

---

## BGI 543

### Schleifer

(bisher ZH 1/63)

Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften

2002

---



#### Vorwort

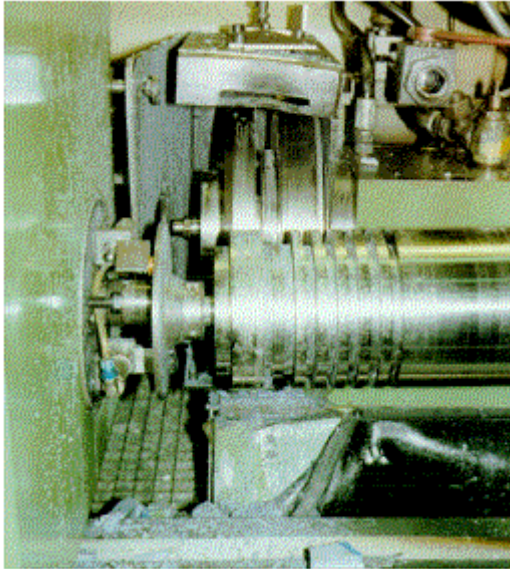
Das Schleifen ist ein Verfahren zur spanenden Bearbeitung der verschiedensten Materialien wie Metall, Stein/Keramik, Glas und Holz. Dabei kommen die unterschiedlichsten Schleifwerkzeuge und -maschinen zum Einsatz. Das Maschinenspektrum reicht von hochmodernen CNC-Bearbeitungsmaschinen über Tisch- und Ständerschleifmaschinen bis zu in der Hand gehaltenen Maschinen.

Entsprechend unterschiedlich sind die Anforderungen. Steht bei den einen Maschinen höchste Präzision und Wirtschaftlichkeit im Vordergrund, wird von den anderen die Funktion unter rauen Betriebsbedingungen, z.B. im Einsatz auf Baustellen, in Schlossereien und im Schiff- und Stahlbau, verlangt.

Jeder dieser Anwendungsfälle hat seine spezifischen Unfallgefahren und Risiken. Allen gemeinsam sind Gefährdungen, die von den Besonderheiten des Schleifwerkzeuges herrühren im Vergleich zu den sonst üblichen Maschinenwerkzeugen, wie Bohrern und Fräsern. Die herausragendste Besonderheit ist die Möglichkeit des Schleifkörperbruches, bei dem Bruchstücke mit großen Energien freigesetzt werden. Dies wird anschaulich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass übliche Schleifkörperumfangsgeschwindigkeiten im Bereich von 63 bis 80 m/s liegen, was umgerechnet ca. 227 bzw. 288 km/h entspricht. Bruchstücke mit entsprechenden Geschwindigkeiten haben eine mit Geschossen vergleichbare Wirkung, wenn davon Personen, Maschinen- oder Gebäubeteile getroffen werden (Bild 1).

Insbesondere das Unfallgeschehen bei der Verwendung von Handschleifmaschinen zeigt, dass die damit verbundenen Gefahren häufig unterschätzt oder nicht erkannt werden. Aus der Unfallstatistik des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften geht hervor, dass sich in Deutschland im Jahr 2000 ca. 20.000 meldepflichtige Arbeitsunfälle beim Umgang mit Schleifmaschinen ereigneten. Ungefähr 2/3 davon entfallen auf Arbeiten mit Handschleifmaschinen.

Die BG-Information zeigt die typischen Unfall- und Gesundheitsrisiken auf, die bei der Anwendung dieses Bearbeitungsverfahrens auftreten können, erläutert die Sicherheitsanforderungen an Schleifwerkzeuge und -maschinen und zeigt die grundlegenden Maßnahmen zur Vermeidung von Unfall- und Gesundheitsrisiken bei deren Benutzung auf.



**Bild 1:** Durch Schleifkörperbruch deformierte Schutzhaube und Maschinenteile (Blick in den gekapselten Bearbeitungsbereich)

## **1 Rechtsgrundlagen für Schleifwerkzeuge und Schleifmaschinen**

Die Anforderungen an die Beschaffenheit und den Betrieb von Schleifwerkzeugen sind in der Unfallverhütungsvorschrift "Schleif- und Bürstwerkzeuge" (BGV D12/bisherige VBG 49) festgelegt. Sie trat am 01.10.1994 in Kraft. Mit ihrer Inkraftsetzung wurden die Schleifwerkzeuge betreffenden Bestimmungen in der Unfallverhütungsvorschrift "Metallbearbeitung; Schleifkörper, Pließ- und Polierscheiben; Schleif- und Poliermaschinen" (VBG 7n6) außer Kraft gesetzt.

Die BGV D12 verlangte für Schleifwerkzeuge mit Arbeitshöchstgeschwindigkeiten oberhalb in der Vorschrift festgelegter Werte einer Baumusterprüfung und Zertifizierung durch eine akkreditierte Zertifizierungsstelle. Eine solche Stelle war der Deutsche Schleifscheibenausschuss (DSA).

Der DSA hat diese Zertifizierungstätigkeit zum 01.07.1998 eingestellt. Dies führte dazu, dass seitdem die Anforderungen nach einer Konformitätsbescheinigung und Kennzeichnung im Sinne von § 15 Abs. 2 und § 4 Abs. 1 Nr. 2b BGV D12 nicht mehr erfüllt werden konnten. Die Vorschrift wurde daraufhin vollständig überarbeitet und insbesondere die genannten Paragraphen an die veränderte Situation angepasst. Die aktualisierte Fassung trat als BGV D12 zum 01.10.2001 in Kraft.

Mit der Überarbeitung erfolgte auch eine weitestgehende Harmonisierung der Beschaffenheitsanforderungen mit den Anforderungen in den europäischen Sicherheitsnormen für Schleifwerkzeuge.

Denn obwohl Schleifwerkzeuge, wie alle anderen Maschinenwerkzeuge auch, nicht von europäischen Richtlinien erfasst werden, werden sie wegen ihrer besonderen Sicherheitsproblematik im Rahmen der europäischen Normungsaktivitäten berücksichtigt. Im Juli 1999 wurde die DIN EN 12413 "Sicherheitsanforderungen für Schleifkörper aus gebundenem Schleifmittel" veröffentlicht. Zwischenzeitlich sind auch DIN EN 13236 und DIN EN 13743 für Schleifwerkzeuge mit Diamant oder Bornitrid bzw. für Schleifmittel auf Unterlagen erschienen.

Für Schleifmaschinen gelten betreffend ihrer Beschaffenheit das Gerätesicherheitsgesetz (GSG) und die zugehörige 9. Verordnung (Maschinenverordnung). Mit letzterer wurde die europäische Richtlinie für Maschinen (RL 98/37/EG) in nationales Recht umgesetzt. Dies bedeutet, dass Maschinen, die nach dem 31.12.1994 erstmals in Verkehr gebracht wurden, die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen des Anhangs I der Richtlinie erfüllen müssen.

Zur Konkretisierung der Beschaffenheitsanforderungen dieses Anhangs gibt es zwischenzeitlich eine Vielzahl harmonisierter europäischer Normen. Als so genannte C-Normen, speziell für Schleifmaschinen, existieren allerdings bislang nur wenige harmonisierte Normen.

Schleifmaschinen, die bei Inkrafttreten der Maschinenrichtlinie bereits in Betrieb waren oder bis 31.12.1994 auf der Grundlage nationaler Vorschriften in Betrieb genommen worden waren, mussten spätestens bis zum 30.6.1998 mindestens an die Anforderungen des Anhangs der Arbeitsmittelbenutzungsverordnung (AMBV) angepasst werden.

Diese Verordnung diente der Umsetzung der EG-Arbeitsmittel-Benutzungs-Richtlinie (AMBR) in nationales Recht. Sie wurde zwischenzeitlich in die zum 03.10.2002 in Kraft getretene Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) integriert.

Nach einem von den berufsgenossenschaftlichen Fachausschüssen durchgeführten Vergleich zwischen den Bau- und Ausrüstungsbestimmungen der bis dahin anzuwendenden Unfallverhütungsvorschriften und den Anforderungen des Anhangs der Arbeitsmittelbenutzungsverordnung wird eine entsprechende Nachrüstung für die Mehrzahl der Maschinen, die bislang den nationalen Vorschriften entsprachen, allerdings nicht für erforderlich gehalten.

## **2 Einteilung der Schleifwerkzeuge**

Die Verschiedenartigkeit von Schleifaufgaben mit jeweils unterschiedlichen Anforderungen, z.B. hinsichtlich der Werkstückgüte, des Zerspanungsvolumens und der Standzeit, erfordert eine Vielzahl von Schleifwerkzeugen sowohl hinsichtlich der Form, der Zusammensetzung und des Aufbaus.

Wesentliche Bestandteile zur Charakterisierung eines Schleifwerkzeugs sind das Schleifmittel und die Bindung. Bei dem Schleifmittel ist, in der Reihenfolge zunehmender Härte, zu unterscheiden zwischen Korund, Siliciumcarbid, kubischem Bornitrid (CBN) und Diamant. Wichtige Bindungsarten sind die keramische Bindung und Kunstharzbindung. Letztere auch mit Faserstoffverstärkung, z.B. durch die Einlagerung von Glasgewebe oder Faserstoffen. Entsprechend ihrem Aufbau können Schleifwerkzeuge in drei Gruppen unterteilt werden:

1. Schleifkörper aus gebundenem Schleifmittel (Bild 2-1); sie bestehen im Allgemeinen durchgehend aus Korund- oder Siliciumcarbidkorn in keramischer Bindung oder Kunstharzbindung.



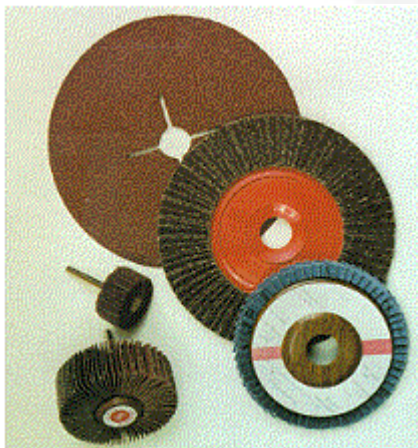
**Bild 2-1: Schleifkörper aus gebundenem Schleifmittel**

2. Schleifkörper mit Schleifbelag aus Diamant oder Bornitrid (Bild 2-2); sie sind im Allgemeinen aus einem Grundkörper und einem Schleifbelag aus Schleifmittelkorn und Bindung zusammengesetzt, wobei unterschiedliche Werkstoffkombinationen für Grundkörper und Schleifbelag gebräuchlich sind.



**Bild 2-2: Schleifkörper mit Schleifbelag aus Diamant und Bornitrid**

3. Schleifmittel auf Unterlage (Bild 2-3); dabei ist Korund- oder Siliciumcarbidkorn einschichtig auf eine Unterlage aus Vulkanfaser oder Textilgewebe aufgebracht.



**Bild 2-3: Schleifmittel auf Unterlage**

Eine Übersicht über die wichtigsten rotierenden Schleifkörper enthält Bild 2-4.

**Bild 2-4: Übersicht über die wichtigsten rotierenden Schleifkörper**

Schleifkörper	DIN-Norm	Werkstoff		Werkstoff Unterlage bzw. Grundkörper
		Schleifmaterial bzw. Schleifbelag		
		Schleifmittel	Bindung	
Schleifkörper aus gebundenem Schleifmittel, z.B. gerade, abgesetzte, konische, ausgesparte, verjüngte, gekröpfte Schleifscheiben; Schleifzylinder, Schleiftöpfe, Schleifteller, Schleifstifte, Trennschleifscheiben	DIN ISO 525	Korund (A) Siliciumcarbid (C)	Keramische Bindung (V) Kunstharzbindung (B) Kunstharzbindung, faserstoffverstärkt (BF) Gummibindung (R) Gummibindung, faserstoffverstärkt (RF) Magnesitbindung (Mg)	
Schleifkörper mit Schleifbelag aus Diamant oder Bornitrid, z.B. gerade, abgesetzte, ausgesparte Schleifscheiben; Schleifringe, Schleiftöpfe, Schleifteller, Schleifstifte, Trennschleifscheiben, Segment-Trennschleifscheiben	DIN 69800 Teil 1 u. 2	Diamant (D) Kubisches Bornitrid (B)	Schleifbelag: Keramische Bindung (V)	Grundkörper: Korund o. Siliciumcarbid mit keramischer Bindung
			Keramische Bindung (V) Kunstharzbindung mit nicht metallischen Füllstoffen (K)	Kunstharzbindung mit nicht metallischen oder metallischen Füllstoffen, Aluminium
			Gesinterte Metallbindung (Bronze, Stahl, Hartmetall) (M)	Stahl, Gussbronze, Sinterbronze
			Galvanische Metallbindung (Nickel) (G)	Stahl, Aluminium
Schleifkörper aus Schleifmittel auf Unterlage, z.B. Vulkanfiberschleifscheiben Lamellenschleifscheiben Lamellenschleifstifte Fächerschleifscheiben	DIN 69131 DIN 69184 DIN 69183 DIN ISO 15635	Korund (A) Siliciumcarbid (C)	Kunstharzbindung (B)	Unterlage:  Vulkanfiber  Textilgewebe  Textilgewebe

### 3 Sicherheitstechnische Kenngrößen

Die wesentlichste sicherheitstechnische Kenngröße eines rotierenden Schleifwerkzeuges ist dessen Arbeitshöchstgeschwindigkeit  $v_{zul}$ . Sie gibt die höchstzulässige Umfangsgeschwindigkeit an, mit der das Werkzeug auf einer Maschine betrieben werden darf. Die Arbeitshöchstgeschwindigkeit stellt somit einen oberen Grenzwert dar, der in keinem Fall überschritten werden darf. Selbstverständlich darf das Schleifwerkzeug bei jeder niedrigeren Umfangsgeschwindigkeit betrieben werden.

