend senkrecht zur Plattenebene. Sie haben über den gesamten Querschnitt hinweg die gleiche Struktur.

Die Einteilung der Spanplatten erfolgt nach DIN EN 312-1 nach Festigkeit und Feuchtebeständigkeit:

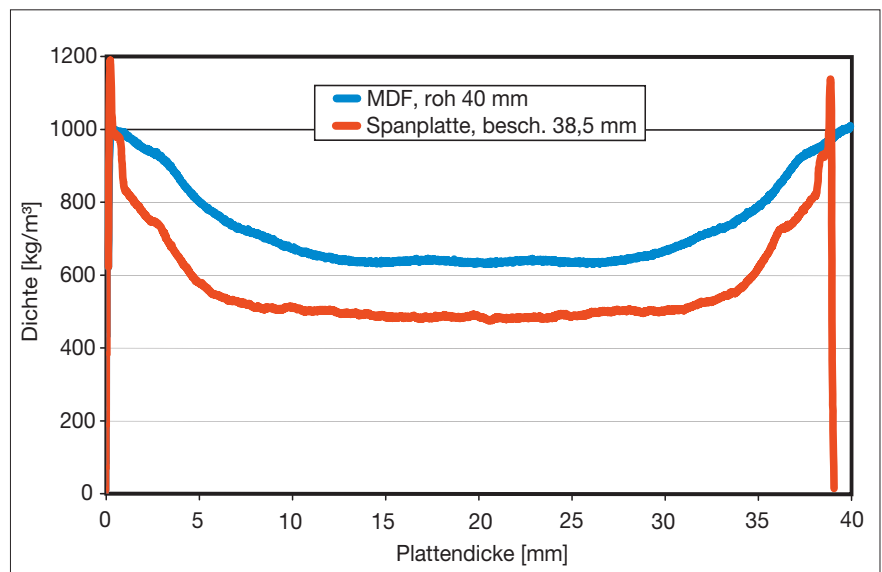
Allgemeine Verwendung (statisch nicht tragend)	Allgemein verwendbar, auch für tragende Bauteile	Hochbelastbar für tragende Bauteile
P1 für leichte Verkleidungen im Trockenbereich	P4 Trockenbereich	P6 Trockenbereich
P2 für Möbel- und Innenausbau im Trockenbereich		
P3 im Feuchtbereich	P5 Feuchtbereich	P7 Feuchtbereich

Während des Herstellprozesses können Pilzschutzmittel und Feuerschutzmittel für spezielle Anforderungen an die Platten beigemischt werden.

Als wichtigste Merkmale einer Spanplatte sind jedoch ihre Rohdichte und ihre Festigkeit hervorzuheben. Die im Möbel- und Innenausbau viel verwendete halbschwere Holzspanplatte (z.B. Flachpressplatte) hat eine Rohdichte von 450 bis 750 kg/m³. Durch die Holzlagerung werden auch holzfremde Stoffe wie Sand und kleine Steine in den Herstellprozess mit eingetragen, so dass Spanplatten über einen gewissen Sandgehalt verfügen. Sandgehalt und Partikelgröße sind maßgeblich für den Werkzeugverschleiß verantwortlich, weshalb bei industrieller Verarbeitung überwiegend Diamantwerkzeuge eingesetzt werden. Aufgrund der Rohstoffverknappung wird vermehrt Altholz in Spanplatten verarbeitet, wodurch der Anteil an Verunreinigungen zunimmt.

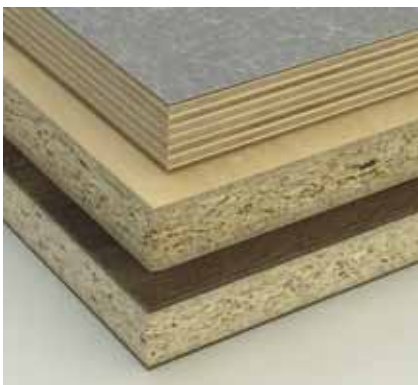
Die Variationsbreite der Spanplatte hinsichtlich Zusammensetzung und den damit erzielten Eigenschaften, ihre Verzugsarmut und die dekorative Beschichtung haben ihre vielfältige und häufige Verarbeitung im Möbel- und Innenausbau begründet.

Entsprechend ihrer Zusammensetzung und ihres Herstellverfahrens unterscheidet man neben den Holzspanwerkstoffen die **Holzfaserverwerkstoffe**. Aus Holz oder anderen ligno-zellulosehaltigen Faserrohstoffen werden sowohl poröse Faserplatten mit Rohdichten ab 230 kg/m³ als auch mittelharte, harte und extraharte Faserplatten mit Rohdichten bis über 800 kg/m³ hergestellt. Die Variationsbreite der Spanplatte hinsichtlich Zusammensetzung und den damit erzielten Eigenschaften, ihre Verzugsarmut und die dekorative Beschichtung haben ihre vielfältige und häufige Verarbeitung im Möbel- und Innenausbau begründet.



Dichteprofile von Spanplatte und MDF

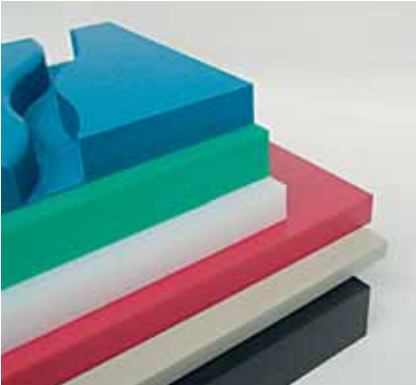
Als Weiterentwicklung der Span- und Faserwerkstoffe in den 1980er Jahren hat die sog. „**Mitteldichte Faserplatte**“ (**MDF**) im Möbel- und Innenausbau immer mehr an Bedeutung gewonnen. MDF-Platten können aufgrund ihrer homogenen Struktur wie Massivholz an Flächen und Kanten profiliert und lackiert werden. Sie werden hauptsächlich aus rindenfreiem Nadelholz hergestellt, das in mehreren Stufen zu getrockneten Feinstfasern aufbereitet wird. Anschließend wird diese Substanz mit schadstoffarmen Leimen zu einer Platte mit annähernd konstanter Dichte verpresst. Die Rohdichte liegt in der Regel zwischen 600 kg/m^3 und 1000 kg/m^3 . Nach DIN EN 316 werden unterschieden HDF ($\geq 800 \text{ kg/m}^3$), Leicht-MDF ($\leq 650 \text{ kg/m}^3$) und Ultraleicht-MDF ($\leq 550 \text{ kg/m}^3$).



Beschichtete Plattenwerkstoffe

Für die Bearbeitung mit Maschinenwerkzeugen muss neben den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Werkstoffe auch die **Art der Beschichtung** beachtet werden. Holzwerkstoffe aller Arten werden in der Regel fertig beschichtet geliefert. Die Oberflächenausführung reicht hierbei von Furnier, Lack, Papier bis zu Kunststoffen in unterschiedlichen Schichtdicken und Härten. Typische Vertreter der letzten Kategorie sind Melaminharz- oder HPL-Beschichtungen (High-Pressure-Laminates). Härte und Struktur der Beschichtungen erfordern angepasste Schneidengeometrien für eine aussrissfreie Bearbeitung. Overlays von Laminatpaneelen, die zur Erhöhung der Abriebfestigkeit mit Korundpartikeln versetzt sind, erzeugen den höchsten Verschleiß an den Werkzeugschneiden.

Wie kaum ein anderer Werkstoff haben die Holzwerkstoffe in ihren vielfältigen Ausführungsarten die Gestalt der Produkte, aber auch die Verarbeitungsverfahren verändert. Mit jedem neuen Werkstofftyp werden andere Ansprüche an die Maschinenwerkzeuge gestellt. Aussrissfreie Schnittkanten und präzise Profilierungen müssen mit rationellen Fertigungsmethoden zu erreichen sein. Jede Weiterentwicklung bei den Holzwerkstoffen führt deshalb auch zu neuen, darauf abgestimmten Werkzeugausführungen und ggf. neuen Verarbeitungsprozessen.



Thermoplastische Kunststoffe (Vollmaterial)



Extrudierte Kunststoffprofile



Knäuelbildung der Polymere bei Thermoplasten (Prinzipdarstellung)



Glanzgefräste Fläche an PMMA-Werkstück

Kunststoffe bestehen aus Lagen ineinander verschlungener Molekülketten, den Polymeren, die wiederum aus sich wiederholenden Grundeinheiten, den Monomeren, zusammengesetzt sind. Die Art der Verknüpfung der Polymere untereinander ist maßgeblich für die Eigenschaften der Kunststoffe. Man unterscheidet hier die Hauptgruppen Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere.

Gemeinsamkeit aller Kunststoffe ist eine geringe Dichte und eine geringe Wärmeleitfähigkeit. Die unterschiedlichen Eigenschaften der Kunststoffsorten müssen bei der spanenden Bearbeitung berücksichtigt werden. Nur auf das Material abgestimmte Werkzeuge und Einsatzparameter erzielen ein Optimum an Qualität, Wirtschaftlichkeit und Produktionssicherheit.

Thermoplaste

Bei Thermoplasten sind die Molekülketten mechanisch ineinander „verhakt“. Typische Eigenschaft der Thermoplaste ist, dass sie eine Erweichungstemperatur haben. Wird der Thermoplast über diese Temperatur erwärmt, ist er weich und lässt sich in Form bringen bzw. verformen. Beim Unterschreiten dieser materialspezifischen Temperatur bleiben Thermoplaste in der gegebenen Gestalt. Somit können Thermoplaste in Fertigungsverfahren wie Spritzgießen, Extrudieren und Umformen veredelt werden.

Zur Festigkeitssteigerung können thermoplastische Kunststoffe auch mit Fasern verstärkt werden. In der Regel handelt es sich um Kurzfasern, damit die Extrudierbarkeit erhalten bleibt. Anwendung findet diese Technik beispielsweise bei Fensterprofilen, um auf eine Aussteifung mit Stahleinlagen verzichten zu können.

Die Erweichungstemperatur beginnt je nach Kunststoff bei $\sim 60^\circ\text{C}$, also bei einer Temperatur, die bei der spanenden Bearbeitung von Relevanz ist. Wird die Erweichungstemperatur bei der Bearbeitung überschritten, verschlechtert sich die Schnittqualität. Späne schmelzen, das Werkzeug verklebt, Qualität und Produktionssicherheit ist nicht mehr gegeben. Neben speziellen Zahngeometrien und Spanräumen ist die Wahl der Prozessparameter von entscheidender Bedeutung. Die zulässigen Schnittgeschwindigkeiten sind in der Regel geringer als bei der Holzbearbeitung.

Transparente Thermoplaste wie PC und PMMA nehmen eine Sonderstellung ein. Vielfach besteht die Forderung nach einer transparenten Schnittfläche. Voraussetzung hierfür sind absolut glatte Schneidkanten ohne sichtbare Schleifriefen, eine spezielle Schneidengeometrie und natürlich steife Maschinen mit guter Dämpfung. Mit polierten Hartmetallschneiden können gute Schnittqualitäten erzeugt werden. Für absolute Glanzoberflächen ist monokristalliner Diamant die erste Wahl. Wird dieser Aufwand nicht betrieben, ist die Folge eine matte Schnittfläche.



Struktur von Duroplasten
(Prinzipdarstellung)



Kompaktschichtstoffplatte



Struktur von Elastomeren
(Prinzipdarstellung)



Elastomer mit Gewebeeinlage

Duroplaste

Bei Duroplasten sind die Molekülketten an „Knotenpunkten“ über chemische Bindungen irreversibel miteinander vernetzt. Wird ein Duroplast erhitzt, beginnen sich die Monomere zu bewegen. Die Intensität dieser Schwingungen nimmt bei steigender Temperatur zu. Beim Überschreiten einer kritischen Temperatur werden die Knotenpunkte irreversibel aufgebrochen. Die Folge ist: Duroplaste werden bei einer materialspezifischen Temperatur zerstört, der Zersetzungstemperatur. Diese liegt bei über 150°C. Duroplastische Werkstoffe werden üblicherweise gegossen oder bei Verbundmaterialien verpresst. Sie sind in der Regel hart und spröde.

Um Eigenschaften von Duroplasten zu verbessern, werden **Verstärkungen** in Form von Hartpapier (Pertinax), Glasfasern (GFK), Kohlefasern (CFK), Aramidfasern (AFK) in die duroplastische Massen eingelegt. Die unterschiedlichen Kombinationen dieser Materialien erhalten neue Bezeichnungen wie FR2, FR3, FR4, CEM1, CEM 3,... (z.B. FR4 entspricht Epoxidharz mit Glashartgewebe).

Typische Beispiele für duroplastische Werkstoffe sind z.B. Kompaktschichtstoffplatten oder High-Pressure-Laminates (HPL-Schichtstoffe) aus melamin- oder phenolharzgetränkten Papieren, Leiterplatten (PCB) aus Hartpapier oder PU-Schäume.

Die Temperatur steht bei der spanenden Bearbeitung nicht im Vordergrund. Die Schnittgeschwindigkeiten sind höher als bei Thermoplasten. Wegen der sprödharten Materialeigenschaften und der abrasiven Wirkung der eingebetteten Fasern unterscheiden sich die Werkzeuge in Geometrie und Schneidstoffen von denen zur Bearbeitung von Thermoplasten.

Elastomere

Elastomere sind weiche Kunststoffe, im Sprachgebrauch „Gummi“ genannt, die sich elastisch verformen lassen und bei Entlastung wieder ihre ursprüngliche Form einnehmen. Diese Eigenschaft beruht auf einer weitmaschigen Vernetzung der Molekülketten. Sie erweichen nicht bei Erwärmung. Die spanende Bearbeitung ist möglich, kommt aber selten vor. Die Schwierigkeit besteht meistens im Spannen der Werkstücke.

Mineralische Bestandteile werden mit einem Bindemittel zu Plattenwerkstoffen gebunden. Je nach Anteil und Art von Bindemittel und mineralischen Bestandteilen weisen die Werkstoffe spezifische Eigenschaften auf. Im Vergleich zu Holzwerkstoffen ist mit verringerter Schnittgeschwindigkeit zu arbeiten.



Mineralwerkstoffe

Acrylgebundene Mineralwerkstoffe

(z.B. Corian, Hi-Macs, Kerrock, Noblan, Surell, Varicor, Velstone)
Dieser Werkstoff besteht aus bis zu zwei Dritteln natürlichen Mineralien (z.B. Aluminiumhydroxid, Feldspat), die in einer Matrix aus Acrylpolymeren (PC) gebunden sind. Das Material lässt sich auf Grund des hohen Acryl-Anteils unter Temperatur verformen. Der Mineralstoffanteil erhöht die Erweichungstemperatur des Kunststoffs, was zu einer besseren Bearbeitbarkeit führt. Diese Werkstoffe lassen sich prinzipiell mit Schneiden aus Hartmetall oder polykristallinem Diamant zerspanen. Sehr grobe mineralische Partikel können die Diamantschneide beschädigen, so dass in diesen Fällen der Einsatz von Hartmetallschneiden empfohlen wird.

Acrylgebundene Mineralwerkstoffe gibt es als Platten von 4 bis 20 mm Dicke und als Formteile (z.B. Waschtische). Sie werden in der Regel auf Holzwerkstoffplatten aufgebracht und lassen sich nahezu fugenlos durch Kleben und Überfräsen verbinden. Auf diese Weise können Bauteile mit massivem Charakter hergestellt werden. Um möglichst gerade und riefenfreie Sägeschnitte zu erhalten, empfiehlt sich der Einsatz von schwingungsgedämpften Kreissägeblättern vom Typ „AS-Folie“.



Perlite-Platte

Brandschutzplatten auf Perlite-Basis

Kennzeichnend für diese Materialien ist ihre stark abrasive Wirkung auf den Werkzeugtragkörper. Vor allem Stammblätter von Kreissägeblättern sind von dieser Problematik betroffen. Der Spanraum wird ausgewaschen. Infolgedessen kann der Zahn abbrechen, obwohl die Hartmetallscheide die Verschleißmarke noch nicht erreicht hat. Deshalb wird der Einsatz spezieller Werkzeugausführungen mit verschleißgeschützten Grundkörpern und Spannbacken empfohlen.



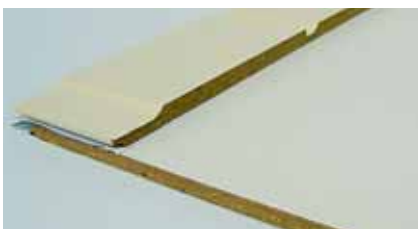
Gipskarton-/Gipsfaserplatte

Gipsfaser, Gipskartonplatten

Diese Materialien werden sowohl in trockenem als auch in „nassem“ Zustand bearbeitet. Im nassen Zustand empfiehlt es sich, Hartmetall als Schneidmaterial einzusetzen. Im Gegensatz zum nassen Plattenwerkstoff wird bei der Trockenbearbeitung Diamant als Schneidstoff empfohlen.

Zementfaserplatten

Besonderes Merkmal von Zementfaserplatten ist ihre hohe Dichte. Falsch gewählte Maschinenparameter führen zur Funkenbildung bei der spanenden Bearbeitung. Hartmetall weist als Schneidstoff eine geringe Standzeit auf, weshalb selbst bei handgeführten Maschinen (Power Tools) Diamant als Schneidstoff zum Einsatz kommt.



Zementfaserplatte



Aluminium-Strangpressprofile

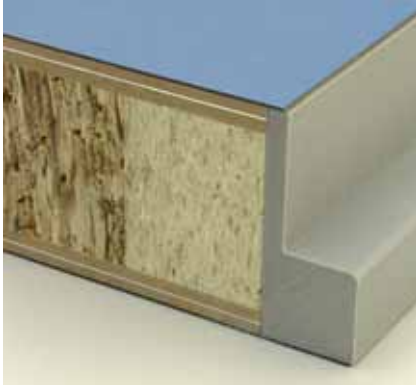
Typische Vertreter der **NE-Metalle** (Nicht-Eisen-Metalle), sind Aluminium, Kupfer, Messing, Zink. Man unterscheidet sie in Guss- und Knetlegierungen. Knetlegierungen sind duktiler und lassen sich besser zerspanen als Gusslegierungen. Sie sind mit ähnlichen Werkzeugen bearbeitbar, wie sie zur Holzbearbeitung eingesetzt werden.

Aluminium-Knetlegierungen sind die häufigsten Vertreter der NE-Metalle. Sie kommen vor als Hohl- oder Vollprofile, als Bleche sowie als Oberflächen- oder Zwischenlagen bei Holzwerkstoffen. Zur besseren Zerspanbarkeit ist Silizium zulegiert. Si-Gehalte $\geq 12\%$ führen zu erhöhtem Verschleiß an der Werkzeugschneide, weshalb hier Diamantschneiden zu empfehlen sind. Bei Si-Gehalten $< 12\%$ neigt das Aluminium bei der Zerspanung zum „Verschweißen“ mit der Werkzeugschneide, es kommt schnell zur sogenannten Aufbauschneidenbildung. Hartmetallwerkzeuge sollten deshalb nach Möglichkeit unter Einsatz von Kühlschmiermitteln (Minimalmengen-Schmierung MMS) betrieben werden.

Für die Trockenbearbeitung eignen sich besonders Werkzeuge mit Diamantschneiden (PKD). Aufgrund der sehr hohen Wärmeleitfähigkeit und der geringen Reibung von Diamant wird eine Aufbauschneidenbildung vermieden und eine hohe Bearbeitungsqualität erreicht. Zum Trennen von Hohlprofilen werden Sägeblätter mit speziellen Zahnformen und kleinen, teilweise negativen Spanwinkeln eingesetzt, um ein Einhängen der Zähne in die dünnen Stege zu vermeiden. Für riefenfreie Kapp- und Gehrungsschnitte eignen sich aufgrund ihrer guten Schwingungsdämpfung besonders sogenannte „Folien-Sägen.“

Ein **Verbundwerkstoff**, auch „Composite“ genannt, besteht aus zwei oder mehr verbundenen Materialien mit dem Ziel unterschiedliche Werkstoffeigenschaften miteinander zu kombinieren. Der Verbundwerkstoff besitzt andere Eigenschaften als seine einzelnen Komponenten.

Man unterscheidet im Wesentlichen zwei große Gruppen:



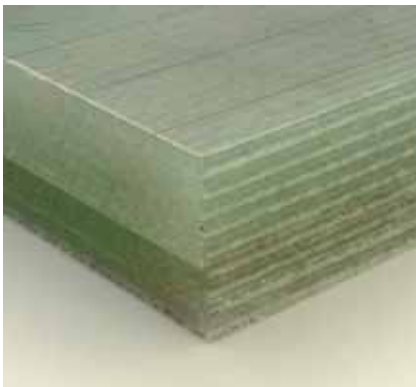
Schicht-Verbundwerkstoff

Schichtverbundwerkstoffe, z.B.:

- Verbundplatten (z.B. Sperrholz oder Tischlerplatten)
- Sandwichplatten (stabile Decklagen mit leichtem Kern)
- Wabenplatten (Honeycomb)
- Spanplatten mit Sperrschichten aus Aluminiumblech (Dampfsperre)
- Fensterkanteln mit Isolierwerkstoff als Mittellamelle
- Bodenpaneele mit HDF-Kern und diversen Nutzflächen (PVC, Kork, Filz)
- Aluminium Schichtwerkstoffe (Alu-Decklagen mit Kunststoffkern oder mineralischem Kern z.B. Alucobond®)

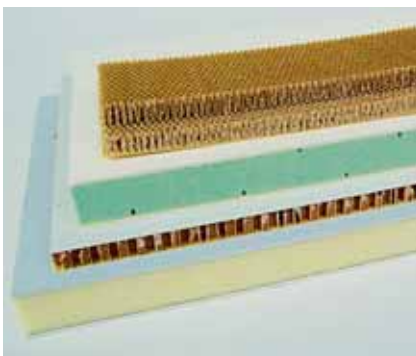
Faserverbundwerkstoffe, z.B.:

- kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff (CFK)
- glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)
- aramidfaserverstärkter Kunststoff (AFK)
- Naturfaserverstärkter Kunststoff (NFK)
- Wood-Plastic-Composites (WPC)
- Faserzementplatten



Faser-Verbundwerkstoff

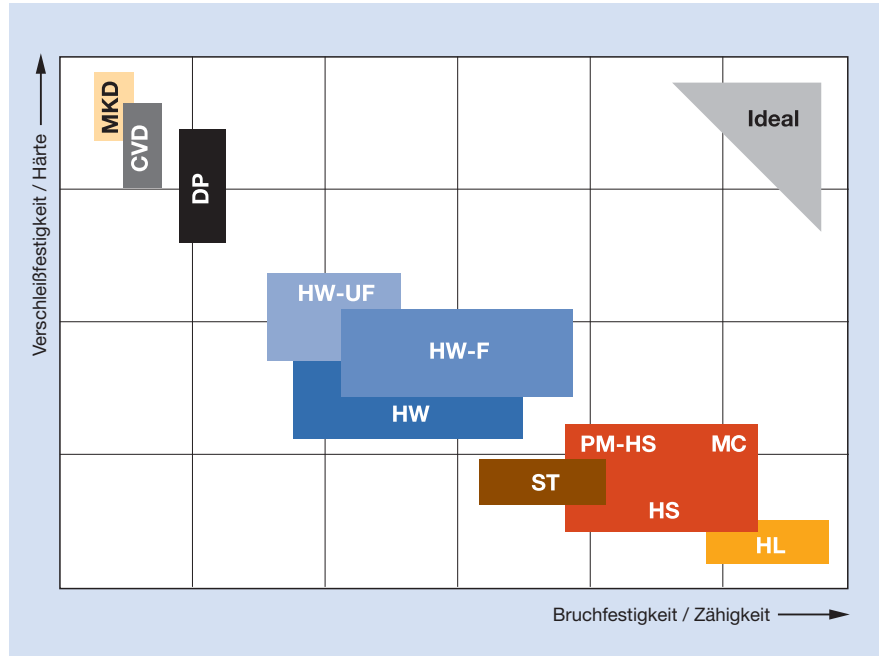
Die Schwierigkeit bei der Bearbeitung besteht in den oft gegensätzlichen Anforderungen der einzelnen Werkstoffkomponenten an die Werkzeugschneiden, weshalb die Werkzeuge in der Regel für den speziellen Verbundwerkstoff ausgelegt werden müssen. Bei Schichtverbundwerkstoffen können sogar unterschiedliche Schneidstoffe zur Bearbeitung der verschiedenen Schichten nebeneinander eingesetzt werden (sogenannte Hybrid-Werkzeuge). Durch die unterschiedlichen Festigkeiten der Einzelkomponenten besteht oft die Gefahr der Delamination infolge der einwirkenden Schnittkräfte.



Leichtbauwerkstoffe mit Waben- oder Schaumkern

11.2 Schneidstoffe

An der Schneide wird das Geld verdient! Verschleißfeste Schneidstoffe und scharfe Scheidkanten sorgen für lange Standzeiten und hochwertige Oberflächen. Doch das ganze Potenzial eines Schneidstoffs lässt sich erst mit der richtigen Schneidengeometrie voll ausschöpfen und diese hängt wiederum vom Zerpannungsprozess und den Eigenschaften des zu zerspanenden Werkstoffs ab.



Schneidstoffe für die Holz- und Kunststoffbearbeitung

Der „ideale Schneidstoff“ soll extrem hart und gleichzeitig zäh sein. Doch diesen „Alleskönner“ gibt es nicht. Die Schneidstoffpalette in der Holzbearbeitung reicht heute vom zähen Werkzeugstahl bis zum härtesten Stoff der Welt, dem Diamant. Aufgrund der großen Vielfalt an Werkstoffen und Werkzeugausführungen hat jeder dieser Schneidstoffe seine Berechtigung:

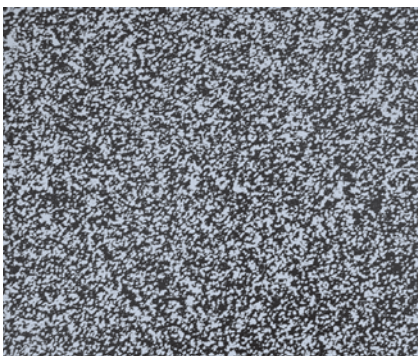
Tabelle: Einteilung der Hartmetalle in Zerspanungsgruppen nach ISO 513
 K-Sorten: WC + Binder
 P- und M-Sorten: zusätzlich mit WC-TiC und WC-TaC Mischkristallen für höhere Warmfestigkeit.

Gruppe	Anwendung / Werkstoffe	Code	Härte	Zähigkeit
P	Stahl, Stahlguss, langspannender Temperguss	P01	↑	↓
		P10		
		P20		
		P30		
		P40		
M	Stahl, Stahlguss, Manganhartstahl, aust. Stähle, Automatenstahl, legierter Grauguss	M10	↑	↓
		M20		
		M30		
		M40		
K	Grauguss, Hartguss, Kurzspannender Temperguss, Gehärteter Stahl, Nichteisenmetalle, Kunststoffe, Holz, Holzwerkstoffe	K01	↑	↓
		K05		
		K10		
		K20		
		K30		
		K40		

Schneidstoff mit Kurzbezeichnung	Zusammensetzung, Herstellung	Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten
SP Legierter Werkzeugstahl	Legierungsanteil < 5% (C > 0,6%). Wenig Karbide, daher nur geringe Härte und Warmfestigkeit. Schmelzmetallurgische Herstellung.	Härtbar bis 60 HRC. Für die Massivholzbearbeitung im handwerklichen Bereich, z.B. als Profilmesser für Universalmesserköpfe.
HL Hochlegierter Werkzeugstahl	Legierungsanteil > 5% Legierungselemente Cr, Mo, W bilden mit dem Kohlenstoff Karbide, die Härte und Verschleißfestigkeit bewirken. Mindestens 1 Legierungselement > 5% z.B. 12% Cr und 2% C. Schmelzmetallurgische Herstellung.	Härtbar bis 63 HRC. Sehr korrosionsbeständig durch hohen Cr-Anteil. Bevorzugte Anwendung in Hobelwerken für Weichhölzer, z.B. Massivfräser zur Herstellung von Nut- und Feder-Brettern bei hohen Vorschubgeschwindigkeiten.
HS Hochleistungs-Schnellarbeitsstahl (HSS)	Legierungsanteil > 12% Legierungselemente W, Mo, V, Co bilden mit dem Kohlenstoff Karbide, die Härte und Verschleißfestigkeit bewirken. Schmelztechnische Herstellung, anschließend Walzen – zeilenförmige Verteilung der Karbide Pulvermetallurgische Herstellung (PM-HS) – höhere Legierungsanteile möglich, homogene Karbidverteilung.	Härtbar bis 65 HRC. Bevorzugte Anwendung zur Massivholzbearbeitung, vorwiegend Weichhölzer, z.B. Hobelmesser, Verzinkungsfräser, Profilblanketts oder bestückte Profilfräser. Deutlich längere Standwege als HL-Stahl. Das beste Verhältnis von Zähigkeit und Härte wird bei pulvermetallurgisch hergestelltem HS-Stahl erreicht (PM-HS).
ST Gusslegierungen auf Kobalt-Basis	Weitgehend eisenfreie Legierungen aus den Elementen: Co, W, Cr. Schmelztechnische Herstellung.	Härte 40 bis 58 HRC. Besonders korrosions- und temperaturbeständig, zäh (kleine Keilwinkel an der Schneide möglich). Typische Einsatzgebiete: Bearbeitung von fasrigen oder feuchten, säurehaltigen Hölzern, beispielsweise im Säge- oder Hobelwerksbereich sowie Bearbeitung von Eiche, Meranti und Pappel.



