

# Schleifen in der Instandhaltung

## 1 Einleitung

Schleifen ist ein spanendes, wegbestimmtes Fertigungsverfahren zur Bearbeitung von Oberflächen oder zum Trennen von Werkstoffteilen mit Schleifmitteln und gebundenem Schneidkorn.<sup>1</sup>

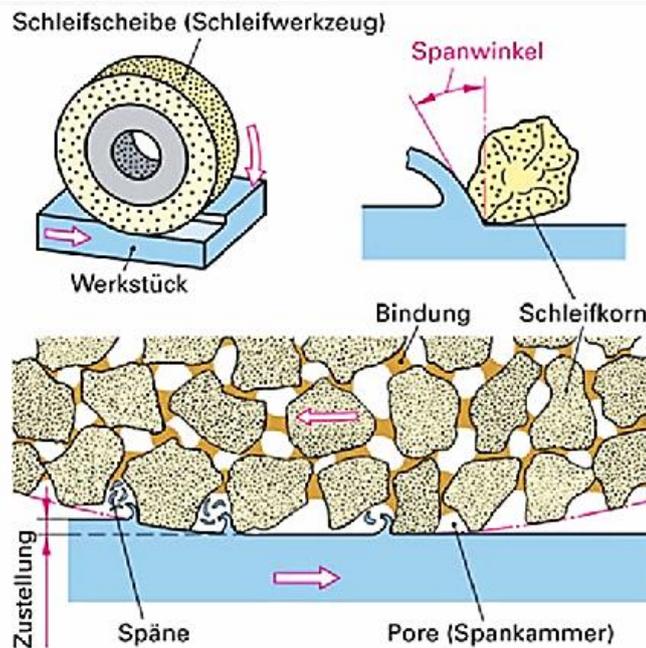


Abb. 1: Schleifen<sup>2</sup>

In praxi werden folgende Schleifverfahren unterschieden:

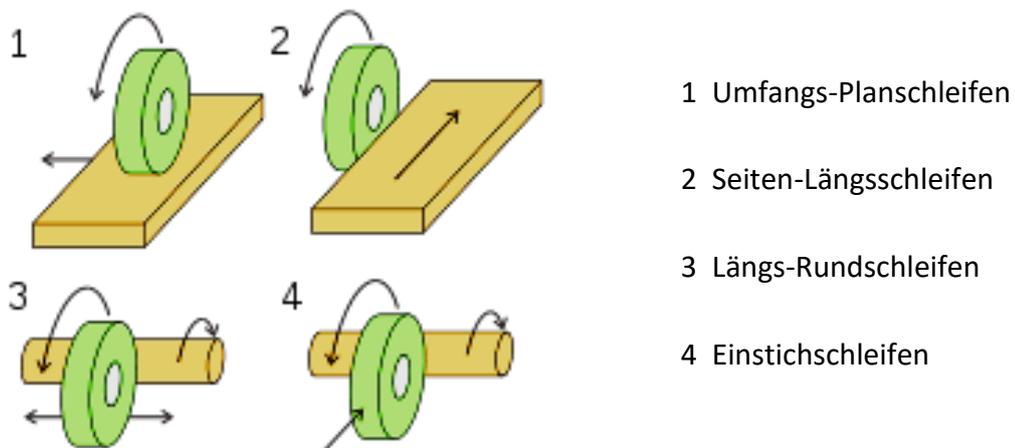


Abb. 2: Schleifverfahren<sup>3</sup>

<sup>1</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Schleifen\\_\(Fertigungsverfahren\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Schleifen_(Fertigungsverfahren))

<sup>2</sup> <http://www.fachlexika.de/technik/mechatronik/schleifen.html>

<sup>3</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Schleifen\\_\(Fertigungsverfahren\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Schleifen_(Fertigungsverfahren))

## 2 Schleifmaschinen

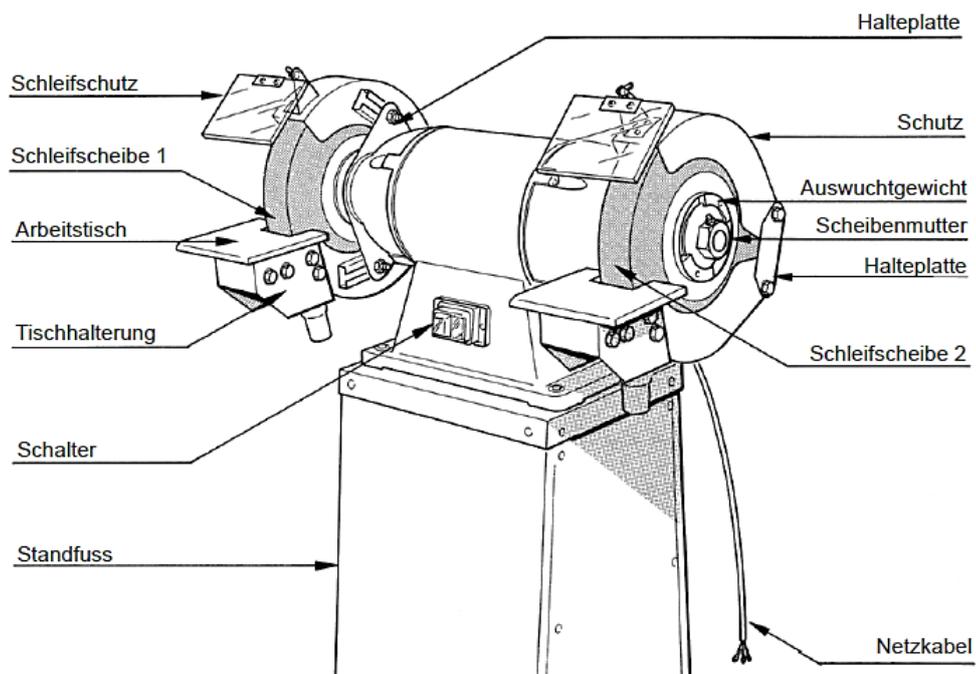
In der Instandhaltung verwenden wir häufig einen sog. **Schleifbock**. Nebst Maschinen mit Schleifscheiben [3-1] werden auch solche mit Schleifband [3-2] verwendet.