Für den Praktiker ist hinsichtlich des Sicherheitsaspektes aber weniger die Arbeitshöchstgeschwindigkeit als die zugehörige Drehzahl von Interesse, da er diese einfach mit der Höchstdrehzahl seines zur Verfügung stehenden Schleifantriebs vergleichen kann. Die Drehzahl eines Schleifwerkzeugs bei Arbeitshöchstgeschwindigkeit wird als zulässige Drehzahl  $n_{zul}$  bezeichnet. Die Umrechnung zwischen der Arbeitshöchstgeschwindigkeit und der zulässigen Drehzahl erfolgt nach den Formeln:

$$n_{zul} = \frac{v_{zul} \cdot 60 \cdot 1000}{D \cdot 3,14}$$

bzw.

$$v_{zul} = \frac{n_{zul} \cdot D \cdot 3,14}{60 \cdot 1000}$$

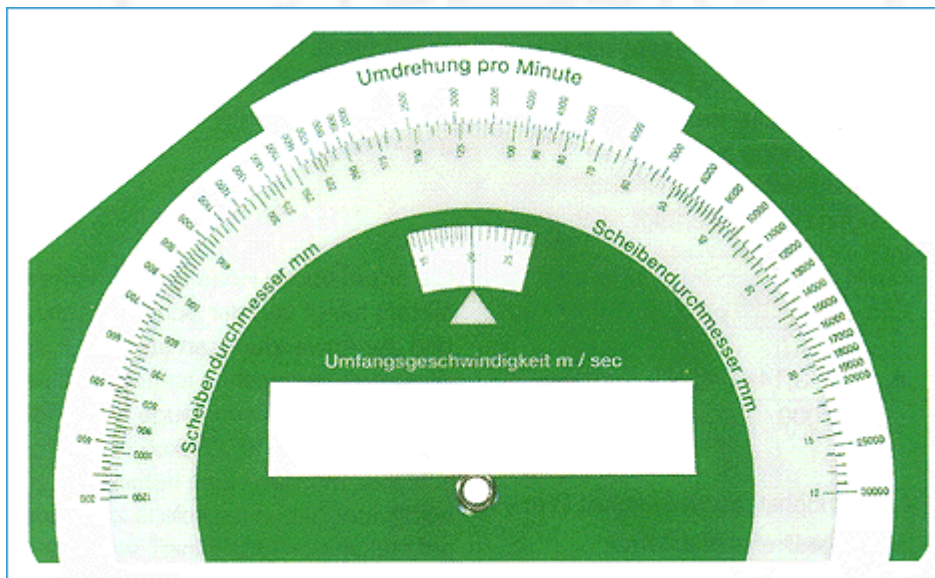
mit:

$v_{zul}$  – Arbeitshöchstgeschwindigkeit in m/s

$n_{zul}$  – zulässige Drehzahl in 1/min

D – Außendurchmesser des Schleifwerkzeugs in mm.

Übrigens kann der Zusammenhang zwischen diesen Kenngrößen des Schleifwerkzeugs schnell und einfach mit Hilfe von Schablonen ermittelt werden (Bild 3-1), die bei fast allen Schleifwerkzeugherstellern erhältlich sind.



**Bild 3-1: Schablone zur einfachen Ermittlung des Zusammenhangs zwischen Umfangsgeschwindigkeit, Drehzahl und Schleifkörperdurchmesser**

Weitere wichtige Kenngrößen für die Sicherheit von Schleifwerkzeugen sind deren Bruchgeschwindigkeit und der Sicherheitsfaktor.

Die Bruchgeschwindigkeit  $v_{br}$  ist diejenige Umfangsgeschwindigkeit, bei der der Schleifkörper allein aufgrund der bei der Rotation auftretenden Fliehkraftbeanspruchung zerplatzt. Selbstverständlich muss dieser Wert deutlich oberhalb der Arbeitshöchstgeschwindigkeit liegen. Die Spanne zwischen beiden Werten kennzeichnet den Sicherheitsfaktor  $S_{br}$  gegen Bruch durch Fliehkraft. Er

errechnet sich aus dem Verhältnis des Quadrates von Bruchgeschwindigkeit und Arbeitshöchstgeschwindigkeit:

$$S_{br} = \frac{V_{br}^2}{V_{zul}^2}$$

Die erforderliche Höhe des Sicherheitsfaktors hängt von der Schleifmaschine und der Anwendungsart ab, für die das Werkzeug vorgesehen ist (Bild 3-2). Schleifwerkzeuge für Handmaschinen, z.B. für Winkel- und Geradschleifer, müssen einen höheren Sicherheitsfaktor haben als solche zum Einsatz auf stationären Maschinen, wo z.B. Werkzeug und Werkstück in Bahnen zwangsgeführt werden. Dies ergibt sich notwendigerweise aus den unvorhersehbaren zusätzlichen Beanspruchungen beim manuellen Schleifen, z.B. durch Verkanten oder unkontrollierten Andruck des Schleifwerkzeugs.

Aus den gleichen Gründen müssen Schleifwerkzeuge für Handmaschinen auch noch zusätzliche Anforderungen erfüllen hinsichtlich der Aufnahme seitlich wirkender Kräfte.

Für Trenn- und Schruppschleifscheiben aus gebundenem Schleifmittel gelten festgelegte Werte der Seitenbelastbarkeit, für Schleifkörper mit Diamant oder Bornitrid mit metallischem Grundkörper sind es Mindestwerte für die Biege- und Abscherfestigkeit des Schleifbelages.

Für Schleifwerkzeuge mit Schaft, z.B. Schleifstifte und Lamellenschleifstifte, gilt als zusätzliche Anforderung, dass der Schaft einen Sicherheitsfaktor  $S_{ab}$  gegen Abbiegen bei Fliehkräftbeanspruchung von  $S_{ab} = 1,3$  aufweisen muss.

**Bild 3-2: Sicherheitsfaktoren für Schleifwerkzeuge**

Schleif- maschinenart	Anwendungsart	Schleifart	Arbeitshöchst- geschwindigkeit $v_{zul}$ in m/s	Sicherheits- faktor $S_{br}$
Ortsfeste Schleifmaschinen	Zwangsgeführtes Schleifen	Umfangschleifen Seitenschleifen		3
	Zwangsgeführtes Schleifen bei geschlossenem Arbeitsbereich	Umfangschleifen Seitenschleifen		1,75
	Handgeführtes Schleifen	Umfangschleifen Seitenschleifen	$\leq 63$ $> 63$	3 3,5
	Zwangsgeführtes Schleifen	Hochdruckschleifen		3,5
	Zwangsgeführtes Schleifen bei geschlossenem Arbeitsbereich	Hochdruckschleifen		3
Handschleif- maschinen	Freihandschleifen	Umfangschleifen Seitenschleifen	$\leq 50$ $> 50$	3 3,5
Ortsfeste Trenn- schleifmaschinen,	Zwangsgeführtes Schleifen	Trennschleifen		2
	Zwangsgeführtes Schleifen bei geschlossenem Arbeitsbereich	Trennschleifen		1,75
	Handgeführtes Schleifen	Trennschleifen		3,5
Handtrennschleif- maschinen	Freihandschleifen	Trennschleifen		3,5

## 4 Kennzeichnung

Grundsätzlich müssen Schleifwerkzeuge mit Kennzeichnungsangaben versehen sein. Zweck der Kennzeichnung ist es, dem Betreiber und hier insbesondere der Person, die den Schleifkörper aufspannt, Angaben für deren sicheren Einsatz und die bestimmungsgemäße Anwendung zu vermitteln.

Selbstverständlich müssen diese Angaben deutlich erkennbar und dem Werkzeug eindeutig zuzuordnen sein. Der Umfang der Kennzeichnungsangaben und die Art der Anbringung kann jedoch in Abhängigkeit vom Schleifwerkzeugtyp und dessen Abmessungen unterschiedlich sein.

## 4.1 Inhalt

Die anzugebenden Kenndaten für die einzelnen Schleifwerkzeugtypen sind in Bild 4-1 zusammengefasst.

**Bild 4-1: Kennzeichnungsangaben für Schleifwerkzeuge**

Schleif- und Bürstwerkzeuge und zugehörige Einrichtungen nach BGV D12	lfd. Nr.	Benennung der Werkzeuge											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		Hersteller, Lieferer, Einführer oder deren geschütztes Warenzeichen	Kennzeichnung nach § 4 Abs. 1 Nr. 2	Farbstreifen bei $v_{zul} \geq 50$ m/s	Arbeitshöchstgeschwindigkeit $v_{zul}$ in m/s	Zulässige Drehzahl $n_{zul}$ in 1/min	Nennmaße	Schleifmittel und Bindung	Dreh- und Lauffrichtung	Herstellungsdatum bei $D > 1000$ mm	Festigkeitsklasse		
§ 2 Abs. 1 Nr. 1	1	Schleifscheiben (gerade, konisch, abgesetzt, verjüngt, ausgespart, gekröpfte, auch faserstoffverstärkt), Trennschleifscheiben		x	x	x	x	x	x	-	-	-	
	2	Schleiftöpfe, Schleifteller, Schleifscheiben und Schleifzylinder mit Tragscheibe verbunden		x	x	x	x	x	x	-	-	-	
	3	Schleifsegmente		x	x	x	x	-	x	x	-	-	-
	4	Schleifstifte		x	x	x	-	x	x	x	-	-	-
	5	Kleinschleifkörper mit $D \leq 80$ mm		x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
	6	Schleifkegel		x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
	7	Schleifkörper mit Magnesitbindung		x	x	x	x	x	x	x	-	x	-
	8	halbflexible Schleifkörper		x	x	x	x	x	x	-	-	-	-
§ 2 Abs. 1 Nr. 2	9	Schleifkörper mit Schleifbelag	keramische Grundkörper	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-
		aus Diamant, Bornitrid	andere Grundkörper	x	x	-	x	x	x	-	-	-	-
	10	Trennschleifscheiben mit Schleifbelag aus Diamant, Bornitrid		x	x	-	x	x	x	-	x	-	-
11	Schleifstifte mit Schleif-belag aus Diamant, Bornitrid		x	x	-	-	x	x	-	-	-	-	

§ 2 Abs. 1 Nr. 3	12	Fächerschleifscheiben	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-
	13	Lamellenschleifscheiben	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-
	14	Lamellenschleifstifte	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-
	15	Vulkanfiberschleifscheiben	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-
	16	Schleifbänder, Schleifhülsen	x	-	-	-	-	-	-	x	-	x
§ 2 Abs. 1 Nr. 4	17	Schleifkörper aus Faservlies mit Schleifmittel	x	-	-	x	x	x	-	x <sup>1</sup>	-	-
§ 2 Abs. 1 Nr. 5	18	Pließ-, Polier- und Läppscheiben	x	x	-	x	x	-	-	-	-	-
§ 1	19	Stützteller	x	-	-	-	x	-	-	-	-	-
§ 2 Abs. 4	20	Bürstwerkzeuge	x	-	-	-	x	-	-	-	-	-

Aus der Tabelle in Bild 4-1 ist ersichtlich, dass alle rotierenden Schleifwerkzeuge mit Angaben über den Hersteller, Lieferer oder Einführer, mit der Arbeitshöchstgeschwindigkeit und/oder der zulässigen Drehzahl und einem Übereinstimmungszeichen entsprechend Spalte 2 der Tabelle gekennzeichnet sein müssen.

Als Übereinstimmungszeichen gilt z.B. die Angabe "Entspricht BGV D12" oder auch "Entspricht VBG 49" aus der Zeit vor der Neuordnung des berufsgenossenschaftlichen Regelwerkes.

Die europäischen Sicherheitsnormen für Schleifwerkzeuge fordern ebenfalls ein entsprechendes Zeichen und zwar die Angabe der Nummer der betreffenden Norm, z.B. EN 12413, wenn es sich um gebundene Schleifkörper handelt. Auch diese Angabe ist als Bestätigung der Übereinstimmung im Sinne der BGV D12 zu verstehen.

Für den Verwender ist wichtig, dass er nur Schleifwerkzeuge mit einer entsprechenden Kennzeichnungsangabe beschafft und verwendet. Denn die Angabe ist für ihn die Bestätigung, mit der der Hersteller eindeutig zum Ausdruck bringt, dass die Werkzeuge die Anforderungen der Vorschrift erfüllen.

Nicht zulässig ist die Kennzeichnung von Schleifwerkzeugen mit dem CE-Zeichen. Voraussetzung dafür wäre, dass Schleifwerkzeuge in einer europäischen Richtlinie geregelt wären, was aber nicht der Fall ist.

Für Schleifwerkzeuge mit einer Arbeitshöchstgeschwindigkeit  $v_{zul} \geq 50$  m/s sind – von Ausnahmen abgesehen – Farbstreifen Bestandteil der Kennzeichnung. Sie dienen der leichteren Identifikation der verschiedenen Arbeitshöchstgeschwindigkeiten (Bild 4-2).

<sup>1</sup> nur bei gewickelten Schleifkörpern

**Bild 4-2: Farbkennzeichnung für Schleifscheiben**

Arbeitshöchstgeschwindigkeit in m/s	Anzahl und Kennfarbe
50	1 x blau
63	1 x gelb
80	1 x rot
100	1 x grün
125	1 x blau 1 x gelb
140	1 x blau 1 x rot
160	1 x blau 1 x grün
180	1 x gelb 1 x rot
200	1 x gelb 1 x grün
225	1 x rot 1 x grün
250	2 x blau
280	2 x gelb
320	2 x rot
360 nn	2 x grün

Die Angabe der Nennmaße (Spalte 6 in Bild 4-1) erfolgt bei Schleifscheiben in der Reihenfolge: Außendurchmesser D × Breite T × Bohrungsdurchmesser H gemäß DIN ISO 525.

Von besonderer Bedeutung für die bestimmungsgemäße und damit sichere Verwendung von Schleifwerkzeugen ist die Angabe und Beachtung von Verwendungseinschränkungen.

Entsprechende Angaben sind erforderlich, wenn Schleifwerkzeuge nicht für alle Einsatzzwecke geeignet sind. Selbstverständlich muss die Kennzeichnung entsprechende Hinweise enthalten.