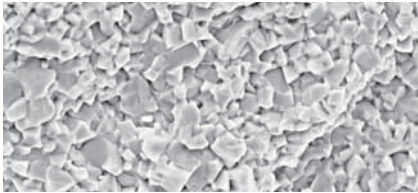
Zeilenförmiges Gefüge bei schmelztechnisch hergestelltem HS-Stahl



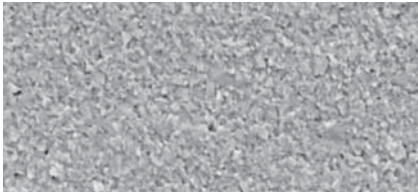
Homogenes Gefüge bei einem PM-HS-Stahl



11.2 Schneidstoffe



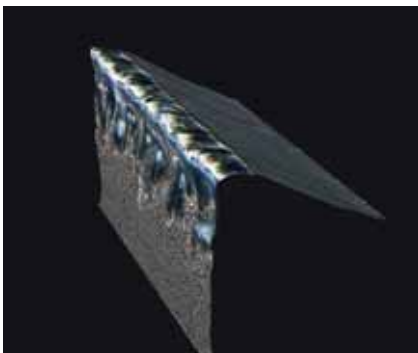
Bruchgefüge eines Standardhartmetalls



Bruchgefüge eines UF-Hartmetalls



Scharfkantiger Verschleiß an einer beschichteten HS-Schneide



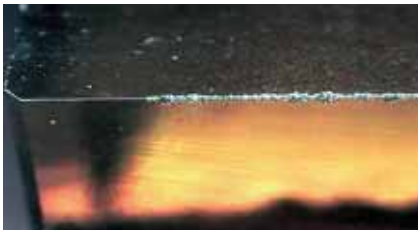
Verrundungs- und Kolkverschleiß an einer unbeschichteten HS-Schneide

Schneidstoff mit Kurzbezeichnung	Zusammensetzung, Herstellung	Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten
HW Hartmetall	Sinterwerkstoff aus Metallkarbiden und metallischem Binder (hauptsächlich WC + Co). Pulvermetallurgische Herstellung durch Mischen und Pressen der pulverförmigen Ausgangsstoffe und anschließendes Sintern bei hohen Drücken und Temperaturen. Nach ISO 513 werden K-, M- und P-Zerspanungsgruppen unterschieden.	Härte zwischen HV 1300 und 2500. Durch Korngröße und Bindergehalt lassen sich Härte und Zähigkeit in weiten Bereichen steuern. Universeller Schneidstoff für die Holzbearbeitung mit breitem Einsatzgebiet von astigem Weichholz mit Leimfugen über Plattenwerkstoffe bis zu Vollkunststoffen. Feinkorn-Hartmetalle ermöglichen sehr scharfe Schneidkanten als Voraussetzung für lackierfähige Oberflächen.
SC (MC) Stahl, beschichtet HC Hartmetall, beschichtet	2 – 3 µm dicke Hartstoffbeschichtung auf der Schneide. Beschichtungsstoffe: Nitride, Carbide, Carbide, Carbide, Carbide oder Oxi-Nitride aus den Elementen Ti, Al, Cr, Zr. Die Herstellung erfolgt in einem Vakuum-Beschichtungsprozess. Durch die Beschichtung entsteht ein neuer Schneidstoff. Das Substrat ist nicht mehr allein verantwortlich für die Verschleißbeständigkeit sondern übernimmt eine unterstützende Funktion für die Beschichtung.	Oberflächenhärte zwischen HV 1600 bis 3500. Die chemische und abrasive Verschleißbeständigkeit an der Oberfläche der Schneide wird gegenüber dem Substrat deutlich erhöht. Dadurch bleiben die Schneiden länger scharf und die Reibung wird verringert. Standwegerhöhungen bis zum Fünffachen des unbeschichteten Werkzeugs sind möglich. Diese Eigenschaften bleiben auch nach dem Schärfen erhalten. Bevorzugte Einsatzgebiete: Massivholz, thermoplastische Kunststoffe, NE-Metalle.

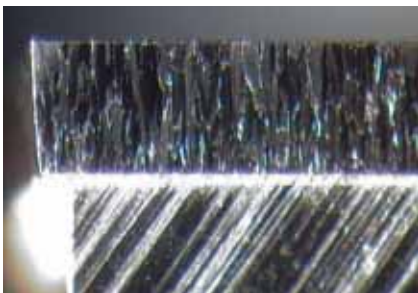
11.2 Schneidstoffe



Schneide aus DP – polykristalline Diamantschicht (oben) aufgesintert auf Hartmetall-Substrat (unten)

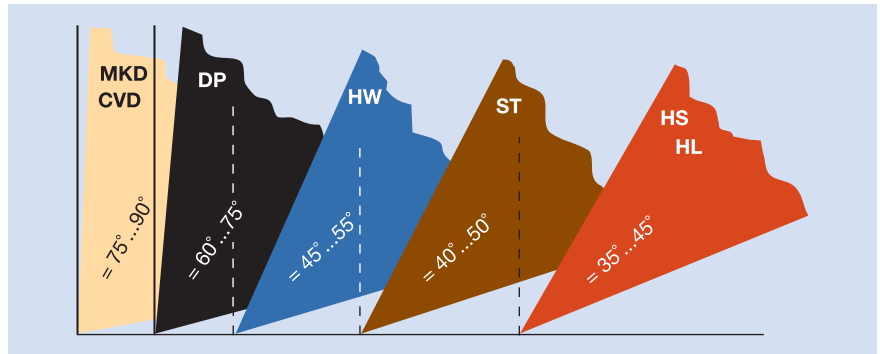


Schneide aus DM – monokristalliner synthetischer Diamant



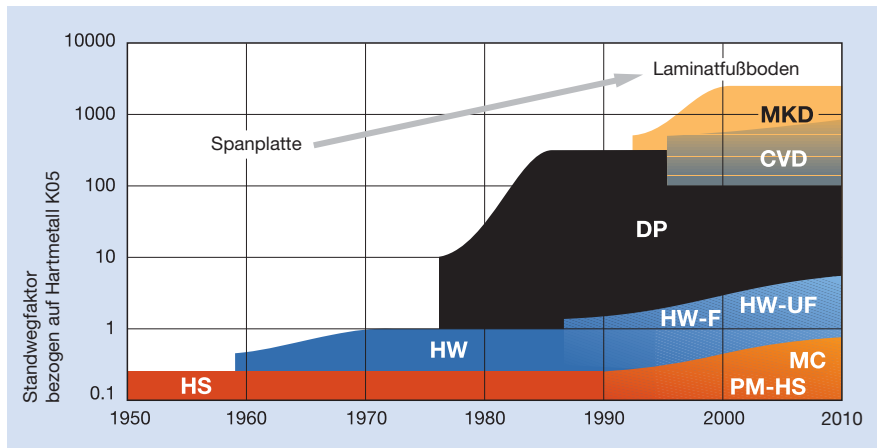
CVD – Diamantschicht aus stengelförmigen Diamantkristallen, aufgelötet auf Hartmetall

Schneidstoff mit Kurzbezeichnung	Zusammensetzung, Herstellung	Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten
DP Polykristalliner Diamant (PKD)	Versinterte Schicht (0,3 – 0,6 mm) aus Diamantkristallen auf Hartmetallunterlage. Diamantkorngröße: 1 – 30 µm. Herstellung durch Hochdruck-Synthese. Diamantkörner versintern untereinander zu einer Schicht und werden gleichzeitig mit einem Hartmetallsubstrat verbunden. Durch die Diffusion von Co aus dem Hartmetall zwischen die Diamantkörner wird der Diamant elektrisch leitfähig und kann durch Funkenerosion bearbeitet werden.	Besteht aus dem härtesten Stoff, Verschleiß beginnt an Korngrenzen, sehr gute Wärmeleitfähigkeit. Über die Korngröße können Härte und Zähigkeit in gewissen Bereichen beeinflusst werden. Der Einsatzbereich von DP-Schneidstoffen reicht von Harthölzern über Span- und Faserplatten bis hin zu sehr abrasiven Werkstoffen wie Faserzementplatten, Fußbodenlaminat oder faserverstärkte Kunststoffe (Composites). Hervorragend geeignet zur Trockenbearbeitung von NE-Metallen.
DM Monokristalliner Diamant	Diamant-Einkristall (Gefüge ohne Korngrenzen). Herstellung durch Hochdruck-Synthese. Nur in Abmessungen von wenigen Millimetern verfügbar. Bearbeitung nur durch Schleifen mit Diamant möglich.	Härter als DP. Sehr glatte Schneidkanten herstellbar, da keine Korngrenzen vorhanden. Einsatzgebiete bei sehr abrasiven Laminat-Overlays oder zur Glanzbearbeitung von transparenten Kunststoffen oder NE-Metallen.
CVD Polykristalline Diamantschicht	Diamantschicht von 0,5 mm Dicke aus miteinander verwachsenen stengelförmigen Diamantkristallen, aufgelötet auf einem Hartmetallträger. Herstellung durch Plasma-CVD-Beschichtungsprozess. Durch Dotierung mit Bor elektrisch leitfähig und dadurch erodierbar.	Härter als DP und DM, da keine metallische Bindephase vorhanden und die Diamantkörner mit ihren Kristallgitterebenen regellos angeordnet sind. Einsatz bei bestimmten Laminat-Overlays.



Schneidstoffspezifische Winkelgeometrie

Aufgrund des Verhältnisses aus Härte und Zähigkeit gibt es für jeden Schneidstoff eine spezifische Winkelgeometrie für eine optimale Zerspansleistung. Harte, spröde Schneidstoffe benötigen stabile Keilwinkel, damit die Schneide nicht ausbricht. Weniger harte, dafür zähere Schneidstoffe, benötigen „giftigere“ Winkel, um nicht gleich stumpf zu wirken. Hartmetalle erlauben die größte Gestaltungsfreiheit und sind deshalb in nahezu allen Anwendungen zu finden.

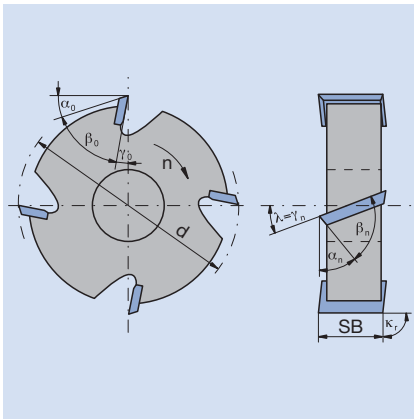


Standwegerhöhung durch Schneidstoffentwicklung

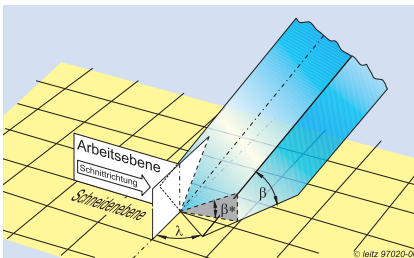
Das Ziel aller Schneidstoffentwicklungen sind längere Standwege. Dabei erfordern neuartige Werkstoffe oftmals die Einführung neuer Schneidstoffe. So brachte die Spanplatte einst das Hartmetall und später den polykristallinen Diamant, der Laminatfußboden den monokristallinen und den CVD-Diamant und die verleimten Hölzer die Feinkornhartmetalle. Auf diese Weise konnten die Standwege seit dem Aufkommen der Plattenwerkstoffe in den zurückliegenden 50 Jahren um mehr als vertausendfacht werden.

11.3 Zerspanungsgrundlagen

11.3.1 Schneidengeometrie und Winkelbezeichnungen



Schneidengeometrie und Winkelbezeichnungen

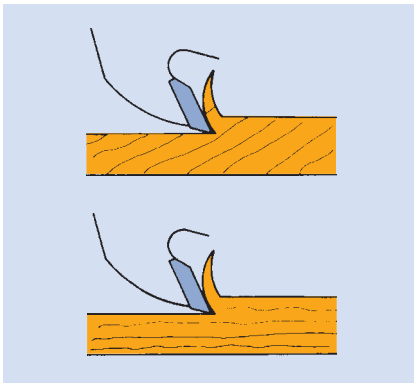


„Ziehender Schnitt“ – Achswinkel bewirkt eine Verringerung des Keilwinkels in Schnittrichtung

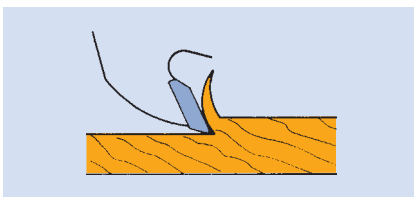
Größe	Symbol	Bedeutung
Spanwinkel (Gamma)	γ	Beeinflusst Schnittkräfte und Vorspaltung. Bei Hirnholz und zähen Werkstoffen eher große Spanwinkel, bei harten, spröden Werkstoffen eher kleine Spanwinkel.
Keilwinkel (Beta)	β	Wichtig für Stabilität der Schneide. Schneidstoffspezifische Mindest-Keilwinkel erforderlich, damit Schneidkante nicht ausbricht.
Freiwinkel (Alpha)	α	Vermindert die Reibung zwischen Schneide und Werkstück und das „Verharzen“ der Schneiden.
Achswinkel (Lambda)	λ	Erzeugt einen „ziehenden Schnitt“. Wirkt als Spanwinkel für die voreilende Nebenschneide (Schneidenflanke). Beeinflusst den Spänestrahlführung in axiale Richtung.
Einstellwinkel (Kappa)	κ_r	Vergrößert den Eingriffsbogen der Schneide. Bei Einstellwinkeln $< 10^\circ$ sind nahezu keine Schneideneingriffe sichtbar (z.B. Abplattwerkzeuge).
Spanwinkel der Nebenschneide	γ_N	Entspricht dem Achswinkel der Hauptschneide.
Keilwinkel der Nebenschneide	β_N	Wichtig für die Stabilität der Nebenschneide. In der Regel größer als Keilwinkel der Hauptschneide.
Freiwinkel der Nebenschneide	α_N	Vermindert die Reibung zwischen Nebenschneide und Werkstück und das „Verharzen“ der Nebenschneiden.
Durchmesser	d	Bei Profilwerkzeugen ist der Null-Durchmesser (meistens der kleinste Durchmesser) maßgebend für die Bearbeitungsposition des Werkzeugs. Der maximale Durchmesser ist maßgebend für die zulässige Drehzahl n_{max} und zur Kollisionsprüfung.
Schnittbreite	SB	Bestimmt die maximale Bearbeitungsbreite des Werkzeugs.

11.3 Zerspanungsgrundlagen

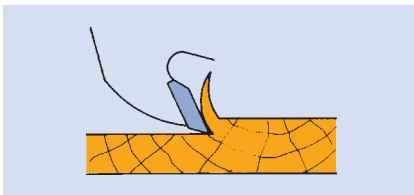
11.3.2 Schnittrichtungen und Fräsverfahren bei der Holzzerspanung



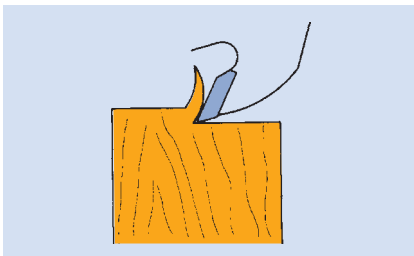
Längsschnitt mit der Faser



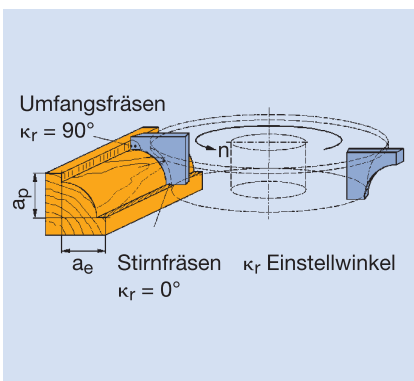
Längsschnitt gegen die Faser



Querschnitt



Hirnschnitt



Fräsverfahren am Beispiel „Profilfräsen“

Aufgrund der Anisotropie des Holzes als natürlich gewachsener Werkstoff können prinzipiell **drei Schnittrichtungen** unterschieden werden:

a) Längsschnitt

1) Mit der Faser

Leichte Bearbeitung. – Sehr gute Oberflächenqualität bei hohen Vorschubgeschwindigkeiten möglich.

2) Gegen die Faser

Schwierige Bearbeitbarkeit wegen Vorspaltung. Diese Schnittrichtung sollte durch entsprechende Frässtrategien, beispielsweise durch Drehrichtungs-umkehr (Gegenlauf/Gleichlauf), nach Möglichkeit vermieden werden.

b) Querschnitt

Geringe Schnittkräfte, jedoch leicht raue Oberfläche, da Holzfasern „abgeschält“ werden.

c) Hirnschnitt (stirnseitig)

Die Fasern werden senkrecht zum Faserverlauf durchtrennt. Daraus resultieren hohe Schnittkräfte und leicht raue Oberflächen. Beim Schneidenaustritt besteht die Gefahr des Aussplitters von Fasern, weshalb mit kleineren Zahnvorschüben und zum Teil auch gegen Konterhölzer gefräst wird.

Bei Verwachsungen im Holz und im Bereich von Ästen können alle Schnittrichtungen zusammen vorkommen. Durch spezielle Frästechniken und Werkzeugausführungen zum Vor- und Fertigfräsen wird eine gleichmäßig gute Bearbeitungsqualität ermöglicht.

Je nach Lage des oberflächenerzeugenden Schneidenbereichs unterscheidet man verschiedene **Fräsverfahren**:

a) Umfangsfräsen

Die Werkstückoberfläche wird durch die umfangsseitig arbeitenden Schneiden des Werkzeugs bearbeitet. Der Werkzeugumfang ist oberflächenbestimmend. Rotationsebene des Werkzeugs und erzeugte Werkstückoberfläche stehen senkrecht zueinander. Der eingeschlossene Winkel ist $\kappa_r = 90^\circ$ und wird mit Einstellwinkel bezeichnet.

Beispiele: Hobeln, Fügen.

b) Stirnplanfräsen

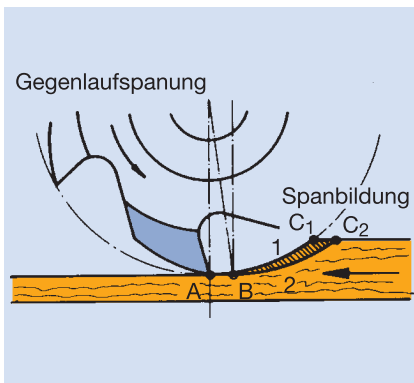
Die Werkstückoberfläche wird von den stirnseitig arbeitenden Schneiden des Werkzeugs bearbeitet. Die Werkzeugstirnseite ist oberflächenbestimmend. Rotationsebene des Werkzeugs und erzeugte Werkstückoberfläche sind parallel. Der eingeschlossene Winkel (Einstellwinkel) ist $\kappa_r = 0^\circ$.

Beispiele: Zerspanen, Kreissägen, Abplatten.

c) Profilfräsen

Profilfräsen stellt eine Kombination aus Umfangs- und Stirnfräsen dar – unabhängig davon, ob es sich um Schaft- oder Bohrungswerkzeuge handelt. Beim allgemeinen Fall des ProfilfräSENS sind die Übergänge von Umfangs- schneide zu Stirnschneide fließend. Jeder beliebige Einstellwinkel ($0^\circ \leq \kappa_r \leq 90^\circ$) kann auftreten.

Beispiele: Abrundprofile, Zinkenprofile oder beliebige Zierprofile – aber auch Fasen, Falzen, Nuten oder Schlitzen.



Spanbildung im Gegenlauf

a) Gegenlauf

Schnittbewegung des Werkzeugs und relative Vorschubbewegung des Werkstücks sind einander entgegengerichtet. Der Anschnitt erfolgt mit Spanndicke „null“. Bevor sich ein Span bilden und über die Spanfläche abfließen kann, drückt die Schneide am Beginn des Eingriffsbogens gegen das Werkstück. Während dieser Anschnittphase wird die spätere Werkstückoberfläche erzeugt. Mit zunehmendem Schneideneingriff wird der Span aufgrund der ansteigenden Spanndicke stabiler. Die Spanbildung wird jetzt durch Bruch- und Spaltvorgänge (sogenannte Vorspaltung) beeinflusst.

AB: Schabebereich.

B, C1, C2: Langgestreckter Span.

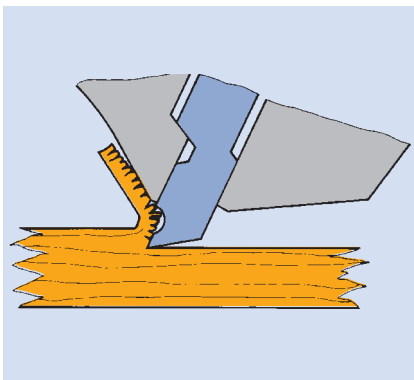
Vorteile:

Durch Ausnutzung der Vorspaltung werden Schnittkräfte und Antriebsleistung verringert und längere Standwege erreicht. Eine geringere Antriebsleistung ist erforderlich.

Nachteile:

Verläuft die Faserrichtung und damit die Spaltichtung von der Schneide in Richtung Gutseite des Werkstücks, bewirkt die Vorspaltung eine raue Oberfläche mit Faserausrisen. Spanbrecher vor der Schneide führen einen vorzeitigen Bruch des Spans herbei und verringern somit die Vorspaltung.

Insbesondere bei der Stationärfertigung auf CNC-Bearbeitungszentren, bei der sich Faser- und Vorschubrichtung ständig ändern, sind deshalb spezielle Frässtrategien erforderlich, um ungünstige Faserschnittwinkel zu vermeiden.



Wirkung eines Spanbrechers

b) Gleichlauf

Nur für mechanischen Vorschub.

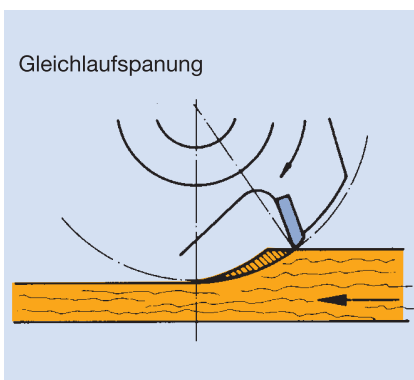
Schnittbewegung des Werkzeugs und die relative Vorschubbewegung des Werkstücks sind gleichgerichtet. Der Anschnitt erfolgt mit maximaler Spanndicke, die bis zum Schneidenaustritt kontinuierlich bis auf „null“ abnimmt. Mit zunehmendem Schneideneingriff wird der Span dünner und weicher. Die Gefahr der Vorspaltung verringert sich.

Vorteile:

Bei ungünstigem Faserverlauf werden vergleichsweise gute Oberflächen erreicht. Geringere Vorschubkräfte ermöglichen höhere Vorschubgeschwindigkeiten.

Nachteile:

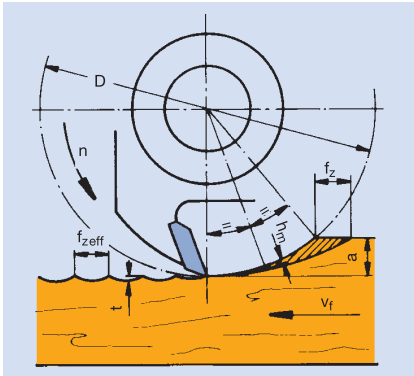
Aufgrund der geringeren Vorspaltung werden die Schneiden stärker belastet und verschleßen schneller. Die Werkzeugstandwege sind etwa um 30% geringer als im Gegenlauf.



Spanbildung im Gleichlauf

Es besteht die Gefahr des Werkstückrückschlags, das heißt des Einhakens der Werkzeugschneiden und Beschleunigen des Werkstücks aus Schnittgeschwindigkeit. Deshalb ist bei Handvorschub aus Gründen der Unfallsicherheit im Gegenlauf zu arbeiten.

Beim Umfangsfräsen (z.B. Hobeln, Fügen, Profilieren) wird die Werkstückoberfläche von den Umfangsschneiden erzeugt. Durch die Überlagerung der Werkzeugrotation mit der linearen Vorschubbewegung bilden sich die aufeinanderfolgenden Schneideneingriffe in Form von Wellen auf der Oberfläche ab. Abstand, Tiefe und Gleichmäßigkeit dieser sogenannten Hobelschläge, auch Messerschritt genannt, bestimmen maßgeblich die Qualität der bearbeiteten Oberfläche. Sie werden beeinflusst durch den Durchmesser der Schneiden, die wirksame Zähnezahl, die Drehzahl und die Vorschubgeschwindigkeit.



Oberflächenbildung und Spannungsgrößen am Beispiel „Umfangsfräsen“

Analog gelten diese Betrachtungen auch für stirnseitig schneidende Werkzeuge wie Zerspaner oder Kreissägeblätter. Anstelle des Rundlaufs tritt der Planlauf.

Bezeichnungen und formelmäßige Zusammenhänge:

$v_c = \pi \cdot D \cdot n / (1000 \cdot 60)$	Schnittgeschwindigkeit [m s ⁻¹]
$n = v_c / (\pi \cdot D) \cdot (1000 \cdot 60)$	Drehzahl [min ⁻¹]
$v_f = f_z \cdot n \cdot Z / 1000$	Vorschubgeschwindigkeit [m min ⁻¹]
$f_z = v_f / (n \cdot Z) \cdot 1000$	Zahnvorschub [mm]
$f = v_f / n \cdot 1000$	Messerschlaglänge bei gejointeten Werkzeugen Vorschub pro Umdrehung [mm]
$f_{z\text{eff}} = f_z \cdot (Z=1) = f$	effektiver Zahnvorschub [mm] Messerschlaglänge bei „Einmesserfinish“ [mm]
$t = f_z^2 / (4 \cdot D)$	Messerschlagtiefe [mm]
$h_m = f_z \sqrt{(a_e / D)}$	Mittenspanndicke [mm]
$a_e =$	Radialer Schneideneingriff, Schnitttiefe [mm]
$a_p =$	Axialer Schneideneingriff, Schnittbreite

Diese Formeln sind Zahlenwertgleichungen.

Alle Größen müssen mit der in [eckigen Klammern] stehenden Einheit eingesetzt werden.

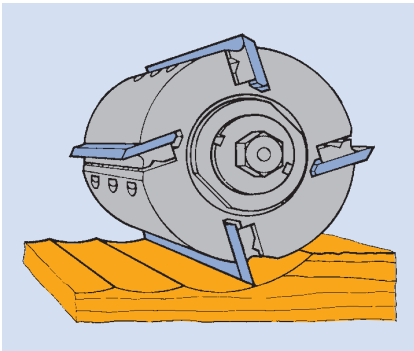
Hochwertige Oberflächen sollten einen Messerschritt in gleichmäßigen Abständen von 1,3 – 1,7 mm aufweisen. Mit zunehmender Messerschrittlänge sinkt die Oberflächenqualität und der Standweg erhöht sich. Mit abnehmender Messerschrittlänge nimmt die Mittenspanndicke h_m ab. Als Folge davon steigen Reibung und Verschleiß an, der Standweg sinkt.

Einmesserfinish

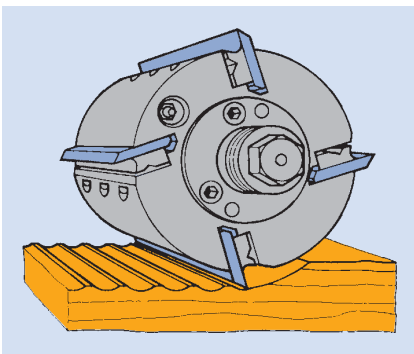
Bedingt durch endliche Fertigungstoleranzen liegen die Schneiden eines mehrschneidigen Werkzeugs nicht alle auf dem exakt gleichen Flugkreis. Bei einer konventionellen Werkzeugspannung (Spielpassung Welle/Nabe + Axialmutter) erzeugt in der Regel nur eine Schneide die Werkstückoberfläche. Man spricht hier von einem Einmesserfinish. Die übrigen Schneiden teilen sich zwar die Zerspanungsarbeit auf, bilden sich aber nicht auf der Werkstückoberfläche ab. Ihre Eingriffsspuren (Messerschläge) werden von der am weitesten hervorstehenden Schneide mit abgetragen.