[3-1] Schleifbock (Promac) mit zwei Schleifscheiben



[3-2] Tischschleifmaschine (Holzmann) mit Schleifscheibe und Schleifband



[3-2] Maschinenelemente  
Abb. 3: Werkstattschleifen

## 3 Sicherheit

### 3.1 Objektsicherheit

Grundregeln:

- ☞ Maschine nicht in gefährlicher Umgebung betreiben.
- ☞ Maschine vor Nässe schützen.
- ☞ Arbeitsfläche und -bereich ausreichend beleuchten.
- ☞ Maschine fest mit ihrer Unterlage verschrauben.
- ☞ Anlagenschalter gegen unbeabsichtigtes Betätigen sichern.

### 3.2 Personensicherheit

Die Hauptgefahren beim Werkstattschleifen sind:

- Verletzungen durch wegfliegende Partikel
- Handverletzungen durch Berühren der drehenden Schleifscheibe
- Verletzungen beim Bruch der Schleifscheibe

Um den Personenschutz zu gewährleisten, sind bestimmte Aspekte zu beachten.<sup>4</sup>

- ☞ Schutzverdecke (Abb. 4-1) sollen nur die für das Arbeiten erforderliche Fläche freigeben.
- ☞ Die Wellenzapfen (Abb. 4-2) sind mit einer Schutzkappe auszurüsten.

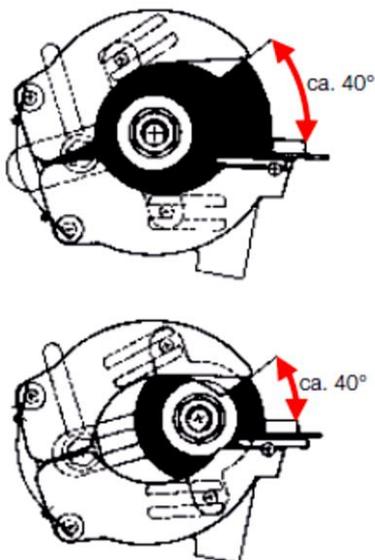


Abb. 4-1: Schutzverdecke

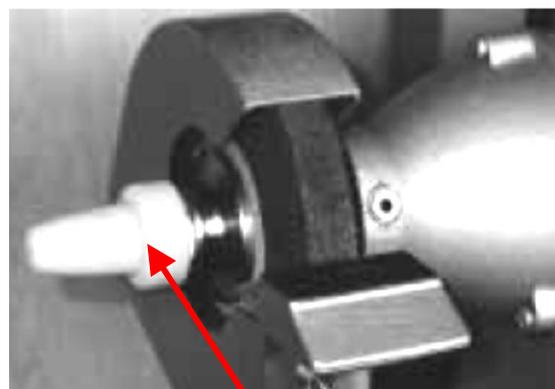


Abb. 4-2: Wellenzapfen mit Schutzkappe

<sup>4</sup> Beachte dazu die SUVA Checkliste 67037.d (Tisch- und Ständerschleifmaschinen).

☞ Schleifauflagen (Abb. 4-3) sind korrekt zu justieren.

☞ Beim Arbeiten ist immer eine Schutzbrille zu tragen; an der Maschine ist ein entsprechendes Schutzzeichen (Abb. 4-4) anzubringen.

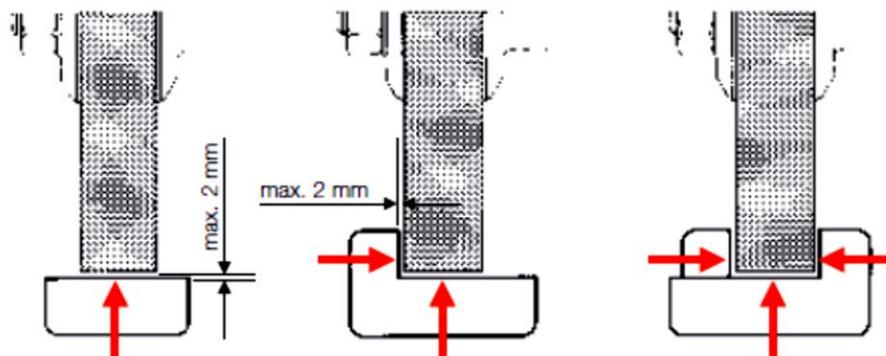


Abb. 4-3: Schleifauflagen



Abb. 4-4: Schutzzeichen

**Die Werkzeugauflagen sind immer waagrecht und rechtwinklig zur Schleifscheibe zu justieren.**

### 3.3 Weitere Sicherheitsaspekte

☞ Niemals eine keramische Scheibe aufspannen, ohne eine Klangprobe vorzunehmen. Bei dumpfem Klang Scheibe nicht einsetzen.

☞ Niemals eine Scheibe auf einen Aufnahmedorn (Flansch) mit Gewalt aufbringen.

☞ Niemals eine stehende Scheibe mit Kühlschmierstoff überfluten lassen („Wassersack“ führt zu gefährlichen Unwuchten).

☞ Niemals die vom Hersteller angegebene Umfangsgeschwindigkeit überschreiten.

**Tabelle 1**

Empfohlene Arbeitsgeschwindigkeiten nach Eckstein, Jähmig, Werner<sup>5</sup>

Werkstoff	Arbeitsgeschwindigkeit in m/s		
	Außenrundscheifen	Innenrundscheifen	Flachscheifen
Stahl	35 ... 60	35 ... 60 (80)	25 ... 50
hochleg. Stahl	25 ... 35	25 ... 60	25 ... 50
Gusseisen	25 ... 35	25	20 ... 30
Hartmetall	8 ... 15	8 ... 15	8
Zinkleg. und Leichtmetall	35	20	25