Typische Verwendungseinschränkungen (abgekürzt VE und Nr.) sind z.B.:

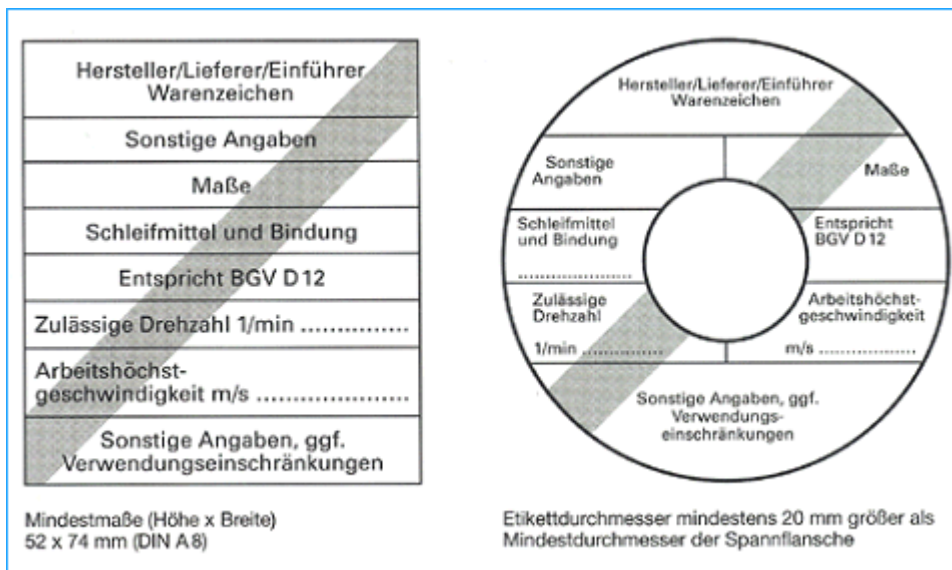
- VE 1: nicht zulässig für Freihand- und handgeführtes Schleifen,
- VE 2: nicht zulässig für Freihandtrennschleifen,
- VE 3: nicht zulässig für Nassschleifen,
- VE 4: zulässig nur für geschlossenen Arbeitsbereich,
- VE 5: nicht zulässig ohne Absaugung,
- VE 6: nicht zulässig für Seitenschleifen,
- VE 7: nicht zulässig für Freihandschleifen,
- VE 8: nicht zulässig ohne Stützteller,
- VE 10: nicht zulässig für Trockenschleifen.

## 4.2 Durchführung und Anbringung

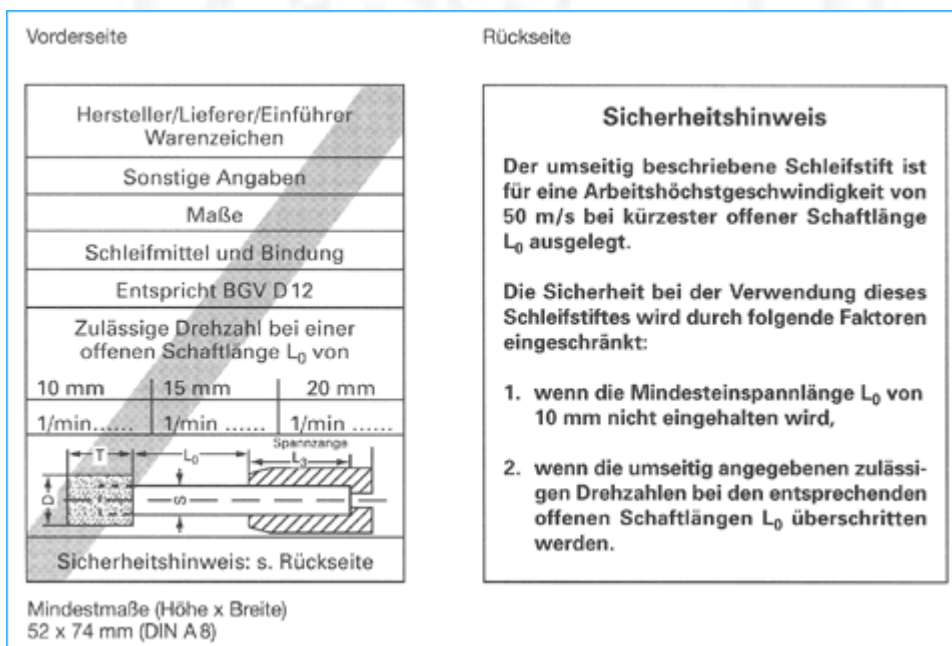
Die Angabe der Kenndaten erfolgt üblicherweise auf Etiketten oder durch Aufschablonieren oder Aufdrucken auf das Schleifwerkzeug selbst; bei Schleifwerkzeugen mit metallischem Grundkörper auch durch Eingravieren, Ätzen oder andere geeignete Verfahren. Die Etiketten werden auf das Werkzeug geklebt, so dass sie damit fest verbunden sind.

Bei Schleifkörpern mit kleinem Außendurchmesser ( $D \leq 80 \text{ mm}$ ) und Vulkanfiberschleifscheiben mit  $D \leq 235 \text{ mm}$  reicht es aus, wenn Etiketten der Verpackungseinheit beigegeben werden.

Bild 4-3 und Bild 4-4 zeigen Beispiele für die Gestaltung von Etiketten.



**Bild 4-3: Etikettenbeispiele für Schleifwerkzeuge (z.B. nach Bild 4-1 lfd. Nr. 1)**



**Bild 4-4: Beispiel eines Etiketts für Schleifstifte mit einer Arbeitshöchstgeschwindigkeit  $v_{zul} = 50 \text{ m/s}$**

## 5 Lagerung und Transport

Eine Besonderheit von Schleifwerkzeugen besteht darin, dass sie durch ungünstige Umgebungsbedingungen bei der Lagerung und unsachgemäßem Transport Veränderungen erfahren können, die ihre Festigkeitseigenschaften herabsetzen, sodass die Sicherheit nicht mehr gewährleistet ist. Den Lagerungsbedingungen und dem Transport beim Verwender ist daher besondere Aufmerksamkeit zu widmen, um spätere Schleifwerkzeugbrüche nicht vorzuprogrammieren.

Hinsichtlich der Umgebungsbedingungen sollten trockene und gleichmäßig temperierte, frostfreie Räume ausgewählt werden. Dadurch wird eine Feuchtigkeitsaufnahme vermieden. Die Einhaltung gleich bleibender Temperaturen verhindert die Ausbildung von Spannungsrissen durch ungleichmäßige Erwärmung oder Abkühlung. Aus diesem Grunde sollten Schleifwerkzeuge bei der Lagerung auch vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt werden. Insbesondere bei kunstharzgebundenen Werkzeugen kann durch ungünstige Umgebungsbedingungen während der Lagerung der Alterungsvorgang beschleunigt werden. Hinsichtlich der Feuchtigkeitsaufnahme reagieren Schleifkörper mit Magnesitbindung besonders empfindlich.

Schleifkörper sollten auf einer ebenen Fläche liegend, z.B. in Regalen, aufbewahrt werden oder besonders große Schleifkörper stehend in Gestellen (Bild 5-1). Dabei ist darauf zu achten, dass eine Durchbiegung der Schleifkörper vermieden wird und dass bei übereinander abgelegten Schleifkörpern der Druck für die untersten Schichten nicht zu groß wird. In beiden Fällen können gefährliche Anrisse die Folge sein.

Daraus folgt, dass die Unterlage eine ausreichende Steifigkeit besitzen muss, um eine Durchbiegung zu verhindern und dass bei übereinander gelagerten Schleifkörpern die Stapelhöhe zu begrenzen ist.

Es empfiehlt sich eine nach Schleifwerkzeugtypen geordnete, übersichtliche Lagerung, sodass eine Entnahme ohne Umsetzen leicht möglich ist. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass die Entnahme in der Reihenfolge der Anlieferung vorzunehmen ist (first in – first out).

Beim Transport der Schleifwerkzeuge, z.B. zwischen Lager, Werkzeugvorbereitung und Maschine, besteht die Gefahr mechanischer Beschädigungen z.B. durch Anstoßen, Erschütterungen oder Herabfallen, ebenfalls mit der Folge von Anrissen. Dies gilt natürlich insbesondere für große und schwere Schleifkörper, die nicht mehr von Hand transportiert werden können. Für diese Fälle sind geeignete Transportmittel zur Verfügung zu stellen und zu verwenden. Dazu gehören auch geeignete Aufnahmevorrichtungen für den Transport mittels Kran (Bild 5-2 und Bild 5-3).

Diese vermeintlich leichte Transportaufgabe darf keinesfalls unterschätzt werden. Das mit diesen Aufgaben betraute Personal muss in der sachgerechten Handhabung der Schleifwerkzeuge unterwiesen sein. Mangelnder Sachverstand oder Leichtsinn können schwerwiegende Folgen haben, zumal die dabei auftretenden Schädigungen des Schleifkörpers nicht unbedingt offensichtlich zu sein brauchen. Sträflicher Leichtsinn ist es, Schleifkörper auf dem Fußboden z.B. an die Maschine zu rollen.



**Bild 5-1: Lagerung von Schleifkörpern in Regalen**



**Bild 5-2: Handkarren und Lastaufnahmeeinrichtung am Kran zum Transport großer Schleifscheiben**



**Bild 5-3: Aufsetzen einer Schleifscheibe auf die Maschinenspindel mittels Lastaufnahmeeinrichtung am Kran**

## 6 Befestigen auf der Schleifmaschine

### 6.1 Qualifikation des Personals

Eine sachgemäße Vorgehensweise bei der Befestigung der Schleifwerkzeuge auf der Maschine ist von großer Bedeutung für den sicheren Betrieb. Die Unfallerfahrung zeigt, dass dabei – entweder leichtfertig oder aus Unkenntnis – oftmals nicht mit der erforderlichen Sorgfalt vorgegangen wird. Schleifscheibenbrüche sind die unausweichliche Folge, und meist hängt es nur von den zufälligen Umständen ab, welches Schadensausmaß der Bruch für Personen und Maschine zur Folge hat.

Aus diesem Grunde darf das Befestigen von Schleifwerkzeugen nur von unterwiesenen Personen vorgenommen werden, die über das erforderliche Fachwissen verfügen und diese Aufgabe verantwortungsbewusst ausführen.

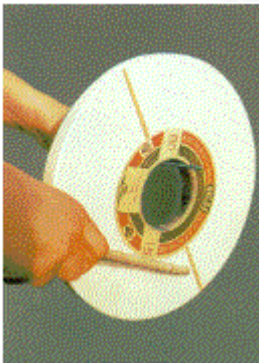
### 6.2 Überprüfung der Schleifwerkzeuge

Vor dem Befestigen der Schleifkörper müssen diese einer Sichtprüfung auf erkennbare Mängel, wie Risse, Ausbrüche oder sonstige Veränderungen im äußeren Erscheinungsbild, unterzogen werden.

Bei Schleifkörpern mit keramischer Bindung hat es sich als zweckmäßig erwiesen, vor dem Befestigen eine Klangprobe durchzuführen (Bild 6-1). Sie dient ebenfalls zum Erkennen von Anrissen.

Dazu werden kleinere Schleifkörper mit der Bohrung auf einen Dorn gesteckt, größere und schwere Schleifkörper auf festen Boden gestellt. Mit einem nicht metallischen Gegenstand, z.B. Hartholz, wird der Schleifkörper an mehreren Punkten abgeklopft. Eine unbeschädigte Schleifscheibe gibt einen klaren, eine beschädigte einen dumpfen oder scheppernden Klang.

Die Anwendbarkeit dieses Verfahrens beschränkt sich auf Schleifscheiben. Auf keramisch gebundene Schleifkörper anderer Formen, z.B. Schleifstifte, Schleifkegel, Schleifsegmente und verklebte oder verschraubte Schleifkörper, ist es nicht anwendbar.



**Bild 6-1: Klangprobe an keramisch gebundenem Schleifkörper**

## 6.3 Aufspannen

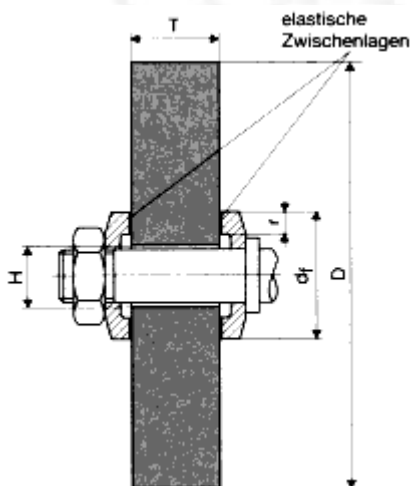
Für das Befestigen von Schleifkörpern ist je nach Maschinen- und Schleifart sowie Schleifkörperform zwischen verschiedenen Aufspannarten zu unterscheiden. Die häufigsten Aufspannarten sind die Aufnahme mittels Spannflansch in der zentralen Bohrung und die Aufnahme mittels in das Werkzeug eingelassener Befestigungselemente. Weitere Befestigungsarten sind das Einspannen von Schleifsegmenten in einen Spannkopf und das Verbinden von Schleifkörper und Maschine mittels Tragscheiben.

### 6.3.1 Aufnahme mittels Spannflansche

Bei der Aufnahme von Schleifkörpern in der zentralen Bohrung ist zunächst darauf zu achten, dass sich der Schleifkörper leicht auf die Spindel schieben lässt. Als konstruktive Voraussetzung dafür haben Schleifkörperbohrungen Plus toleranzen und die Schleifspindeldurchmesser Minustoleranzen. Auf jeden Fall ist ein Presssitz zu vermeiden, weil dadurch bereits unzulässig hohe Spannungen im Bohrungsbereich verursacht werden könnten. Das bedeutet auch, dass das Auftreiben der Scheibe auf die Spindel mittels Werkzeuge nicht sachgerecht und somit unzulässig ist.

Für das Spannen des Schleifkörpers kommen verschiedene Spannflanscharten zum Einsatz. Beispielhaft erwähnt seien hier nur hinterdrehte Flansche (Bild 6-2), Aufnahme flansche (Bild 6-3) und die Spannflansche mit Flanschmutter für Schleifscheiben mit Bohrungsdurchmesser  $H = 22,23$  mm zum Einsatz auf Winkelschleifern (Bild 6-4).