11.3 Zerspanungsgrundlagen

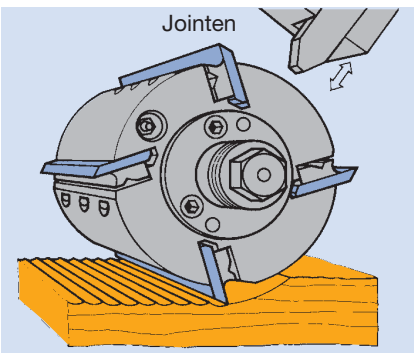
11.3.4 Bearbeitungsqualität



Oberflächenbildung bei konventionell gespannten Werkzeugen



Oberflächenbildung bei hochgenauen Werkzeugen mit zentrierender Schnittstelle



Oberflächenbildung bei gejointeten Werkzeugen mit zentrierender Schnittstelle



Qualitätskriterium „Welligkeit“

Der sichtbare Zahnvorschub auf dem Werkstück $f_{z\text{eff}}$ entspricht dem eines einschneidigen Werkzeugs ($Z = 1$). Bei einer vorgegebenen Messerschlagweite auf der Werkstückoberfläche als Qualitätskriterium bleibt die Vorschubgeschwindigkeit auf die Verhältnisse bei $Z = 1$ beschränkt.

$$\rightarrow f_{z\text{eff}} = v_f / (n \times 1) \times 1000 = f$$

(f = Vorschub pro Werkzeugumdrehung)

Mehrmesserfinish

Durch ein zentrierendes Spannsystem wie Hydrospannung, Schrumpfvorbereitung oder HSK kann der Rundlauffehler eines Werkzeugs wesentlich verringert werden. Dabei werden die Messereingriffe mehrerer Schneiden auf der Werkstückoberfläche sichtbar. Ihre Anzahl und ihr Abstand sind aufgrund des immer noch verbleibenden restlichen Rundlauffehlers undefiniert (nicht gleichmäßig). In Verbindung mit einer hohen Wuchtgüte des Werkzeugs (besser G 6,3) kann bei vielen Anwendungen bereits mit einem solchen Mehrmesserfinish bei hohen Vorschubgeschwindigkeiten eine ausreichend gute Bearbeitungsqualität erzielt werden, z.B. bei der Nut- und Federbearbeitung von Paneelen oder beim Profilieren von Leisten.

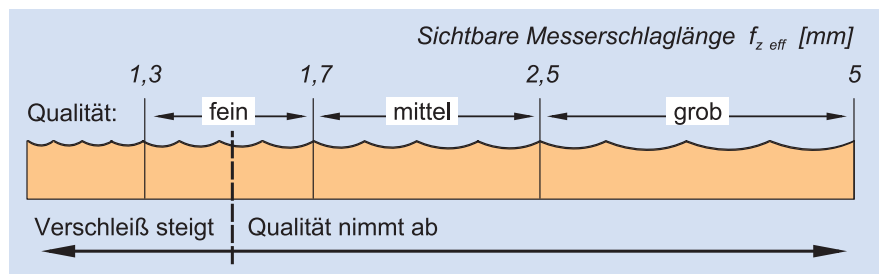
Erst durch ein nachträgliches Abrichten der Werkzeugschneiden im μm -Bereich, dem „Jointen“, das bei voller Betriebsdrehzahl auf der Maschinenspindel durchgeführt wird, kann ein Rundlauffehler von „null“ erreicht werden. In diesem Zustand bilden sich alle Schneiden in gleichmäßigem Abstand auf der Werkstückoberfläche ab. Durch diese Technologie lässt sich die Vorschubgeschwindigkeit um die Schneidenzahl vervielfachen bei gleicher Qualität wie im Einmesserfinish.

$$\rightarrow f_{z\text{eff}} = v_f / (n \times Z) \times 1000 = f_z$$

(f_z = Vorschub pro Zahn)

Kriterien für die Bearbeitungsqualität

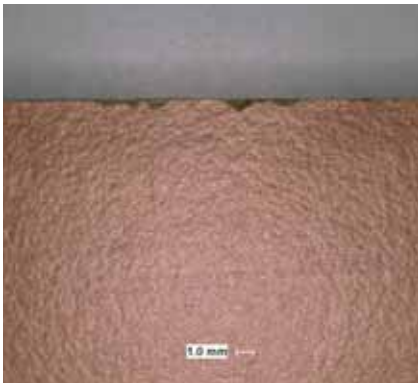
Einsatzparameter und Standwege eines Werkzeugs werden an der Bearbeitungsqualität gemessen. Für die Beurteilung von Flächen, z.B. beim Hobeln, ist der Abstand und die Tiefe der sichtbaren Schneideneingriffe maßgebend. Bei beschichteten Plattenwerkstoffen kommt es in der Regel auf ausbruchfreie Werkstückkanten an.



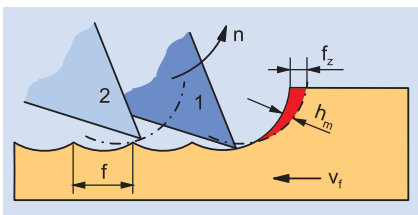
Für den **Abstand der sichtbaren Schneideneingriffe** (Messerschläge) ist die Zahneingriffsfrequenz der am weitesten hervorstehenden Schneide verantwortlich. Die übrigen Schneiden erzeugen zwar Späne, ihr Eingriffsbogen reicht jedoch nicht bis auf die bearbeitete Oberfläche. Deshalb wird insbesondere beim Hobeln die Technik des Jointens eingesetzt, damit sich alle Schneiden gleichmäßig auf der gehobelten Oberfläche abzeichnen.

11.3 Zerspanungsgrundlagen

11.3.4 Bearbeitungsqualität

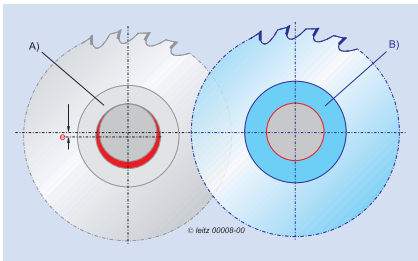


Qualitätskriterium „Ausbrüche“



Der Zahnvorschub f_z bestimmt die Mittenspanndicke h_m

$$f_z = \frac{V_f}{n \times Z}$$



Zentrierende Werkzeugschnittstelle
 A) konventionelle Schnittstelle mit Passungsspiel und Exzentrizität „e“
 B) Zentrierende Schnittstelle ohne Passungsspiel
 Wuchtgüte: $G = e \cdot w$

Die **Tiefe der Schneideneingriffsbögen** wird zum einen durch den Werkzeugdurchmesser bestimmt, zum anderen aber auch durch Unwuchten und Schwingungen.

Für das Qualitätskriterium **Ausrisse oder Kantenausbrüche** ist die Mittenspanndicke h_m von entscheidender Bedeutung. Mit zunehmender Mittenspanndicke werden die Späne stabiler und neigen eher zum Brechen und Vorspalten. Als Folge davon entstehen Beschädigungen am bearbeiteten Werkstück, bei Massivholz in Form von Ausrissen oder Absplitterungen, bei Plattenwerkstoffen in Form von Kantenausbrüchen. Deshalb kann der Zahnvorschub nicht beliebig erhöht werden. Der mögliche Zahnvorschub hängt wiederum vom Werkzeugdurchmesser und dem Eingriffsbogen der Werkzeugschneiden ab. Daher gibt es für jeden Werkstoff spezifische Richtwerte für den Zahnvorschub f_z in Abhängigkeit vom Bearbeitungsverfahren z.B. Sägen, Zerspanen, Hobeln, Oberfräsen, Bohren.

Unwuchten und Rundlauffehler führen zu unterschiedlichen Mittenspanndicken an den Schneiden eines Werkzeugs. Der dickste Span ist begrenzt die Zerspanungsleistung. Je besser Rund- und Planlauf der Werkzeugschneiden sind, desto gleichmäßiger ist die Mittenspanndicke an jeder Schneide und desto größer ist der mögliche Zahnvorschub f_z . Bei konstanter Spindeldrehzahl n und Zähnezahl Z bedeutet das: Werkzeuge mit hoher Wuchtgüte und kleinem Rundlauffehler ermöglichen höhere Vorschubgeschwindigkeiten.

Gleichzeitig geht mit der höheren Vorschubgeschwindigkeit eine Streckung der Schneideneingriffsbögen einher, mit dem Nebeneffekt, dass weitere Schneiden (wenn auch in unregelmäßigen Abständen) an der Oberflächenbildung beteiligt sind. Das Gesetz des „Einmesserfinish“ gilt hier nicht mehr.

Zentrierende Werkzeugschnittstellen wie Hydrospannung, Schrumpfspanntechnik oder HSK eliminieren das Passungsspiel zwischen Werkzeug und Maschinenspindel und sind deshalb eine wesentliche Voraussetzung für geringe Unwuchten (besser $G 6,3 \text{ mm s}^{-1}$) sowie einen präzisen Rund- und Planlauf der Schneiden (besser $0,02 \text{ mm}$). Bedingung ist, dass die Werkzeuge auch mit dieser zentrierenden Schnittstelle geschärft werden.

Wenn als Qualitätskriterium ausrissfreie Flächen und ausbruchfreie Kanten gefordert sind und die bearbeiteten Flächen eine flache, langgestreckte Welligkeit aufweisen dürfen, dann können derartig hergestellte Werkzeuge auch ohne Jointen bei weitaus höheren Vorschubgeschwindigkeiten als bei einem Einmesserfinish eingesetzt werden. Beispiele hierfür sind hochzahnige Profilfräser für die Paneelherstellung (Laminatpaneele, Nut- und Federbretter), die ohne Jointen bei Vorschubgeschwindigkeiten von über 200 m min^{-1} betrieben werden oder Zerspaner-Werkzeuge zum Formatieren von Möbelplatten, die bis zu 100 m min^{-1} erreichen.

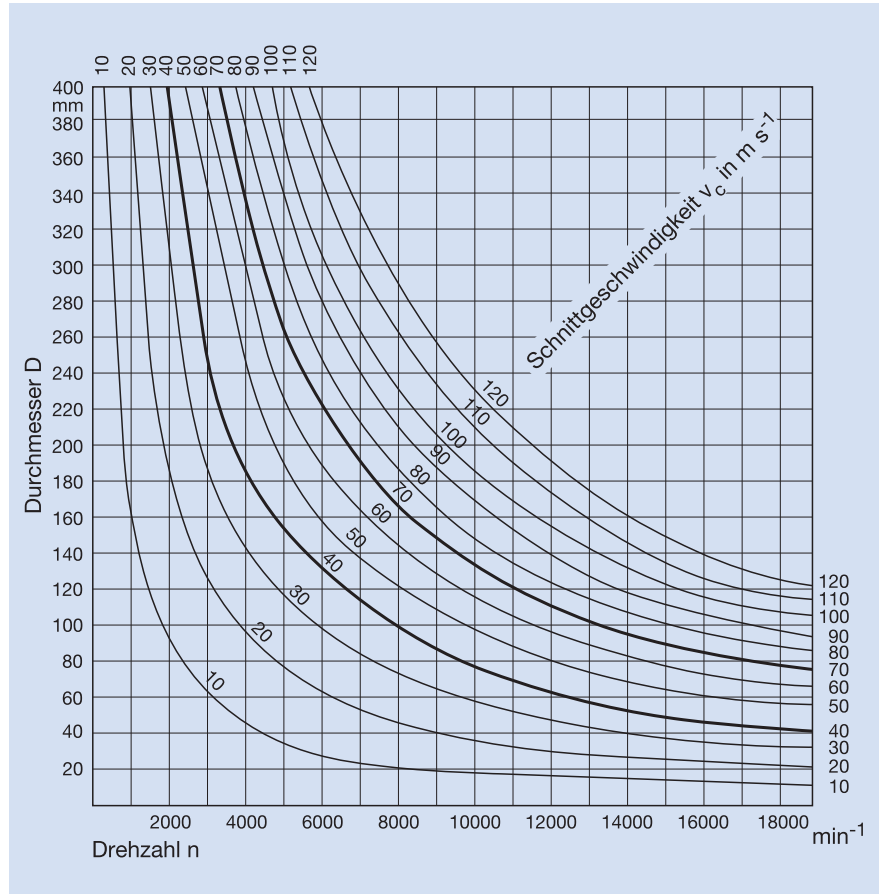
Bei der Auswahl des jeweils geeigneten Maschinenwerkzeugs sind viele zum Teil voneinander abhängige Faktoren zu berücksichtigen. Das Ziel, eine erstklassige Holzoberfläche, eine ausrissfreie Sägeschnittfläche und eine präzise Bohrung zu erreichen, setzt voraus, dass Schneidstoff, Werkzeug und Betriebsdaten der Maschine genau auf die Werkstoffeigenschaften und damit auch zueinander abgestimmt werden. Das fertige Maschinenwerkzeug ist somit das Ergebnis vieler Untersuchungen und Überlegungen, die jeder Werkzeugkonstruktion vorangehen.

Ermittlung der Schnittgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Drehzahl und Werkzeugdurchmesser

Die Kurvenlinien zeigen Schnittgeschwindigkeiten in m s^{-1} , ermittelt aus Drehzahl und Werkzeugdurchmesser. Es kann die erforderliche Drehzahl entnommen werden, wenn Werkzeugdurchmesser und Schnittgeschwindigkeit gegeben sind. Ebenso kann der Werkzeugdurchmesser ermittelt werden, wenn Drehzahl und Schnittgeschwindigkeit vorgegeben sind.

Ablesebeispiele:

	D mm	n min^{-1}	v_c m s^{-1}
Kreissägeblatt	350	6000	110
Fräs Werkzeug	160	9000	76
Schaftoberfräser	52	18000	50

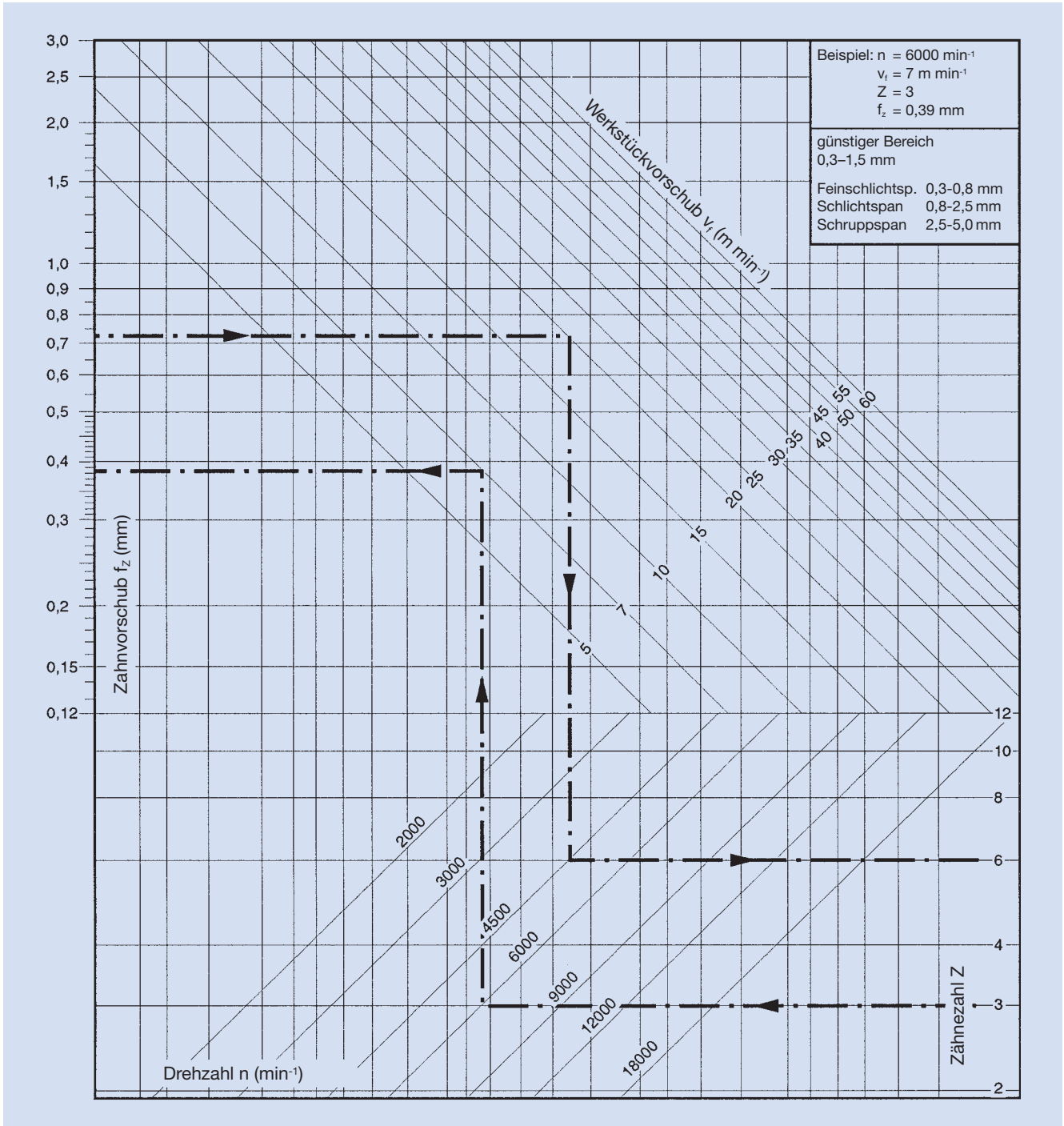


Richtwerte für Schnittgeschwindigkeiten v_c

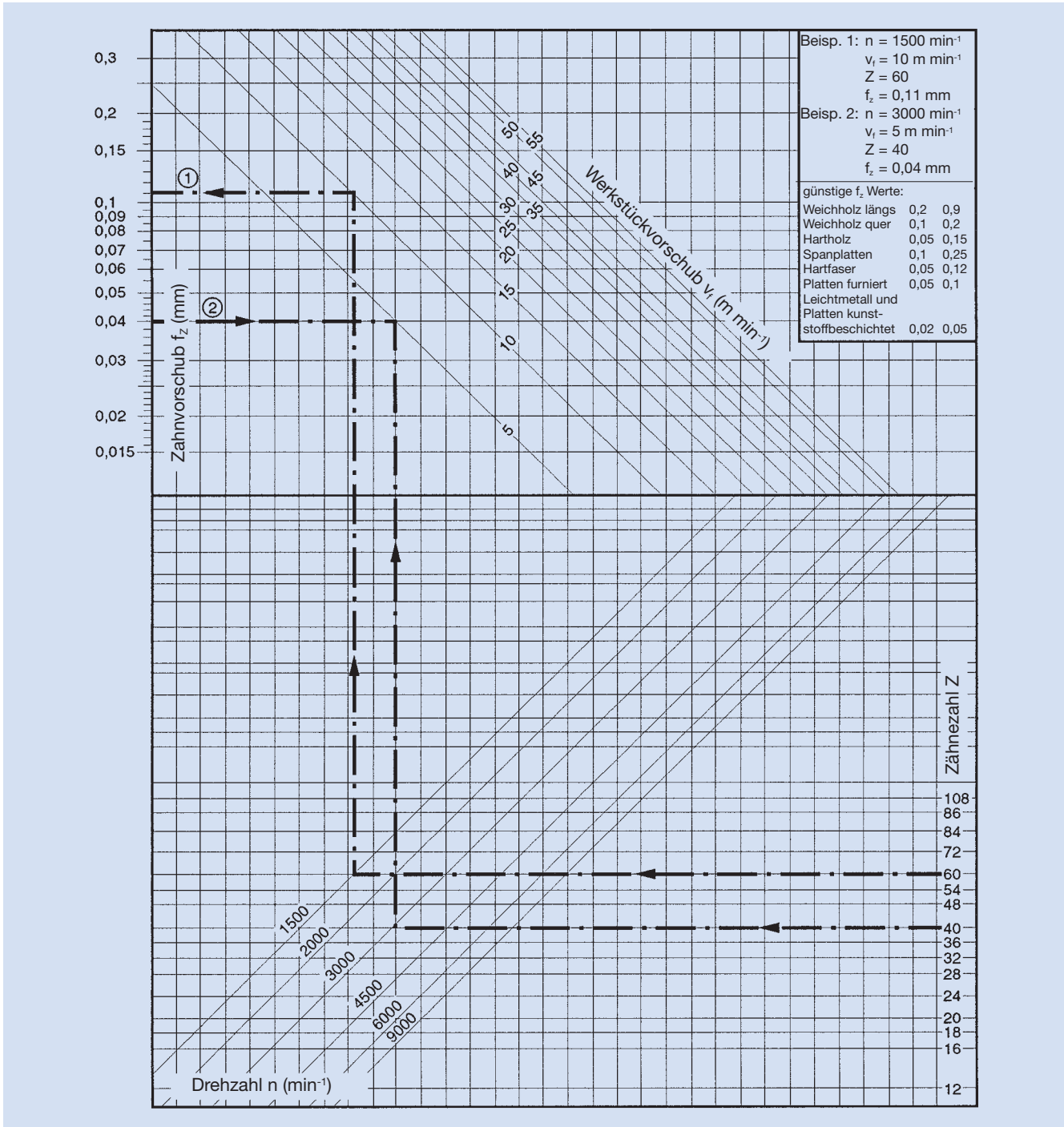
Werkstoff	Fräsen $[\text{m s}^{-1}]$	Sägen $[\text{m s}^{-1}]$
Weichhölzer	50-90	60-100
Harthölzer	50-80	60-100
Tischlerplatten	60-90	60-100
Span- und Faserplatten	60-90	60-90
MDF	60-90	60-90
Plattenwerkstoffe, beschichtet	60-90	60-90
Thermoplaste	40-60	40-70
Duroplaste	30-50	40-60
Mineralische Werkstoffe	40-60	50-70
Aluminium	30-60	60-90

Die hier angegebenen Richtwerte gelten für Bohrungswerkzeuge mit Durchmesser > 100 mm. Bei Schaftwerkzeugen sind die empfohlenen Schnittgeschwindigkeiten aufgrund der kleinen Werkzeugdurchmesser und der höheren Reibung bei der Bearbeitung wesentlich geringer (Oberfräser $10 - 40 \text{ m s}^{-1}$, Bohrer $5 - 10 \text{ m s}^{-1}$).

Ermittlung der Einsatzparameter für Fräswerkzeuge
Zahnvorschub, Vorschubgeschwindigkeit, Drehzahl, Zähnezahl



Ermittlung der Einsatzparameter für Kreissägeblätter
Zahnvorschub, Vorschubgeschwindigkeit, Drehzahl, Zähnezahl



11.4 Maschinenwerkzeuge

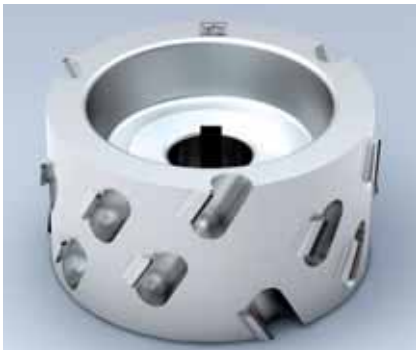
11.4.1 Werkzeugarten



Massivwerkzeug
Beispiel: HL-Profilfräser



Massivwerkzeug
Beispiel: HW-Schaftoberfräser



Bestücktes Werkzeug
Beispiel: DP-Fügefräser



Bestücktes Werkzeug
Beispiel: HS-Minuzinkenfräser

Bei den Werkzeugarten werden die Maschinenwerkzeuge hinsichtlich ihres konstruktiven Aufbaus unterschieden.

Einteilige Werkzeuge / Massivwerkzeuge

Massivwerkzeuge sind aus einem Stück gefertigt. Grundkörper und Schneiden bestehen aus demselben Werkstoff. Typische Vertreter dieser Werkzeugart sind Profilfräser aus HL-Stahl, Schaftfräser und Bohrer aus HS-Stahl oder Vollhartmetall. Sie sind als nachschärfbare Werkzeuge konzipiert.

Profilfräser aus HL-Stahl werden vor allem in Hobelwerken z.B. zum Profilieren von Nut- und Feder-Brettern eingesetzt. Sie verfügen über hohe Zähnezahlen und eine sehr große Nachschärfzone, weshalb sie sehr wirtschaftlich bei hohen Laufmeterleistungen sind. Die einteilige Ausführung erlaubt einen hochgenau eingeschliffenen Rund- und Planlauf, weshalb sie für Vorschubgeschwindigkeiten bis zu 200 m min^{-1} ohne Jointen eingesetzt werden. Ein wesentliches Merkmal bei diesen Fräsern ist der spiralförmige Hinterschliff im Profil. Die Freifläche der Schneiden ist konvex und folgt einer Spiralförmigkeit. Beim Nachschärfen der Schneiden an der Spanfläche durch Schwenken des Werkzeugs um seine Drehachse. Dadurch bleiben Keilwinkel und Schneidenprofil konstant.

Bei den Schaftfräsern und Bohrern liegen die Gründe für eine einteilige Ausführung woanders. Aufgrund der kleinen Durchmesser kommt es vor allem auf Steifigkeit an, die bei einem Grundkörper aus HS-Stahl oder Hartmetall höher ist als bei einfachem Vergütungsstahl. Vielfach spielt auch nur die rationellere Fertigung eine Rolle.

Bestückte Werkzeuge / Verbundwerkzeuge

Bei Verbundwerkzeugen bestehen Schneiden und Werkzeuggrundkörper aus verschiedenen Werkstoffen. Beide sind durch Hartlöten oder Kleben stoffschlüssig miteinander verbunden. Typische Vertreter dieser Werkzeugart sind Kreissägeblätter mit Hartmetall- oder Diamantschneiden und HS-, HW- oder DP-bestückte Fräser sowie HW-bestückte Bohrer.

Das Hartlöten erfolgt bei hohen Temperaturen zwischen 650°C und 700°C . Aufgrund der beim Abkühlen entstehenden Spannungen muss der Schneidstoff über eine ausreichende Zähigkeit verfügen oder darf eine gewisse Dicke nicht überschreiten. Die Klebeverbindung hat den Vorteil, dass sie bei geringeren Temperaturen erfolgt. Dadurch werden weniger Spannungen in die Verbindung eingebracht, wodurch insbesondere bei Hartmetallwerkzeugen die Verwendung härterer, verschleißfesterer Sorten möglich ist.

Bestückte Werkzeuge mit HS- oder HW-Schneiden werden überwiegend an der Spanfläche nachgeschärft. Bei Kreissägeblättern und Nutfräsern ist es sinnvoll, zusätzlich auch an der umfangseitigen Freifläche zu schärfen (Verhältnis Freifläche zu Spanfläche etwa 2:1), um den Schneidstoff besser auszunutzen und mehr Standwege zu erhalten. Da die Freifläche gerade oder konvex hinterschliffen ist, verändert sich das Profil beim Schärfen an der Spanfläche geringfügig. Bei Verleimprofilen oder Keilzinkenprofilen ist deshalb darauf zu achten, dass Werkzeuge einer Paarung immer um denselben Betrag nachgeschärft werden, damit das Verbindungsprofil relativ zu einander passt.

Anders ist es bei Diamant-Werkzeugen. Hier werden die DP-Schneiden mit dem Hartmetallträger in die Plattensitze eingelötet, so dass die dünne Diamantschicht die Spanfläche bildet. Das Nachschärfen kann nur an der Frei-

11.4 Maschinenwerkzeuge

11.4.1 Werkzeugarten



Bestücktes Werkzeug
Beispiel: HW-Beschlaglochbohrer



Wendepplattenwerkzeug zum Fügen und Falzen



Profilmesserkopf für rückenverzahnte Blanketts



Profilmesserkopf mit Einwegmessern und Wendevorschneidern

fläche erfolgen. Da die Schneiden immer einen gewissen Überstand zum Werkzeuggrundkörper benötigen, muss dieser beim Schärfen mit zurückgesetzt werden. Beim Schärfen an der Freifläche kann das ursprüngliche Profil erhalten werden. Es vergrößert sich lediglich der Spanwinkel.

Geschlossene Profile mit steilem Auslaufwinkel müssen zusätzlich zum radialen Freiwinkel noch einen seitlichen Freiwinkel erhalten, damit die Schneide nicht „brennt“. Solche Werkzeuge verändern sich beim Schärfen in der Breite. Deshalb sind hier zweiteilige Werkzeugausführungen zweckmäßig, um die Breitenveränderung des Profils kompensieren zu können.

Messerköpfe / Zusammengesetzte Werkzeuge

Zusammengesetzte Werkzeuge werden auch als Messerköpfe bezeichnet, da die Schneiden als lösbare Messer eingesetzt sind. Man unterscheidet hier Wendemesser oder Einwegsysteme, bei denen die Schneidmesser nicht nachgeschärft werden können, und nachschärfbare Messerkopf-Systeme. Es können alle Schneidstoffe zum Einsatz kommen, am meisten verbreitet sind jedoch Messerkopfsysteme mit Hartmetallschneiden.

Der Vorteil von Messerkopf-Systemen besteht darin, dass der Werkzeugträger wieder verwendbar ist und nur die verschlissenen Schneiden ersetzt werden müssen. Das Aus- und Einbauen erfordert größte Sorgfalt und Sauberkeit, um eine exakte und sichere Positionierung der Schneiden im Werkzeug zu gewährleisten. Da der Schneidenwechsel in der Regel durch den Anwender erfolgt, ist dieser mit verantwortlich für die Präzision und die Sicherheit seiner Werkzeuge.

Die einfachste Form von zusammengesetzten Werkzeugen sind die sog. Wendepplattenwerkzeuge. Als Schneiden werden standardisierte Hartmetall-Messer mit 2 bis 4 Schneidkanten eingesetzt. Nach Abstumpfung können sie 1 bis 3 mal gewendet werden. Die Hauptschneiden sind in der Regel gerade Wendepplatten, für die Flankenbearbeitung bei Falzen oder Nuten werden Vorschneider eingesetzt und für Profilkanten Radien- oder Fasemesser. Typische Anwendungen sind Füge-, Falz- und Nutwerkzeuge, aber auch einfache Fensterwerkzeuge. Durch die Aufteilung des Profils auf viele standardisierte Einzelschneiden, die in ihrer Geometrie nicht an die jeweilige Bearbeitungssituation angepasst sind, wird insbesondere an Rundungen und Profilkanten nur eine mäßige Bearbeitungsqualität erzielt.