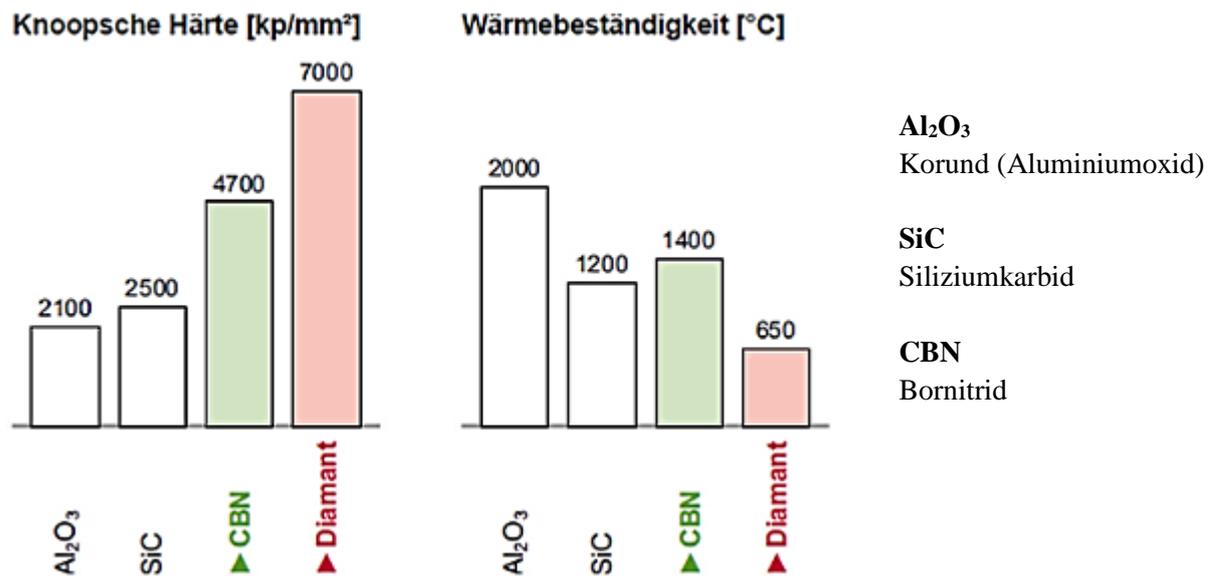
<sup>5</sup> Klaus-Jürgen Matthes (Hrsg.), *Grundlagen der Fertigungstechnik* (Hanser).

## 4 Schleifscheiben

### 4.1 Scheibenwerkstoffe

Schleifscheiben bestehen aus Korund oder Siliziumkarbid. Für Spezialanwendungen werden auch Diamantscheiben und solche aus Bornitrid<sup>6</sup> eingesetzt.

**Tabelle 2**  
Physikalische Eigenschaften von Schleifmitteln



Dem jeweiligen Verwendungszweck entsprechend werden beim Werkstattschleifen Schleifscheiben aus unterschiedlichen Werkstoffen (Abb. 4) eingesetzt.



[5-1] Schleifscheibe  
aus Edelkorund

[5-2] Schleifscheibe  
aus Normalkorund

[5-3] Schleifscheibe  
aus Siliziumkarbid

Abb. 5: Schleifscheiben für die Werkstattschleifmaschine

<sup>6</sup>General Electric brachte 1969 „kubisch kristallines Bornitrid“ (CBN) unter dem Namen „BORAZON“ in den Handel.

## 4.2 Materialeigenschaften und Anwendungen

1) **Normalkorund grau-braun** (92 ... 97 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) → hohe Härte und Zähigkeit, für grosse Schleifkräfte.

- Zum Schrumpfen von Baustahl, Stahlguss, Grauguss, Temperguss.
- Schleifarbeiten mit hoher Zerspanleistung.

2) **Edelkorund weiß** (über 99 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) mit scharfkantigem Korn → spröder als Normalkorund, für mittlere Schleifkräfte.

- Für hochlegierte hitzeempfindliche Stähle und Werkzeuge.
- Schleifarbeiten mit grosser Berührungsfläche.

3) **Edelkorund rosa** mit höherer Kornzähigkeit resp. Kantenfestigkeit als Edelkorund weiss.

- Für hochlegierte Stähle und HSS-Werkzeuge.
- Form- und Profilschleifen.

4) **Rubinroter Edelkorund** (97 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1,5 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) mit kubischer Kornform → hohe Härte, Zähigkeit und Abriebsfestigkeit.

- Für Werkzeuge, Zahnräder, Führungsbahnen.
- Rund-, Flach- und Profilschleifen.

5) **Siliziumkarbid<sup>7</sup> grau-schwarz** (98 %  $\text{SiC}$ ) → hart, spröde, mit hoher Zähigkeit.

- Für Buntmetall, Alu, Gusseisen, Hartguss, hochlegierte C-Stähle, keramische Werkstoffe, Gestein, Gummi.

6) **Siliziumkarbid grün** (99,5 %  $\text{SiC}$ ) → sehr hart, spröde, splitterfreudig.

- Für hochlegierte und säurebeständige Stähle, Hartmetall, Hartguss, Hartkeramik, Hartglas, Porzellan, Marmor.

7) **Diamant** → hohe Härte, aber wärmeempfindlich.

- Für kurzspanende Werkstoffe, NE-Metalle<sup>8</sup>, Hartmetall, Keramik, Glas, Gestein usw.
- Gleichzeitiges Schleifen von Hartmetall und Stahl.

8) **Bornitrid CBN** → erheblich höhere Wärmebeständigkeit<sup>9</sup> als Diamant.

- Für langspanende Werkstoffe, Werkzeugstähle, HSS-Stähle, Gusswerkstoffe auf Eisenbasis.

<sup>7</sup> Alternative Schreibweise: Siliciumcarbid (auch als *Karborund* bezeichnet).

<sup>8</sup> Chemische Reaktionen mit Eisen beschränken den Einsatz von Diamant in den meisten Fällen auf Nichteisenwerkstoffe.

<sup>9</sup> Die gute Wärmebeständigkeit von CBN in Kombination mit seiner grossen Härte ermöglichen das wirtschaftliche Schleifen im Bereich höherer Bearbeitungstemperaturen.

### 4.3 Scheibenformen

Schleifscheiben gibt es in unterschiedlichsten Formen (Abb. 6). Der Verwendungszweck bestimmt die Form.