**Bild 6-2: Hinterdrehter Spannflansch zum Aufspannen von Schleifscheiben kleiner Bohrung ( $H \leq 0,2 D$ )**



$r$  = Höhe der ringförmigen Anlagefläche des Spannflansches

$D$  = Außendurchmesser der Schleifscheibe

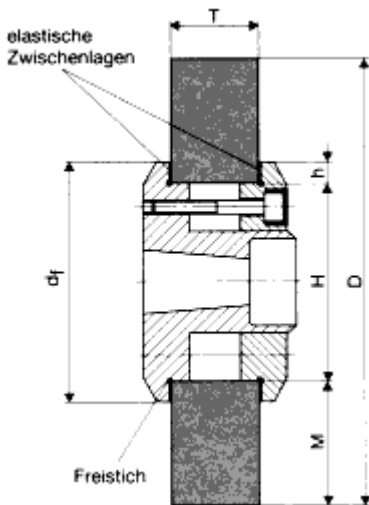
$H$  = Bohrungsdurchmesser der Schleifscheibe

$T$  = Breite der Schleifscheibe

$d_f$  = Außendurchmesser der Spannflansche

$$\begin{aligned}d_f &\geq 0,33 D \\ r &= 1/6 d_f\end{aligned}$$

**Bild 6-3: Aufnahme­flansch zum Aufspannen von Schleifscheiben mit großer Bohrung ( $H > 0,2 D$ )**



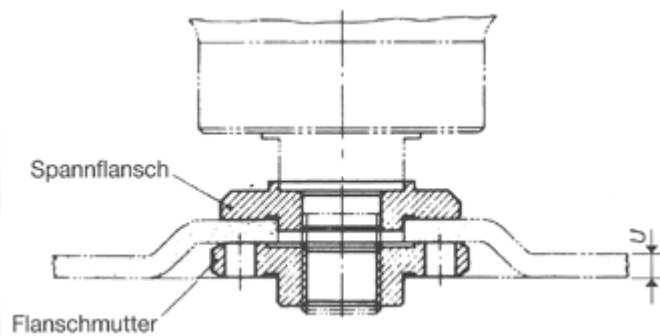
- D = Außendurchmesser der Schleifscheibe
- H = Bohrungsdurchmesser der Schleifscheibe
- T = Breite der Schleifscheibe
- $d_f$  = Außendurchmesser der Spannflansche
- h = Höhe der von den Spannflanschen überdeckten Schleifkörper­ringfläche
- M = Höhe der Rindfläche von Schleifscheiben

$$d_f \geq H + 2 (0,17 \cdot M)$$

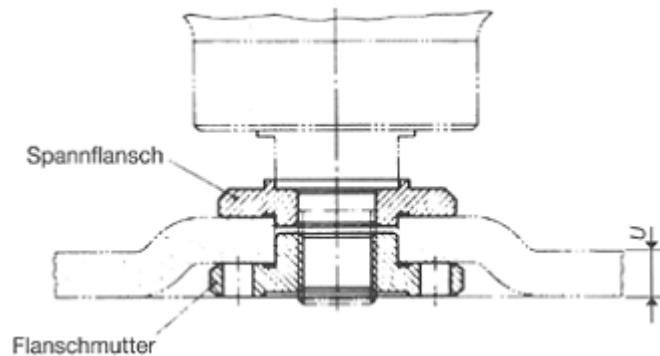
$$h \geq 1/6 M$$

**Bild 6-4: Aufspannen von Schleifscheiben auf Handmaschinen mit Flanschen nach DIN 44716**

- A.** Für gekröpften Schleifscheiben nach DIN ISO 603-14 mit Breite  $U = 4$  und  $6$  mm und gerade (bis  $D = 230$  mm) sowie gekröpften Trennschleifscheiben nach DIN ISO 603-16. Die mögliche einspannbare Schleifscheibenbreite geht von  $b = 1,2$  bis max.  $7,5$  mm.



- B.** Für gekröpften Schleifscheiben nach DIN ISO 603-14 mit Breite  $U = 8$  und  $10$  mm. Die mögliche einspannbare Schleifscheibenbreite geht von  $U = 7,5$  bis max.  $11$  mm.



Beim Aufspannen mittels Flansche wird der Schleifkörper kraftschlüssig zwischen den beiden Flanschhälften gehalten. Die Einspannkraft ist so zu wählen, dass der Schleifkörper einerseits auch bei größtmöglicher Betriebsbeanspruchung nicht zwischen den Flanschen rutscht und andererseits eine Schädigung durch zu hohe Flächenpressungen vermieden wird.

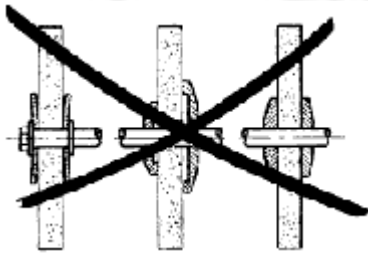
Grundsätzlich dürfen nur im Außendurchmesser gleich große und auf der Anlageseite gleich geformte Spannflansche verwendet werden, um Biegespannungen im Schleifkörper zu vermeiden. Flansche müssen eine Hinterdrehung oder einen Freistich aufweisen, sodass sich eine ringförmige Anlagefläche ergibt, die den Randbereich der Innenbohrung des Schleifkörpers frei lässt. Dies ist wichtig, um hohe Flächenpressungen am Rand der Bohrung zu vermeiden.

In ähnlicher Weise ist bei ausgesparten Schleifkörpern und Schleiftöpfen darauf zu achten, dass der Flanschaußendurchmesser nicht in den Radiusbereich der Aussparung hineinreicht.

Natürlich müssen Spannflansche über ebene (plane) Anlageflächen verfügen und dürfen auf der Anlageseite keinen Grat aufweisen.

Die konstruktive Gestaltung und die Werkstoffqualität müssen eine ausreichende Steifigkeit gewährleisten.

Bei geraden Schleifscheiben müssen die Anlageflächen im gespannten Zustand parallel zueinander verlaufen (Bild 6-5).



**Bild 6-5: Falsche Gestaltung von Spannflanschen**

Die Auswahl geeigneter Spannflansche in Abhängigkeit von Maschinenart und Schleifkörper kann anhand Bild 6-6 erfolgen.

**Bild 6-6: Spannflanschdurchmesser in Abhängigkeit von Schleifkörperform, Schleifkörpermaßen, Schleifkörperbindung und Maschinenart**

Maschinenart	Schleifkörper			Arbeits- höchstge- schwindigkeit	Außendurch- messer der Spannflansche
	Benennung	Maße in mm	Bindung	v <sub>zul</sub> in m/s	d <sub>f</sub> in mm
Ortsfeste Schleifmaschinen	Gerade Schleifscheiben, Schleifteller, Schleiftöpfe	$H \leq 0,2 \cdot D$	alle	alle	$\geq 0,33 \cdot D$
		$H > 0,2 \cdot D$			$\geq H+2 \cdot (0,17 \cdot M)$
Ortsfeste Schleifmaschinen ohne Schutzhaube	Gerade Schleifscheiben	$D \leq 400$ $T \leq 40$	alle	$\leq 40$	$\geq 0,67 \cdot D$
Handscheifmaschinen ohne Schutzhaube	Zweiseitig konische Schleifscheiben	$D \leq 200$	B	$\leq 50$	$\geq 0,5 \cdot D$ Neigung 1:16
			BF	$\leq 80$	
Handscheif- und Handtrennscheifmaschinen	Gerade und gekröpfte Schleif- und Trennscheifscheiben	$D \leq 100$	BF	$\leq 80$	19
		$100 \leq D \leq 230$			41
Ortsfeste Trennscheifmaschinen	Gerade Trennscheifscheiben	$D \leq 800$	B, BF	$\leq 63$	$\geq 0,2 D$
				80 – 100	$\geq 0,25 D$
				125	$\geq 0,33 D$
	$D > 800$	BF	$\leq 63$	$\geq 0,2 D$	
			80 – 125	$\geq 0,33 D$	
Gekröpfte Trennscheifscheiben	alle D	BF	$\leq 100$	$\geq 0,25 D$ mindestens $H + 2 \cdot (0,17 \cdot M)$	
Pendeltrennscheifmaschinen	Gerade und gekröpfte Trennscheifscheiben	$400 \leq D \leq 800$	BF	$\leq 80$	$H + 2 \cdot (0,17 \cdot M)$
Handtrennscheifmaschinen		$D = 300, 350, 400$		$\leq 100$	

D = Außendurchmesser des Schleifkörpers      M = Höhe der Ringfläche des Schleifkörpers  
H = Bohrungsdurchmesser des Schleifkörpers      B = Kunstharzbindung  
T = Breite des Schleifkörpers      BF = Kunstharzbindung, faserstoffverstärkt

Bei der Befestigung von Schleifkörpern mit Spannflanschen müssen Zwischenlagen verwendet werden. Sie bestehen aus weichen oder elastischen Werkstoffen, z.B. weicher Pappe, Filz, Leder, Gummi oder Kunststoff, und werden zwischen Schleifkörper und Spannflansche gelegt. Es ist darauf zu achten, dass ihre Abmessungen mindestens denen der ringförmigen Anlagefläche der Flansche entsprechen. Sie haben den Zweck

- Formabweichungen zwischen Spannflansch und Schleifkörper im Bereich der Anlageflächen auszugleichen,
- den Reibwert zwischen Spannflansch und Schleifkörper zu vergrößern und
- die Spannkraft über die Anlagefläche der Spannflansche gleichmäßig auf den Schleifkörper zu übertragen.

Üblich ist es, dass die zur Kennzeichnung verwendeten ringförmigen Aufkleber aus Pappe die Funktion der Zwischenlage übernehmen. Werden mehrere Schleifkörper mit Distanzstücken zu einem Satz zusammengespannt, müssen Zwischenlagen jeweils zwischen Schleifkörper und Distanzstücke gelegt werden.

Für den Nassschliff sind Zwischenlagen aus Pappe ungeeignet. Sie neigen zum Auswaschen oder Aufquellen. Für diese Anwendungsfälle sollten Kunststoffzwischenlagen verwendet werden.

Allerdings gibt es auch Ausnahmen für die Verwendung von Zwischenlagen. Sie sind u.a. nicht erforderlich für die Befestigung von gekröpften Schruppschleifscheiben und faserstoffverstärkten geraden und gekröpften Trennschleifscheiben auf Handschleifmaschinen.

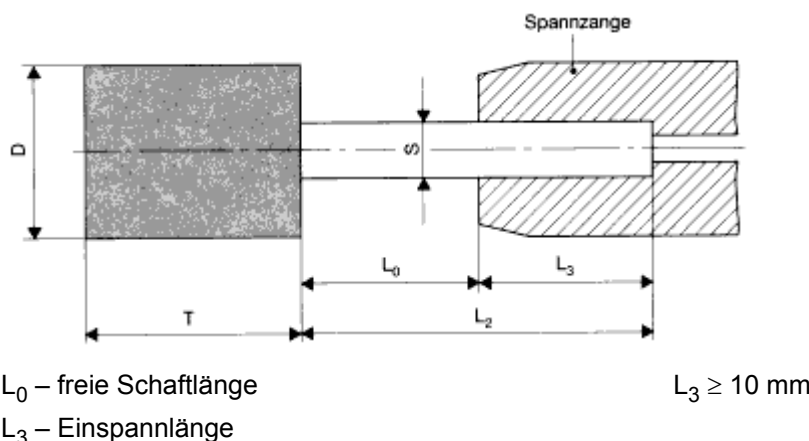
Für das Aufspannen von Schleifkörpern auf Handmaschinen mittels Flansche sollten zugehörige und unverschlossene Werkzeuge, wie Maulschlüssel und Zweilochmutterdreher, benutzt werden. Verschlossene Werkzeuge und Flanschmutter verhindern das Aufbringen ausreichender Spannkraft.

Neuere Handmaschinen verfügen zum Teil bereits über Schnellspanneinrichtungen, bei denen keine Hilfswerkzeuge benötigt werden und die optimale Spannkraft selbsttätig eingestellt wird. Diese Einrichtungen ermöglichen ein sehr einfaches und schnelles Aufspannen und Lösen. Für ihre sachgerechte Handhabung sind die Herstellerangaben in der Betriebsanleitung zu beachten.

### 6.3.2 Aufnahme mittels in das Werkzeug eingelassener Befestigungselemente

Dies ist eine typische Befestigungsart z.B. für Schleifstifte und Schleifkegel. Entweder verfügen sie über einen Gewindeeinsatz, in den ein Stützflansch mit Gewindezapfen und Schaft eingedreht wird oder über einen eingelassenen Stahlschaft. Der Schaft wird auf Handmaschinen üblicherweise in einer Spannzange befestigt.

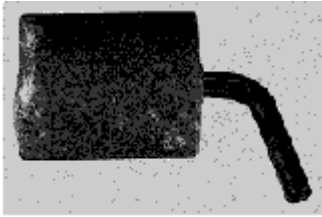
Bei dieser Befestigungsart müssen Stahlschaftdurchmesser und der Spannbereich der Zange aufeinander abgestimmt sein, um ein sicheres Spannen des Werkzeugs zu gewährleisten. Zu beachten ist, dass die Mindesteinspannlänge  $L_3$  des Schaftes von 10 mm nicht unterschritten wird und dass die zulässige Höchstdrehzahl von der offenen Schaftlänge  $L_0$  zwischen Spannzange und Schleifstift abhängt. Dazu sind unbedingt die Angaben des Maschinen- und Schleifwerkzeugherstellers zu beachten (Bild 6-7).



**Bild 6-7: Befestigen eines Schleifwerkzeugs mit Schaft mittels Spannzange**

Letzteres gilt in gleicher Weise für alle Schleifwerkzeuge, die über den Schaft in Spannzangen befestigt werden. Dazu gehören auch Lamellenschleifstifte, Vulkanfiberschleifscheiben mit Stützteller und Bürstwerkzeuge. Auch hier ist für das Aufbringen ausreichender Spannkkräfte die Verwendung geeigneter, unverschlissener Werkzeuge eine wichtige Voraussetzung.

Bei abgerundeten Schlüsselflächen der Spannzange, verursacht durch überrutschende Werkzeuge, ist ein sicheres Spannen nicht möglich. Die Folge solcher unfachmännischen Arbeitsweise sind oft schwere Unfälle durch abknickende Schäfte und wegfliegende Schleifwerkzeuge (Bild 6-8).