Werkzeuge mit nachschärfbaren Messern sind z.B. die rückenverzahnten Profilmesserköpfe mit HS- oder HW-Messern. Sie können über 30 mal im Profil nachgeschärft werden, behalten ihr Profil bei und sind äußerst wirtschaftlich. Zudem sind solche Systeme äußerst flexibel, da in einen Grundkörper Messer mit unterschiedlichsten Profilen aufgenommen werden können. Nachteil ist die Veränderung im Durchmesser, weshalb die Position der Maschinenspindeln nach jedem Schärfen neu eingestellt werden muss.

Diesen Nachteil haben Messerkopf-Systeme mit Einweg-Schneiden nicht. Üblicherweise handelt es sich hierbei um HW-Schneiden. Nach Schneidentausch bleiben alle Werkzeugmaße konstant. Allerdings wird dieser Vorteil durch einen hohen Verbrauch von teurem Hartmetall erkauft, was zu hohen laufenden Kosten bei solchen Werkzeugsystemen führt. Außerdem ist das Schneidenprofil an das Profil des Werkzeugträgers gebunden. Wie bei bestückten Werkzeugen erfordert daher jedes Profil ein komplettes Werkzeug.

11.4 Maschinenwerkzeuge

11.4.1 Werkzeugarten

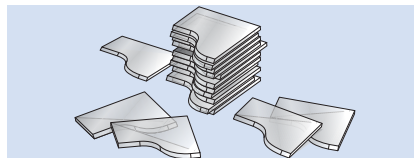


Universalmesserkopf mit Stützplatten „VariForm“

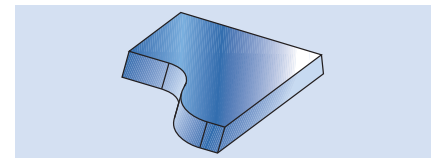
Einen Kompromiss stellen sogenannte Universal-Profilmesserköpfe dar, bei denen die Schneidplatten nicht durch den Werkzeugtraggkörper abgestützt werden sondern durch profilierbare und austauschbare Stützplatten (Beispiel: VariForm). Solche Systeme können 2 bis 3 mal an der Spanfläche nachgeschärft werden, wenn eine geringfügige Profil- und Durchmesseränderung in Kauf genommen wird.

Nachschärfbare Werkzeuge

Unabhängig, ob Fräser oder Messerkopfsystem, nachschärfbare Werkzeuge nutzen die teuren und wertvollen Schneidstoffe wesentlich effizienter als Einwegsysteme. So verbraucht z.B. ein Einwegsystem mit 2 mm dicken Hartmetallschneiden bei gleichem Standweg etwa die 8 bis 10-fache Hartmetallmenge gegenüber einem nachschärfbaren System mit 5 mm Bestückungsdicke. Allerdings verändern sich bei jedem Nachschärfen die Maße, was immer ein neues Set-up bei Maschinen und Werkzeugen erfordert.



Einwegsystem (2 mm)
Hartmetallverbrauch über 16 Standwege



Nachschärfbares Werkzeug (5 mm)

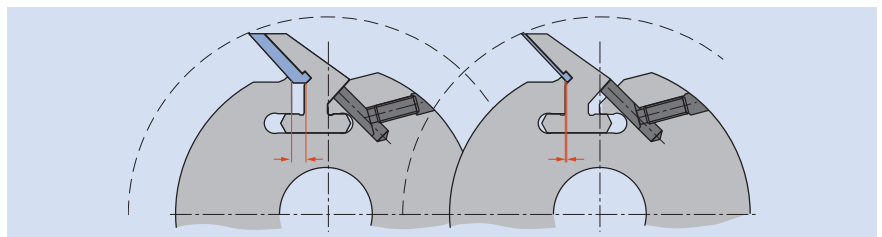
Konstantwerkzeuge

Konstantwerkzeuge vereinen die Wirtschaftlichkeit nachschärfbarer Systeme mit den Handlings-Vorteilen von Einwegsystemen. Sie sind immer als Messerkopf ausgeführt. Durch einen parallel zum Freiwinkel des Schneidprofils verlaufenden Schiebesitz für das Messer wird erreicht, dass das Messer nach dem Schärfen an der Spanfläche immer wieder an demselben Referenzpunkt zur Anlage kommt. Dadurch bleiben Profil und Durchmesser des Werkzeugs auch nach dem Schärfen konstant. Ein Nachjustieren der Spindelposition entfällt.



Konstantwerkzeug
Beispiel: Hobelmesserkopf „VariPlan“

Beispiele für solche selbstjustierenden Konstantwerkzeuge sind die Leitz-Systeme „ProFix“ zur Profilbearbeitung und „VariPlan“ zum Hobeln.



Funktionsprinzip: ProFix-Konstantwerkzeug



Konstantwerkzeug
Beispiel: Profilmesserkopf „ProFix“

Eine andere Form des Konstantwerkzeugs sind Werkzeuge mit einstellbaren Schneiden. Sie werden entweder beim Einbau auf Durchmesser eingestellt (Beispiel: Hobel-Messerkopf mit Streifenhobelmessern) oder vor dem Schärfen um den Betrag ihrer Abstumpfung herausgestellt und anschließend auf Nenndurchmesser zurückgeschliffen (Beispiel: Fügemesserkopf mit zylindrischen DP-Messereinsätzen).

Bei den Werkzeugtypen werden die Maschinenwerkzeuge hinsichtlich ihrer Funktion unterschieden.



Typische Zahnformen und ihre Anwendungen.

Für spezielle Anwendungen werden auch Gruppenverzahnungen eingesetzt, bei denen mehrere Zahnformen kombiniert werden (z.B. WZ/WZ/FZ). Zum Schutz der Schneidenecken gegen Ausbrüche können alle Zahnformen leicht angefast werden (Schutzfase).

Kreissägeblätter

Kreissägeblätter für die Holz- und Kunststoffbearbeitung sind Verbundwerkzeuge. Sie bestehen aus einem Stammblatt, auf dessen Umfang Sägezähne aus Hartmetall oder polykristallinem Diamant aufgelötet sind. Sie dienen zum Trennen von Werkstücken. Um den Schnittverlust und die Schnittkräfte gering zu halten, ist das Bestreben, möglichst kleine Schnittbreiten zu realisieren. Auf der anderen Seite erfordern gerade und riefenfreie Schnitte eine gewisse Stabilität des Stammblattes, was immer einen Kompromiss zwischen Schnittbreite und Werkzeugdurchmesser bedeutet.

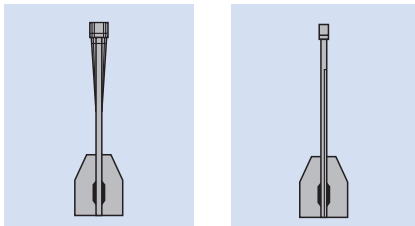
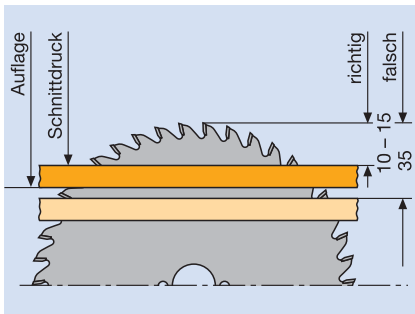
Je nach Werkstückstoff und Werkstückgeometrie unterscheiden sich die Sägezähne in Zahnform und Winkelgeometrie. In der Regel werden positive Spanwinkel eingesetzt, um die Schnittkräfte gering zu halten. Bei dünnwandigen Werkstücken wie z.B. Hohlprofilen sind negative Spanwinkel erforderlich, um ein Einhaken der Säge zu verhindern. Die Zähnezahzahl richtet sich in erster Linie nach den Anforderungen an die Schnittqualität. Als Faustformel gilt: je höher die Zähnezahzahl, desto besser ist die zu erwartende Schnittqualität und je geringer die Zähnezahzahl, desto leichgängiger schneidet die Säge.

Klassifikation von typischen Zahnformen und deren Einsatzgebiete:

	Zahnform	Einsatzgebiete
	Flachzahn FZ	Vollholz längs und quer.
	Wechselzahn, positiv WZ	Vollholz längs und quer sowie verleimt, Holzwerkstoffe roh, kunststoffbeschichtet, furniert, Sperrhölzer, Multiplex, Verbundwerkstoffe, Schichtstoffe.
	Wechselzahn, negativ WZ	Vollholz quer, Kunststoffhohlprofile, NE-Metall-Strangpressprofile und Rohre.
	Flach-/Trapezzahn, positiv FZ/TR	Holzwerkstoffe roh, kunststoffbeschichtet, NE-Metall-Strangpressprofile und Rohre, NE-Metalle, Al-PU Sandwichpaneel, Kunststoffhohlprofile, Polymer Kunststoffe (Corian, Varicor etc.).
	Flach-/Trapezzahn, negativ FZ/TR	NE-Metall-Strangpressprofile und Rohre, Kunststoffhohlprofile, Al-PU Sandwichpaneel.
	Hohlzahn/Dachzahn HZ/DZ	Holzwerkstoffe kunststoffbeschichtet und furniert, für beidseitig gute Schnittkanten auf Maschinen ohne Vorritzaggregat; ummantelte Profilleisten (Sockelleisten).
	Einseitig spitz ES	Wenn Gutseite eindeutig definiert, z.B. für Sägenzerspaner, zum Kappen von Anleimerkanten.

11.4 Maschinenwerkzeuge

11.4.2 Werkzeugtypen

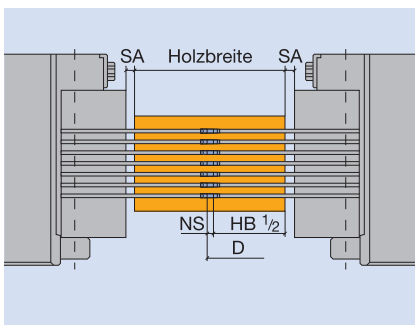


Sägeblatt ohne Dämpfung

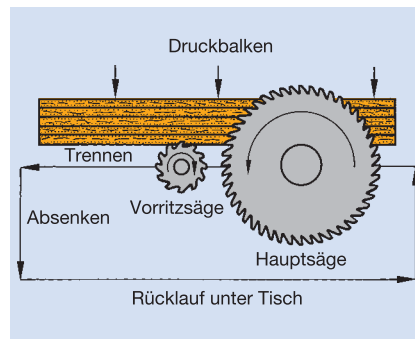
„Foliensäge“ mit guter Schall- und Schwingungsdämpfung



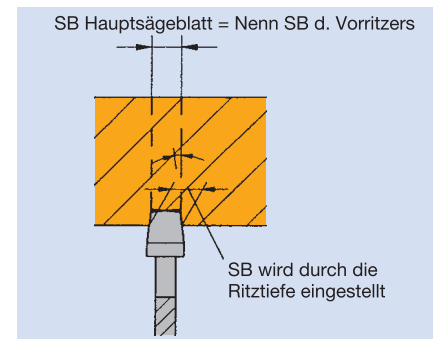
Dünnschnittsägensatz zur Herstellung von Parkettlamellen



Die Schnittkanten an der Zahneintrittseite weisen prinzipbedingt eine bessere Qualität auf als an der Zahnaustrittseite. Durch die Einstellung des Zahnüberstands über dem Werkstück lässt sich die Schnittqualität in gewissen Bereichen beeinflussen. Als Richtwert gilt hier ein Wert von 10 bis 15 mm. Mit größerem Zahnüberstand verschlechtert sich die Qualität an der Austrittseite, mit geringerem Zahnüberstand die Qualität an der Eintrittseite. Für beidseitig ausrissfreie Schnittkanten ist der Einsatz von sogenannten Vorritzsägen an der Austrittseite der Hauptsäge erforderlich. Das sind Sägeblätter mit kleinem Durchmesser, die in der Schnittbreite um 0,1 bis 0,2 mm breiter sind als die Hauptsäge und die Werkstücke im Gleichlauf 1 bis 2 mm tief einritzen. Zur Einstellung der Schnittbreite auf die des Hauptsägeblattes sind die Ritzsägen entweder zweiteilig oder mit konischer Zahnform ausgeführt. Für Plattensägen ohne solche speziellen Vorritzsägeaggregate wurden spezielle Hohlzahnsägen entwickelt, die bei richtiger Einstellung ebenfalls beidseitig ausrissfreie Schnitte ermöglichen, aber vergleichsweise geringe Standwege erreichen.



Plattenaufteilanlage mit Ritzaggregat und Druckeinrichtung.



Einsatzschema konisches Ritzkreissägeblatt. Bei der Instandhaltung der Werkzeuge (immer Satzweise) müssen die Schnittbreiten aufeinander abgestimmt werden.

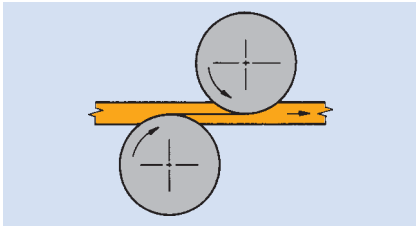
Für riefenfreie Schnittflächen ist ein guter Planlauf der Säge Grundvoraussetzung, aber auch ein schwingungsarmer Lauf des Sägeblattes. Dazu werden die Sägeblätter durch Walzringe vorgespannt, damit sie auch unter Fliehkrafteinfluss stabil laufen. Zusätzlich eingebrachte Laserornamente und aufgebrachte Folien sorgen zusätzlich für eine Schwingungsdämpfung und bewirken gleichzeitig eine Lärminderung. Der größte Effekt wird hier bei den sogenannten Foliensägen erzielt. Die Lärminderung beträgt hier bis zu 10 dB(A), was einer Halbierung der Lautstärke entspricht.

Für das Auftrennen hochwertiger Hölzer, z.B. bei der Herstellung von Parkettlamellen, wurden spezielle Dünnschnittsägen entwickelt. Die Schnittbreiten liegen im Bereich von 1,0 mm bis 1,6 mm je nach Durchmesser. Die Zähne haben einen sehr geringen seitlichen Überstand gegenüber dem Stammblatt. Ihre Anwendung stellt besondere Anforderungen an die Trocknung der Hölzer und an die Werkstückführung in der Maschine, insbesondere die Abführung der aufgetrennten Lamellen.

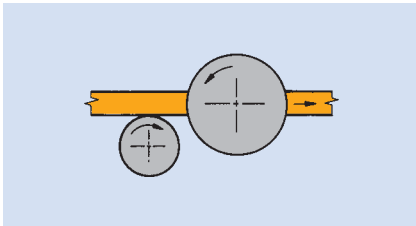
Das Schärfen von Kreissägeblättern sollte idealerweise an Frei- und Spanfläche erfolgen, um ein Maximum an Standwegen zu erreichen. Dabei muss das Stammblatt am Rücken mit abgesetzt werden. Mit kleiner werdendem Zahn verbessert sich die Schnittqualität, da der Zahnüberstand geringer wird und der Zahn weniger schwingt. Allerdings verkleinert sich auch der

11.4 Maschinenwerkzeuge

11.4.2 Werkzeugtypen



Doppelzerspanen



Ritzen/Zerspanen



Kompaktzerspaner
Beispiel: Diamaster DT



Sägenzerspaner

Spanraum, weshalb die Vorschubgeschwindigkeit angepasst werden muss. In vielen Ländern werden Kreissägeblätter aufgrund fehlender Einrichtungen nur an der Spanfläche nachgeschärft. Um die Verschleißzone zu entfernen, ist ein deutlich höherer Schärfabtrag notwendig als beim Schärfen an Span- und Freifläche. Das Sägeblatt kann dadurch nicht so oft nachgeschärft werden.

Zerspaner

Als Zerspaner werden Werkzeuge bezeichnet, die mit ihren stirnseitigen Schneiden die Schmalflächen von Plattenwerkstoffen bearbeiten. Zerspaner sind Stirnplanfräser und werden zum Formatieren von Platten in Durchlaufanlagen eingesetzt. Um ausrissfreie Schnittkanten zu erzielen, sind immer zwei Werkzeuge erforderlich, die mit gegenläufiger Drehrichtung arbeiten. Man unterscheidet „Doppelzerspanen“ und „Ritzen/Zerspanen“.

Beim „**Doppelzerspanen**“ arbeitet an der Plattenober- und -unterseite jeweils ein Zerspanerwerkzeug im Gleichlauf, deren Schnitt sich im Bereich der Plattenmitte überlappt. Beide Werkzeuge sind exakt in einer Ebene ausgerichtet und erzeugen eine ebene Schnittfläche, an der später eine Bekantung erfolgen kann. Zum Schutz der Werkstückvorderkante gegen Ausbrüche werden zusätzlich getaktete Fügefräser im Gegenlauf eingesetzt.

Beim „**Ritzen/Zerspanen**“ wird die Plattenunterseite von einem Ritz-Zerspaner im Gleichlauf 1 bis 2 mm tief vorgeritzt (abhängig von der Dicke der Dekorbeschichtung) und anschließend von einem Zerspaner von oben im Gegenlauf fertig bearbeitet. Um Kantenausbrüche beim Schneidenaustritt des Zerspaners zu vermeiden, ist die Spur des Ritz-Zerspaners um 0,1 bis 0,2 mm axial zur Platte hin versetzt, so dass sich an der Schnittfläche eine leichte Stufe abzeichnet. Zum Schutz der Werkstückhinterkante gegen Ausbrüche wird die Ritzsäge am Werkstückende hochgeschwenkt.

Neben der Schmalflächenbearbeitung müssen Zerspaner-Werkzeuge auch den Materialüberstand vollständig zerspanen. Hierzu müssen die Umfangsschneiden über eine gewisse Zerspanungsbreite verfügen, die bei den meisten Anwendungen zwischen 5 bis 10 mm liegt. Hinsichtlich der Werkzeugausführung unterscheidet man „Kompaktzerspaner“ und „Sägenzerspaner“. Bei Kompaktzerspanern sind alle Schneiden in einem Werkzeuggrundkörper angeordnet. In der Regel handelt es sich hierbei um DP-bestückte Werkzeuge. Bei Sägenzerspanern übernimmt ein auf einen Grundkörper angeschraubtes Sägeblatt die Bearbeitung der Schmalfläche, während der restliche Materialüberstand von angeflanschten Fräsern oder Sägensegmenten zerspannt wird. Bei dem Sägeblatt kommen in der Regel Diamantschneiden zum Einsatz, während für die Zerspanung des Materialüberstandes Hartmetallschneiden in den meisten Fällen ausreichend sind.



Je nach Art der Dekorbeschichtung unterscheidet man verschiedene Profilformen bei den Zerspanerschneiden, wie z.B. Radius-, Fase- oder einseitig spitze Schneiden. In den letzten Jahren hat sich eine Art Stufenprofil durchgesetzt (Beispiel: Leitz Diameter DT), bei dem das Risiko einer Beschädigung des qualitätsbildenden Schneidbereichs durch Fremdeinschlüsse in den Spanplatten deutlich verringert wird. Für die Bearbeitung furnierter Platten gibt es spezielle Shredder-Schneiden, die den freien Furnierüberstand zerkleinern, so dass die Absaugung nicht durch Furnierstreifen verstopft wird.



Messerwelle „CentroStar“

Messerwellen

Bei Messerwellen handelt es sich um Werkzeuge, die fest in der Maschine eingebaut sind. Man findet sie hauptsächlich bei Dickenhobel- und Abrichtmaschinen. Hinsichtlich ihres Konstruktionsprinzips sind es zusammengesetzte Werkzeuge, bei denen der Messerwechsel immer innerhalb der Maschine erfolgt. Um die Stillstandzeit zu reduzieren und die Arbeit an der Maschine zu erleichtern, wurden Fliehkraftspannsysteme entwickelt (Beispiel: Leitz CentroFix), die die Messer beim Hochlaufen der Spindel selbstständig spannen und positionieren. Als besonders lärmarm haben sich Spiralmesserwellen erwiesen, bei denen ein an sich ebenes Messer verdrallt eingebaut wird. Diese Technik ist jedoch nur bei Messern aus HS-Stahl anwendbar, nicht bei Hartmetall.

Hobelwerkzeuge

Hobelwerkzeuge sind Umfangsfräser, in der Regel mit durchgehenden geraden Schneiden. Sie sind als Messerköpfe ausgeführt und dienen der Erzeugung ebener Oberflächen, vornehmlich bei der Massivholzbearbeitung. Als Schneidstoffe kommen HL-, HS- und HW-Messer zum Einsatz. Die Schneidenzahl reicht von $Z = 2$ bis $Z = 36$. Die Schnittbreiten gehen bis zu einigen hundert Millimetern.

Zum reinen Vorhobeln sind Hobelwerkzeuge vorteilhaft mit segmentierten Schneiden (HeliPlan) oder mit Riffelprofil (**VariPlanPlus/RipTec**). Sie reduzieren die Vorspaltung und verhindern eine Vorschädigung des Holzes, so dass beim anschließenden Fertighobeln wesentlich glattere Oberflächen erzeugt werden.



RipTec - Vorhobelwerkzeug



Fertig gehobelte Oberfläche nach konventionellem Vorhobeln.



Fertig gehobelte Oberfläche nach Vorhobeln mit RipTec.

Konventionelle Hobelmesserköpfe verfügen über 2 oder 4 Schneiden und werden über eine Bohrungspassung mit der Maschinenspindel verbunden. Toleranzbedingt ist ein Messer oberflächenbestimmend. Die erreichbaren Vorschubgeschwindigkeiten liegen zwischen 9 und 36 m min^{-1} , je nach Drehzahl und geforderter Oberflächenqualität. Hobelmesserköpfe für höhere Vorschubgeschwindigkeiten verfügen über eine Hydrospannung oder eine HSK-Schnittstelle, die eine spielfreie und zentrierende Befestigung des

11.4 Maschinenwerkzeuge

11.4.2 Werkzeugtypen



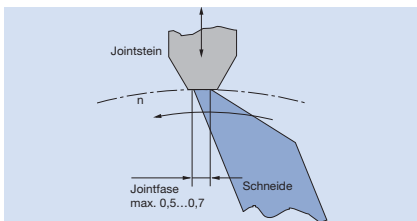
Vorhobelwerkzeug „HeliPlan“ mit HSK

Werkzeugs mit der Maschinenspindel gewährleistet. Bei der Hydrospannung werden fettgefüllte Kammern in der Wandung der Werkzeugbohrung über eine Fettpresse mit Druck beaufschlagt. Durch die Ausdehnung der Kammern verringert sich der Bohrungsdurchmesser und das Werkzeug wird auf der Spindel festgeklemmt. Bei der HSK-Schnittstelle erfolgt die Zentrierung über einen Hohlchaftkegel, der axial gegen eine Plananlage gezogen und positioniert wird. Durch die Zentrierung wird eine hohe Wuchtgüte und ein bestmöglicher Schneidenrundlauf erreicht, als Voraussetzung zum Abrichten der Schneiden in der Maschine, dem „Jointen“. Nach dem Jointen haben alle Schneiden denselben Flugkreisdurchmesser und sind gleichermaßen oberflächenbestimmend. Dadurch werden Vorschubgeschwindigkeiten von über 400 m/min möglich. (abhängig von der Schneidenanzahl)



Hochleistungshobelmesserkopf „TurboPlan“

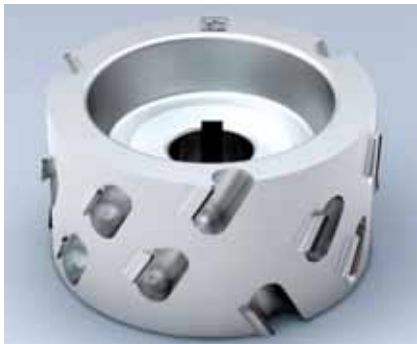
Weitere Unterschiede gibt es in der Art der Messerspannung. Während bei den konventionellen Hobelmesserköpfen immer häufiger Wendemessersysteme (z.B. CentroStar oder VariPlan) eingesetzt werden, die einen schnellen Messerwechsel ohne Einstellaufwand ermöglichen, werden bei den Hydro-Hobelmesserköpfen überwiegend Systeme mit einstellbaren, nachschärfbaren Streifenhobelmessern eingesetzt, z.B. Leitz RotaPlan. Darüber hinaus gibt es auch hier Werkzeugsysteme, die den hohen Rüstaufwand beim Messerwechsel drastisch reduzieren. Hierzu zählt beispielsweise das Leitz-System „TurboPlan“, bei dem alle Messer durch einen Formschluss vorpositioniert werden und über eine hydraulische Spannung simultan gespannt werden.



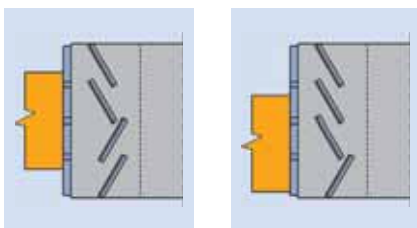
Jointen eines Hobelmessers

Füge-, Nut- und Falzwerkzeuge

Fügewerkzeuge sind wie Hobelwerkzeuge umfangschneidend, jedoch ist die Schnittbreite wesentlich geringer und liegt in der Regel unter 100 mm. Fügewerkzeuge sind als Wendepaltenwerkzeuge oder bestückte Fräser ausgeführt und werden vorwiegend in der Plattenbearbeitung eingesetzt. Dementsprechend reichen die Schneidstoffe von Hartmetall bis zu polykristallinem Diamant für den industriellen Einsatz. Um die Werkstückkanten bei der Bearbeitung gegen Ausbrüche zu schützen, verfügen die Schneiden meistens über Achswinkel für einen ziehenden Schnitt zur Oberfläche hin. Man unterscheidet hier **symmetrische und asymmetrische Werkzeugausführungen**. Asymmetrisch bedeutet, dass die untere Schneidenreihe nach oben und alle darüber liegenden Schneidenreihen nach unten gerichtet sind. Diese Werkzeuge werden mit der unteren Schneidenreihe bezogen auf die Werkstückauflage eingestellt und können in dieser Position variable Werkstückdicken innerhalb ihrer Schnittbreite bearbeiten. Sind die Achswinkel der Schneidenreihen symmetrisch zur Mittelebene des Werkzeugs ausgerichtet, muss die Werkzeugmittelebene immer auf die Werkstückmitte eingestellt werden. Bei Veränderung der Werkstückdicke muss auch die Werkzeugposition korrigiert werden. Der Vorteil der symmetrischen Ausführung besteht darin, die Fügeschnitten leicht ballig auszuführen und somit einen definierten Hohlchnitt von wenigen Hundertstelmmillimetern am Werkstück zu erzeugen. Bei Kantenanleimmaschinen soll dadurch eine dichte Leimfuge garantiert werden.



DP-Fügefräser



Symmetrische/asymmetrische Schneidanordnung

Nut- oder Falzwerkzeuge haben zusätzlich zu den Umfangsschneiden stirnseitige Schneiden, z.B. Vorschneider, oder die Flanken der Hauptschneiden sind mit einem Freiwinkel versehen. Bei Nutwerkzeugen beidseitig, bei Falzwerkzeugen nur einseitig. Bei den Nutwerkzeugen unterscheidet man einteilige Werkzeuge (ähnlich wie Kreissägeblätter) und zweiteilige verstellbare Werkzeuge für variable Nutbreiten und zur Korrektur der Schnittbreite nach dem Schärfen.



Nutmessenkopf, breitenverstellbar



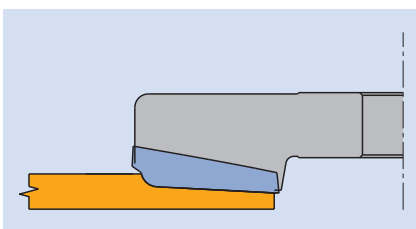
Universal-Profilmesserkopf „VariForm“



Mehrtelliger ProFix-Werkzeugsatz für Fensterprofile



Abplattwerkzeug



Profilmwerkzeuge

Die Profilmbearbeitung reicht von einfachen Profilen wie Fasen oder Radien über variantenreiche Zierprofile bis hin zu hochkomplexen Verbindungsprofilen wie Keilzinken-, Nut- und Feder- oder Konterprofilen. Ihre Anwendung zieht sich durch die gesamte Holzbearbeitung. Dementsprechend breit ist die Palette der zum Einsatz kommenden Schneidstoffe von HL-Stahl bis polykristallinem Diamant (DP). Die Werkzeugarten erstrecken sich von Massivfräsern über gelötete Werkzeuge und Profilmesserköpfe bis hin zum nachschärfbaren Konstantwerkzeug.

Eine besondere Stellung nehmen sogenannte Universal-Profilmesserköpfe ein. In einen neutralen Werkzeugtragkörper können beliebig profilierte Schneiden eingesetzt werden. Die Schneiden können vom Schärfdienst oder vom Anwender selbst profiliert werden und ermöglichen dadurch eine schnelle Umsetzung von Profilmwünschen sowie geringe Werkzeugkosten bei kleinen Produktionsmengen.