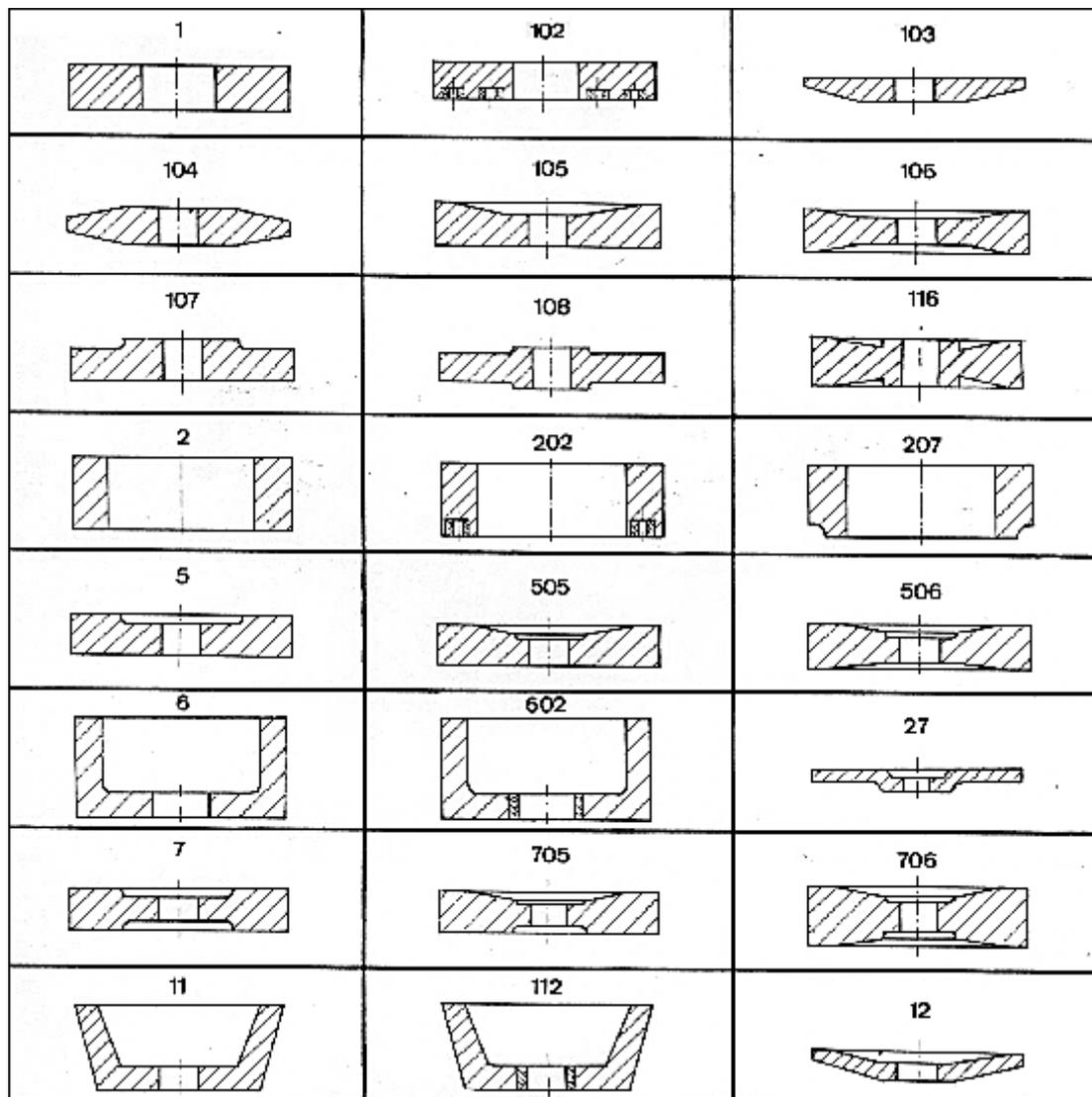


Abb. 6: Schleifscheibenformen

## 4.4 Scheibenprofile

Ausser unterschiedlicher Werkstoffe, Grössen und Formen besitzen Schleifscheiben ein dem jeweiligen Verwendungszweck entsprechendes Profil (Abb. 7).

Im Instandhaltungsbereich kommt meist Profil A zum Einsatz.

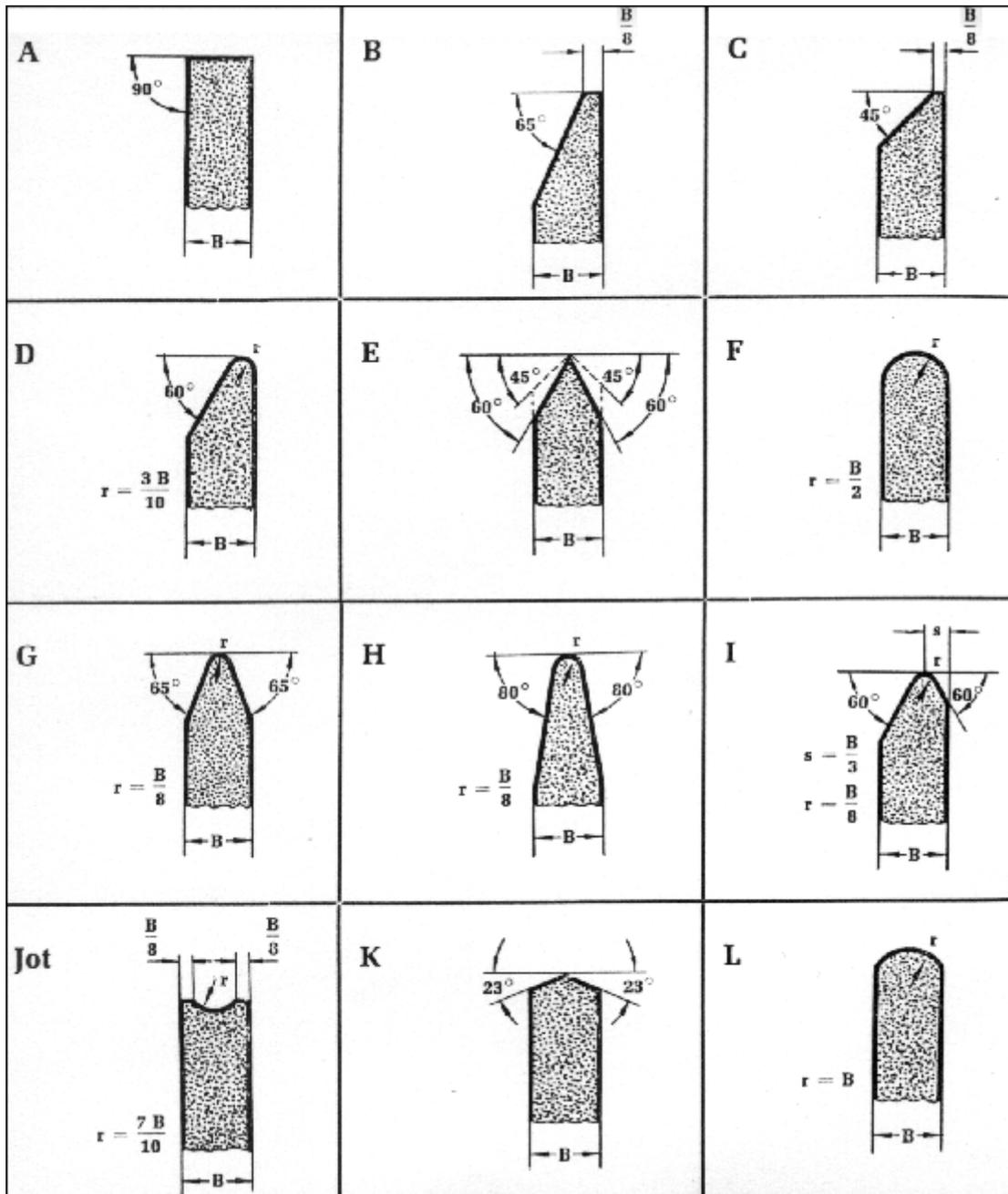


Abb. 7: Schleifscheibenprofile

## 4.5 Scheibenbezeichnung

Für eine korrekte Deklaration sind die Herstellerunterlagen zu konsultieren, in denen sich die jeweiligen Bezeichnungen (Abb. 8) vorfinden.