**Bild 6-8: Abgknickter Schaft eines Schleifstiftes**

## 6.4 Probelauf

Nach der Befestigung auf der Maschine ist das Schleifwerkzeug einem Probelauf zu unterziehen. Er dient der "Prüfung" des Schleifwerkzeugs und dessen Befestigung. Damit soll vor der endgültigen Inbetriebnahme festgestellt werden, ob das Werkzeug evtl. Schäden aufweist, die bisher nicht erkannt oder durch das Aufspannen verursacht wurden und die bereits bei alleiniger Fliehkraftbeanspruchung (ohne Betriebsbeanspruchung) zum Bruch des Werkzeugs führen.

Der Probelauf muss mit der auf der Schleifmaschine angegebenen Drehzahl (Betriebsdrehzahl) durchgeführt werden. Dabei darf natürlich nicht die Arbeitshöchstgeschwindigkeit bzw. die zulässige Drehzahl des Schleifwerkzeugs überschritten werden. Hat die Maschine einen drehzahlregelbaren Antrieb, muss der Probelauf mit der höchsten Drehzahl, für die das Werkzeug zugelassen ist (zulässige Drehzahl), durchgeführt werden.

Die Dauer des Probelaufs muss mindestens betragen:

- **1 Minute** bei Schleifkörpern auf ortsfesten Schleifmaschinen,
- **30 Sekunden** bei Schleifkörpern auf Handschleifmaschinen,
- **15 Minuten** bei Schleifkörpern in Magnesitbindung mit einem Außendurchmesser  $D > 1000$  mm auf ortsfesten Schleifmaschinen.

Da bei der Durchführung des Probelaufs mit einem Schleifscheibenbruch gerechnet werden muss, sind dafür Schutzvorrichtungen zu benutzen. Schutzhaube, Verkleidungen und Kapselungen sind in Schutzstellung zu bringen und der Gefahrenbereich ggf. durch zusätzliche Maßnahmen, wie Stellwände, Auffangeinrichtungen und Absperrungen, zu sichern. Für Probelläufe auf Handmaschinen hat sich die Verwendung geeigneter Vorrichtungen, die den Schleifkörper allseitig umschließen, bewährt.

An Schleifwerkzeugen mit einem Außendurchmesser  $D \leq 80$  mm ist der Probelauf nicht erforderlich.

## 6.5 Abrichten

Schleifkörper und Polierscheiben müssen nach dem Aufspannen und in regelmäßigen Abständen abgerichtet werden. Der Abrichtvorgang dient der Erzielung eines einwandfreien Rundlaufs und zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Schleifwirkung ("Schärfen"). Die Ursachen für Rundlaufungenauigkeiten liegen im Allgemeinen in einer gefüge- und formbedingten Unwucht und in ungleichmäßiger Abnutzung des Schleifkörpers.

Für den Abrichtvorgang müssen geeignete und sichere Werkzeuge, wie Abziehsteine, Abrichtrollen oder Diamantabrichter, verwendet werden. Bei ihrem Einsatz ist zu beachten, dass die Zustellung nicht zu groß und die Abnahme von Schleifkorn nicht zu grob eingestellt sind. Es bedarf keiner besonderen Erwähnung, dass sich während des Abrichtvorgangs die Schutzeinrichtungen in Schutzstellung befinden müssen.

## 7 Betreiben von Schleifwerkzeugen

### 7.1 Bestimmungsgemäße Verwendung und Anwendungshinweise

Das sichere Betreiben von Schleifwerkzeugen setzt voraus, dass dem Verwender stets die Besonderheiten dieses Werkzeuges, auch im Vergleich mit anderen Maschinenwerkzeugen, gegenwärtig ist. Werden die vorgenannten Eigenschaften und Anforderungen berücksichtigt, ist auch mit diesen Werkzeugen ein sicheres Arbeiten möglich.

Neben der Einhaltung der Arbeitshöchstgeschwindigkeit bzw. der zulässigen Drehzahl und der erforderlichen Einspannlänge bei Werkzeugen mit Schaft ist die Beachtung von Verwendungseinschränkungen von besonderer Bedeutung. Das Unfallgeschehen lässt vermuten, dass bei deren Missachtung, auch hier wieder insbesondere beim Betrieb von Handmaschinen, eine verbreitete Unfallursache zu sehen ist. Als Beispiel ist die Ausführung von Schrupparbeiten mit Trennschleifscheiben anzusehen, obwohl sie mit der Verwendungseinschränkung "Nicht zulässig für Seitenschleifen" versehen sind.

Bereits aus der vergleichsweise geringen Dicke von Trennschleifscheiben ist eigentlich offensichtlich, dass deren Seitenbelastbarkeit enge Grenzen gesetzt sind. Die Durchführung von Schrupparbeiten ist daher eine unsachgemäße Verwendung, die natürlich ein hohes Unfallrisiko mit sich bringt. Bei dem Trend, zunehmend dünnere Trennscheiben einzusetzen, z.B. bei der Blechbearbeitung, wird der verantwortliche Umgang des Verwenders von immer ausschlaggebender Bedeutung für ein unfallfreies Arbeiten.

Jedoch müssen auch die zusätzlich vom Hersteller gegebenen Anwendungs- und Handhabungshinweise beachtet werden. Sie haben einerseits praktische Bedeutung, u.a. um ein vernünftiges Schleifergebnis zu erzielen. Andererseits hat deren Beachtung indirekt auch mit der sicheren Handhabung zu tun.

Bei gebundenen Schleifscheiben für Handmaschinen gibt der Hersteller z.B. an, für welche Materialien sie geeignet sind. Gewöhnlich wird unterschieden zwischen Schleifscheiben zum Bearbeiten von Stein und Metall. Für die Metallbearbeitung werden üblicherweise Scheiben mit Korund als Schleifmittel verwendet. Für die Steinbearbeitung kommen dagegen Scheiben mit Siliciumkarbid zur Anwendung.

Für die Steinbearbeitung mit Handschleifmaschinen werden heutzutage meist Diamanttrennscheiben eingesetzt. Bei deren Befestigung auf der Schleifspindel ist unbedingt auf die auf der Schleifscheibe durch einen Pfeil angegebene Drehrichtung zu beachten. Dies hat den praktischen Hintergrund, dass bei der Herstellung der Scheibe das Schleifkorn durch einen "Schärfvorgang" einseitig freigelegt wird. Bei Umkehr der Drehrichtung bzw. bei Nichtbeachtung des Drehrichtungspfeiles bei der Montage, schneidet die Scheibe folglich entsprechend schlecht. Zur Erhaltung der Schneidfähigkeit muss die Scheibe ggf. nachgeschärft oder freigeschliffen werden. Auch hierzu gibt der Hersteller meist praktische Hinweise.

Die Nichtbeachtung dieser Zusammenhänge bzw. der entsprechenden Herstellerhinweise hat oft ein unsachgemäßes Handling zur Folge. Das Werkzeug wird mit unnötig hohem Kraftaufwand gegen das Werkstück gedrückt, wobei die Gefahr des Verkantens oder Abrutschens steigt. Außerdem können hohe Kräfte zum Versagen des Schleifwerkzeuges oder dessen Überhitzung führen. Die Folgen können ein Bruch des Werkzeuges oder ein Ablösen des Schleifbelages sein (Bild 7-1 und Bild 7-2).

Bei den Diamanttrennscheiben führt die Entwicklung zu immer spezielleren Scheiben mit entsprechend eingeschränktem Anwendungsbereich, um optimale Schleifeigenschaften zu erzielen. Insofern ist die richtige Auswahl daher sowohl für das Schleifergebnis, aber auch für die Sicherheit, von entscheidender Bedeutung.



**Bild 7-1: Schruppschleifscheibe mit Ausbrüchen an der Umfangs- und Seitenfläche durch unsachgemäße Verwendung**



**Bild 7-2: Diamanttrennscheibe mit abgerissenem Schleifsegment**

## 7.2 Veränderungen am Schleifwerkzeug

Veränderungen an Schleifwerkzeugen können aufgrund unterschiedlicher Ursachen entstehen bzw. herbeigeführt werden.

Grundsätzlich verboten ist das bewusste Verändern von Schleifwerkzeugen durch den Betreiber, z.B. durch Behauen, Vergrößern von Bohrungen und Verkleinern von Bohrungen durch Ausgießen sowie das Ausstanzen gebrauchter Trenn- und Vulkanfiberschleifscheiben.

Treten betriebsmäßig bedingt Ausbrüche auf, z.B. an Trennschleifscheiben, sind die Scheiben außer Betrieb zu nehmen.

An kunstharzgebundenen Schleifkörpern können auch Veränderungen durch die Einwirkung von Kühlschmierstoff entstehen. Sie äußern sich in einem Festigkeitsabfall und einer Volumenzunahme. Letzteres verursacht in der Schleifscheibe im eingespannten Zustand erhebliche Druckspannungen, die in Verbindung mit den beim Schleifen auftretenden Betriebsbeanspruchungen und der verringerten Werkstofffestigkeit zur Bildung von Rissen und sogar zu Schleifscheibenbrüchen führen können.

Um dies zu verhindern, sollte eine regelmäßige Kontrolle des Kühlschmierstoffs stattfinden. Ein pH-Wert von 10 und eine Temperatur von 35 °C sollten nicht überschritten werden.

Beim Nassschleifen mit Schleifkörpern aus gebundenem Schleifmittel muss bei Stillstandszeiten eine Aufnahme von Kühlschmierstoff in den Schleifkörper verhindert werden. Nach Beendigung des Schleifvorgangs muss die Kühlmittelzufuhr abgestellt und der Schleifkörper so lange weiterbetrieben werden, bis kein Kühlmittel mehr aus dem Schleifkörper ausgeschleudert wird. Dadurch wird die Bildung eines "Wassersackes" vermieden, der beim Wiederanlauf des Schleifkörpers eine erhebliche Unwucht bilden würde, die zum Schleifkörperbruch führen könnte.

## 8 Anforderungen an Schleifmaschinen

### 8.1 Allgemeines

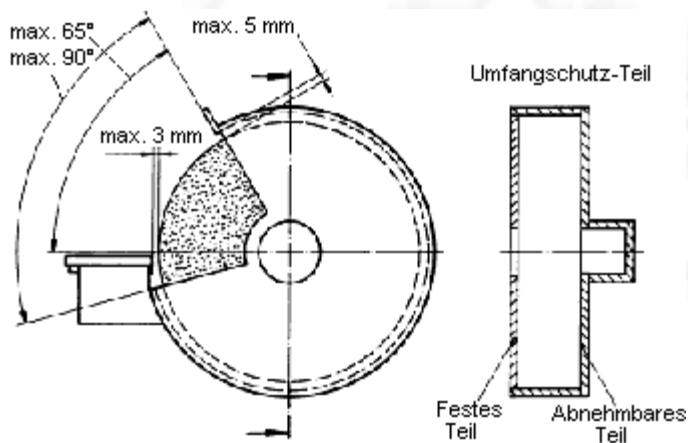
Es wurde eingangs schon darauf hingewiesen, dass Schleifmaschinen, die nach dem 31.12.1994 in den Verkehr gebracht wurden, den grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der Maschinenrichtlinie entsprechen müssen. Für jede Maschine muss eine Konformitätserklärung gemäß Anhang II A der Maschinenrichtlinie vorliegen, in der der Hersteller die Übereinstimmung der Maschine mit diesen Anforderungen – und sofern weitere Richtlinien auf die betreffende Maschine anzuwenden sind, auch mit deren Anforderungen – erklärt. Als äußeres Zeichen dieser Übereinstimmung muss an der Maschine die CE-Kennzeichnung angebracht sein.

Außer mit dem CE-Zeichen kann die Maschine aber auch mit dem GS-Zeichen (Geprüfte Sicherheit) versehen sein. Das bedeutet, dass die Maschine von einer akkreditierten Prüf- und Zertifizierungsstelle – statt ausschließlich durch den Hersteller selbst – auf Übereinstimmung mit den Anforderungen geprüft wurde. Wer ganz sicher sein will, eine "sichere" Maschine zu erwerben, achtet auf ein solches Prüfzeichen einer unabhängigen Stelle.

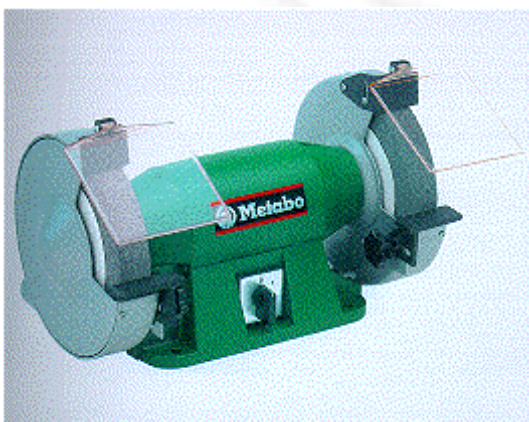
Letzteres ist von besonderer Bedeutung, da es zwischenzeitlich eine Vielzahl harmonisierter europäischer Normen gibt, die Beschaffenheitsanforderungen an Maschinen enthalten und natürlich vom Maschinenhersteller berücksichtigt werden müssen. Andererseits fehlen häufig noch so genannte C-Normen, die die Anforderungen der Richtlinie(n) konkret für die jeweilige Maschine umsetzen. In diesen Fällen sind dann teilweise auch noch nationale Regelungen heranzuziehen. Dadurch ergeben sich häufig Fragestellungen, für deren Klärung die Zusammenarbeit mit einer unabhängigen Stelle sehr hilfreich sein kann.

## 8.2 Schutzmaßnahmen gegen mechanische Gefahren

Die für Schleifmaschinen charakteristischste mechanische Gefährdung ist natürlich diejenige, die durch den Bruch eines Schleifkörpers entstehen kann. Schleifmaschinen müssen daher grundsätzlich mit Schutzhauben (Bild 8-1) ausgerüstet sein, die den hauptsächlichen Zweck haben, die dabei auftretenden Bruchstücke sicher aufzufangen und in für Personen ungefährliche Bereiche abzuleiten. Daneben dienen sie natürlich auch als Berührungsschutz (Bild 8-2).