Bei den Profilen muss unterschieden werden in einseitige oder offene Profile und in geschlossene Profile mit beidseitig radialen Profilflanken. Während bei einseitigen oder offenen Profilen ein Freiwinkel am Profil ausreicht, müssen die Schneiden bei geschlossenen Profilen mit zwei seitlichen Freiwinkeln versehen werden. Das hat Auswirkungen auf die Werkzeugkonstruktion: Bestückte Fräser müssen zweiteilig ausgeführt werden, damit Profilveränderungen, die sich durch das Nachschärfen ergeben, wieder kompensiert werden können. Nicht nachschärfbare Wechselplattenwerkzeuge können dagegen einteilig ausgeführt sein.

Um große Profiltiefen zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, Werkzeugsätze aus mehreren Einzelwerkzeugen unterschiedlicher Durchmesser zusammenzustellen. Dadurch können kleinere Schneidplatten verwendet und höhere Drehzahlen erreicht werden. Zusätzlich kann die Schnittaufteilung zwischen den einzelnen Schneiden besser an die werkstück- und profilspezifischen Gegebenheiten angepasst werden. Klassisches Beispiel sind Fensterwerkzeuge.

Abplattwerkzeuge sind eine Spezialform der Profilmwerkzeuge mit überwiegend stirnseitig angeordneten Profilschneiden. Sie werden überwiegend eingesetzt, um die Füllungen von Rahmentüren zu bearbeiten. Aufgrund des kleinen Einstellwinkels κ_r der Schneiden erzeugen sie nahezu messerschlagfreie Oberflächen.

Schaftwerkzeuge

Im Bereich der Fräswerkzeuge mit Schaft gibt es prinzipiell die gleichen Werkzeugtypen zum Fügen, Falzen, Fasen, Abplatten und Profilieren wie bei den Bohrungswerkzeugen. Sie sind lediglich im Durchmesser kleiner und können deshalb bei höheren Drehzahlen eingesetzt werden.

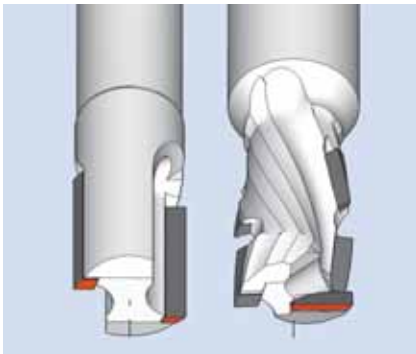
Eine Besonderheit stellen hier die sogenannten **Schaftfräser** oder Schaftoberfräser dar. Sie verfügen in der Regel über einen hohen **Schlankheitsgrad**, d.h. ihre Länge ist sehr viel größer als ihr Durchmesser. Sie werden an ihrem Schaft in ein Futter gespannt und der schneidende Teil arbeitet frei auskragend. Dadurch erfährt das gesamte Werkzeug eine hohe Biegebeanspruchung. Die Bruchgefahr durch Überlastung ist entsprechend hoch. Aus diesem Grund sind auch die **Zahnvorschübe** f_z wesentlich kleiner als bei Bohrungswerkzeugen. Sie richten sich weniger nach zerspannungsrelevanten

11.4 Maschinenwerkzeuge

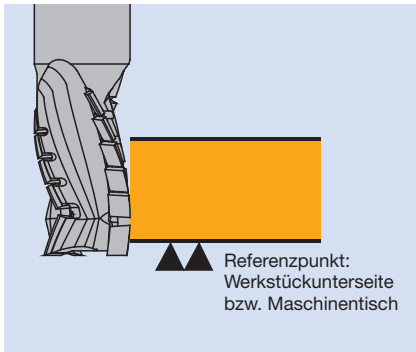
11.4.2 Werkzeugtypen



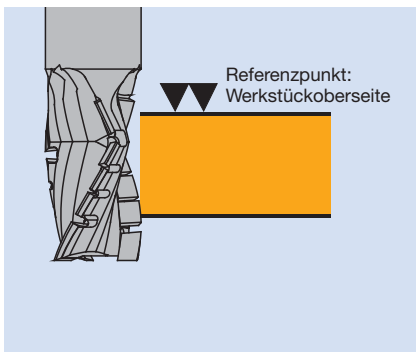
Spiral-Schlichtoberfräser in Vollhartmetall-Ausführung



DP-Schaftoberfräser
links: Stirnschneiden
rechts: Einbohrschneide



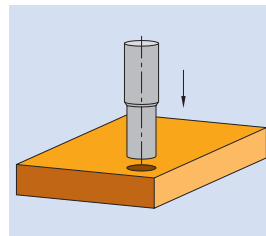
DP-Schaftfräser mit überwiegend negativem Drall



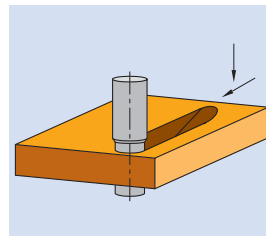
DP-Schaftfräser mit überwiegend positivem Drall

Größen wie der Mittenspanndicke h_m sondern vielmehr nach der Belastbarkeit des Werkzeugs. Und diese hängt maßgeblich von Auskraglänge und Durchmesser ab. Deshalb sind beispielsweise die zulässigen Vorschubgeschwindigkeiten beim Trennen oder Nuten in der Regel geringer als beim Fügen, und tiefe Taschen müssen in mehreren Arbeitsgängen durch schrittweises axiales Zustellen ausgefräst werden.

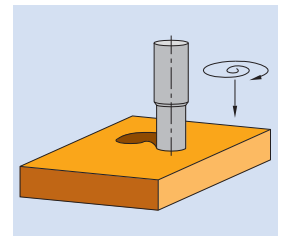
Wichtige Konstruktionsmerkmale bei Schaftfräsern sind die Ausführung der stirnseitigen Schneiden und der Drall- oder Achswinkel. Verfügt das Werkzeug über eine Grundschnede, die bis zur Mittelachse reicht, und ist es mit einem positiven Drallwinkel ausgeführt, ist es zum axialen Einbohren geeignet. Allerdings sollte **axiales Einbohren** aus Gründen der Bearbeitungsqualität und der Werkzeugstandzeit nur in absoluten Ausnahmefällen durchgeführt werden. Wesentlich werkzeugschonender ist das Eintauchen in den Werkstoff durch **spiralförmiges Einbohren** oder **Tauchfräsen** über eine schräge Rampe. Werkzeugtechnische Voraussetzung hierfür ist lediglich ein stirnseitiger Freiwinkel an den Schneiden, was bei Schaftfräsern in der Regel der Fall ist.



Axiales Einbohren



Tauchfräsen



Spiralförmiges Einbohren

Dem **Drallwinkel** kommt noch eine andere Funktion zu. Ein nach oben gerichteter, positiver Drallwinkel begünstigt die Späneabfuhr in Richtung Absaughaube und verhindert Ausbrüche an der unteren Schnittkante (Werkstückgutseite unten). Ein nach unten gerichteter, negativer Drallwinkel übt Druck auf das Werkstück aus, unterstützt die Werkstückspannung und verhindert das Ausbrechen der oberen Schnittkante (Werkstückgutseite oben). Schaftfräser zum Formatieren beschichteter Plattenwerkstoffe haben beide im oberen Schneidbereich negativen Drall und im unteren Bereich positiven Drall. Auf diese Weise werden Ober- und Unterseite der Platten ausrissfrei bearbeitet. Überwiegt der Anteil mit negativem Drall, kann das Werkzeug mit derselben Längeneinstellung unterschiedliche Plattendicken bearbeiten. Überwiegt der Anteil mit positivem Drall wird die Späneerfassung deutlich verbessert, allerdings muss das Werkzeug in seiner axialen Position an die jeweilige Plattendicke angepasst werden.

Typisch für den Einsatz von Schaftfräsern ist die beliebige Programmierung ihrer Fräsbahnen. Wenn sich dabei ungünstige Zerspannungssituationen ergeben, wie etwa der Schnitt gegen die Faserrichtung oder der Werkzeugaustritt aus dem Werkstück im Gegenlauf, muss die Drehrichtung geändert werden. Aus diesem Grund gibt es für die meisten Schaftoberfräser zu der üblichen Ausführung für **Rechtslauf** auch eine Ausführung für **Linkslauf**.

Als Schneidstoffe kommen hauptsächlich **Hartmetall (HW)** in massiver und bestückter Ausführung oder als Wendeplattenwerkzeug sowie **polykristalliner Diamant (DP)** zum Einsatz. Hartmetallwerkzeuge können mit durchgehenden Schneiden hergestellt werden und eignen sich daher insbesondere als Schlichtwerkzeuge für die Massivholzbearbeitung. Diamantbestückte



Wendeplatten-Schaftoberfräser



Schrupp-Schlicht-Oberfräser aus Vollhartmetall



Durchgangslochbohrer



Dübellochbohrer

Oberfräser weisen dagegen immer segmentierte Schneiden auf und sind prädestiniert für beschichtete Span- und Faserwerkstoffe. Wendeplatten-Schaftoberfräser sind bezüglich ihrer Vorschubleistung den massiven oder bestückten Werkzeugen zwar unterlegen, dennoch haben sie ihre Berechtigung in den Fällen, in denen es auf konstante Durchmesser ankommt oder in Regionen, in denen es keine Schärfmöglichkeiten gibt.

Zum schnellen Vorfräsen (Schruppen) werden Schaftfräser mit einem **Schruppprofil** versehen, einem Wellenprofil, das an jeder Schneide in der Teilung geringfügig versetzt ist. Dadurch werden die Späne gebrochen und die Bearbeitungskräfte gesenkt, wodurch höhere Vorschübe ermöglicht werden. Spezielle Ausführungen mit einem stufenförmigen Profil, bei dem sich die einzelnen Stufen in der Summe zu einer Geraden ergänzen, erlauben eine Schruppbearbeitung in nahezu Schlichtqualität. Man spricht hier von sog. Schrupp-Schlicht-Oberfräsern.

Im Zuge einer flexibleren Fertigung mit kleinen Losgrößen tritt das Auftreten von Platten mit Schaftfräsern (Beispiel: Nesting) immer mehr in Konkurrenz zum Kreissägen. Kleine Werkzeugdurchmesser von 10 bis 12 mm und hohe Vorschubgeschwindigkeiten von 20 bis 30 m min⁻¹ sind hier gefordert. Das stellt enorme Anforderungen an die Steifigkeit der Werkzeuge, weshalb zum **Nesting** überwiegend Vollhartmetallwerkzeuge eingesetzt werden.

Das **Nachscharfen** von Hartmetall-Schaftfräsern erfolgt in der Regel an der Spanfläche, bei diamantbestückten Schaftfräsern dagegen immer an der Freifläche.

Bohrer

Bohrer unterscheiden sich von Schaftfräsern prinzipiell dadurch, dass sich die Schneiden nur an der Stirnseite befinden, am Umfang sind sie rund geschliffen. Sie dienen ausschließlich dazu, Löcher von einem fest vorgegebenen Durchmesser zu erzeugen. Die Vorschubbewegung erfolgt axial.

Man unterscheidet grundsätzlich Bohrer für Durchgangslöcher, z.B. für Schraubenverbindungen, und solche für Sacklöcher, z.B. zur Aufnahme von Dübeln oder Beschlägen. Durchgangslochbohrer weisen eine sehr schlanke Spitze auf, die durch ihren schälenden Schnitt für eine ausrissfreie Ein- und Austrittseite erzeugen. Typische Merkmale von Bohrern für Sacklöcher (z.B. Dübel- oder Beschlaglochbohrer) sind Vorschneider, um beim Einbohren Ausrisse am Bohrungsrand zu vermeiden, Räumerschneiden um einen ebenen Bohrungsgrund zu erzeugen und eine Zentrierspitze, damit der Bohrer beim Einbohren zentriert wird. Die Vorschneider sind idealerweise so geformt, dass sie beim Einbohren Druck auf die Werkstückoberfläche ausüben und einen ziehenden Schnitt bewirken. Auf diese Weise werden sowohl Holzfasern als auch Dekorbeschichtungen sauber durchtrennt, bevor die Räumerschneiden das Bohrungsinere ausräumen. In der Regel ist der Bohrerhalm kurz hinter dem Bohrerkopf im Durchmesser um wenige Zehntelmillimeter verringert, um die Reibung zwischen Bohrer und Bohrungswand zu reduzieren und den Spanaustrag zu erleichtern.

Bohrer für Massivholz und Plattenwerkstoffe unterscheiden sich im Wesentlichen im Schneidstoff, im Drallwinkel und in der Länge. Massivholzbohrer sind aus HS-Stahl oder Hartmetall gefertigt, während bei Bohrern für die Plattenbearbeitung hauptsächlich Hartmetall, teilweise auch polykristalliner Diamant zum Einsatz kommt. Da der Drallwinkel gleichzeitig auch Spanwinkel



Beschlaglochbohrer



Levinbohrer



Universal-Profilmesserkopf für Handvorschub mit Abweiser

für die Bohrschneide ist, und das Trennen der Holzfasern eine „giftige“ Schneide erfordert, haben Massivholzbohrer größere Drallwinkel als Bohrer für Plattenwerkstoffe. Bei Massivholzanwendungen sind die erforderlichen Bohrtiefen größer als bei Plattenwerkstoffen und dementsprechend auch die Bohrerlänge. Für sehr große Bohrtiefen werden einschneidige „Levin-Bohrer“ eingesetzt, weil ihr großer Spanraum den Abtransport der Späne begünstigt. Um ein Stopfen der Späne und damit hohe Reibungswärme zu verhindern, muss gegebenenfalls eine Zwischenentleerung der Spanräume durch kurzzeitiges Zurückziehen des Bohrers erfolgen.

Beim Einsatz von Bohrern in Bohrgetrieben und Bohrbalken ist eine konstante Länge wichtig, damit die Bohrtiefe immer gleichmäßig und unverändert bleibt. Dazu verfügen die Bohrer über eine Längeneinstellschraube am Schaftende, mit der die Bohrerlänge voreingestellt werden kann, so dass neue und nachgeschärfte Bohrer immer dieselbe Länge aufweisen. Die meisten Bohrbalken verfügen konstruktionsbedingt über wechselnde Drehrichtungen der Spindeln. Deshalb auch rechtsdrehende und linksdrehende Bohrer. Um die Verwechslungsgefahr zu verringern, sind beide Ausführungen farblich unterschiedlich gekennzeichnet, linksdrehende Bohrer in der Regel mit einer roten Farbe.

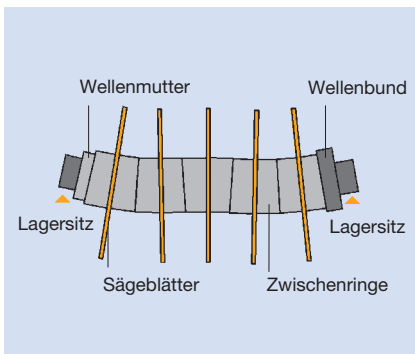
Fräswerkzeuge für Handvorschub

Fräswerkzeuge für Handvorschub müssen rückschlagarm ausgeführt sein. Sie unterliegen deshalb gewissen Beschränkungen hinsichtlich Zähnezahl, Schneidenüberstand und Spanlückenweite. Der Werkzeugtraggkörper muss entweder ein Rundformwerkzeug sein oder über Abweiser verfügen, die den Schneidenüberstand und die Spanlückenweite begrenzen.

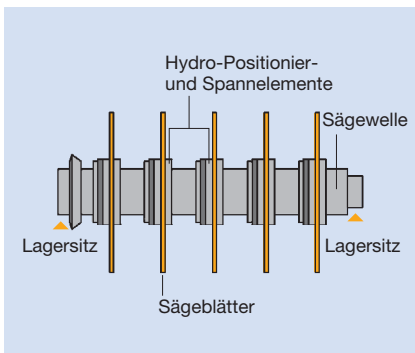
Die Konstruktionsdetails variieren je nach Werkzeugtyp und sind in der europäischen Norm EN 847-1 „Maschinenwerkzeuge für Holzbearbeitung – Sicherheitstechnische Anforderungen“ geregelt. Fräswerkzeuge, die für Handvorschub zugelassen sind, erkennt man an der Kennzeichnung „MAN“ auf dem Werkzeug.



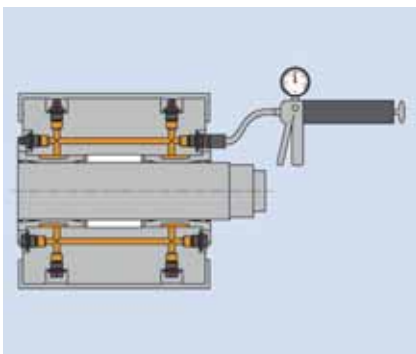
Fräsdorn mit lösbarer Welle/Nabe-Verbindung



Axial gegeneinander gespannte Werkzeuge auf einer Welle



Unabhängig von einander hydraulisch gespannte Werkzeuge auf einer Welle



Hydro-Spanntechnik, offenes System

Die Werkzeugspannsysteme bilden die Verbindung zwischen Werkzeug und Maschine. Sie besitzen eine werkzeugseitige Aufnahme und eine maschinenseitige Schnittstelle. Die Aufgaben der Werkzeugspannsysteme lassen sich in drei Kategorien einteilen:

- **Drehmomentübertragung**

Die Schnittkräfte müssen mit ausreichender Sicherheit aufgenommen werden, das Werkzeug darf nicht durchdrehen.

- **Zentrierung**

Je besser ein Werkzeug auf der Maschinenspindel zentriert wird, desto besser sind Rundlauf und Wuchtgüte.

- **Werkzeugwechsel**

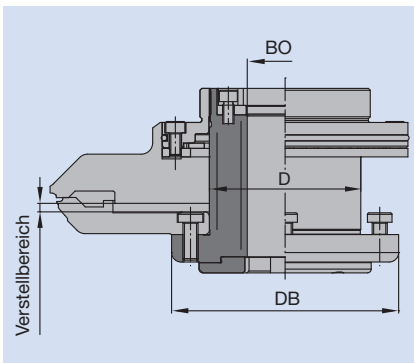
Durch einfachen und schnellen Werkzeugwechsel werden die Rüstzeiten verkürzt. Für eine flexible Fertigung ist ein automatischer Werkzeugwechsel erforderlich.

Die einfachste Form der Werkzeugspannung ist eine **Welle/Nabe-Verbindung**. Über eine definierte Spielpassung zwischen Werkzeugbohrung und Maschinenspindel wird das Werkzeug zentriert. Zur Drehmomentübertragung dienen Formschlüsselemente wie Passfedern oder stirnseitige Passstifte. Die Befestigung erfolgt durch Verschraubung am Wellenende. Beispiele hierfür sind Bohrungswerkzeuge bzw. Flanschbuchsen für Motorspindeln mit Keilwelle oder für zylindrische Spindeln von Hobel- und Keilzinkenmaschinen. Diese Art der Werkzeugspannung hat zwei entscheidende Nachteile:

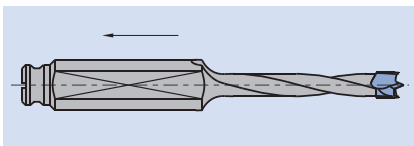
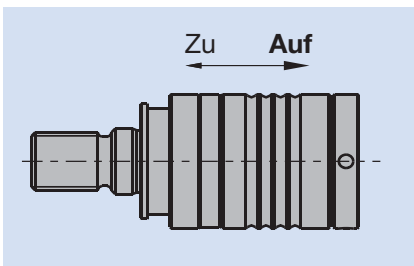
1. Die Werkzeuge sind nicht spielfrei zentriert. Dadurch verschiebt sich der Massenmittelpunkt in der Größenordnung des Passungsspiels, was sich negativ auf Rundlauf und Wuchtgüte auswirkt.
2. Wenn mehrere Werkzeuge neben- oder übereinander gespannt werden, addieren sich die Planauftoleranzen der Naben. Die beiden äußeren Nabenflächen sind nicht ausreichend parallel. Beim Aufbringen der axialen Spannkraft am Wellenende kann die Spindel verbogen werden, was sich in einer erhöhten Unwucht und Lagerbrummen äußert.

Um diese Nachteile zu beseitigen wurden spielfrei zentrierende Werkzeugspannsysteme entwickelt. Ein Beispiel hierfür sind sogenannte **Hydrowerkzeuge** oder **Hydro-Spannelemente**. Bei dieser Spanntechnik gibt es eine ringförmig um die Bohrung angeordnete Kammer, die mit Fett oder Öl gefüllt ist. Bei Druckanstieg in der Kammer verformt sich die dünne Wandung konzentrisch zur Bohrung hin. Das Passungsspiel wird zu Null und das Werkzeug kraftschlüssig auf die Welle gepresst. Die Werkzeuge werden einzeln auf der Welle gespannt, es gibt keine axialen Spannkraften und kein Verbiegen von Wellen. Je nach Art der Druckeinleitung unterscheidet man offene und geschlossene Systeme.

Offene Systeme sind mit Fett gefüllt. Der Druckaufbau erfolgt über eine Fettpresse. Zur Druckentlastung wird über eine Entlüftungsschraube Fett herausgelassen. Solche Systeme findet man üblicherweise im Hobelwerksbereich bei Hobelköpfen und Profilwerkzeugen. Der erforderliche Druck von rund 300 bar wird durch die eingepresste Fettmenge eingestellt. Dadurch ist das System in einem breiten Temperaturbereich einsetzbar, was bei Hobelwerken wichtig ist.



Hydro-Duo-Spannelement mit zwei unabhängigen Kammern für verstellbare Werkzeugsätze

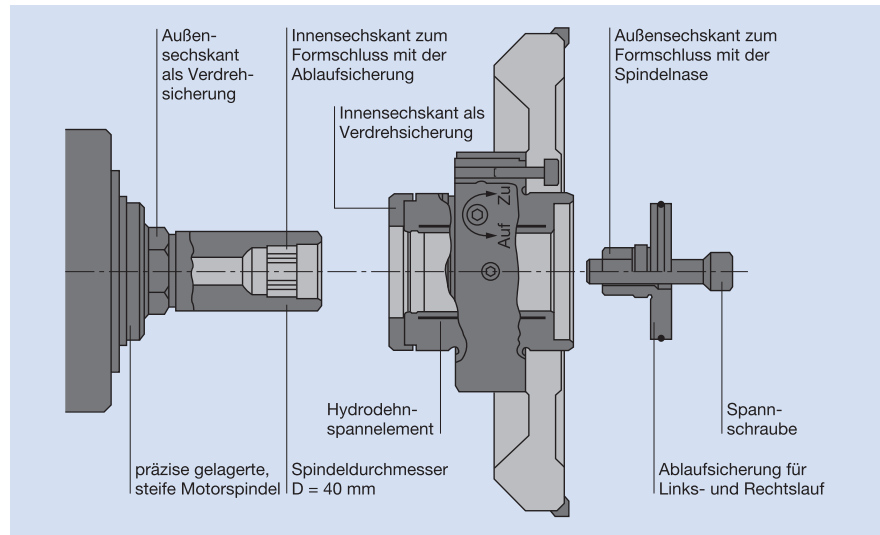


Bohrer-Schnellspannsystem



Werkzeugsatz mit HSK-Schnittstelle für automatischen Werkzeugwechsel

Geschlossene Systeme sind mit Fett oder Öl befüllt. Druckaufbau und Entlastung erfolgen durch einen eingebauten Kolben. Der Druck ist durch den Hubraum begrenzt und variiert mit der Temperatur. Solche Systeme werden überall dort eingesetzt, wo es auf Sauberkeit der Werkstücke ankommt, z.B. in der Möbel-, Fenster- oder Fussbodenfertigung.



Hydro-Spannelement, geschlossenes System

Hydro-Spannelemente sind in der Regel beidseitig wirkend als „**Hydro-Duo-Spannelemente**“ ausgeführt, um das Werkzeug auf dem Spannelement und das Spannelement auf der Welle zu zentrieren. Besonders vorteilhaft lassen sich solche Hydro-Duo-Spannelemente mit einem Zweikammersystem für verstellbare zweiteilige Nut- und Feder- oder Fügwerkzeuge einsetzen. Bei Druckentlastung der äußeren Kammer kann eine axiale Verstellung eines Werkzeugteils vorgenommen werden. Bei anschließendem Druckaufbau wird das Werkzeug in seiner neuen Position wieder zentriert und gespannt.

Als Sicherheitsmaßnahme gegen Druckverlust, werden Hydro-Spannsysteme zusätzlich mechanisch durch Formschlusselemente und Ablaufsicherungen gegen Verdrehen und Lösen von der Spindel gesichert.

Um die Rüstzeiten zum Werkzeugwechsel zu verkürzen, wurden **Schnellspannsysteme** entwickelt, die einmalig auf der Maschinenwelle befestigt werden und ihrerseits eine Schnittstelle zum Werkzeug haben, die sich in Sekundenschnelle spannen und lösen lässt. Beispiele hierfür sind Bajonett-systeme für Bohrungswerkzeuge, die mechanisch oder pneumatisch betätigt werden oder Schnellspannsysteme für Bohrer, die ähnlich einer Schlauchkupplung ganz ohne Werkzeug betätigt werden. Trotz erheblich verkürzter Rüstzeit, erfordern diese Systeme immer noch einen manuellen Eingriff in den Bearbeitungsprozess.

Um einen **automatischen Werkzeugwechsel** zu ermöglichen, wurden Kegelschnittstellen zwischen Werkzeug und Maschine entwickelt. Anfänglich waren es Steilkegelaufnahmen wie SK 40 oder SK 30, während sich heute weltweit **HSK-Schnittstellen** in der Holzbearbeitung durchgesetzt haben. Zunächst für CNC-Bearbeitungszentren entwickelt, haben sie längst auch bei den Durchlaufmaschinen Einzug gehalten, etwa bei Doppelendprofilern oder bei Hobelwerksmaschinen. Die HSK-Schnittstelle vereint die Vorteile von Hydro- und Schnellspannsystemen: Genauigkeit und Schnelligkeit.



Hydro-Dehnspannfutter



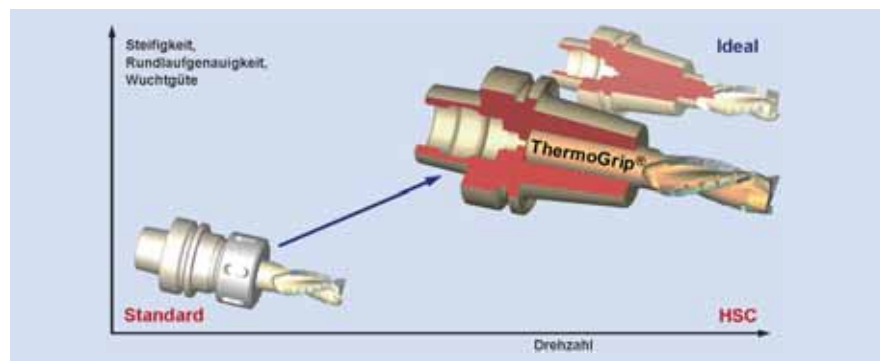
Spannzangenfutter



Schrumpfspannfutter ThermoGrip®

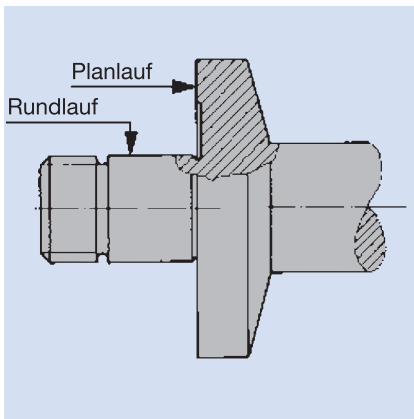
Im Idealfall ist der HSK einteilig mit dem Werkzeug ausgeführt. Auf diese Weise lassen sich die Werkzeugdurchmesser verringern und die Drehzahlen erhöhen. In den meisten Fällen ist dies jedoch aus konstruktiven oder wirtschaftlichen Gründen nicht möglich. Deshalb gibt es HSK-Adapter, die mit dem Werkzeug verschraubt werden. Für eine lösbare und zentrierende Verbindung mit dem Werkzeug kommen wiederum Hydrospannsysteme zum Einsatz. Unterschieden werden hier Hydro-Dorne für Bohrungswerkzeuge oder mehrteilige Werkzeugsätze, bei denen der Spanndorn hydraulisch aufgeweitet wird und **Hydro-Dehnspannfutter** zum Spannen von Schaftwerkzeugen.

Ein universelles Spannsystem für Schaftwerkzeuge sind **Spannzangenfutter**. Durch austauschbare Spannzangen können beliebige Schaftdurchmesser bis 25 mm gespannt werden. Die Vielzahl der Teile und Verschleiß an der Spannzange führen zu mäßigen Werten bei Rundlauf und Wuchtgüte. Die Werkzeugexzentrizität kann bis zu 0,06 mm betragen. Hohe Spindeldrehzahlen führen zum Aufweiten der Mutter und damit zu Spannkraftverlust. Hochwertige Spannzangenfutter haben deshalb ausgewuchtete Spannmutter, die zum Erzeugen einer höheren Vorspannung zusätzlich kugellagert sind. Maschinenseitig sind die Spannzangenfutter mit einer HSK- oder Steilkegel-Schnittstelle ausgeführt.