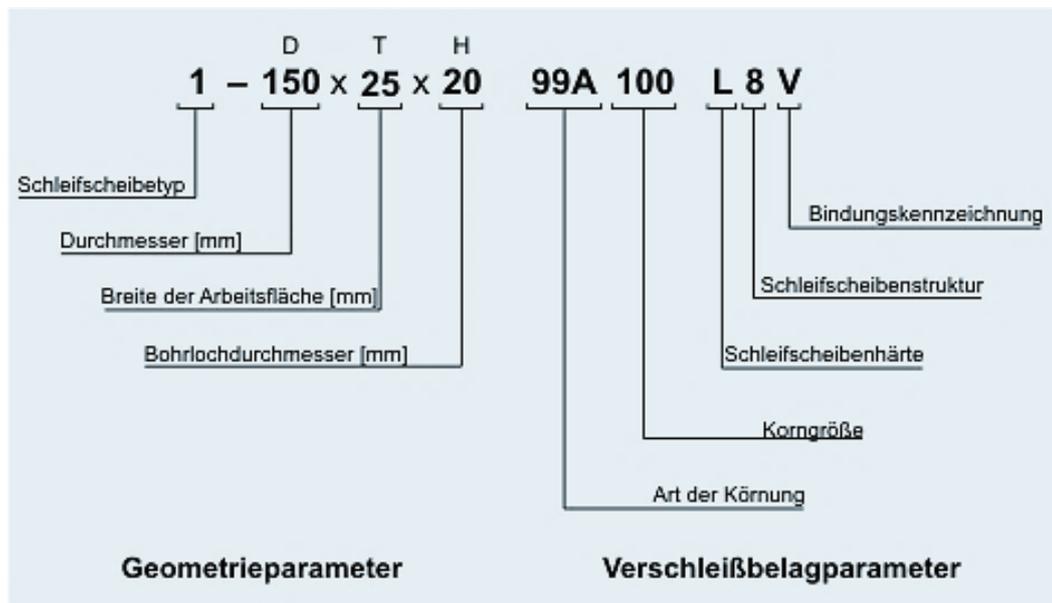


Abb. 8: Beispiel Scheibenbezeichnung<sup>10</sup>

**Tabelle 3**

Legende Werkstoffspezifikationen

<b>1 Kornart</b>	<b>2 Korngröße</b>	<b>5 Struktur</b>
<b>Keramische Bindung</b>	(nach FEPA-Norm)	3 + 4 dicht
Normalkorund 11 A	8 - 10 sehr grob	5 + 6 mittel
Halbedelkorund 55A 57A 58A	12 - 24 grob	7 + 8 offen
Edelkorund weiß 30A	30 - 60 mittel	9 + 10 sehr offen
Edelkorund rosa 31A	70 - 120 fein	11 + 16 hoch porös
Rubinkorund 32A	150 - 240 sehr fein	
Einkristall 40A	280 - 1200 mikrofein	<b>6 Bindung</b>
Einkristall / Gemisch 41A		V (Vitrified) Keramik
Siliziumcarbid dunkel 75C	<b>3 Kombination</b>	B (Bakelite) Kunstharz
Siliziumcarbid grün 70C	Mischung verschiedener Korngrößen	
Zirkon 23A		<b>7 Bindungstypen</b>
Cubitron 80A		werksinterne Typenbezeichnung
<b>Kunstharzbindung</b>	<b>4 Härte</b>	
Normalkorund 10A	C-G sehr weich	<b>8 Tränkung</b>
Halbedelkorund 55A	H-K weich	S Schwefel
Edelkorund weiß/rosa 30A 31A	L-O mittel	P Paraffin
Siliziumcarbid dunkel 75C	P-S hart	
Siliziumcarbid grün 70C	T-Z sehr hart	
Gemisch Korund / Siliziumcarbid 80C		

<sup>10</sup> [http://www.inter-diamant.com.pl/ceramika\\_pliki/poradnik\\_c\\_de.html](http://www.inter-diamant.com.pl/ceramika_pliki/poradnik_c_de.html)  
[http://www.elsass-nsidemaas.com/web\\_de/index.html](http://www.elsass-nsidemaas.com/web_de/index.html)

## 5 Inspektion und Wartung

Um den ordnungsgemässen Einsatz zu gewährleisten sind Schleifmaschinen in bestimmten Intervallen zu warten. Insbesondere den Schleifscheiben ist ein besonderes Augenmerk zu widmen.

### 5.1 Allgemeine Sichtkontrolle

Der Benutzer ist angehalten, periodisch Sichtkontrollen durchzuführen.

- Verdecke und Schleifauflagen sind auf ihre korrekte Position zu überprüfen.
- Elektrische Betriebsmittel wie Steckvorrichtungen, Netzanschlusskabel, Anlagenschalter und Arbeitsleuchten müssen in einwandfreiem Zustand sein; defekte Teile sind unverzüglich durch eine Elektrofachkraft instandzusetzen.

### 5.2 Schleifscheibenkontrolle

Schleifscheiben unterliegen während des Gebrauchs der Abnutzung und müssen bei Unterschreitung ihrer Abnutzungsgrenze ersetzt werden.

- Bevor eine keramische Schleifscheibe in Betrieb genommen wird, muss zwingend die sog. „Klangprobe“ durchgeführt werden.
- Schleifscheiben sollen einen guten Rundlauf vorweisen; ansonsten sind sie auszuwuchten.
- Ggf. sind die Wälzlager des Elektroantriebes zu ersetzen.