**Bild 8-1:** Prinzipskizze einer Schutzhaube für Ständerschleifmaschinen für das Umfangschleifen mit  $v_{zul} \leq 50$  m/s



**Bild 8-2:** Tischschleifmaschine mit nachstellbarer Schutzhaube und Werkstückauflage

### 8.2.1 Schutzhauben für stationäre Maschinen

Um Bruchstücke sicher auffangen zu können, muss die Schutzhaube den Schleifkörper allseitig umschließen, und es darf nur der für den Arbeitsvorgang benötigte Teil frei bleiben. Der zulässige Öffnungswinkel der Schutzhauben ist daher bei den verschiedenen Schleifmaschinenarten (z.B. Plan-, Ständer-, Werkzeugschleifmaschine) unterschiedlich.

An Planschleifmaschinen darf der Öffnungswinkel  $150^\circ$  nicht überschreiten. An Tisch- und Ständerschleifmaschinen ist ein Öffnungswinkel von  $90^\circ$  einzuhalten, wobei der Winkel oberhalb der Mittellinie maximal  $65^\circ$  betragen darf. Im Rahmen der europäischen Normung besteht hier allerdings die Tendenz, diesen Winkel auf maximal  $50^\circ$  zu begrenzen.

Die Schutzhauben müssen so konstruiert und gestaltet sein, dass sie die Energie der beim Schleifscheibenbruch auftretenden Bruchstücke absorbieren können. Die Wandstärken der verwendeten Werkstoffe sind daher von der Arbeitshöchstgeschwindigkeit und der Masse der zum Einsatz kommenden Schleifkörper abhängig. Natürlich muss auch die Verbindung zwischen Schutzhaube und Maschine entsprechend stabil ausgelegt sein.

Schutzhauben an Tisch- und Ständerschleifmaschinen müssen nachstellbar sein. Der Spalt zwischen Schleifkörperumfangfläche und Schutzhaube darf nicht größer als 5 mm sein. Dadurch wird verhindert, dass Bruchstücke nach vorn aus der Schutzhaube austreten können und den unmittelbar vor der Maschine im Gefahrenbereich stehenden Schleifer treffen. Die Notwendigkeit des Nachstellens muss regelmäßig überprüft werden.

Sind diese Maschinen mit einer Werkstückauflage ausgerüstet, muss diese ebenfalls nachstellbar sein. Einteilige u-förmige Auflagen sind nicht zulässig, weil sie nicht allseitig nachgestellt werden können. Natürlich muss auch hier die Nachstellung regelmäßig entsprechend der Abnutzung des Schleifkörpers durchgeführt werden, um ein Einziehen des Werkstückes zwischen Auflage und Schleifkörper zu verhindern. Die Spaltbreite darf nicht größer als 3 mm sein.

Maschinen, auf denen Schleifscheiben, Schleifringe, Schleiftöpfe und Schleifsegmente im Seitenschliff verwendet werden, müssen mit kreisförmiger und axial nachstellbarer Schutzhaube ausgerüstet sein.

Öffnungen an Schutzhauben, z.B. zum Werkzeugwechsel, dürfen sich nur mit Werkzeug öffnen lassen oder müssen über geeignete Schalter mit dem Antrieb der Schleifspindel verriegelt sein.

Bei Arbeitsgeschwindigkeiten  $v_{zul} > 50\text{m/s}$  muss die Maschine zusätzlich zur Primär-Schutzhaube über einen geschlossenen Arbeitsbereich verfügen. Dies kann eine Maschinenkapselung sein oder, bei Ständerschleifmaschinen für das Umfangschleifen, auch eine zusätzliche, im Innern der Primär-Schutzhaube angeordnete Auffangeinrichtung (Rot-Visier).

Diese verschließt im Falle eines Schleifscheibenbruchs die Arbeitsöffnung selbsttätig und verhindert dadurch das Austreten von Schleifkörperbruchstücken (Bild 8-3).



**Bild 8-3: Schutzhaube mit innen angeordneter Schutzeinrichtung (Rot-Visier) für das Umfangschleifen mit  $v_{zul} > 50$  m/s**

Auch die Kapselung (Bild 8-4) hat den Zweck, aus der Primär-Schutzhaube austretende Bruchstücke im Bearbeitungsraum zurückzuhalten, so dass sie nicht das Bedienpersonal erreichen können.



**Bild 8-4: Vollständig gekapselte CNC-Schleifmaschine**

Die dafür verwendeten Bleche und Sichtscheiben müssen hinsichtlich Werkstoff und Dimensionierung entsprechend ausgewählt sein. Als geeigneter Werkstoff für Sichtscheiben, die Bruchstücke zurückhalten müssen, ist zurzeit nur Polycarbonat bekannt, weil andere Sichtscheibenwerkstoffe kein ausreichendes Rückhaltevermögen aufweisen.

Neuere Untersuchungen haben aber gezeigt, dass auch Polycarbonatsichtscheiben unter dem Einfluss von Kühlschmierstoff und UV-Strahlen altern und dabei verspröden.

Ihr ursprüngliches Rückhaltevermögen geht dadurch zunehmend verloren. Diese Erkenntnis bedeutet, dass die Scheiben zur Aufrechterhaltung der Schutzfunktion regelmäßig ausgetauscht werden müssen. Dazu wendet sich der Maschinenbetreiber am besten an den Maschinenhersteller.

Die beweglichen Teile der Schutzeinrichtung müssen mit der Maschinensteuerung verriegelt sein, sodass die Maschine nur bei geschlossener Schutzeinrichtung betrieben werden kann. Selbstverständlich ist ein Unwirksammachen der Verriegelung strengstens verboten.

Ist in Ausnahmefällen die Schleifaufgabe bei Verwendung einer Schutzhaube nicht durchführbar, kann ohne Schutzhaube gearbeitet werden, wenn das Erreichen des Schutzzieles durch andere geeignete Maßnahmen sichergestellt ist.

Dies kann z.B. bei einer vollständig verkleideten Maschine der Fall sein, deren Verkleidung so dimensioniert ist, dass sie die zurückhaltende Wirkung der Schleifkörperschutzhaube übernimmt. Allerdings darf bei dieser Maschine in keiner Betriebsart eine Rotation des Schleifkörpers bei geöffneter trennender Schutzeinrichtung möglich sein.

Eine weitere Möglichkeit für das Schleifen ohne Schutzhaube, insbesondere für Ständerschleifmaschinen, besteht bei Einhaltung der folgenden Bedingungen:

- Schleifkörperaußendurchmesser  $D \leq 400$  mm und
- Schleifkörperbreite  $T \leq 40$  mm und
- Arbeitshöchstgeschwindigkeit  $v_{zul} \leq 40$  m/s und
- Spannflanschdurchmesser mindestens  $2/3$  des Außendurchmessers der Schleifscheibe und
- Spannen unter Verwendung von Zwischenlagen aus Gummi oder anderen Werkstoffen mit vergleichbaren Eigenschaften.

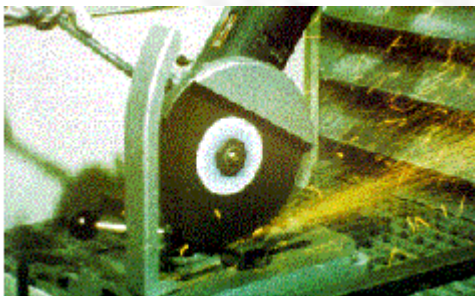
Die Zwischenlagen sind im technischen Handel erhältlich; sie sollten eine Dicke von 1 mm besitzen und eine Shore-Härte von 60 aufweisen.

### 8.2.2 Schutzhauben für Handmaschinen

Für Schutzhauben für Handmaschinen gelten grundsätzlich die gleichen Überlegungen hinsichtlich deren Gestaltung und Dimensionierung wie bei stationären Maschinen.

Für den Winkelschleifer, der am häufigsten verwendeten Handschleifmaschine, werden zwei Schutzhaubentypen vorgesehen:

- Mit einem Vorderrand von mindestens 5 mm (der Vorderrand kann entfallen bei Verwendung von Schleifkörpern mit  $D \leq 130$  mm),
- mit einem außen liegenden Segment (Bild 8-5), dessen Höhe mindestens dem 0,25-fachen des Schutzhaubendurchmessers entspricht.



**Bild 8-5: Winkelschleifer mit Schutzhaube mit außen liegendem Segment**

Die Anordnung der Schutzhaube hat stets so zu erfolgen, dass sie sich zwischen Bediener und Werkzeug befindet. Vorteilhaft sind Handmaschinen mit einer Schutzhaubenbefestigung, die zwar deren Verstellung ermöglicht, aber nicht die Demontage.

Dadurch wird dem Betreiber ein Vertauschen oder Abnehmen der Schutzhaube unmöglich gemacht, was der Sicherheit zugute kommt.

Dies gilt allerdings nur, solange auf dem Winkelschleifer Trenn- und Schruppschleifscheiben verwendet werden.

Beim Einsatz von Schleiftöpfen ist die Schutzhaube, mit der Winkelschleifer standardmäßig ausgerüstet sind, nicht geeignet. Hier ist eine Schutzhaube erforderlich, die den Schleiftopf an seinem Umfang vollständig umschließt und in axialer Richtung nachstellbar ist (Bild 8-6).



**Bild 8-6: Winkelschleifer mit axial nachstellbarer Schutzhaube für Topfschleifscheiben**

Die Hersteller von Winkelschleifern bieten entsprechende Schutzhauben u.a. als Zubehör an.

Auch auf Handmaschinen ist in Ausnahmefällen der Verzicht auf eine Schutzhaube zulässig, u.a. auf Geradschleifern bei Verwendung von zweiseitig konischen Schleifscheiben nach DIN ISO 603-12, mit Spannflanschen nach DIN 69864.

Bei dem Betrieb von Winkelschleifern ohne Schutzhaube, z.B. bei der Verwendung von runden Schleifblättern oder Vulkanfiberschleifscheiben, befinden sich die Hände in unmittelbarer Nähe zum rotierenden Werkzeug. Die Anbringung eines Berührungsschutzes, der z.B. zwischen einschraubbarem Handgriff und Maschinengehäuse befestigt wird, verhindert Handverletzungen (Bild 8-7).



**Bild 8-7: Handschutz beim Schleifen ohne Schutzhaube**

An dieser Stelle ist noch auf eine besonders unfallträchtige Unsitte beim Umgang mit Handschleifmaschinen hinzuweisen:

Das Ablegen nach dem Ausschalten mit noch nachlaufender Scheibe.

Dabei besteht die Gefahr des unkontrollierten Wegschleuderns der Maschine mit entsprechenden Folgen, wie Personen- oder Sachschäden. Zur Vermeidung dieser Gefahren muss zum Ablegen der Stillstand abgewartet werden oder es müssen geeignete Ablageeinrichtungen benutzt werden (Bild 8-8).



**Bild 8-8: Ablageeinrichtung für Winkelschleifer**

Neuere Entwicklungen haben zu elektrischen Antrieben geführt, bei denen der Motor nach dem Abschalten als Generator geschaltet wird. Dadurch wird ein Abbremsen der Schleifscheibe in weniger als 2 Sekunden erreicht. Die Verwendung derartiger Handmaschinen mit Bremseinrichtung ist praktischer, zeitsparender und sicherer.

## **9 Brand- und Explosionsgefahren**

### **9.1 Schleiffunken als Zündquellen**

Der grundlegende Vorteil von Handmaschinen ist ihre Einsatzmöglichkeit an nahezu beliebigen Orten. Diese Flexibilität macht es erforderlich, vor deren Einsatz mögliche Gefahren, die sich aus den Umgebungsbedingungen ergeben könnten, zu prüfen und gegebenenfalls zu beseitigen.

Charakteristisch für das Schleifen ist die Entstehung von Schleiffunken (Bild 9-1). Benachbarte Arbeitsbereiche sollten daher immer vor Funkenflug geschützt werden, z.B. durch Stellwände oder Vorhänge.



**Bild 9-1: Funkenflug beim Schleifen mit Handmaschine**

Brennbare und explosionsfähige Stoffe müssen vor Arbeitsbeginn aus der Arbeitsumgebung beseitigt werden. Dies betrifft u.a. Staubablagerungen, Pappe, Packmaterial, Textilien, Holz und Holzspäne, aber auch brennbare Flüssigkeiten und Gase. Beispiele für schwere Brandschäden – verursacht durch Schleiffunken – finden sich insbesondere auch in Kfz-Werkstätten, Karosseriereparaturbetrieben und Lackierereien, wo mit leicht entzündlichen Flüssigkeiten umgegangen wird.

Besondere Sicherheitsvorkehrungen sind auch bei Schleifarbeiten an oder in der Umgebung von Tanks, Fässern und Rohrleitungen erforderlich, die brennbare oder explosionsfähige Stoffe enthalten oder enthalten haben.

## 9.2 Schleifen von Leichtmetallen und deren Legierungen

Die beim Schleifen und Polieren von Aluminium, Magnesium und deren Legierungen anfallenden Stäube sind brennbar und explosionsgefährlich. Die Bearbeitung dieser Werkstoffe ist daher nur zulässig bei Anwendung besonderer Verfahren zur Staubbeseitigung. Dazu müssen die Maschinen mit entsprechenden Einrichtungen ausgerüstet sein.

Mögliche Verfahren sind:

- Nassbearbeitung,
- Trockenbearbeitung mit Nassabscheidung des Schleifstaubes durch sofortiges Benetzen (dieses Verfahren kommt insbesondere an Bandschleifmaschinen, z.B. beim Schleifen und Polieren von Armaturen und Beschlägen zur Anwendung) und
- Trockenbearbeitung mit Nassabscheidung des Schleifstaubes im Nassabscheider.

Die sichere und zuverlässige Funktion der Einrichtungen zur Staubbindung und Absaugung muss stets gewährleistet sein. Sie sind daher zu überwachen und mit dem Antrieb der Schleifspindel zu verriegeln.

In diesem Zusammenhang kommt der regelmäßigen Reinigung und Wartung dieser Einrichtungen eine besondere Bedeutung zu. Dabei müssen u.a. Staubablagerungen in der Maschine und dem Rohrleitungssystem der Absaugeinrichtung gefahrlos beseitigt werden. Sie stellen ein sehr hohes Gefährdungspotential dar, wenn sie z.B. durch Erschütterungen, beim Anlauf oder bei Instandhaltungsarbeiten aufgewirbelt und durch eine Zündquelle gezündet werden. Zündquellen jeder Art, z.B. Funken, brennende Zigaretten etc., sind unbedingt zu vermeiden.