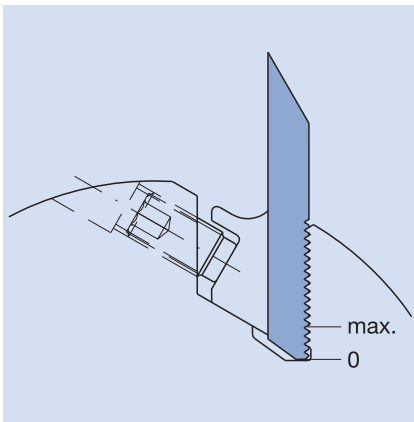


Für die Hochleistungsbearbeitung wurden sog. **Schrumpfspannfutter** „ThermoGrip®“ entwickelt. Sie schaffen eine quasi-monolithische Verbindung zwischen Werkzeug und Futter. Das Spannprinzip basiert auf thermischer Ausdehnung und arbeitet ohne mechanisch bewegte Teile. Zum Einsetzen des Werkzeugschaftes wird der Spannbereich des Futters erwärmt. Die auf Untermaß gefertigte Futterbohrung weitet sich dabei, nimmt den Werkzeugschaft auf und zieht sich während des Abkühlens wieder zusammen. Auf diese Weise sind Werkzeug und Futter wie aus einem Guss miteinander verbunden. Die Erwärmung erfolgt induktiv durch spezielle Hochfrequenzgeneratoren. Die Wärmeausdehnung des Futters erfolgt dabei schneller als die des Werkzeugs, so dass die Werkzeuge auch wieder ausgeschumpft werden können. Schrumpfspannfutter „ThermoGrip®“ sind bei hohen Drehzahlen bis $n = 36.000 \text{ min}^{-1}$ einsetzbar und ermöglichen aufgrund ihrer hohen Steifigkeit auch im konventionellen Drehzahlbereich bis $n = 24.000 \text{ min}^{-1}$ um bis zu 30% höhere Vorschubgeschwindigkeiten gegenüber Spannzangenfuttern.

Die höchste Präzision in Bezug auf Rundlauf, Planlauf und Wuchtgüte wird erreicht, wenn das Werkzeug mit dem Spannsystem als Einheit geschärft wird. Das erfordert durchgängige Werkzeugschnittstellen bei Holzbearbeitungsmaschinen und Werkzeugschleifmaschinen in Produktion und Service. Auf diese Weise aufbereitete Werkzeuge können bei höheren Vorschubgeschwindigkeiten betrieben werden und erzielen längere Standwege.



Rund- und Planlauf.



Nachstellbereich beachten.

1. Maßnahmen vor Inbetriebnahme

Beim Einbau eines Werkzeuges in die Maschine sind insbesondere folgende Punkte zu beachten:

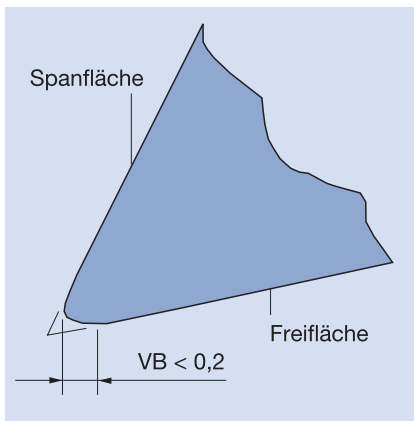
- a) **Vor Inbetriebnahme eines Werkzeugs ist die Betriebsanleitung zu lesen.**
- b) **Werkzeug und Werkzeugaufnahme reinigen.**
Alle Fügeflächen sowohl an Messersitzen als auch an den Schnittstellen von Maschinenspindel und Werkzeugaufnahme müssen frei von Schmutz, Fett und Korrosion sein.
- c) **Werkzeug nur an den vorgesehenen Spannflächen in der Maschine aufspannen.** Spannflächen wie z.B. Bohrung, Nabe, Kegelflächen und Plattensitze dürfen bei Montagetätigkeiten nicht beschädigt werden.
- d) **Die Schneiden dürfen bei der Montage des Werkzeugs nicht in Kontakt mit Maschinenteilen kommen – Bruchgefahr!**
- e) **Werkzeuge auf Risse oder beschädigte Schneiden untersuchen** – insbesondere nach einer Kollision des Werkzeuges mit Maschinenteilen z.B. Maschinentisch, Werkstückspannelementen, Absaughauben. Ein verformtes Werkzeug darf nicht eingesetzt werden. Beschädigte Werkzeuge sind von einem Fachmann zu überprüfen. Beschädigte oder verschlissene Schneidteile, Spannelemente oder Schrauben müssen sofort satzweise gegen Originalteile ausgetauscht werden. Werkzeuge mit gerissenem Grundkörper oder mit deformiertem Plattensitz müssen ausgemustert werden. Das Reparieren solcher Werkzeuge ist nicht erlaubt!
- f) **Beim Zusammenstellen von Werkzeugsätzen müssen plangeschliffene Zwischenringe verwendet werden.**
- g) **Alle Spannschrauben mit den vorgesehenen Spannschlüsseln anziehen.** Die in der Betriebsanleitung angegebenen Drehmomente sind zu beachten. Der Einsatz von Verlängerungen oder Hammerschlägen ist untersagt.
- h) **Werkstückspannung und Vorschub kontrollieren.**
- i) **Richtige Drehrichtung des Werkzeugs überprüfen.**
- j) **Zulässige Maximaldrehzahl n_{max} des Werkzeugs mit der Drehzahl der Maschine vergleichen.** Der auf dem Werkzeug angegebene Wert für n_{max} darf nicht überschritten werden. Die für den jeweiligen Einsatz günstige Drehzahl kann unterhalb von n_{max} liegen.

2. Maßnahmen und Pflege während des Einsatzes

Um die Qualität und Präzision eines Werkzeuges über dessen Lebensdauer zu erhalten, ist besondere Sorgfalt und Pflege erforderlich. Für den fachgerechten Umgang mit Werkzeugen sind insbesondere folgende Punkte zu beachten:

- a) Holzbearbeitungswerkzeuge sind zum Vermeiden von Korrosion vor Feuchtigkeit zu schützen. Bei längerem Nichtgebrauch empfiehlt sich die Behandlung mit einem geeigneten Pflegemittel z.B. WD-40 oder Ballistol.
- b) Schneiden und Spannflächen gegen Beschädigungen schützen, z.B. Werkzeuge in Verpackung lagern und transportieren und nicht auf harte Unterlagen ablegen.

Zur guten und vor allem auch kostensparenden Werkzeugpflege gehört auch die Überwachung des Werkzeugverschleißes und des Schneidenzustandes im Einsatz. Auf keinen Fall so lange warten, bis der Schneidenzustand (Abstumpfung) zu groß wird oder Ausbrüche an den Schneidkanten auftreten. Einfache Überwachung ist bei vielen Maschinen durch Ampere-meter möglich.



Maximale Verschleißmarkenbreite VB.

Durch die Zerspanung entstehen Staubteilchen, die sich mit Harz oder Leim vermischt an den Schneiden oder in den Spanräumen ansetzen und Aufbauschneiden bilden. Die Schneidenzusetzung verringert Span- und Freiwinkel, verkleinert den Spanraum und erhöht die Reibung und damit den Kraftbedarf. Sie führt weiter zu Standwegverkürzung sowie Oberflächenverschlechterung und in extremen Fällen sogar zur Zerstörung der Antriebsmotoren.

Die Reinigung der Werkzeuge ist kein Luxus, sondern eine notwendige Voraussetzung für erfolgreichen Einsatz. Sie müssen in regelmäßigen Abständen entharzt werden. Handelsübliche Spezialreinigungsmittel verwenden. Bei zusammengesetzten Werkzeugen mit Tragkörpern aus Leichtmetall-Legierungen dürfen nur Reinigungsmittel mit pH-Wert zwischen 4,5 und 8 verwendet werden, da sonst Korrosionserscheinungen das Aluminium zerstören können.

Achtung: Unbedingt Herstellerangaben beachten!

Die oftmalige Entharzung trifft im Besonderen auch auf Hartmetall-Kreis-sägeblätter zu, da hier die geringen Schneidenüberstände den Ansatz von Harzresten begünstigen. In besonderen Fällen können diese Erscheinungen sogar zur Rissbildung an den Sägeblatt-Tragkörpern führen.

Bei ungenügender Staub- und Späneabsaugung können umherfliegende Werkstoffpartikel die Schneide beschädigen. Neben erhöhtem Abrasivverschleiß können Ausbrüche an der Schneidkante entstehen.

Eine hinsichtlich Absaugleistung und Gestaltung der Erfassungselemente optimierte Absauganlage wirkt sich standwegerhöhend aus.

Die regelmäßige Wartung ist erforderlich, um eine einwandfreie Funktion der Werkzeuge zu ermöglichen.

Das Nachschärfen der Werkzeuge muss erfolgen, wenn

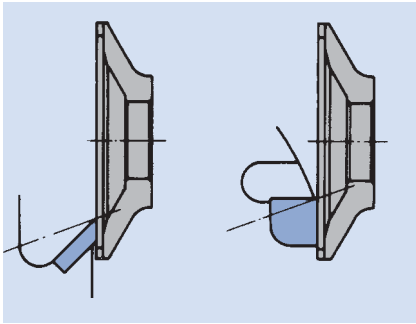
- a) die Oberflächengüte des Werkstücks nicht mehr ausreichend ist,
- b) die Verschleißmarkenbreite (VB) an der Freifläche größer als 0,2 mm wird,
- c) die Stromaufnahme an der Maschine zu hoch wird,
- d) Schneidenausbrüche festzustellen sind.

3. Werkzeuginstandsetzung/Schärfen

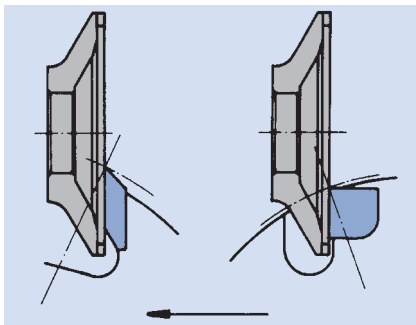
Unter diesem Begriff ist die Wiederherstellung der Schneidenschärfe bei abgestumpften Werkzeugen sowie Reparaturen wie z.B. das Austauschen defekter Schneidteile zu verstehen.

Die Instandsetzung unterscheidet sich wesentlich bei Schneidenwerkstoffen aus hochlegiertem Werkzeugstahl, Hartmetall oder Diamant.

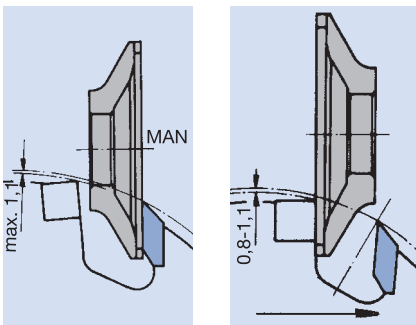
Dafür sind spezielle Bearbeitungsverfahren erforderlich, welche eine möglichst geringe Erwärmung der Schneiden, rissfreie Bestückungsplatten, zeichnungsgerechte Winkelgeometrie, Einhaltung von engsten Toleranzvorgaben sowie eine optimale Schneidkantenausbildung gewährleisten.



Schärfen an der Freifläche.



Schärfen an der Spanfläche.



MAN-Werkzeuge: Schneidenüberstand gegenüber Abweiser.

Bei der Werkzeuginstandsetzung sind folgende Punkte unbedingt zu beachten:

- Die Konstruktion von Werkzeugen in Verbundausführung darf nicht verändert werden.
- Verbundwerkzeuge müssen durch einen Sachkundigen instand gesetzt werden.
- Es dürfen nur Ersatzteile verwendet werden, die mit den Vorgaben für die Originalersatzteile, die vom Hersteller geliefert werden, übereinstimmen.
- Toleranzen, die ein einwandfreies Spannen sicherstellen, müssen eingehalten werden.

Um Beschädigungen des Schneidstoffes wie Überhitzung oder Spannungsrisse zu vermeiden, muss unbedingt mit Kühlschmierstoffen (Emulsion, Öl) geschliffen werden.

Achtung: Kein Trockenschliff!

Um gefährliche Kerbspannungen zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass die vorgegebenen Radien am Werkzeuggrundkörper beim Schärfen nicht verändert werden.

3.1. HL-, HS-, ST- und HW-Werkzeuge(massiv oder bestückt)

HW-Werkzeuge werden mit Diamantschleifscheiben geschärft.

Für alle anderen oben genannten Schneidenmaterialien werden Korund- oder CBN-Schleifscheiben eingesetzt.

Grundregeln

- Werkzeug vor dem Schärfen sorgfältig reinigen.
- Die zulässigen Rundlauftoleranzen einhalten! Kontrolle mit Messuhr!
- Vorschneiderüberstand zur Hauptschneide: 0,3 bis 0,5 mm.
- Bei Werkzeugen für Handvorschub darf der maximale Schneidenüberstand von 1,1 mm gegenüber dem Abweiser nicht überschritten werden.

Werkzeuge mit radialer Bestückung

a) Nutfräser mit und ohne Vorschneider

Diese Werkzeuge werden grundsätzlich an der Freifläche geschärft, um die Schnittbreite nicht zu verändern.

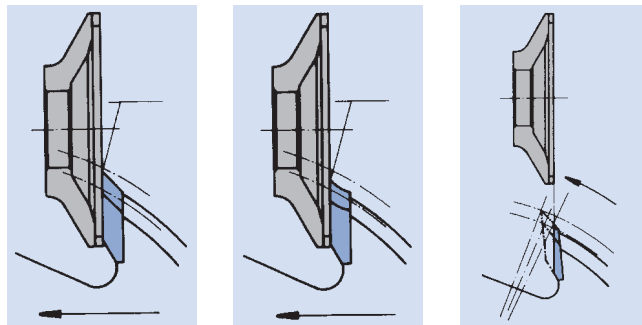
b) Füge-, Falz- und Fasefräser

Diese Werkzeuge werden an der Spanfläche der Hauptschneiden und Vorschneider parallel nachgeschärft.

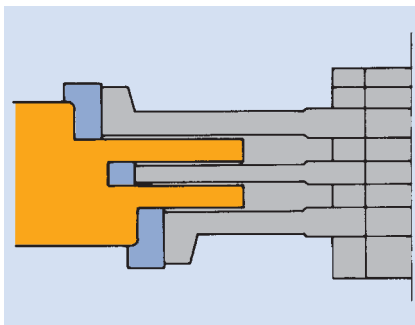
c) Profilfräser

Die Form der Bestückungsplatten ist von verschiedenen Faktoren – wie Schneidenmaterial, Profiltiefe u.a. abhängig. Die Freifläche kann in drei verschiedenen Formen ausgeführt sein, welche vom Einsatzzweck der Werkzeuge abhängig sind (konkav, gerade, konvex). Das Nachschärfen erfolgt grundsätzlich an der Spanfläche, nicht am Profil!

Für Profilfräser mit gerader oder konkaver Freifläche erfolgt die Zustellung parallel zur Spanfläche, bei Profilfräsern mit konvexer Freifläche durch Drehen um die Fräserachse. Bei Profilfräsern für Handvorschub (MAN) ist der Abweiser auf einen Abstand von maximal 1,1 mm gegenüber der Schneide zurückzusetzen.



Gerade Freifläche. Konkave Freifläche. Konvexe Freifläche.



Schlitz- und Zapfenfräser.

3.2. HS- und HW-Schlitz- und Zapfenfräser

Die besondere Geometrie der Bestückungsplatten gewährleistet bei gleicher Abtragmenge an der Spanfläche unter paralleler Zustellung gleichbleibende Falztiefen. Bei Werkzeugen für Handvorschub ist der maximal zulässige Schneidenüberstand von 1,1 mm zu beachten. Durch die Sonder-Schneiden-geometrie muss die Passung nach mehrmaligen Nachschärfungen neu eingestellt werden (Korrektur durch Zwischenringsätze leicht und schnell möglich).

3.3. Fräsersätze und Fräsergarnituren

Die Einzelschärfung kann nach den Richtlinien, wie unter Punkt 1 und 2 erläutert, durchgeführt werden. Die Abtragmenge richtet sich nach dem Fräser mit der größten Abstumpfung. Um das ursprüngliche Werkstückprofil beizubehalten, müssen alle Fräser mit dem gleichen Abtrag nachgeschärft werden.

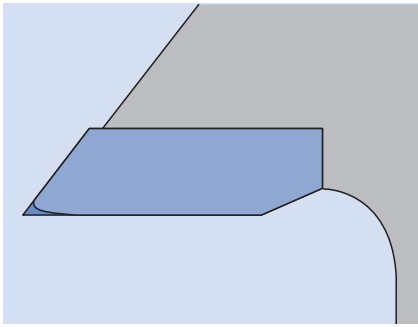
3.4. DP-bestückte Werkzeuge

Das Nachschärfen von DP-Werkzeugen ist nur an der Freifläche möglich. Dazu sind Sondermaschinen mit speziellen Vorrichtungen notwendig. Die Nachschärfung kann durch Schleifen oder funkenerosives Abtragen erfolgen. Zur Kontrolle sind spezielle Messeinrichtungen erforderlich. Die Instandsetzungsarbeiten bei DP-Werkzeugen kann daher nur in Schärfdiensten mit besonderen maschinellen Voraussetzungen oder in den Produktionsstätten von Leitz erfolgen.

3.5. HW-bestückte Kreissägeblätter

a) Allgemein

HW-Kreissägeblätter werden heute ausschließlich auf Schleifautomaten nachgeschärft. Ein manuelles Schleifen auf Universal-Werkzeugschleifmaschinen ist aus qualitativen und wirtschaftlichen Gründen nicht mehr denkbar. Schleifautomaten arbeiten im Tiefschliffverfahren und sind mit Nassschliffeinrichtungen ausgestattet. Die technischen Voraussetzungen vieler Schleifautomaten ermöglichen das Nachschärfen aller herkömmlichen und auch Sonderzahnformen in jeweils nur einem Umlauf an Span- und Freifläche. Vor dem Schärfen sind die Kreissägeblätter zu reinigen.



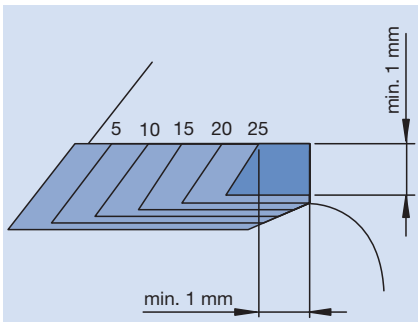
Verschleiß an einem HW-Sägezahn.

b) Trag- oder Grundkörper absetzen

Auf den Sägeschärfautomaten soll mit der Diamantschleifscheibe nur das Hartmetall bearbeitet werden. Es ist daher notwendig, den Tragkörper an der Freifläche und ggf. auch im Spanraum zurückzusetzen. Um die Stabilität der Sägezähne nicht zu sehr zu beeinträchtigen, darf der Überstand der HW-Platte 0,2 mm (bei SB < 3,2 mm) beziehungsweise 0,5 mm (bei SB > 3,2 mm) nicht überschreiten.

c) Nachschärfen

Um ein Kreissägeblatt möglichst oft nachschärfen zu können ist es unbedingt notwendig, HW-Kreissägeblätter an der Span- und an der Freifläche nachzuschärfen. Als Faustregel für das Abtragverhältnis von Spanfläche zu Freifläche gilt: 1:1 bei der Massivholzbearbeitung und 1:2 bei der Spanplattenbearbeitung. Werden die Verrundungen nicht restlos ausgeschliffen, so hat das erhebliche Standweegeinbußen zur Folge. Die Bedienungsanleitungen der Schleifautomaten geben Aufschluss über die notwendigen Einstellarbeiten an der Maschine. Besonders wichtig ist dabei die Blattdickeneinstellung. Unsymmetrische Schneiden bewirken ein seitliches Verlaufen des Kreissägeblattes.



Leitz Empfehlung für die Restzahngröße am Sägeblatt.

d) Restzahnhöhe und -dicke

Wenn eine Restzahnhöhe, gemessen am Plattensitz, von 1 mm erreicht ist, ist das Kreissägeblatt aus Sicherheitsgründen auszusondern.

e) Neubestücken

In allen Leitz Schärfdiensten besteht die Möglichkeit, einzelne beschädigte Sägezähne an Kreissägeblättern durch neue zu ersetzen. Die Lötung erfolgt durch induktive Erwärmung unter Verwendung von geeignetem Lot und Flussmittel.

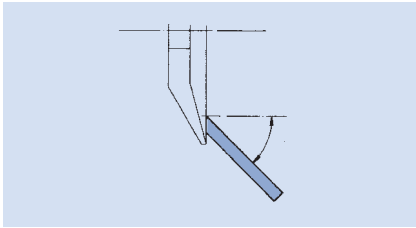
Für diese Arbeiten sind Fachkenntnisse über die Materialzusammensetzungen vom Hartmetall und vom Tragkörper notwendig. Dem Anwender wird empfohlen, solche Instandsetzungsarbeiten nicht selber vorzunehmen.

f) Richten und Spannen

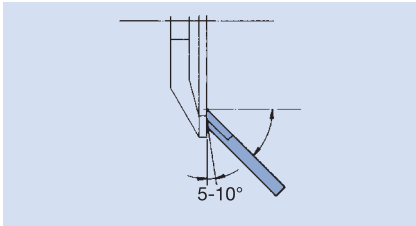
Unter dem Richten versteht man ein „Ebenmachen“ des Kreissägeblattes, das heißt die Beseitigung aller Verwerfungen. Das Spannen der Sägeblätter ist im Allgemeinen mit einer bleibenden Verformung oder „Reckung“ des Mittelteiles eines Sägeblattes verbunden. Beide Bearbeitungsabläufe werden häufig gemeinsam angewendet und stellen die unbedingte Voraussetzung für das Funktionieren von Sägeblättern dar. Es ist daher zweckmäßig, Sägeblätter über den gesamten Nachschleifzyklus hinsichtlich der Ebenheit und Spannung zu kontrollieren und nötigenfalls zu korrigieren.

Unbedingt empfohlen wird dies für Längsschnittsägeblätter zum Beispiel auf Vielblattmaschinen, aber auch für sogenannte Dünnschnittsägeblätter, da diese besonders beansprucht werden und der Spannungszustand sich im Laufe der Zeit verändern kann; das kann sogar zu Einrissen und zur Zerstörung des Blattes führen. Sägeblätter, die starke Wärmeverfärbungen aufweisen, sind auszusondern.

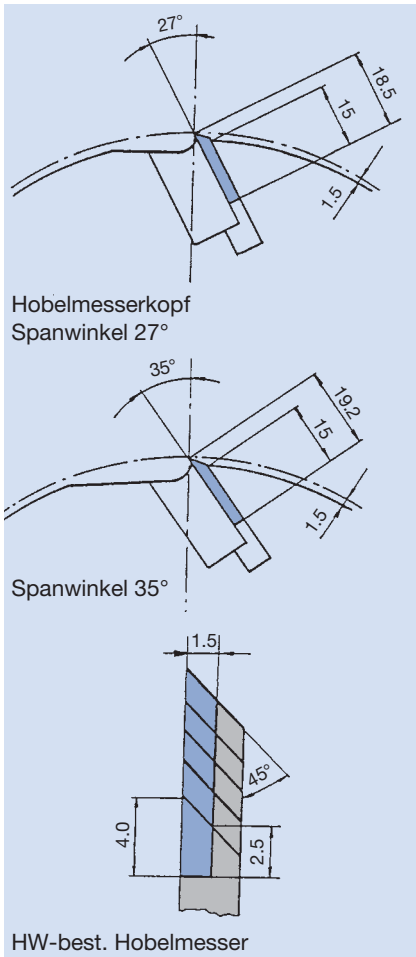
Beim Richten und Spannen ist darauf zu achten, dass der Spannflanschdurchmesser dem Sägeblattdurchmesser zugeordnet wird. Diese Zuordnung ist in DIN 8083 festgelegt. Für den praktischen Betrieb eines Sägeblattes besteht eine allgemeine Empfehlung über den Spannflanschdurchmesser: Dieser soll mindestens ein Viertel bis ein Drittel des Sägeblattdurchmessers betragen.



Schärfen von Hobelmessern.



Zurücksetzen des Messergrundmaterials bei HW-bestückten Hobelmessern.



Hobelmesserkopf
Spanwinkel 27°

Spanwinkel 35°

HW-best. Hobelmesser

Zulässige Mindestmaße bei Hobelmessern.

3.6. Zerspaner

a) Fräserspaner

bestehen aus einem Sägeblatt und einem Fräskörper, die miteinander verschraubt sind. Dieser Zerspanertyp muss an der Freifläche und hin und wieder auch an der Spanfläche geschliffen werden, damit das Durchmesser-Verhältnis von Sägeblatt und Fräskörper erhalten bleibt. Bedingt durch die gleichbleibende Zahnteilung und die von einer Zahnreihe zur anderen gleichmäßig verlaufende Fase ist es möglich und sehr rationell, den Schärfvorgang auf einem Sägeblatt-Schleifautomaten ablaufen zu lassen. Dafür sind ein Sonder-Vorschubfinger und eine Sonderaufnahme notwendig.

b) Segmentzerspaner

bestehen aus Zerspanersegmenten und einem vorgesetzten Sägeblatt. Das Schärfen der Zerspanersegmente erfolgt entweder im eingebauten Zustand im Tragkörper auf konventionellen Werkzeugschleifmaschinen oder nach Ausbau aus dem Tragkörper in einer speziellen Vorrichtung auf Sägeschleifautomaten (wie HW-bestücktes Kreissägeblatt).

c) Kompaktzerspaner

Dieses DP-Verbundwerkzeug wird an allen drei Freiflächen (Planseite, Fase und Umfang) auf Spezialmaschinen nachgeschärft.

Wenn das Werkzeug im praktischen Einsatz auf Hydrobüchsen gespannt ist, so hat auch das Nachschärfen mit derselben Aufspannung zu erfolgen, um eine hohe Plan- und Rundlaufgenauigkeit zu erreichen.

3.7. Messerköpfe

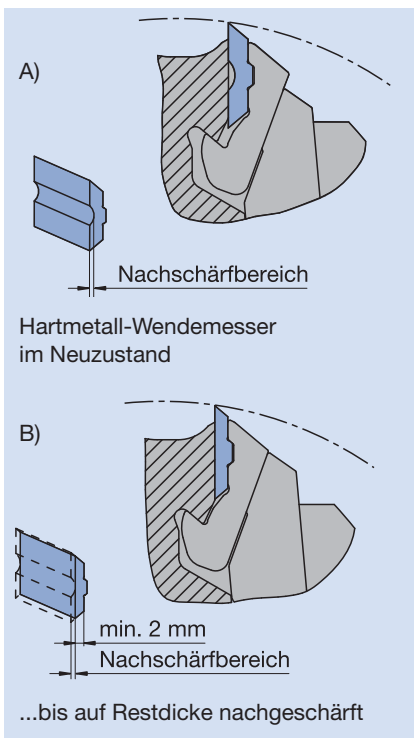
Bei der Messermontage sind folgende Punkte unbedingt zu beachten:

- 1) Sauberkeit und Unversehrtheit der Anschlagflächen von Tragkörper, Messern sowie Halte- und Spannelementen.
- 2) Anziehen der Spannschrauben von innen nach außen (bei größeren Schnittbreiten).
- 3) Messereinstellung mittels Lehre oder Messuhr vornehmen (bei Hobelmessern).
- 4) Schrauben nicht mit verlängertem Schlüssel anziehen.
- 5) Vorschneider am Anschlag anlegen und festschrauben.
- 6) Zusammenbau auf geeigneten Dornen vornehmen, da sonst Gefahr der Verspannung gegeben ist.
- 7) Bei Messerköpfen keine Veränderungen an den Formschluss-Sicherungselementen vornehmen.
- 8) Gewichtsgleichheit von Messern und Spannelementen prüfen.
- 9) Um Unwucht zu vermeiden, immer gegenüberliegend gewichtsgleiche Messer und Spannelemente einbauen.

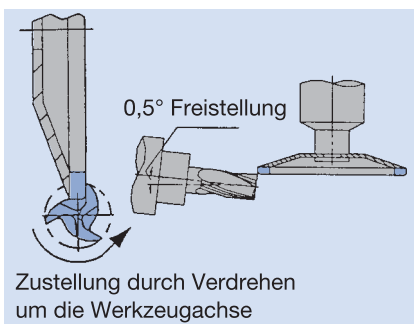
a) Streifen-Hobelmesser

in HL-, HS- und HW-Ausführung werden an der Freifläche nach dem vorhandenen Winkel geschärft. Bei HW-bestückten Messern sollte der Freiwinkel am Trägermaterial gegenüber den Hartmetallschneiden um 5 bis 10° zurückgenommen werden, um beim Schleifen des Hartmetalls den Kontakt der Diamantschleifscheibe mit dem Stahltragkörper zu vermeiden.

Beim Nachschleifen von Hobelmessern sind die zulässigen Maßgrenzen zu beachten. Insbesondere darf die Mindesteinspannlänge nicht überschritten werden (siehe seitliche Markierung am Werkzeugtragkörper). Bei einer Mindesteinspannlänge von 15 mm und einem radialen Messerüberstand von



Schärfen von VariPlan-Messern.



Schärfen von Spiraloberfräsern.

1,5 mm beträgt die Mindestmesserhöhe 18,5 mm (bei Spanwinkel 27°) bzw. 19,5 mm (bei Spanwinkel 35°).