### 5.3 Klangprobe

Für die Klangprobe (Abb. 9) werden kleinere Scheiben auf einen Dorn oder auf den Finger gesteckt, schwere Schleifscheiben werden dazu auf den Boden gestellt. Mit einem nichtmetallischen Gegenstand (Kunststoffhammer) werden die Scheiben an mehreren Punkten vorsichtig abgeklopft. Gesunde Schleifscheiben besitzen einen hellen glockenartigen, beschädigte Scheiben dagegen einen verzerrten dumpfen Klang. Zu beachten ist auch, dass kunstharzgebundene Scheiben nicht den reinen Glockenklang wie keramisch gebundene Scheiben erzeugen.

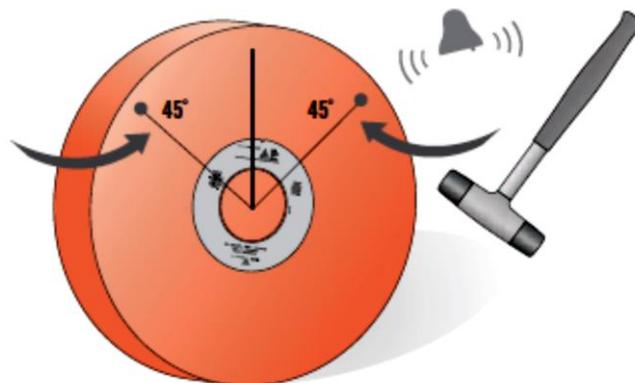
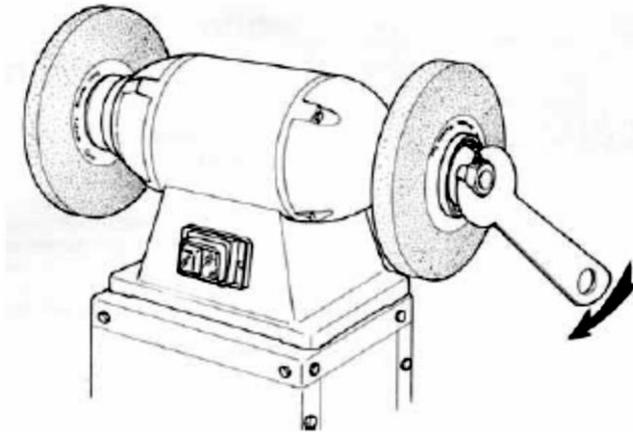


Abb. 9: Klangprobe mit dem Kunststoffhammer

## 5.4 Scheibenmontage

Scheibenmutter mittels eines gezielten Schlages mit dem Kunststoffhammer auf den Gabelschlüssel sichern.



Zwischen Stahlflansch und Scheibe gehören Papier- oder Kunststofflagen.

Für Umfangsgeschwindigkeiten von  $\geq 50$  m/s eignen sich 0,5 mm dicke Zwischenflansche aus Polypropylen.

Papierflansche sollten mit Kühlschmierstoff angefeuchtet werden und erfordern meist ein Nachziehen der Spanschrauben.

Abb. 10: Scheibenmontage

## 5.5 Abrichten

Unter Abrichten versteht man das Formen und Schärfen einer Schleifscheibe.<sup>11</sup>

Infolge Abnutzung und ungleichmässiger Beanspruchung verlieren Schleifscheiben mit der Zeit ihre Form und Rundlaufgenauigkeit. Aus diesem Grund müssen sie in bestimmten Intervallen instandgesetzt resp. „abgerichtet“ werden.

Zum Abrichten von Hand benutzt man ein spezielles Werkzeug. Beim maschinellen Abrichten gelangen vielfach Einkornabrichter zum Einsatz.

[11-1] Mehrdiamant-Handabrichtwerkzeug



[11-2] Abrichtformen



Abb. 11: Abrichtwerkzeuge<sup>12</sup>

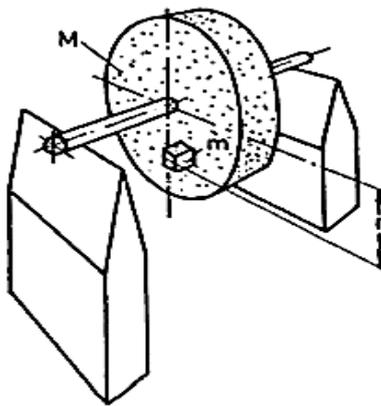
<sup>11</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Abrichten\\_\(Schleifscheibe\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Abrichten_(Schleifscheibe))

<sup>12</sup> Klaus-Jürgen Matthes (Hrsg.), *Grundlagen der Fertigungstechnik* (Hanser).

## 5.6 Auswuchten

### 5.6.1 Statisches Auswuchten

Unwucht – und damit ein gestörter Rundlauf – entsteht beim rotierenden Körper durch eine ungleichmässige Massenverteilung. Infolge der Unwucht liegt die Hauptträgheitsachse einer Schleifscheibe ausserhalb ihrer Drehachse. Folgen davon sind Schwingungen, Rattermarken am Werkstück, Welligkeit und grössere Rauheit der bearbeiteten Oberfläche.



Unwucht:  $U = m \cdot r$

Exzentrizität:  $e = \frac{U}{M}$

Durch Unwucht erzeugte Fliehkraft:  $F = m \cdot r \cdot \omega^2$

$$\omega = \frac{v}{r} \quad \omega = 2\pi \cdot n$$

m Übermasse, r Abstand von der Drehachse

M Schleifscheibenmasse

$\omega$  Winkelgeschwindigkeit

v Umfangsgeschwindigkeit, n Drehzahl

Abb. 12: Statische Unwuchtermittlung.<sup>13</sup>

Drehzahl bzw. Schleifgeschwindigkeit wirken sich quadratisch auf die umlaufende und schwingungserzeugende Kraft aus. Exzentrisch laufende Schleifscheiben müssen aus genanntem Grunde ausgewuchtet werden. Das Auswuchten erhöht die Laufruhe und Lebensdauer der Lager.

Anleitung zum statischen Auswuchten:

Zum Wuchten werden Scheibe und Flansch nach dem Entfernen der Ausgleichsgewichte auf einer Welle befestigt. Diese Welle wird leicht drehbar auf dem „Abrollbock“ gelagert. Die Schleifscheibe dreht – den Gesetzen der Schwerkraft gehorchend – mit ihrem schwersten Punkt nach unten. Hilfreich ist die Markierung des tiefsten Punktes nach Ermittlung der Unwucht. Nun wird oben ein Ausgleichsgewicht montiert. Weil dieses vermutlich nicht dem Gewicht der Unwucht entspricht, muss noch ein zweites Gewicht montiert werden. Zur Positionierung der beiden Gewichte muss man sich eine Senkrechte vorstellen, welche durch die Scheibenmitte verläuft. Die Ausgleichsgewichte werden links und rechts davon angebracht. Sind sie sehr weit oben positioniert, gleichen sie ein großes Gewicht aus. Je mehr man sie der Waagerechten annähert, um so weniger wirken sie im Verhältnis zur Unwucht. Die korrekte Positionierung ist erreicht, wenn die Schleifscheibe in jedem gewählten Drehwinkel stehen bleibt.