Mangelnde Sorgfalt hinsichtlich der regelmäßigen und sachgerechten Reinigung und Wartung hat in der Vergangenheit schon zu schwersten Explosionsunfällen beim Aluminiumschleifen geführt.

Es ist auch zu beachten, dass bei der Trockenbearbeitung mit Nassabscheidung im Nassabscheider ein wechselseitiges Bearbeiten von Leichtmetallen und funkenreißenden Werkstoffen nicht zulässig ist, außer, wenn die Maschine mit getrennten Absaugsystemen ausgerüstet ist.

Die Brand- und Explosionsgefahren bei der Bearbeitung von Magnesium sind noch wesentlich höher einzuschätzen als beim Schleifen von Aluminium. Dies liegt u.a. daran, dass Magnesium insbesondere in Form von Staub ein sehr reaktionsfreudiges Metall ist, zur Selbstentzündung neigt, mit extrem hoher Temperatur verbrennt und mit Wasser unter Freisetzung von Wasserstoff reagiert, so dass sich ein explosionsfähiges Wasserstoff-Luftgemisch bilden kann (Knallgas).

Die erforderlichen Schutzmaßnahmen zur Verringerung von Brandlast, Vermeidung von explosionsfähiger Atmosphäre und zur Vermeidung von Zündquellen sowie die notwendigen Maßnahmen zur Brandbekämpfung und zur Verhinderung der Brandausbreitung müssen daher sorgfältig geplant werden.

Auf jeden Fall muss der Einsatz ungeeigneter Löschmittel wie Wasser, Löschschaum, Kohlendioxid und Stickstoff verhindert werden. Geeignet sind trockener Sand und trockene Graugussspäne, spezielle Abdecksalze und Löschpulver der Brandklasse D.

Die Bearbeitung dieser Werkstoffe erfordert insgesamt ein sehr hohes Maß an Sachkunde. Vor deren erstmaliger Bearbeitung sind daher umfassende Informationen einzuholen.

Geeignete Informationsquellen sind u.a. die BG-Regeln "Vermeidung der Gefahren von Staubbränden und Staubexplosionen beim Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium und seinen Legierungen" (BGR 109, bisher ZH 1/32) und "Umgang mit Magnesium" (BGR 204, bisher ZH 1/328).

### **9.3 Verwendung brennbarer Kühlschmierstoffe**

Bei der Verwendung nicht wassermischbarer Kühlschmierstoffe, z.B. Mineralöle, kann es zu Bränden oder Verpuffungen im Bearbeitungsbereich kommen, wenn sich dort zündfähige Luft-Öl-Gemische bilden und diese, z.B. durch einen Funken, gezündet werden. Begünstigt wird die Entstehung solcher Ölnebel durch hohe Bearbeitungsgeschwindigkeiten und hohe Kühlschmierstofftemperaturen.

Maßnahmen zur Herabsetzung der Gefährdung sind z.B.:

- geringere Bearbeitungsgeschwindigkeit,
- Verwendung von Kühlschmierstoffen mit möglichst hohem Flammpunkt,
- mengenmäßig große und gezielt auf die Bearbeitungsstelle ausgerichtete Kühlschmierstoffzufuhr,
- Überwachung der Kühlschmierstoffzufuhr,
- Installation automatischer Feuerlöscheinrichtungen in dem Bearbeitungsraum,
- Installation von Druckentlastungsklappen bei vollständig gekapselten Maschinen, um im Falle einer Verpuffung eine Druckentlastung in ungefährliche Bereiche zu gewährleisten und die Maschine stillzusetzen.

Natürlich müssen geeignete Feuerlöscheinrichtungen bereitgehalten werden, und der Schleifer muss durch Unterweisung auf mögliche Gefahren und deren Beseitigung vorbereitet sein.

Wichtig ist auch hier, auf saubere Arbeitskleidung zu achten. Ölverschmutzte Kleidung erhöht im Brandfall die Verbrennungsgeschwindigkeit, und dadurch werden die Rettungschancen erheblich herabgesetzt.

## 10 Gesundheitsgefahren

### 10.1 Gefahren durch Schleifstaub

Beim Trockenschleifen entsteht Schleifstaub, der die Atemluft des Schleifers belastet. Meist wird der Staub zum überwiegenden Teil aus Werkstoffpartikeln des zu bearbeitenden Werkstücks bestehen.

Ob von diesem Schleifstaub eine gesundheitsgefährdende Wirkung, z.B. auf Atemwege und Lunge zu erwarten ist, hängt von der Zusammensetzung des Gesamtstaubs und Einhaltung bestimmter Grenzwerte ab. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

Grundsätzlich muss angestrebt werden, die Entstehung gesundheitsgefährdender Stäube zu vermeiden, z.B. durch Anwendung von Nassverfahren. Lässt die Bearbeitungsaufgabe dies nicht zu, ist der Staub an der Entstehungsstelle abzusaugen. Reichen diese technischen Maßnahmen nicht aus oder sind nicht anwendbar, muss geeigneter Atemschutz benutzt werden.

Beim Trockenschleifen im Dauerbetrieb ist der Schleifstaub grundsätzlich abzusaugen. Enthalten die Schleifstäube krebserzeugende Stoffe, so dürfen die abgesaugten Stäube nicht in Arbeitsräume zurückgeführt werden.

Am wirkungsvollsten geschieht die Stauberfassung bei vollständig umschlossenem Arbeitsbereich (Kapselung), der an eine Absauganlage angeschlossen ist (geschlossenes System).

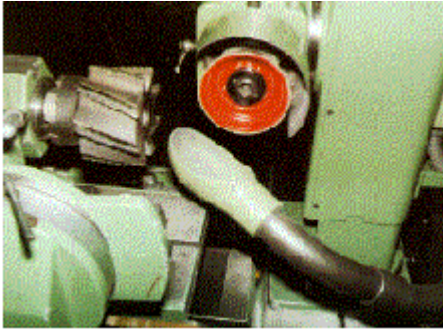
Aber auch mit halboffenen Systemen (Bild 10-1) werden gute Absaugleistungen erzielt. Darunter sind z.B. einseitig offene Kabinen zu verstehen. Sie eignen sich auch für Handschleifplätze. Ihr Vorteil besteht in der von anderen Luftströmungen weitgehend unabhängigen Luftführung von außen an dem Schleifer in der Kabine vorbei zur Abluftöffnung. Um die Einwirkung von Schleifstaub gering zu halten, sollte der Schleifer nicht zwischen Abluftöffnung und Werkstück stehen.

Dieses System eignet sich zudem hervorragend zur Kombination mit effektiven Schallschutzmaßnahmen (siehe auch Abschnitt 10.3).



**Bild 10-1:** Kabine als halboffenes Erfassungssystem mit integrierter Schallisolierung für Schleifarbeitsplatz (Keller Lufttechnik)

Auf stationären und handgeführten Maschinen sind aber auch Absaughauben einsetzbar (offene Systeme, Bild 10-2). Zum Beispiel kann die Schutzhaube mit einem entsprechenden Anschluss zur Verbindung mit einer Absaugeinrichtung ausgerüstet werden. Auch die u.a. in Reparaturlackierereien häufig eingesetzten Exzenter- und Rotationsschleifer sollten mit einer integrierten Direktabsaugung ausgestattet sein, um den Schleifstaub gar nicht erst in die Atemluft der Schleifer gelangen zu lassen (Bild 10-3).



**Bild 10-2: Offene Absaugung an einer Werkzeugschleifmaschine**



**Bild 10-3: Handgeführte Schleifmaschine mit integrierter Absaugung**

Dazu sind sie an einen ortsveränderlichen Kleinentstauber anzuschließen, der die abgesaugte Luft gereinigt in den Arbeitsraum zurückführt. Die Anforderungen an den Entstauber richten sich nach der Gefährlichkeit des anfallenden Staubes. Hilfreich für die Auswahl geeigneter Entstauber sind so genannte Positivlisten geprüfter Geräte, die bei den Berufsgenossenschaften erhältlich sind.

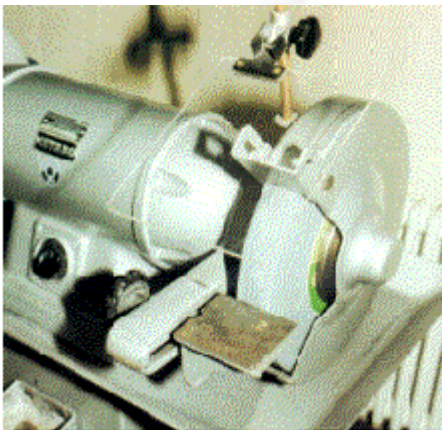
Natürlich besteht beim Trockenschleifen stets die Gefahr von Augenverletzungen durch wegfliegende Werkstück- und Werkzeugteilchen. Das Tragen einer Schutzbrille ist daher – selbst bei leichten Schleifarbeiten – vorgeschrieben. Dabei sollte es selbstverständlich sein, dass jeder, der Schleifarbeiten auszuführen hat, über seine persönliche Schutzbrille verfügt (Bild 10-4). Bei der Auswahl sollte auch darauf geachtet werden, dass ein seitlicher Schutz besteht.

Auf die Notwendigkeit zur Benutzung von Augenschutz ist durch ein entsprechendes Gebotsschild hinzuweisen.



**Bild 10-4: Schleifer mit Augenschutz – Gebotsschild "Augenschutz benutzen" am Arbeitsplatz**

Bei kurzfristigen Schleifarbeiten an Tisch- und Ständerschleifmaschinen kann auf eine Schutzbrille verzichtet werden, wenn die Maschine mit einem geeigneten transparenten Schutzschirm ausgerüstet ist (Bild 10-5).



**Bild 10-5: Ständerschleifmaschine mit verstellbarem Schutzfenster**

## 10.2 Gefahren durch Kühlschmierstoffe

Auf stationären Maschinen kommen häufig Nassschleifverfahren zur Anwendung. Dabei hat der Maschinenbediener Umgang mit Kühlschmierstoffen (KSS).

Bei unsachgemäßem Umgang mit dem KSS können Gesundheitsschäden auftreten, insbesondere

- Hauterkrankungen durch direkten Kontakt des Kühlschmierstoffs mit der Haut,
- Reizungen und Erkrankungen der Atemwege und der Lunge durch Einatmen der Kühlschmierstoffdämpfe und Aerosole sowie
- Erkrankungen innerer Organe durch Aufnahme der Kühlschmierstoffe oder einzelner Kühlschmierstoffbestandteile über die Atemwege, die Haut oder den Mund in den Körper.

Die spezielle Hautbelastung durch KSS resultiert u.a. aus dem Entzug des natürlichen Schutzfettes (entfettende Wirkung) und der Zerstörung des natürlichen Säureschutzmantels der Haut. Dadurch verliert die Haut ihren Schutz gegenüber chemischen und bakteriellen Einflüssen. Zur Verhinderung von Hautkrankheiten ist daher der direkte Hautkontakt zum KSS zu vermeiden. Dies muss zuerst durch technische Maßnahmen angestrebt werden, wie geschlossene Maschine, automatische Beschickung, Einsatz von Spritzschutz usw. Gewähren technische Maßnahmen keinen ausreichenden Schutz, ist persönliche Schutzausrüstung zu

benutzen, insbesondere geeignete Schutzhandschuhe und ggf. Schutzkleidung. Durchtränkte Kleidung ist rechtzeitig zu wechseln, um einen dauerhaften Kontakt zum KSS an exponierten Stellen, wie Ärmelrändern, zu vermeiden.

Im Falle direkten Hautkontaktes ist richtiger Hautschutz die wichtigste vorbeugende Maßnahme gegen berufsbedingte Hautschäden. Geeignete Hautschutzpräparate sind auf den Arbeitsstoff und die Tätigkeit abgestimmte

- Hautschutzmittel,
- Hautreinigungsmittel und
- Hautpflegemittel.

Die richtige Auswahl und Anwendung sollte ggf. unter Mitwirkung des Betriebsarztes in einem Hautschutzplan festgelegt werden. Einzelheiten dazu sind der BG-Information "Hautschutz in Metallbetrieben" (BGI 658 bisher ZH 1/467) und der BG-Regel "Benutzung von Hautschutz" (BGR 197 bisher ZH 1/708) zu entnehmen.

Wegen der zunehmenden Häufigkeit von Hauterkrankungen sei nochmals darauf hingewiesen: Kühlschmierstoffe dürfen nicht zum Reinigen verschmutzter Hände benutzt werden. Dies gilt auch für technische Öle. Der weit verbreiteten Meinung, dass technische Öle wegen ihres Fettgehaltes geradezu hautpflegend seien, ist entschieden zu widersprechen. Eine Exposition gegenüber KSS-Dämpfen und Aerosolen ist ebenfalls durch technische Maßnahmen zu verhindern. Dämpfe und Aerosole müssen durch Absaugeinrichtungen erfasst und abgeschieden werden. Auch hier können – wie bereits im vorangegangenen Abschnitt beschrieben – verschiedene Erfassungssysteme zum Einsatz kommen. Verfahrensbedingt ist deren Wirksamkeit allerdings sehr unterschiedlich.

Zur Minimierung der von KSS ausgehenden Gefahren ist deren regelmäßige Überwachung hinsichtlich Gebrauchskonzentration, pH-Wert, Zahl der Mikroorganismen und Nitritgehalt erforderlich sowie eine sachgerechte Pflege und Reinigung (Bild 10-6).