Hydro-Messerköpfe haben einen radialen Messerüberstand von 4 mm. Bei gleicher Mindesteinspannlänge beträgt hier die Mindestmesserhöhe 21,3 mm.

Bei HW-bestückten Hobelmessern ist zusätzlich auf die Bestückungsplattenhöhe zu achten. Eine Mindesthöhe der Bestückungsplatte von 4 mm darf nicht unterschritten werden.

b) Hobelmesserkopf VariPlan

Die Schneiden sind als nachschärfbare, gerade Wendemesser ausgeführt. Das Schärfen erfolgt an der Spanfläche. Die Messer werden mit ihrer trapezförmigen Erhöhung auf der Rückseite formschlüssig in einer speziellen Messeraufnahmeleiste fixiert.

Der Nachschärfbereich beträgt 1 mm und ist durch eine Nut auf der Spanfläche gekennzeichnet. Der Freiwinkel ist mit dem Spanmechanismus des Messerkopfes so abgestimmt, dass sich nach dem Schärfen an der Spanfläche stets eine durchmesserkonstante Positionierung der Messer im Tragkörper ergibt und darf deshalb auf keinen Fall verändert werden.

Achtung: Das Schärfen von VariPlan-Messern sollte nur von einem Leitz Schärfdienst vorgenommen werden.

c) Spiral-Messerwelle

Zum Nachschärfen der 1 mm dicken biegsamen HS-Messer ist eine Sondervorrichtung vom Hersteller notwendig. Nach dem Schärfen werden die Messer in einer Einstellvorrichtung auf den räumlich geformten Druckbacken montiert. Der Anwender kann nun das komplette, voreingestellte Bauteil in die Spiral-Messerwelle einsetzen.

d) Profilierte Messer

Das Schärfen von profilierten Messern erfolgt im Profil an der Freifläche. Zulässige Nachschärfzonen oder Mindesteinspannhöhen der Messer sind zu beachten.

Schneidkantenqualität und Standwege lassen sich verbessern, wenn eine Facette mit zweitem Freiwinkel angeschliffen wird, der um etwa 3° bis 5° geringer ist als der Hauptfreiwinkel. Radial verlaufende Profilmereiche erfordern zusätzlich einen seitlichen Freiwinkel.

3.8. Oberfräswerkzeuge

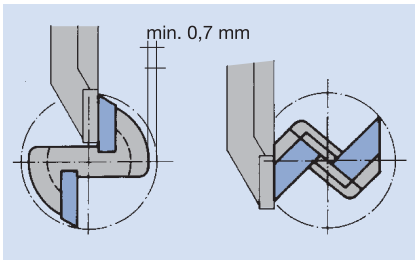
a) HS- und HW-Spiralfräser

Diese Werkzeuge werden in zwei Ausführungsformen hergestellt: als Schlichtfräser vorwiegend zur Fertigbearbeitung mit maximal 1 bis 3 mm Spanabnahme und als Schruppfräser ausschließlich für Vollschnitarbeiten bei hohen Zerspanleistungen.

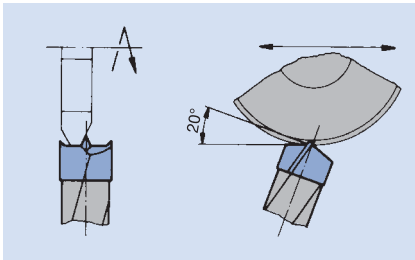
Die Schruppfräser werden wegen ihres speziellen Wellenprofils ausschließlich an der Spanfläche geschärft. Schlichtfräser können an Span- oder Freifläche nachgeschliffen werden.

b) HS- und HW-Oberfräser mit geraden Schneiden

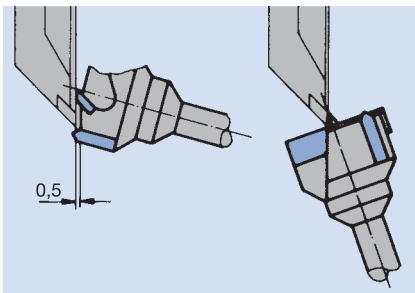
werden an der Spanfläche nachgeschärft. Bei größeren Ausbrüchen kann der Oberfräser zusätzlich an der Freifläche zurückgeschliffen werden. Dabei muss der Tragkörper mindestens 0,7 mm zum Schneidenflugkreis zurückgesetzt werden.



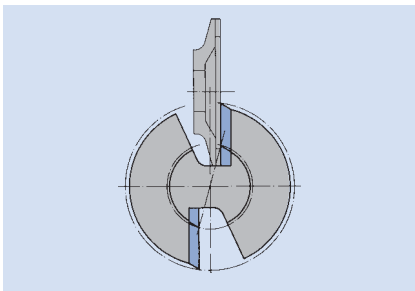
Schärfen von Oberfräsern mit geraden Schneiden.



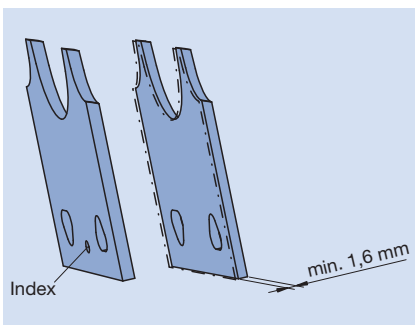
Schärfen von Dübelbohrern.



Schärfen von Beschlagohrern.



Schärfen von HW-bestückten Profiloberfräsern.



Schärfen von VariForm-Messern.

c) HW-bestückte Dübelbohrer

HW-Dübelbohrer werden mit einer Profil-Diamantschleifscheibe an Rämerschneide, Zentrierspitze und Vorschneider in einem Arbeitsgang geschärft. Die Überstandsmaße von Zentrierspitze und Vorschneider zur Rämerschneide müssen genau eingehalten werden. Profil-Diamantschleifscheiben sind für alle gängigen Durchmesser erhältlich.

d) HW-bestückte Beschlagohrer

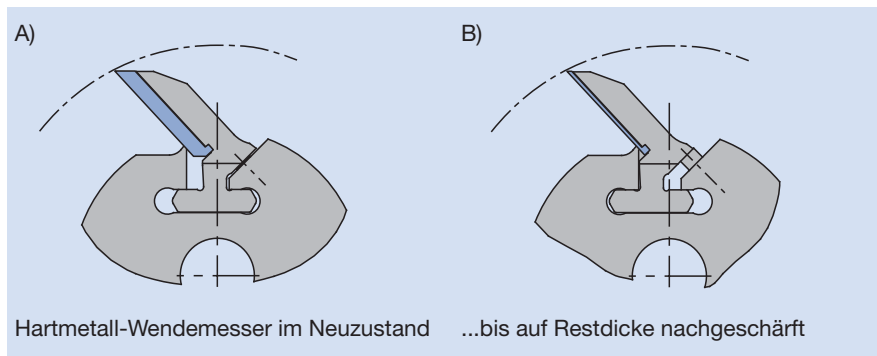
Zentrierspitze und Vorschneider auf Umschlag schleifen. Vor dem Schleifen der Rämerschneide an der Freifläche ist zu beachten, dass der Tragkörper ungefähr 0,5 mm zurückgesetzt werden soll. Der Vorschneiderüberstand zur Rämerschneide beträgt 0,3 bis 0,5 mm, der Überstand der Zentrierspitze 1,5 bis 2,5 mm. Bei größerem Verschleiß ist auch ein Nachschärfen an der Spanfläche möglich. Die Spanfläche darf jedoch höchstens bis zum Bohrerzentrum zurückgeschliffen werden.

e) HW (HM)-bestückte Profiloberfräser

Für Profiloberfräser gelten beim Nachschärfen die Richtlinien von Profilfräsern (siehe Punkt 1c). Um eine hohe Rundlaufgenauigkeit zu erreichen, müssen als Schleifaufnahmen Spannzangen verwendet werden. Wegen der zum Teil sehr engen Spanräume bei MAN-Werkzeugen und den Auslauf-radien im Spanraum sind fallweise sehr flache Schleifscheiben mit kleinerem Durchmesser zu wählen.

3.9. ProFix-Messer

HS (HSS)- und HW (HM)-bestückte Messer werden im ausgebauten Zustand an der Spanfläche geschärft. Hierzu werden sie in einer schwenkbaren Vorrichtung aufgenommen. Auf diese Weise können Messer mit unterschiedlichem Spanwinkel (15°, 20°, 25°) immer parallel zur Schleifrichtung ausgerichtet werden. Die HW-Bestückungsplatte kann bis zu einer Restdicke von 0,5 mm nachgeschärft werden, wodurch eine hohe Materialausnutzung erreicht wird.



Schärfen von ProFix-Messern.

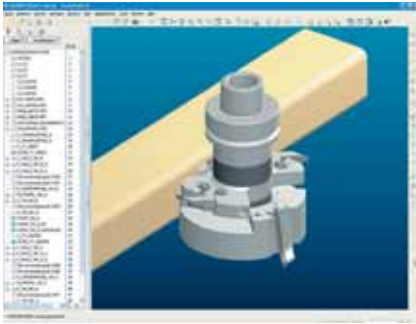
3.10. VariForm-Profilmesser

VariForm-Profilmesser (HW) werden mit Diamantschleifscheiben parallel an der gesamten Messervorderfläche (Spanfläche) nachgeschärft.

Der Nachschärfbereich ist durch eine kreisförmige Vertiefung (Index) in der Spanfläche gekennzeichnet. Nach ihrem Verschwinden ist das Messer so weit aufgebraucht, dass es nicht mehr dünner geschliffen werden darf. (Restdicke: mindestens 1,6 mm!)

11.4 Maschinenwerkzeuge

11.4.5 Sicherheit



Moderne Konstruktionsmethoden mittels 3D-CAD.



Schleuderprüfstand.



Beschriftungsbeispiel Bohrwerkzeug.



Beschriftungsbeispiel Schaftfräser mit Mindesteinspannlänge.



Werkzeug mit integriertem Datenträger.

Der Einsatz von Werkzeugen für die maschinelle Holzbearbeitung stellt aufgrund der hohen Drehzahlen und der scharfen Schneiden stets ein Gefährdungspotenzial dar. Schutzvorrichtungen an den Maschinen und der Einsatz sicherheitstechnisch geprüfter Werkzeuge verringern das Unfall- und Verletzungsrisiko in hohem Maße.

Sicherheit durch Leitz

Hohe Sicherheit der Produkte bedeutet für Leitz eine wesentliche Komponente unternehmerischer Verantwortung. Alle Werkzeuge sind in Übereinstimmung mit den Anforderungen nach EN 847 und nach den neuesten sicherheitstechnischen Erkenntnissen konstruiert und gefertigt. Die Grundlagen dazu werden bereits bei der Entwicklung geleistet:

- Moderne Konstruktionsmethoden mittels 3D-CAD und Finite-Element-Berechnungen (FEM).
- Umfangreiche Entwicklungsprüfungen wie Schleudertests bei überhöhter Drehzahl, Dauertests von Schneidenbefestigungen und Spannsystemen oder Rückschlagversuche.
- Zertifizierung von Werkzeugen durch unabhängige BG-Test-Prüfungen der deutschen Holzberufsgenossenschaft.

Eine Fertigung mit kontrollierten Abläufen, die durch ein zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001 geführt und dokumentiert werden, gewährleistet einen gleichbleibenden hohen Qualitäts- und Sicherheitsstandard der ausgelieferten Werkzeuge.

Der Leitz Service mit seinen Schärfdiensten in Kundennähe und seinen ausgebildeten Fachleuten garantiert diese Sicherheit für die gesamte Lebensdauer der Präzisionswerkzeuge.

Sicherheit bei der Anwendung

Ein sicheres Werkzeug ist nur so sicher, wie es der Betreiber einsetzt. Deshalb ist eine vollständige und vor allem verständliche Information über den sicheren Umgang mit Werkzeugen ebenso wichtig wie eine sichere Konstruktion. Leitz hat sich deshalb bei der Erstellung von Musterbetriebsanleitungen für charakteristische Werkzeugtypen im Rahmen eines VDMA-Projektes engagiert. Diese Vorlagen werden nicht nur für die eigenen Produkte eingesetzt, sondern wurden auch durch den europäischen Verband EUMABOIS zur Anwendung empfohlen.

Eine dauerhafte Beschriftung der Werkzeuge informiert über sicherheitsrelevante Daten wie maximale Drehzahl und Vorschubart sowie die Mindesteinspannlänge bei Schaftwerkzeugen.

Insbesondere für den Einsatz auf CNC-Maschinen werden auch Werkzeuge mit integriertem Speicher-Chip angeboten, die der Maschinensteuerung wichtige Geometrie- und Technologiedaten wie Werkzeuglänge und -durchmesser sowie Drehzahl und Drehrichtung automatisch zur Verfügung stellen. Dadurch wird das Risiko von manuellen Eingabefehlern vermindert und eine hohe Betriebs- und Prozesssicherheit erreicht.

Beim Einsatz der Werkzeuge sind darüber hinaus die umfangreichen Sicherheitshinweise der Maschinenhersteller zu beachten. Sicherheitseinrichtungen an den Maschinen dienen dem Schutz des Bedienpersonals und dürfen daher weder verändert noch entfernt werden. International anerkannte Bildzeichen weisen auf das Gefährdungspotenzial hin.



Sicherheitsrichtlinien

Leitz ist zusammen mit anderen namhaften deutschen Werkzeugherstellern und Maschinenherstellern im Verband der Deutschen Maschinen- und Anlagenbauer (VDMA) organisiert und bringt aktiv seine langjährige Erfahrung in punkto Werkzeugsicherheit bei der Erstellung von nationalen und internationalen Normen und Richtlinien für die sichere Konstruktion von Maschinenwerkzeugen für die Holzbearbeitung und deren sicheren Umgang ein zum Wohle der Anwender in der ganzen Welt.

Als wichtigstes Regelwerk für die Werkzeughersteller wurde die europäische Normenreihe EN 847, Teil 1 bis 3 „Maschinen-Werkzeuge für die Holzbearbeitung – Sicherheitstechnische Anforderungen“ geschaffen. Hierin sind die Mindestanforderungen definiert, die ein Holzbearbeitungswerkzeug nach dem aktuellen Stand der Technik erfüllen muss, um als sicher zu gelten.

Insbesondere bei Werkzeugen für Handvorschub wurden Regeln für eine rückschlagarme Konstruktion erarbeitet. Durch kleine Spanraumöffnungen und einen geringen Schneidenüberstand wird die Schwere von Verletzungen gemindert, was sich auch in einem stetigen Rückgang der Unfallrenten bei der Holz-BG widerspiegelt.



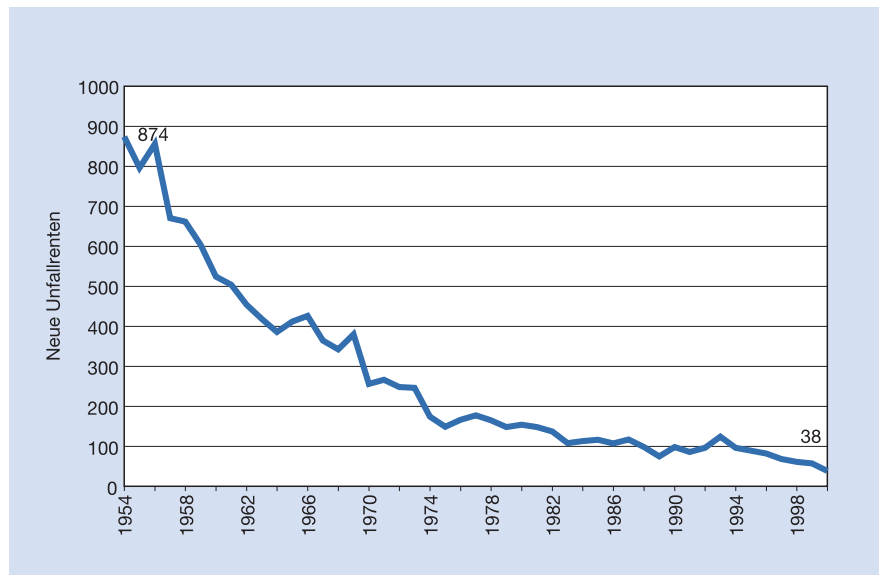
ISO 3864, U.S. ANSI Z535
VDMA Holzbearbeitungsmaschinen.



Safety Labels
Bildzeichen für die Bedienung,
Funktionsüberwachung und Wartung –
Holzbearbeitungsmaschinen.

Wichtiger Hinweis:
Werkzeuge und Spannzeuge unterliegen
nicht der Maschinenrichtlinie und dürfen
deshalb kein CE-Zeichen tragen.

EN 847-1	Maschinenwerkzeuge für die Holzbearbeitung – Sicherheitstechnische Anforderungen. Teil 1: Fräs- und Hobelwerkzeuge, Kreissägeblätter.
EN 847-2	Maschinenwerkzeuge für die Holzbearbeitung – Sicherheitstechnische Anforderungen. Teil 2: Anforderungen für den Schaft von Fräswerkzeugen.
EN 847-3	Maschinenwerkzeuge für die Holzbearbeitung – Sicherheitstechnische Anforderungen. Teil 3: Spannzeuge.



Stetiger Rückgang der „neuen“ Unfallrenten (Quelle: Holz-BG)

11.4 Maschinenwerkzeuge

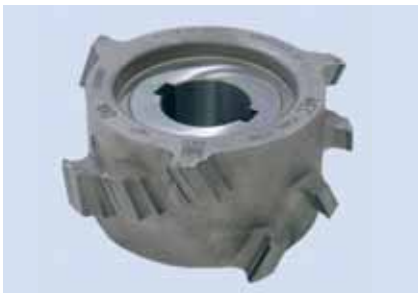
11.4.6 Lärmarme Werkzeuge



Reifenprofil mit Ungleichteilung.



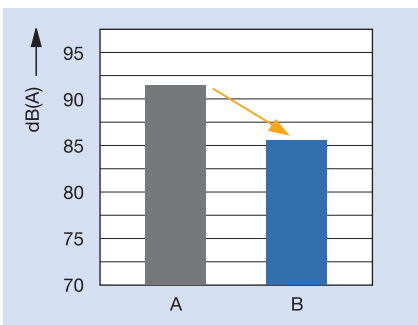
UT-Zerspaner mit Ungleichteilung.



A) Konventioneller Fügefräser
91,5 dB(A).

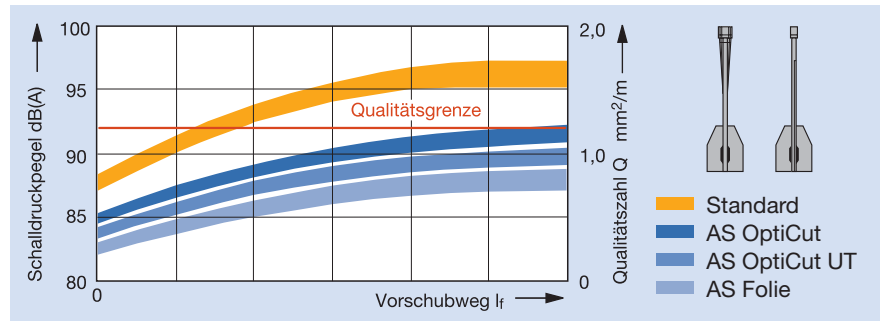


B) Fügefräser „WhisperCut“
86 dB(A).



Lärminderung bei Fügefräsern.

Lärm ist neben Staub fraglos der größte Belastungsfaktor am Arbeitsplatz! Eine permanente Forderung bei der Neuentwicklung von Werkzeugen besteht deshalb darin, die Geräuschentwicklung bereits in der Entstehungsphase einzudämmen und das Ausbreiten des Schalls weitestgehend zu verhindern. Eine Reduzierung des Schalldruckpegels um 10 dB(A) bedeutet bereits eine Halbierung des subjektiven Lärmempfindens für das menschliche Gehör. Mit dem heutigen Stand der Entwicklung von schallgedämpften Werkzeugsystemen konnte die Qualität des Arbeitsplatzes und damit das gesamte Leistungsumfeld für den Anwender entscheidend aufgewertet werden.



Bei scheibenförmigen Werkzeugen wie Kreissägeblättern führen Axialschwingungen des Grundkörpers zu einer unablässigen Geräuschabstrahlung. Die Amplituden dieser Schwingungen lassen sich durch die spezifische Ausbildung der Zahn- und Spanraumgeometrie sowie durch Dämpfungsmaßnahmen am Grundkörper spürbar reduzieren. Um die unterschiedlichsten Einsatzkriterien für Kreissägeblätter in Bezug auf die Maschinenteknik wie auch auf die zu bearbeitenden Werkstoffe optimal berücksichtigen zu können, bietet Leitz verschiedene Ausführungen von Anti-Schall-Kreissägeblättern (AS) an:

- A) AS Kreissägeblatt mit Folie (Dämpfung der Schwingung durch innere Reibung zwischen Sägeblatt und Folie).
- B) AS OptiCut-UT-Kreissägeblatt (Vermeidung einer periodischen Schwingungsanregung des Sägeblattes durch ungleiche Zahnteilung).
- C) AS OptiCut-Kreissägeblatt (Laserornamente im Stammblatt vermindern das Nachhallen durch Brechung der Körperschallwellen).

Eine weitere Lärmursache sind Luftwirbelablösungen an den Schneidkanten, die ein Sägeblatt zu Schwingungen anregen, bzw. das periodische Auftreffen der Schneiden auf das Werkstück, was ebenfalls zu Schwingungen des Werkzeugs und des Werkstücks führt. Ungleiche Abstände zwischen den aufeinanderfolgenden Schneiden wirken einer periodischen Schwingungsanregung entgegen und dämpfen Leerlauf- und Schnittgeräusch des Werkzeuges. Dasselbe Prinzip nützen auch die Autoreifenhersteller, um das Abrollgeräusch zu dämpfen und ein „Singen“ der Reifen zu verhindern. Das Prinzip der Ungleichteilung (UT) wird erfolgreich bei Kreissägeblättern und Zerspanerwerkzeugen eingesetzt. Der bereits erreichte hohe Entwicklungsstand bei den Maßnahmen für eine geringere Geräuschentwicklung gilt auch für Fräswerkzeuge. Hier führen die weitgehend geschlossene Rundform des Tragkörpers sowie profilgenaue Werkzeugkonturen und eine optimierte Spanraumgeometrie zu erheblicher Lärminderung. So sind moderne Dia-Fügefräser durch diese Maßnahmen gegenüber ihren Vorgängern fast nur noch halb so laut. Voll beabsichtigter Zusatzeffekt aller Schalldämpfungsmaßnahmen: Weniger Schwingungen führen zu einem ruhigeren Laufverhalten des Tragkörpers und damit zu einer besseren Schnittqualität und zu höheren Standwegen!

11.4 Maschinenwerkzeuge

11.4.7 Staub- und Späneerfassung



Laminatbearbeitung: Typische Späneansammlung in der Maschine.

Späne sind das leidige Abfallprodukt eines jeden Zerspanungsprozesses. Trotz staubgeprüfter Maschinen, die heute zum Stand der Technik gehören, bleiben viele Späne liegen. Ob in der Vollholz- oder in der Plattenbearbeitung, nicht erfasste Späne beeinträchtigen in erheblichem Maße die Wertschöpfung, indem sie die Produktqualität verschlechtern, Zusatzarbeit zum Reinigen der Werkstücke erforderlich machen, die Stillstandzeiten von Produktionseinrichtungen erhöhen oder zu verschleißbedingtem Ausfall von Maschinenkomponenten führen können. Die Antwort von Leitz auf diese Problematik heißt DFC® (Dust Flow Control).

DFC®

Hinter DFC® steckt die Philosophie, die abgetrennten Späne so zu führen, dass sie vom Werkstück weg bewegt werden und ungehindert aus dem Schneidenbereich des Werkzeuges in die Absaughaube gelangen.



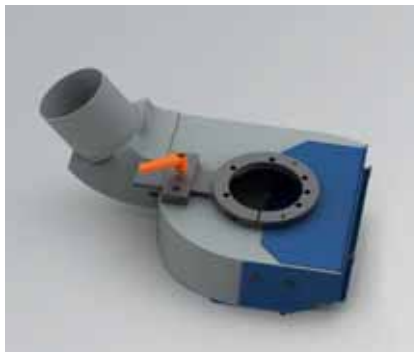
Problem: Maschinenverschleiß durch abrasive Späne.

Durch die wesentlich verbesserte Späneerfassung ergeben sich folgende Vorteile:

- Energieeinsparung
Die Absaugluft dient nicht mehr dem Einfangen der Späne, sondern lediglich dem Abtransport in den Rohrleitungen. Dadurch kann der Luftvolumenstrom reduziert werden, was im Winter zusätzlich eine Einsparung von Heizkosten für die Erwärmung von Frischluft zur Folge hat.
- Bessere Produktqualität
Tastende Aggregate werden nicht mehr durch anhaftende Späne oder Leimspritzer beeinträchtigt. Dadurch verringern sich Ausschuss und Nacharbeit.
- Höhere Produktivität
Saubere Maschinen ermöglichen eine kontinuierliche Produktion ohne Unterbrechungen. Saubere Werkstücke müssen vor dem Abstapeln und Verpacken nicht gereinigt werden.
- Geringere Instandhaltungskosten
Abrasives Späne werden von funktionsrelevanten Maschinenteilen ferngehalten und können ihre Energie an auswechselbaren Verschleißteilen wie Leitelementen oder Absaughauben abgeben.



DFC®-Werkzeug für gerichteten Spänestrahl. **DFC®-System:** Werkzeug mit angepasster Absaughaube. Der größte Teil der Späne wird erfasst und der Verschleiß von der Maschine ferngehalten.



Modular aufgebaute DFC®-Absaughaube mit austauschbaren Verschleiß-Prallblechen, einstellbarem Werkstückdurchlass mit Nebenluftzufuhr und abnehmbarem Deckel für gute Zugänglichkeit zum Werkzeug.



Durch eine schallgedämmte Ausführung kann die Maschine zusätzlich lärmtechnisch optimiert werden.



Beispiel: Zerspanen furnierter Platten mit freiem Furnierüberstand.

Anwendungsbeispiele für DFC®-Werkzeuge:

Die DFC®-Technik gibt es bereits bei Zerspanern, Fügefräsern, Profilfräsern, Nutern und Schafffräsern und wird stetig weiterentwickelt. Die beste Wirkung bei der Späneerfassung wird erreicht, wenn Werkzeug und Absaughaube aufeinander abgestimmt sind. Beispiele für solche DFC®-Systemlösungen sind:

- IQsystem

Gemeinsame Entwicklung mit Maschinenherstellern für eine effiziente Späneerfassung über 95% bei Kantenanleimmaschinen.

- DFC®-Werkzeuge für die Laminat- und Parkettherstellung mit angepassten Absaughauben, zur deutlichen Verminderung von Verschleiß durch abrasive Späne an Maschinenführungen und Vorschubeinheit.



Abgebrochene Spreißel verstopfen die Absaughaube – Brandgefahr durch Reibung des rotierenden Werkzeugs!

Besonders wichtig sind DFC®-Werkzeuge in Verbindung mit hohen Zerspanungsleistungen, da das große Zeitspanvolumen nicht allein durch eine höhere Absauggeschwindigkeit bewältigt werden kann. Es kommt darauf an, die Späne bereits bei der Entstehung in die richtige Richtung zu lenken. Nicht immer lässt sich die Wirkung so eindrucksvoll zeigen wie am Beispiel des Formatierens von Plattenwerkstoffen auf CNC-Stationärmaschinen. Oft muss bei der Werkzeugkonstruktion ein Kompromiss zwischen Bearbeitungsqualität und Späneflug eingegangen werden.



DFC®-Zerspaner mit Shredderschneiden zerkleinern den Furnierüberstand auf absauggerechte Größe für eine restlose Entsorgung.

Späne können auch die Absaugung verstopfen und eine Produktionseinrichtung stillsetzen. Bekanntes Beispiel ist die Bearbeitung beschichteter, insbesondere furnierter Platten, bei denen die Beschichtung frei übersteht. Konventionelle Werkzeuge zerkleinern den labilen Beschichtungsüberstand nicht. Lange Streifen oder Spreißel verkeilen sich in der Absaugung. Nicht selten kommt es zum Brand in der Maschine. DFC®-Zerspaner mit Shredderschneiden lösen das Problem, indem sie den Beschichtungsüberstand in absauggerechte Größen zerkleinern.



Trennen von Arbeitsplatten mit DP-Oberfräsern. Konventioneller Oberfräser: Spänestrahл tritt horizontal aus und durchschießt Bürsten- oder Lamellenvorhänge.



DFC®-Oberfräser: Spänestrahл wird nach oben zur Absaugung hin gelenkt und kann abgesaugt werden.



Werkzeug mit QR Code



Werkzeug mit DataMatrix Code



Werkzeug mit RFID Chip



Werkzeug mit NFC Chip

Bereits Anfang der 1990er Jahre hat Leitz Werkzeuge mit Datenspeicher als sogenannte „intelligente Werkzeuge“ in die Holzbearbeitung eingeführt. Bei diesen Werkzeugen waren alle für die Steuerung von CNC-Maschinen relevanten Daten wie maximale Drehzahl, Drehrichtung, Durchmesser, Länge, Referenzpunkt-Koordinaten und, sofern die Anwendung bekannt war, auch die empfohlene Einsatzdrehzahl und Vorschubgeschwindigkeit, in einem Speicher-Chip auf dem Werkzeug abgelegt. Die Maschine hat diese Daten in den Werkzeugspeicher eingelesen. Für den Anwender entfiel dadurch das Vermessen des Werkzeugs und das Einpflegen der Daten in die Maschinensteuerung.

Zusätzlich wurde die Sicherheit durch Vermeidung von Eingabefehlern erhöht. Einschränkend bei diesem System war die fehlende Standardisierung der Daten, so dass die Werkzeuge immer maschinenspezifisch programmiert werden mussten und nicht auf Maschinen unterschiedlicher Hersteller einsetzbar waren.

Im Zuge der zunehmenden Digitalisierung in der Produktion wird die Vernetzung der einzelnen Betriebsmittel immer wichtiger. Hierfür werden die Werkzeugdaten nicht mehr dezentral auf dem Werkzeug abgelegt sondern zentral in einer Datenbank. Die Werkzeuge sind mit einer automatisiert lesbaren eindeutigen Nummer codiert, z.B. mittels RFID Chip oder DataMatrix Code. Über diese sogenannte Serien-Nummer erfolgt der Zugriff auf den dazugehörigen Datensatz. Wesentliche Voraussetzung für die Vernetzung der Werkzeuge in der Produktion ist ein standardisiertes Datenmodell mit einheitlicher Kennung und Struktur aller Parameter. Werkzeuge übernehmen die Rolle von Wissensvermittlern und bilden in weiterer Folge die zentrale Kommunikationsstelle zur Optimierung des gesamten Produktions- und Wertschöpfungsprozesses.

Als Vorteil der zentralen Datenhaltung gegenüber der Datenhaltung auf einem Chip im Werkzeug können wesentlich mehr Informationen transportiert werden, und die Daten sind jederzeit abrufbar, ohne einen physischen Zugriff auf das Werkzeug haben zu müssen. Neben dem Einlesen der Werkzeugdaten in die Maschinensteuerung können auch umgekehrt Daten aus der Maschine wie Standwege oder Leistungsaufnahme dem individuellen Werkzeug zugeordnet und zurückgeschrieben werden. Auf diese Weise werden lernende Systeme ermöglicht, die vorausschauend auf einen fälligen Werkzeugwechsel hinweisen. Neben den reinen Parametern für die Maschinensteuerung können auch CAD-Daten wie die Hüllkontur eines Werkzeugs an die Steuerung übermittelt werden zur Durchführung von Kollisionsprüfungen und Prozesssimulationen. Darüber hinaus lassen sich durch Verknüpfung der Werkzeugdaten mit Werkstoff- und Anwendungsdaten Expertensysteme aufbauen, die dem Anwender die für seine Bearbeitungsaufgabe geeigneten Werkzeuge mit den entsprechenden Einsatzparametern empfehlen.

In der höchsten Vernetzungsstufe werden die Werkzeugdaten in einer Cloud gehalten, die einen Zugriff von unterschiedlichen Beteiligten mit spezifischen Berechtigungsrollen ermöglicht. Zu einem Werkzeug existiert immer nur ein gültiger Datensatz, der dann auch von einem Schärfdienst aktualisiert werden kann, wenn sich z.B. infolge des Nachschärfens oder der Werkzeugumbaus Maße ändern. Darüber hinaus ergibt sich durch eine werkzeugbezogene Übermittlung der Standwege an den Werkzeughersteller eine fundierte Basis für eine Prozessoptimierung und für Abrechnungsmodelle nach erbrachter Zerspanungsleistung.

Zwischen der Datenspeicherung im Chip auf dem Werkzeug und einer reinen Cloud-Lösung mit einem zentralen Datensatz sind, abhängig von IT-Infrastruktur und -Sicherheitskonzepten, auch Mischformen denkbar, bei denen z.B. sicherheits- und funktionsrelevante Daten auf dem Werkzeug mitgeführt werden, während Zusatzinformationen wie Anwendungsdaten, Standweginformationen oder CAD-Daten über die Cloud abrufbar sind.

WERKZEUGINSTANDSETZUNG

ANWENDER



WERKZEUGHERSTELLER

MASCHINENHERSTELLER



11.5 Holzbearbeitungs- maschinen

11.5.1 Durchlaufmaschinen

Bei den Holzbearbeitungs-
maschinen mit mechanischem
Vorschub werden zwei Gattungen
unterschieden: Durchlauf- und
Stationärmaschinen.



Detailansicht einer Kantenanleim-
maschine mit Kettenvorschub.



Detailansicht einer Vierseitenhobel- und
Profiliemaschine mit Rollenvorschub.

Wird das Werkstück über eine Vorschubeinheit durch die Maschine geführt spricht man von **Durchlaufmaschinen**. Die spanende Bearbeitung erfolgt dabei, in dem das Werkstück an den Werkzeugen vorbeigeführt wird. Dabei können mehrere Werkzeuge nacheinander zum Einsatz kommen und eine Komplettbearbeitung am Werkstück durchführen. Je nach Art des Vorschubsystems werden Maschinen mit Kettenvorschub und Maschinen mit Rollenvorschub unterschieden.

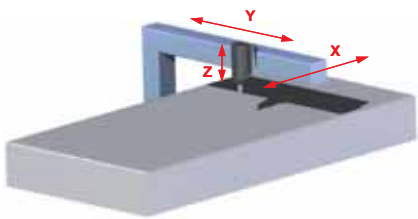
Maschinen mit Kettenvorschub werden eingesetzt, um Plattenwerkstoffe an den Schmalseiten zu bearbeiten. Die Vorschubkette bildet dabei die Werkstückauflage und Referenzhöhe für alle Bearbeitungen. Die Werkstücke werden durch einen mitlaufenden Oberdruckriemen gegen die Kettenauflageplatten geklemmt und durch die Maschine transportiert. Der seitlich über die Kette hinaus stehende Teil der Plattenwerkstücke kann bearbeitet werden. Durch die Abrollbewegung der Kette auf dem Kettenrad kommt es bei Kettenantrieben prinzipbedingt zu geringfügigen Schwankungen der Vorschubbewegung, dem sogenannten Polygoneffekt. Konstruktiv wird diesem Effekt entgegengewirkt, so dass sich der Polygoneffekt nicht auf die Bearbeitungsqualität auswirkt. Typische Beispiele für solche Maschinen sind Doppelendprofiler und Kantenanleimmaschinen zur Herstellung von Möbelbauteilen oder Fußbodenanlagen zum Profilieren von Laminatpaneelen oder Fertigparkett.

Maschinen mit Rollenvorschub werden zur vierseitigen Bearbeitung von Massivholz oder Holzwerkstoffen eingesetzt. Typische Vertreter dieser Maschinengattung sind mehrspindelige Vierseitenhobel- und Profiliemaschinen zur Herstellung von Kanteln, Leisten und Profilpaneelen. Die Werkstücke werden durch angetriebene Vorschubrollen über einen Maschinentisch geschoben und seitlich an einem Anschlag geführt. Durch den Rollenantrieb ist die Vorschubbewegung sehr gleichmäßig, so dass lackierfähige Holzoberflächen mit einem gleichmäßigen Erscheinungsbild der Schneideneingriffe erzeugt werden können. Wichtig für die Bearbeitungsqualität ist, dass die Werkstücke gerade und schwingungsfrei an den Bearbeitungswerkzeugen vorbeigeführt werden. Dazu müssen die Nulldurchmesser der Werkzeuge exakt auf die Tischhöhen und seitlichen Führungen eingestellt werden, um versatzfreie Werkstückoberflächen zu erreichen. Konstantwerkzeuge sparen hier Zeit, da ihr Nulldurchmesser immer unverändert bleibt. Zusätzlich ist eine ausreichende Abstützung der Werkstücke gegen den Schnittdruck wichtig, um Werkstückschwingungen und damit wellige Oberflächen zu vermeiden. Hierzu müssen Druckschuhe an jeder Bearbeitungsstation auf Werkstückabmessungen und Spanabnahme exakt eingestellt werden.

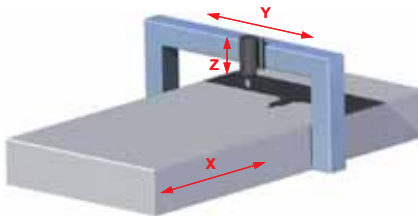
Durchlaufmaschinen ermöglichen eine **hohe Produktionsleistung**, da alle Bearbeitungen an einem Werkstück nahezu gleichzeitig durchgeführt werden. Sie sind von ihrer Konzeption auf größere Losgrößen ausgelegt, weil das Umrüsten zeitaufwendig ist. Dem **Trend zu kleineren Losgrößen** folgend, werden zunehmend Elemente aus der Stationärtechnik in Durchlaufmaschinen integriert: z.B. Motoren mit HSK-Schnittstelle, voreingestellte Werkzeuge, automatische Werkzeugwechsler, gesteuerte Aggregate zum Konturfäsen oder zum Bohren am durchlaufenden Werkstück. Um die Vorschubgeschwindigkeiten weiter zu erhöhen kommen bei den gesteuerten Aggregaten zunehmend hochdynamische Linearantriebe zum Einsatz.



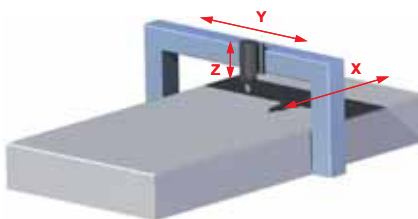
CNC-Bearbeitungszentrum in Ausleger-Bauweise mit Konsolentisch.



Schema einer Ausleger-Maschine



Schema einer Portal-Maschine

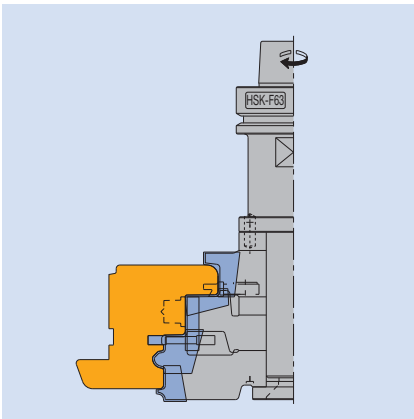


Schema einer Gantry-Maschine

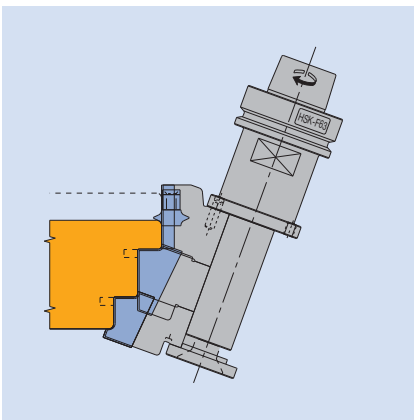
Bei den **Stationärmaschinen** ist das Werkstück fest aufgespannt. Die Vorschubbewegung wird durch bahngesteuerte Achsen vom Werkzeug und/ oder Werkstücktisch ausgeführt. Je nach Anordnung der Bewegungsachsen unterscheidet man Fahrständer-, Portal- oder Gantry-Bauweise. Bei der **Fahrständer-Bauweise**, auch **Ausleger-Bauweise** genannt, sitzt die Bearbeitungseinheit an einem verfahrbaren Ausleger und führt die Vorschubbewegungen in allen drei Achsen aus. Bei der **Portalbauweise** befindet sich die in Y- und Z-Richtung verfahrbare Bearbeitungseinheit auf einem feststehenden Portal und die Vorschubbewegung in X-Richtung erfolgt durch den Werkstücktisch. Solche Maschinen sind häufig mit Tandemtischen ausgerüstet, so dass ein Tisch über ein Handlingsystem be- und entladen werden kann, während auf dem zweiten die Bearbeitung läuft. Bei der **Gantry-Bauweise** handelt es sich um ein **Fahrportal**, das die Werkzeugspindel trägt. Vergleichbar zur Fahrständerbauweise werden alle Vorschubbewegungen vom Werkzeug ausgeführt. Durch die beidseitige Abstützung des Fahrportals sind die Gantry-Maschinen dynamischer als die Ausleger-Maschinen und werden daher häufig im Nesting-Bereich eingesetzt.

Ausgehend von Point-to-Point-Bohrmaschinen und CNC-Oberfräsmaschinen wurden die Stationärmaschinen zu komplexen **Bearbeitungszentren** entwickelt. Mit Bohrgetrieben und Zusatzaggregaten ausgerüstet, können sie Fräsen, allseitig Bohren, Sägen und sogar Kantenanleimen, so dass ein Bauteil in einer Aufspannung komplett bearbeitet wird. Zum Schwenken der Aggregate um die X-Achse verfügen die Maschinen zusätzlich über eine C-Achse (4-Achsmaschine). Die Flexibilität erhalten die Maschinen durch Werkzeugmagazin und automatischen Werkzeugwechsler. Die Hauptspindel ist hierzu in den meisten Fällen mit einer HSK-Schnittstelle ausgeführt, üblich in der Holzbearbeitung ist die Ausführung HSK-F 63, zum Teil auch HSK-E 63. Da die Bandbreite der Werkzeugdurchmesser von 3 mm bis über 200 mm variiert, sind die Motorspindeln frequenzgeregelt bis zu einer maximalen Drehzahl von 24.000 min^{-1} , bei HSC-Maschinen bis 30.000 min^{-1} . CNC-gesteuerte Maschinen ermöglichen die flexible Fertigung von Bauteilen in Losgröße 1. Die Software gibt vor, welche Bearbeitung mit welchen Werkzeugen ausgeführt wird. Ein Wechsel der Bearbeitungsaufgabe erfolgt durch Aufrufen eines neuen CNC-Programms in der Steuerung.

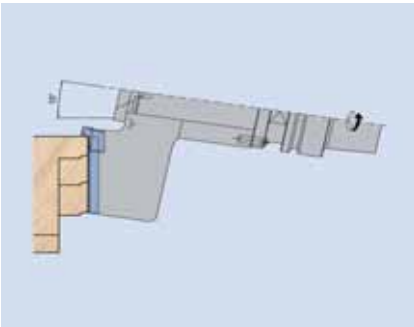
Trotz dieser theoretischen Flexibilität hängt das Bauteilspektrum, das auf einer Maschine bearbeitet werden kann, ganz entscheidend von der **Werkstückspanntechnik** ab. Sehr flexibel sind sogenannte Konsolentische, die frei positioniert werden können, und auf denen wiederum Vakuumsauger für Plattenwerkstoffe oder mechanische Spanner beispielsweise für Fensterkanten positioniert werden können. Daneben gibt es sogenannte Rastertische zum Vakuumspannen größerer Platten, z.B. beim Nesting. Formteile ohne ebene Spannflächen wie z.B. Stuhllehnen werden über speziell angefertigte Schablonen mechanisch oder über Vakuum gespannt, die als Hilfsvorrichtung entweder auf Konsolen- oder Rastertische aufgesetzt werden. Gerade bei den Konsolentischen sind Anordnung und Abstand der Sauger beziehungsweise Spanner sehr wichtig für das Bearbeitungsergebnis. Bei zu großem Abstand kommt es zu Schwingungen des Werkstücks, wodurch Bearbeitungsqualität und Werkzeugstandwege abnehmen. Größere Abfallstücke sollten ebenfalls gespannt werden, damit sie nicht unkontrolliert abbrechen und die Fräswerkzeuge beschädigen.



Falzfräsen mit 3-Achsmaschine



Falzfräsen mit geschwenkter Spindel auf 5-Achsmaschine



Kegel-Stirnplanfräsen von Sichtflächen, z.B. an Fensterprofilen: Keine erkennbaren Messerschläge

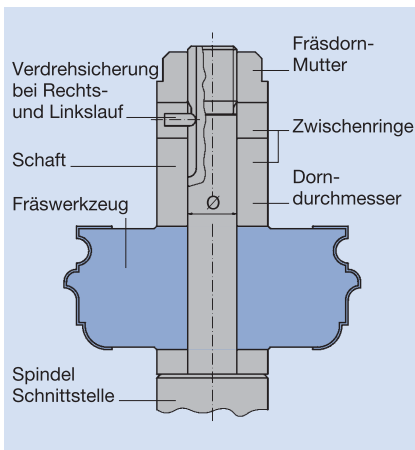
Da alle Arbeitsgänge bei Stationärmaschinen nacheinander ablaufen, sind die Bearbeitungszeiten länger als auf Durchlaufmaschinen. Dafür können beliebige Formen hergestellt werden und die Bauteile sind fertig bearbeitet. Um die Produktivität zu erhöhen kommen verschiedene Methoden zur Anwendung. Der einzelne Fräsprozess wird beschleunigt durch kleinere Werkzeugdurchmesser und höhere Spindeldrehzahlen. Die Dynamik der Bewegungen wird erhöht durch den Einsatz von Linearantrieben. Durch mehrfache Werkzeuge auf einer Aufnahme werden Werkzeugwechselzeiten verringert, indem das Werkzeug nur in eine andere Arbeitsposition gebracht wird, anstatt komplett ausgewechselt zu werden. Durch mehrere unabhängig gesteuerte Hauptspindeln werden Arbeitsgänge parallel ausgeführt. Durch bewegte Werkstückspannsysteme mit Teileübergabe wird ein Werkstückdurchlauf durch die Maschine ermöglicht.

Höchste Flexibilität in der Stationärtechnik bieten **5-Achsmaschinen**. Bei den Holzbearbeitungsmaschinen sind die vierte und fünfte Achse in der Regel zwei zusätzliche Schwenkachsen an der Spindel. Es werden hier kartesische und kardanische 5-Achsmaschinen unterschieden. Beide Systeme haben als vierte Achse eine vertikale Schwenkachse für die Spindel. Bei dem kartesischen System ist die Motorspindel um eine horizontale Achse schwenkbar in einer „Gabel“ gelagert. Beim kardanischen System erfolgt die Schwenkbewegung der Spindel um eine 45° geneigte Achse.

Eine klassische Anwendung für 5-Achsmaschinen ist die Bearbeitung von 3D-Formteilen, etwa im Modell- und Formenbau oder im Bootsbau. Dies erfordert jedoch eine CAD/CAM-Kopplung zur Programmierung der simultanen Steuerung der fünf Achsen. In der Holzbearbeitung wesentlich weiter verbreitet ist der Trend, die vierte und fünfte Achse zum Schwenken der Hauptspindel einzusetzen. Dadurch lassen sich Aggregate einsparen, da mit Standardwerkzeugen auf der Hauptspindel schräg verlaufende Fräsungen, Sägeschnitte und Bohrungen ausgeführt werden können. Zum anderen kann die Fräsqualität bei Falzfräsungen erhöht werden, in dem durch die schräggestellte Spindel an beiden Seiten des Falzes dieselben Eingriffsverhältnisse herrschen und die Oberflächen mit einem ziehenden Schnitt erzeugt werden. Zudem erhöhen sich bei Doppelfalzprofilen die Werkzeugstandwege, da sich die Profiltiefe des Werkzeugs verringert und die Unterschiede der Schnittgeschwindigkeiten und Wirkwege der Schneiden geringer werden.

Ein Spezialfall stellt das sogenannte Kegel-Stirnplanfräsen mit kleinen Einstellwinkeln der Spindel dar. Durch einen großen Kegelwinkel lässt sich der Wirkdurchmesser des Werkzeugs um ein Vielfaches erhöhen, was dazu führt, dass die Schneiden auf der bearbeiteten Fläche keine erkennbaren Messerschläge erzeugen.

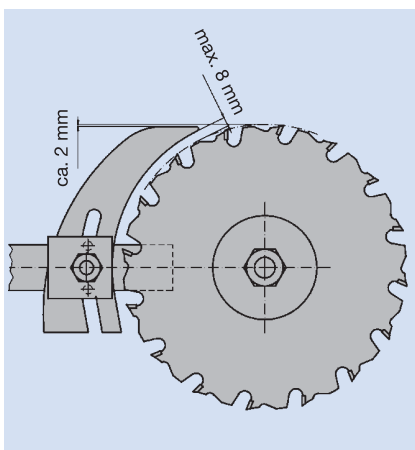
Handvorschubmaschinen sind stationäre Maschinen, bei denen in der Regel das Werkstück von Hand geführt wird. Sie verfügen über einen Maschinentisch als Auflagefläche für die Werkstücke. Die Werkstücke werden über Vorschubschlitten oder entlang von Anschlägen am Werkzeug vorbei geführt. Werkstücke mit geschweiften Formen werden an Schablonen geführt. Hierfür werden spezielle Werkzeuge mit kugelgelagerten Anlaufringen benötigt. Prinzipiell kann auf Maschinen mit Handvorschub dieselbe Werkstückvielfalt hergestellt werden wie auf Maschinen mit mechanischem Vorschub. Deshalb sind selbst in Betrieben mit industrieller Serienproduktion Maschinen mit Handvorschub für Sonderanfertigungen oder Reparaturteile oft unentbehrlich.



Beispiel einer Werkzeugbefestigung auf einer Tischfräsmaschine.

Typische Vertreter der stationären Maschinen für Handvorschub sind **Tischkreissägen, Abrichthobel** und **Tischfräsmaschinen**. Sie können auch mit mechanischen Vorschubeinrichtungen (Vorschubapparat) zusätzlich zum Handvorschub ausgestattet werden, gelten aber immer noch als Handvorschubmaschinen.

Da der Bediener die Vorschubbewegung ausführt und damit unmittelbar am Zerspanungsprozess beteiligt ist, ist er einem größeren Gefahrenpotential ausgesetzt als bei Maschinen mit mechanischem Vorschub. Die größte Gefahr geht vom rotierenden Werkzeug aus, da der Arbeitsbereich nicht gekapselt ist. Demzufolge schreibt die Maschinenrichtlinie für Maschinen für Handvorschub zahlreiche Schutzvorrichtungen vor. Ihre Verwendung ist in den nationalen Unfallverhütungsvorschriften vorgeschrieben, ihr fachgerechter Einsatz liegt im Verantwortungsbereich des Anwenders. Dabei wird besonders dem Schutz gegen Berührung des rotierenden Werkzeugs, dem Verhindern eines Werkstückrückschlags sowie der Staub- und Lärmbelastung am Arbeitsplatz Rechnung getragen. Absaughauben übernehmen z.B. gleichzeitig die Funktion einer trennenden Schutzvorrichtung und dienen dem Schallschutz.



Richtige Einstellung des Spaltkeils bei Tischkreissägen.

Wichtige Sicherheitsanforderungen beim Arbeiten mit Handvorschubmaschinen: Es dürfen nur mit „MAN“ gekennzeichnete Werkzeuge eingesetzt werden, die nach EN 847-1 besonders rückschlagarm konstruiert sind (Ausnahme Kreissägeblätter). Die Werkzeugbefestigung auf Tischfräsmaschinen muss mit einer Verdrehsicherung erfolgen, um ein unbeabsichtigtes Lösen des Werkzeugs zu verhindern. Dabei muss die freie Spindellänge mit Zwischenringen aufgefüllt werden, so dass die Spannmutter die Spannkraft auf das Werkzeug übertragen kann. Zur Vermeidung eines Werkstückrückschlags ist unbedingt im Gegenlauf zu arbeiten (Ausnahme Vorritzen). Kurze Werkstücke müssen mittels Spannlade vorgeschoben werden, um die Hände möglichst weit aus dem Gefahrenbereich zu halten. Öffnungen zwischen Werkzeug und Maschinentisch beziehungsweise seitlichen Führungen müssen möglichst klein sein. Zum Einsatzfräsen sind zusätzlich Anschläge für eine definierte Einschwenkbewegung des Werkstücks zu befestigen. Kreissägeblätter müssen mit einem im Durchmesser an das Sägeblatt angepassten Spaltkeil betrieben werden, dessen Dicke zwischen der Breite der Schnittfuge und der Dicke des Sägenstammblasses liegt, um das Einklemmen des Sägeblattes im Spalt und damit Werkstückrückschlag zu verhindern. Für beidseitig ausrissfreie Schnittkanten, gibt es bei den Tischkreissägen spezielle Vorritzaggregate, die die Werkstückunterseite mit einer geringen Schnitttiefe von etwa 1 mm im Gleichlauf vorritzen, bevor der Trennschnitt mit dem Hauptsägeblatt erfolgt. Die Ritzkreissägeblätter erzeugen dabei eine um 0,1 bis 0,2 mm breitere Schnittfuge als das Hauptsägeblatt.

11.5 Holzbearbeitungs- maschinen

11.5.4 Handgeführte Elektrowerkzeuge



Pendelhaubensäge



Tauchsäge



Handoberfräsmaschine

Typische Vertreter der handgeführten Elektrowerkzeuge sind Handkreissägen und Handoberfräsen. Wie die stationären Maschinen verfügen sie ebenfalls über einen „Tisch“ als Auflagefläche zum Werkstück, nur befindet sich dieser oberhalb des Werkstückes, da die Maschine auf dem Werkstück aufgesetzt wird.

Bei den **Handkreissägemaschinen** werden zwei unterschiedliche Konstruktionsweisen unterschieden:

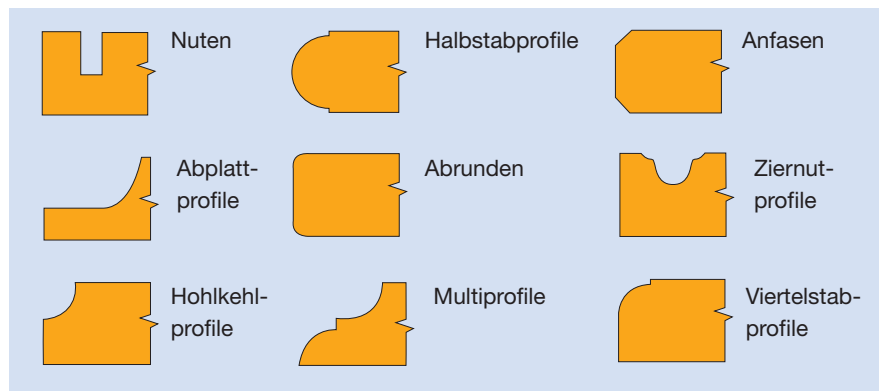
- a) Pendelhaubensägen b) Tauchsägen

Am weitesten verbreitet sind die **Pendelhaubensägen**, die im Regelfall auch für größere Schnitttiefen erhältlich sind. Pendelhaubensägen besitzen, wie der Name schon sagt, eine pendelnd gelagerte Schutzhaube, die sich nach dem Schnittvorgang automatisch schließt. Tauchsägen besitzen eine einteilige, feste Schutzhaube. Bei diesen Maschinen wird die gesamte Motor- und Sägeblatteinheit nach dem Schnittvorgang in die Ausgangsposition geschwenkt in der das Sägeblatt in der Schutzhaube verschwindet.

Tauchsägen werden insbesondere dann verwendet, wenn Einsetzschnitte zu machen sind. Bei neueren Tauchsägen ist der Spaltkeil federnd gelagert, um beim Einsetzschneiden ein Wegschwenken zu ermöglichen. Für Handkreissägen werden unterschiedliche Anschlag- und Führungssysteme angeboten, die saubere und vor allem exakte Sägeschnitte ermöglichen. Freihandschnitte sind nur in Ausnahmesituationen beziehungsweise beim Grobzuschnitt anzuwenden.

Handkreissägemaschinen verfügen in der Regel nicht über ein Vorritzaggregat. Die bessere Schnittqualität wird an der Werkstückunterseite erreicht. Um auch eine ausrissfreie Werkstückoberseite (Zahnaustrittseite) zu erzielen, empfiehlt es sich, zuerst die Oberseite etwa 1 mm tief vorzuritzen und anschließend mit einem seitlichen Versatz von etwa 0,1 mm den Trennschnitt auszuführen.

Handoberfräsmaschinen sind sehr vielseitige Maschinen mit nahezu unbegrenzten Einsatzmöglichkeiten. Eine Übersicht über die wichtigsten Bearbeitungsmöglichkeiten ist auf nachfolgender Grafik ersichtlich.



Die Werkzeuge für Handoberfräsmaschinen besitzen in vielen Fällen Anlaufkugellager oder Anlaufringe für ein präzises Führen der Maschine entlang der Werkstückkante. Eine weitere Variante besteht darin, mit Kopierlingen zu arbeiten. Dabei wird im Maschinentisch ein Kopierling montiert, der es ermöglicht, Kleinserienteile durch Kopierfräsen exakt zu reproduzieren.



Fräswerkzeug mit Anlauftring für Hand-
oberfräsmaschinen.

Formatschnitte oder Nutbearbeitungen lassen sich am besten mit Hilfe von Anschlag- oder Führungsschienensystemen herstellen. Runde Teile können mit Hilfe einer Kreisfräshilfe, einer Art Zirkel, hergestellt werden.

Häufig werden Handoberfräsmaschinen zum Bündigfräsen von Furnieren oder Schichtstoffen verwendet, die auf bereits vorformatierte Platten mit Überstand aufgebracht wurden. Hierzu werden Oberfräswerkzeuge mit Anlaufkugellager eingesetzt, deren Schneidenflugkreis dem Durchmesser des Anlauftringes entspricht. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse an Handoberfräsmaschinen ist eine effektive Absaugmöglichkeit oft nicht gegeben. Bei Nutfräsarbeiten kann eine Späneabsaugung mittels Absaugglocke erfolgen.