### 5.6.2 Auswuchten an der Schleifmaschine

Ein alternatives Wuchtungsverfahren besteht darin, die Schleifscheibe an der Schleifmaschine zu belassen und dann die Ausgleichsgewichte (Abb. 13) systematisch zu verschieben. Um die Unwucht zu minimieren sind meist mehrere Justierungen mit anschliessendem Problemlauf nötig.

<sup>13</sup> Eberhard Pauksch, *Zerspantechnik* (Vieweg + Teubner Verlag)



Abb. 13: Auswuchten mittels verschiebbarer Ausgleichsgewichte am Scheibenflansch

Anleitung zum Auswuchten an der Maschine (14):

- Ausgleichsgewichte wie in Fig. 1 positionieren.
- Schleifscheibe markieren
- Testlauf durchführen
- Ist weiterhin Unwucht vorhanden, rechtes Ausgleichsgewicht gemäss Fig. 2 verschieben.
- Testlauf durchführen.
- Prozedere gemäss Figuren 3 + 4 solange wiederholen, bis die Unwucht beseitigt ist.

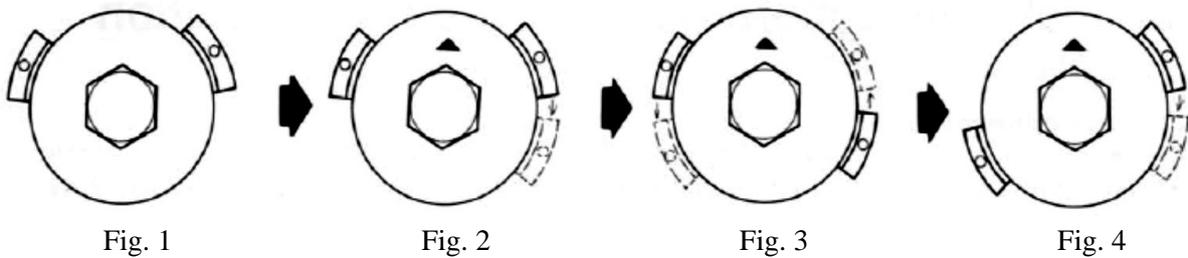


Abb. 14: Auswuchten an der Maschine

## 6 Praxisbeispiel - Schleifen von HSS-Drehstählen

Grundsätzlich muß bei allen Schleifarbeiten eine Schutzbrille getragen werden. Das Tragen von Handschuhen an allen rotierenden Werkzeugen (Schleifscheiben, Bohrer, Fräser usw.) aber ist zu unterlassen.

Ein handelsüblicher Doppelschleifbock, möglichst mit Schleifscheibendurchmesser 150 mm oder größer, ist für die bevorstehende Arbeit völlig ausreichend. Damit der Schleifbock nicht wandert, sollte er dauerhaft mit einer Unterlage (Werkbank, Ständer) verschraubt sein.<sup>14</sup>

### 6.1 Auswahl der Schleifscheiben

Die Beschriftungen auf (Qualitäts-)Schleifscheiben sind codiert. Wichtig für den Praktiker sind folgende Aspekte:

- Art des Schleifmittels, Körnung, Härtegrad, Bindung und Gefüge.
- Stähle aller Art schleift man mit (Edel)-Korund ( $Al_2O_3$ ), Kurzzeichen „A“.
- Hartmetalle schleift man mit Silicium-Carbid, (SiC), Kurzzeichen „C“.

Zum Werkzeugschleifen sollte man nehmen:

- Körnung: 46 bis 80, mittel bis fein.
- Härtegrad: H bis K weich, (evtl. M mittel).
- Gefüge: 5 bis 8 mittel, (evtl. 9 bis 11 offen).

Als Bindung sollte man Keramische Bindung, Kurzzeichen „V“ oder Metallbindung, Kurzzeichen „M“ wählen.

Schleifauflagen sind in der Regel in der Höhe und in der Neigung verstellbar. Ob man die Auflage waagrecht justiert oder schräg, ist zunächst von sekundärer Bedeutung. Es kommt lediglich darauf an, dass ein Winkel von etwa  $7^\circ$  gegenüber dem Scheibenradius vorhanden ist.

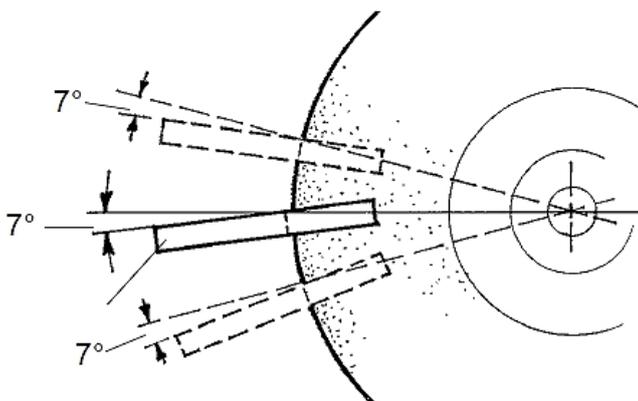


Abb. 15: Justieren der Schleifauflage

Wichtig ist, dass die Stirnseite der Schleifscheibe gerade ist. Mit der Zeit werden Schleifscheiben durch die Bearbeitung des Werkstücks unregelmässig ausgeformt. Deshalb muss zwischendurch eine Begradigung mit einem Schleifscheibenabzieher durchgeführt werden. Der

<sup>14</sup> <http://www.thecooltool.com>

Abzieher reißt die verschlossenen Poren der Scheibe auf und macht sie wieder scharf und griffig. Dabei werden zugleich die Unebenheiten beseitigt. Eine gut abgezogene Schleifscheibe erzeugt beim Arbeiten ein schrilles Geräusch, eine stumpfe hingegen klingt dumpf und schabst lediglich an der Oberfläche.

## 6.2 HSS-Drehmeissel

Wenn man noch nie einen Drehmeissel angeschliffen hat, ist es hilfreich, zuerst einen fabrikanneuen Drehstahl genau zu betrachten. **Ein guter Schliff ist meist nur nach viel Übung zu erzielen.**



Abb 16: HSS-Drehmeissel-Satz

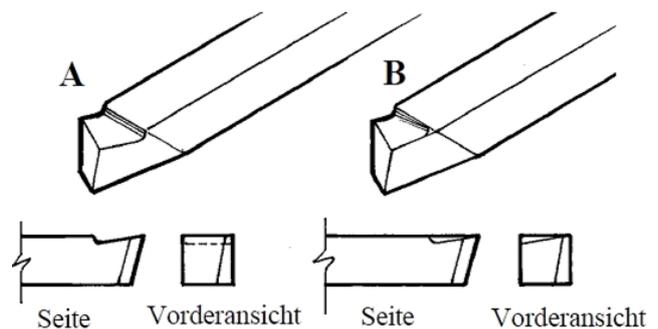


Abb. 17: Fertig geschliffener Stahl

## 6.3 Schleifvorgang

### 6.3.1 Schleifen der ersten Seite

Zuerst schleifen wir den Stahl mit  $10^\circ$  Seitenneigung, bis die entstandene Fläche ca. 4 bis 6 mm lang ist.



Abb. 18: Drehling unbearbeitet

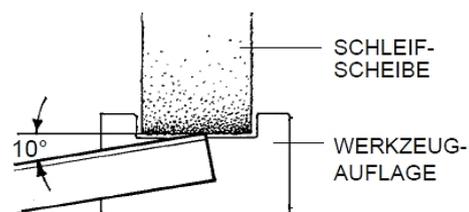


Abb. 19: Anschliff der ersten Seite eines Drehmeissels

### 6.3.2 Schleifen der Zweiten Seite

Nun drehen wir den Stahl um  $90^\circ$  und schleifen die zweite Seite an, bis eine Spitze entstanden ist. Daraus ergibt sich ein Winkel kleiner als  $90^\circ$ ; damit lässt sich auch in Ecken drehen.

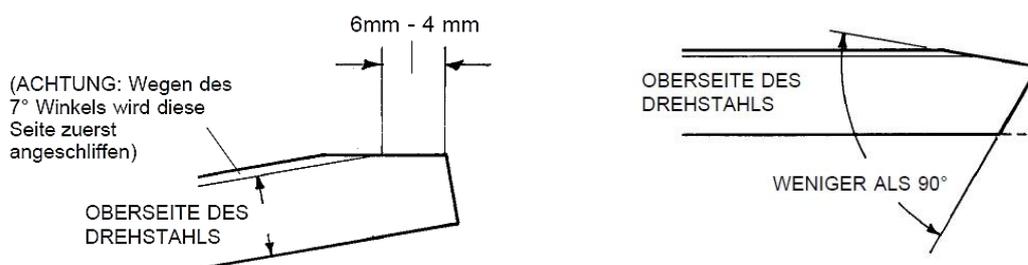


Abb. 20: Anschliff der zweiten Seite eines Drehmeissels

### 6.3.3 Schleifen der dritten Seite

Nun legen wir den Drehstahl mit der ersten Seite nach oben auf und halten ihn so schräg, dass die Spitze nicht weggeschliffen wird. Wir schleifen so lange Material ab, bis sich die Funken über die gesamte Schneidkante gleichmässig verteilen. Nun sollte die gesamte Oberfläche gleichmässig geschliffen sein. Damit haben wir auch den Spanwinkel erzeugt. Zum endgültigen Feinschliff kann man die beiden Seiten nochmals ganz fein überschleifen.

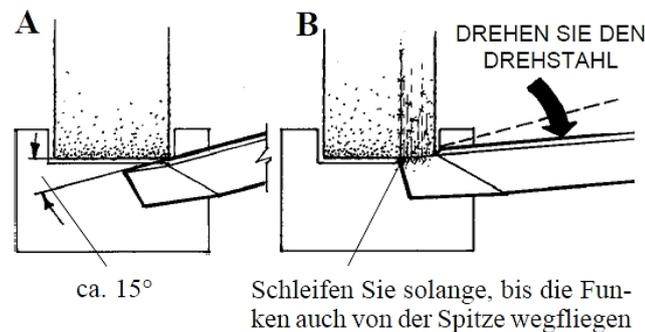


Abb. 21: Anschliff der dritten Seite des Drehmeissels

### 6.3.4 Brechen der Spitze

Die Spitze des Drehstahles ist zunächst sehr empfindlich gegenüber Schlägen. Die Spitze soll nur einen Hauch (maximal 0,2 mm) gebrochen werden.

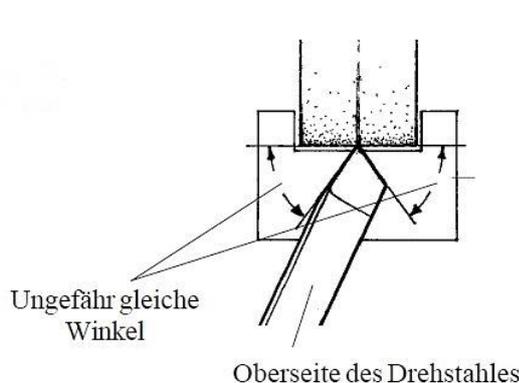


Abb. 22: Brechen der Spitze des Drehmeissels

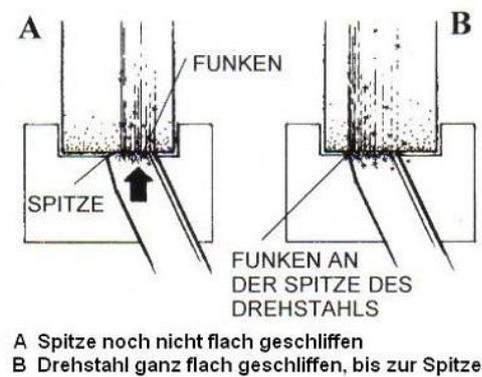


Abb. 23: Nachschleifen der Spitze

Eine gut gebrochene Spitze erzeugt eine bessere Werkstückoberfläche, darüber hinaus erhöht sich die Lebensdauer (Standzeit) bis zum nächsten Nachschleifen.

Man kann die Spitze brechen, indem man einen kleinen Radius anschleift. Dieses Brechen der Spitze kann auch mit einem Handschleifstein ausgeführt werden, indem man vorsichtig einige Male über die Spitze streicht. Wenn zuviel Material weggeschliffen wurde, ist die Schneide nicht mehr scharf genug und muss nachgeschliffen werden.