**Kühl-schmierstoffe**

**Gesundheitsschutz**

- Kapselung der Maschinen
- Absaugen und Abscheiden der Emissionen
- Verhindern des Hautkontaktes
- Benutzen persönlicher Schutzausrüstung, z. B. Handschuhe, Schürzen, Hautschutz

**Warten und pflegen**

- feste und flüssige Verunreinigungen entfernen
- Abfälle nicht in den KSS-Kühlkreislauf einbringen

**Prüfen**

- täglich: wahrnehmbare Veränderungen
- bei Bedarf: Konzentration
- wöchentlich: pH-Wert und Nitritgehalt

nur durch einen Sachkundigen


**Entsorgen**

- von anderen Abfällen getrennt sammeln
- nicht mit Lösemitteln oder anderen Flüssigkeiten vermischen
- durch Fachfirmen entsorgen lassen, Nachweisbuch führen

**Bild 10-6: Gesundheitsschutz beim Umgang mit Kühlschmierstoffen**

Unnötige Verunreinigung durch Speise- und Getränkereste, Zigarettenkippen und sonstige Abfälle fördert die gesundheitsschädigende Wirkung des KSS und zeugt von fehlender Aufklärung über den fachmännischen Umgang bei den Verursachern.

Mitarbeiter, die Umgang mit KSS haben, müssen über mögliche Gesundheitsgefahren und erforderliche Schutzmaßnahmen unterwiesen werden. Dazu ist eine Betriebsanweisung zu erstellen (Bild 10-7).

Fa.	<b>Betriebsanweisung</b> gem. GefStoffV § 20	Nr.
<b>1. Anwendungsbereich</b>		
Umgang mit wassergemischten Kühlschmierstoffen (KSS) bei mechanischer Bearbeitung		
Abteilung: _____ Arbeitsplatz: _____		
<b>2. Gefahrstoffbezeichnung</b>		
Produktname: _____		
<b>3. Gefahren für Mensch und Umwelt</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensiver Hautkontakt zerstört den Säureschutzmantel der Haut; kann zu Hautreizungen, mechanischer Beschädigung der Haut und zu Hautinfektionen führen</li> <li>• Bei Hautkontakt besteht die Möglichkeit allergischer Reaktionen</li> <li>• Einatmen der KSS-Dämpfe und -Nebel kann den Gesamtorganismus schädigen; Gefahr der Nitrosaminbildung</li> <li>• Kühlschmierstoffe gefährden Erdreich und Grundwasser</li> </ul>		
<b>4. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vor Arbeitsbeginn Absaugeinrichtung einschalten</li> <li>• Vor Arbeitsbeginn Hände und Unterarme mit Hautschutzmittel einreiben: _____</li> <li>• Vor Pausen und nach Arbeitsende Hände und Unterarme mit warmem Wasser und mildem (nicht scheuernd) Hautreinigungsmittel waschen: _____</li> <li>• Anschließend Hautpflegemittel auftragen: _____</li> <li>• Hautkontakt möglichst vermeiden, dazu gehört:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hände nicht mit KSS reinigen</li> <li>- Feuchte Kleidung sofort wechseln</li> <li>- Spritzschutz bzw. Gummischürze verwenden</li> <li>- Mit verschmutzten Händen nie Mund, Nase, Augen berühren</li> </ul> </li> <li>• Zum Reinigen Einwegpapiertücher verwenden (nicht in die Kleidung stecken)</li> <li>• Am Arbeitsplatz nicht essen, trinken und keine Lebensmittel aufbewahren</li> <li>• Keine Lebensmittelreste und andere Abfälle in das KSS-System werfen</li> <li>• Durch Einstellen des KSS-Strahls übermäßiges Spritzen und Verdampfen vermeiden</li> </ul>		
		
<b>5. Verhalten bei Störungen und im Gefahrfall</b>		
Notruf: _____		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei Ausfall der Absauganlage Arbeit unterbrechen und Vorgesetzten informieren</li> <li>• Verschütteten KSS mit Papiertücher, Bindemittel aufnehmen: _____</li> <li>• Werden besondere Gerüche, Farbänderungen, Fremddöle, Flocken- oder Schaumbildung festgestellt, ist zu informieren: _____</li> </ul>		
<b>6. Verhalten bei Unfällen – Erste Hilfe</b>		
Notruf: _____		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersthelfer und Vorgesetzten verständigen</li> <li>• Verletzungen, auch geringen Umfangs, versorgen lassen</li> <li>• Auf Umgang mit KSS hinweisen</li> <li>• Bei Hautreaktionen Vorgesetzten informieren</li> </ul>		
<b>7. Instandhaltung, Entsorgung</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Täglich Wirksamkeit der Absauganlage prüfen, Betriebsanleitung beachten</li> <li>• Täglich Konzentration mit Handrefraktometer durch Sachkundigen prüfen lassen; ggf. anhand der Tabelle nachdosieren</li> <li>• Mit KSS getränkte Tücher, Lappen in besonders gekennzeichneten Behältern sammeln</li> <li>• Wartung, Austausch des KSS, Reinigung des Systems und Entsorgung erfolgt durch: _____</li> </ul>		
Datum: _____		Unterschrift: _____

Die Betriebsanweisung muß noch durch arbeitsplatzspezifische Angaben ergänzt werden!

**Bild 10-7: Betriebsanweisung für den Umgang mit Kühlschmierstoffen**

Eine Zusammenfassung aller wichtigen Aspekte, die beim Umgang mit KSS zu beachten sind, enthält die BG-Regel "Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit Kühlschmierstoffen" (BGR 143 bisher ZH 1/248) und das von der Arbeitsgemeinschaft der Metall-Berufsgenossenschaften herausgegebene Faltblatt "Kühlschmierstoffe".

### 10.3 Gefahren durch Lärm

Die beim Schleifen auftretende Geräuschemission erreicht häufig Werte, die als gesundheitsgefährdend anzusehen sind. Dies ist der Fall, wenn der Beurteilungspegel 85 dB(A) erreicht.

Die tatsächliche Höhe der Lärmpegel hängt im starken Maße vom Schleifverfahren und der Art der Schleifmaschine ab.

An stationären Maschinen lassen sich technische Maßnahmen zur Lärminderung wirkungsvoll durchführen, z.B. durch Kapselung der gesamten Maschine oder Teilkapselung einzelner Lärmquellen (Bild 10-8).



**Bild 10-8: Sägeblatt-Schleifmaschine mit in die Maschinenkonstruktion integrierter Schalldämmhaube**

Als weitere Möglichkeiten zur Lärminderung, insbesondere auch beim Handschleifen, seien hier beispielhaft erwähnt:

- Verwendung lärmarmere Verbundschleifscheiben.
- Benutzung einseitig aufgetragener Entdröhnmittel bei der Bearbeitung dünner Bleche oder dünnwandiger Behälter (Bild 10-9).
- Verwendung von Schalldämpfern an pneumatisch angetriebenen Schleifmaschinen.
- Bei älteren Maschinen werden hohe Lärmpegel oft durch Lagerverschleiß verursacht. Eine neue Lagerung kann das Leerlaufgeräusch erheblich herabsetzen.



**Bild 10-9: Minderung der Schallabstrahlung dünnwandiger Bleche durch aufgelegte Magnetfolien**

Beim Schleifen und Trennschleifen mit Handmaschinen ist grundsätzlich davon auszugehen, dass der Geräuschpegel gesundheitsgefährdende Werte erreicht. Die Benutzung von Gehörschutz ist daher erforderlich. Dieser muss vom Unternehmer zur Verfügung gestellt werden.

Als Schallschutzmittel kommen insbesondere Gehörschutzstöpsel und Kapselgehörschützer (ggf. in Kombination mit einem dazu passenden Arbeitsschutzhelm) zur Anwendung. Bei der Auswahl (Bild 10-10) sind verschiedene Gesichtspunkte zu beachten, u.a. der persönlich empfundene Tragekomfort. Näheres kann dazu in der BG-Regel "Einsatz von Gehörschützern" (BGR 194 bisher ZH 1/705) nachgelesen werden.

**Bild 10-10: Auswahlkriterien für Gehörschützer**

Gehörschützer	Vorteile	Nachteile
Stöpsel (einschließlich Watte)	einfache Benutzung günstig bei gleichzeitigem Tragen von Brillen und Helmen kein Schwitzen wie bei Kapseln	hohe Anforderung an Hygiene Sprachverständigung oft nicht so günstig wie bei Kapseln
Kapsel	schnelles Auf- und Absetzen immer nur eine Größe Sprachverständigung oft günstiger als bei Stöpseln	Schwitzen Hautreizung bei Staubanfall ungünstig bei Brillenträgern Kombination mit beliebigem Helm unzulässig

Falsch ist die häufig vertretene Meinung, dass bei hohen Lärmpegeln Kapseln einen besseren Schutz bieten, während Stöpsel nur bei niedrigen Lärmpegeln geeignet seien. Es gibt inzwischen Stöpsel, die eine höhere Schalldämmung als Kapselgehörschützer aufweisen.

Die Arbeitsbereiche, in denen Schleifarbeiten durchgeführt werden, sind als Lärmbereiche zu kennzeichnen, wenn ein Beurteilungspegel von 90 dB(A) erreicht oder überschritten wird. Die Kennzeichnung erfolgt durch das Gebotsschild "Gehörschutz benutzen" (Bild 10-11).



**Bild 10-11: Gebotsschild "Gehörschutz benutzen"**

Beschäftigte, die in Lärmbereichen mit Beurteilungspegel von 85 dB(A) und mehr arbeiten, müssen sich vor Aufnahme ihrer Tätigkeit und später in regelmäßigen Abständen Gehörvorsorgeuntersuchungen unterziehen.

Die Kosten für diese Untersuchungen sind vom Unternehmer zu tragen.

## **11 Vorschriften und Regeln**

### **11.1 Unfallverhütungsvorschriften**

- "Allgemeine Vorschriften" (BGV A1 bisher VBG 1)
- "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel" (BGV A2 bisher VBG 4)
- "Arbeitsmedizinische Vorsorge" (BGV A4 bisher VBG 100)
- "Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz" (BGV A8 bisher VBG 125)
- "Lärm" (BGV B3 bisher VBG 121)
- "Schleif- und Bürstwerkzeuge" (BGV D12 bisher VBG 49)
- "Kraftbetriebene Arbeitmittel" VBG 5
- "Metallbearbeitung; Schleifkörper, Pließt- und Polierscheiben; Schleif- und Poliermaschinen" VBG 7n6

### **11.2 BG-Regeln**

- "Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)" (BGR 104 bisher ZH 1/10)
- "Vermeidung der Gefahren von Staubbränden und Staubexplosionen beim Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium und seinen Legierungen" (BGR 109 bisher ZH 1/32)
- "Arbeitsplätzen mit Arbeitsplatzlüftung" (BGR 121 bisher ZH 1/140)
- "Umgang mit Kühlschmierstoffen" (BGR 143 bisher ZH 1/248)
- "Einsatz von Atemschutzgeräten" (BGR 190 bisher ZH 1/701)
- "Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz" (BGR 192 bisher ZH 1/703)
- "Einsatz von Gehörschützern" (BGR 194 bisher ZH 1/705)
- "Benutzung von Hautschutz" (BGR 197 bisher ZH 1/708)
- "Umgang mit Magnesium" (BGR 204 bisher ZH 1/328)

### **11.3 BG-Informationen**

- "Sicherheit durch Betriebsanweisungen" (BGI 578 bisher ZH 1/172)
- "Hautschutz in Metallbetrieben" (BGI 658 bisher ZH 1/467)
- "Lärm am Arbeitsplatz in der Metall-Industrie" (BGI 688 bisher ZH 1/581)

### **11.4 Normen**

DIN 69131	"Vulkanfiberschleifscheiben"
DIN 69183	"Lamellenschleifstifte"
DIN 69184	"Lamellenschleifscheiben"
DIN 69800, Teil 1	"Schleifkörper mit Schleifbelag aus Diamant oder Bornitrid; Übersicht, Benennungen"
DIN 69800, Teil 2	"Schleifkörper mit Schleifbelag aus Diamant oder Bornitrid; Formschlüssel, Bezeichnung"
DIN 69864	"Aufnahmeflansche für zweiseitig konische Schleifscheiben für Handschleifmaschinen; Maße"

DIN EN 792-7	"Handgehaltene nicht elektrisch betriebene Maschinen – Sicherheitsanforderungen; Schleifmaschinen für Schleifkörper"
DIN EN 792-8	"Handgehaltene nicht elektrisch betriebene Maschinen – Sicherheitsanforderungen; Schleifmaschinen für Schleifblätter und Polierer"
DIN EN 792-9	"Handgehaltene nicht elektrisch betriebene Maschinen – Sicherheitsanforderungen; Schleifmaschinen für Schleifstifte"
DIN EN 1454	"Tragbare, handgeführte Trennschleifmaschinen mit Verbrennungsmotor – Sicherheit"
DIN EN 12413	"Sicherheitsanforderungen für Schleifkörper aus gebundenem Schleifmittel"
DIN EN 13218	"Werkzeugmaschinen – Sicherheit; Ortsfeste Schleifmaschinen"
DIN EN 13236	"Sicherheitsanforderungen für Schleifkörper und sonstige Schleifwerkzeuge mit Diamant oder Bornitrid"
DIN EN 13743	"Sicherheitsanforderungen für Schleifmittel auf Unterlagen"
DIN EN 50144-1	"Sicherheit handgeführter motorbetriebener Elektrowerkzeuge – Allgemeine Anforderungen"
DIN EN 50144-2-3	"Sicherheit handgeführter motorbetriebener Elektrowerkzeuge – Besondere Anforderungen an Schleifer, Polierer und Schleifer mit Schleifblatt"
DIN EN 50144-2-4	"Sicherheit transportabler motorbetriebener Elektrowerkzeuge – Besondere Anforderungen an Tischschleifmaschinen"
DIN ISO 525	"Schleifkörper aus gebundenem Schleifmittel; Allgemeine Anforderungen"
DIN ISO 603-12	"Schleifkörper aus gebundenem Schleifmittel, Maße – Schleifscheiben für Entgraten und Schruppen auf Geradschleifern"
DIN ISO 603-14	"Schleifkörper aus gebundenem Schleifmittel, Maße – Schleifscheiben für Entgraten und Schruppen auf Winkelschleifern"
DIN ISO 603-16	"Schleifkörper aus gebundenem Schleifmittel, Maße – Trennschleifscheiben für Winkelschleifer"
DIN ISO 15635	"Schleifmittel auf Unterlagen; Fächerschleifscheiben"

## 11.5 Gesetze und Verordnungen

- Gesetz über technische Arbeitsmittel (Gerätesicherheitsgesetz – GSG)
- Neunte Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz (Maschinenverordnung – 9. GSGV)
- Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation der betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV)