



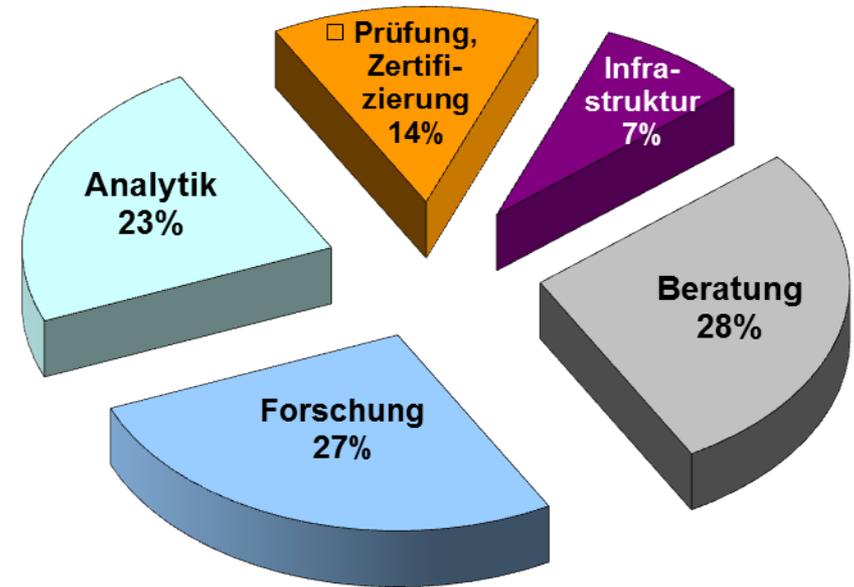
IFA

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Sicherheit von Schleifwerkzeugen

Olaf Mewes (IFA), Sicherheit von Schleifwerkzeugen
20.06.2024

IFA



Aktivitäten

- 1/4 im Bereich Unfallverhütung
- 3/4 im Bereich Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren

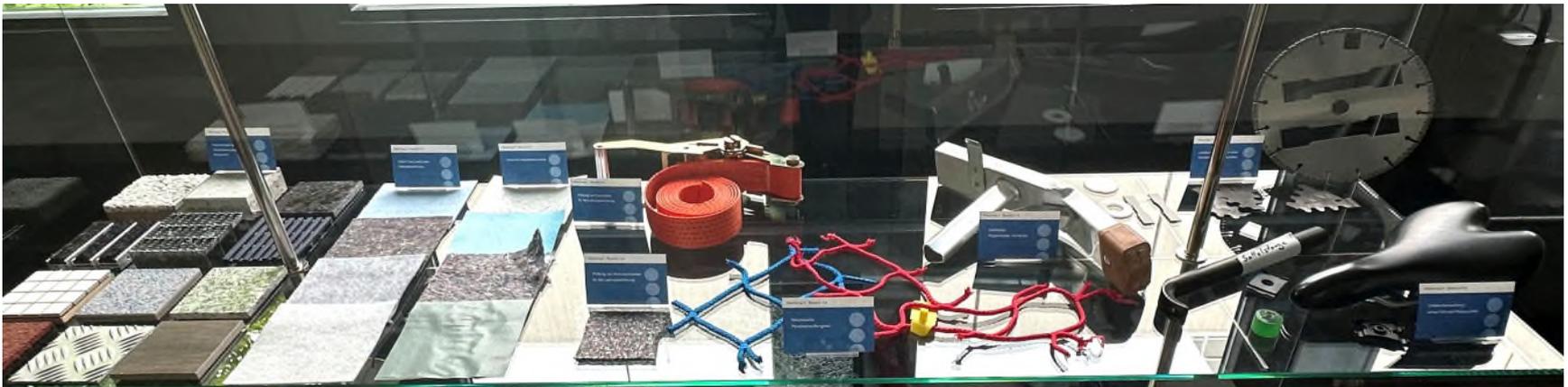
Womit beschäftigt sich der Bereich: „Arbeitsmittel, Bauprodukte und mechanische Schutzausrüstungen“ ?



Sachgebiete Persönliche Schutzausrüstungen (PSA)



Sachgebiete und Themenfelder Bodenbeläge, Schutznetze, Zurrmittel, Leitern und Tritte, Werkstoffanalytik



Sachgebiete und Themenfelder rotierende Werkzeuge, Trennende Schutzeinrichtungen, PSAgA, Bautechnik



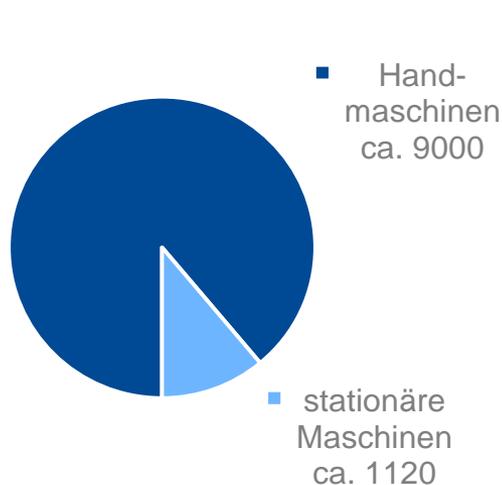
Gliederung

- Unfallstatistik und Schadensbeispiele
- Rechtsgrundlagen / Regelwerke
- Sicherheitsprüfungen
 - Sichtprüfung, Klangprüfung
 - Fliehkraftversuch
 - rechn. Bestimmung von v_{br}
 - Planlauf, Rundlauf, Unwucht
 - Seitenlast- und Schlagversuch
 - Biegeversuch, Scherversuch
- Kennzeichnung von Schleifwerkzeugen

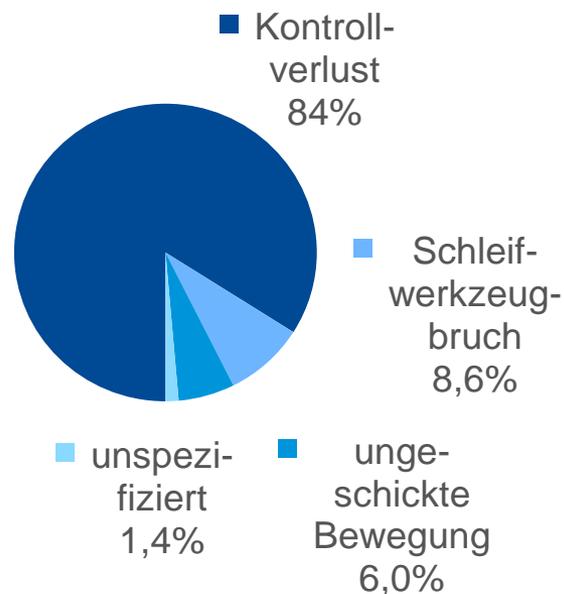
Unfallstatistik und Schadensbeispiele

Statistik der meldepflichtigen Unfälle (Berichtszeitraum 2022)

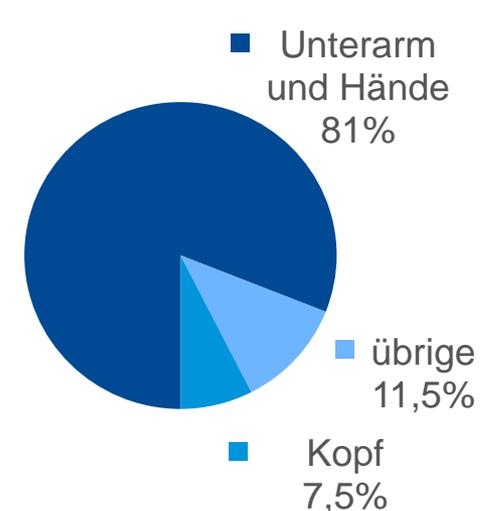
Unfälle mit Schleifmaschinen



Unfallursachen (Handmaschinen)



verletzter Körperteil

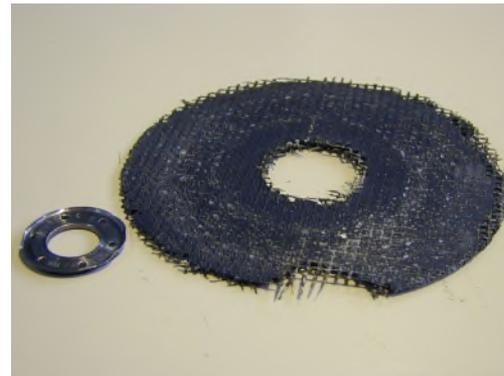


Quelle: DGUV

In betrieblichem Einsatz gebrochene Schleifwerkzeuge



keramisch
gebundene
Schleifscheibe



kunstharzgebundene
Trennschleifscheibe

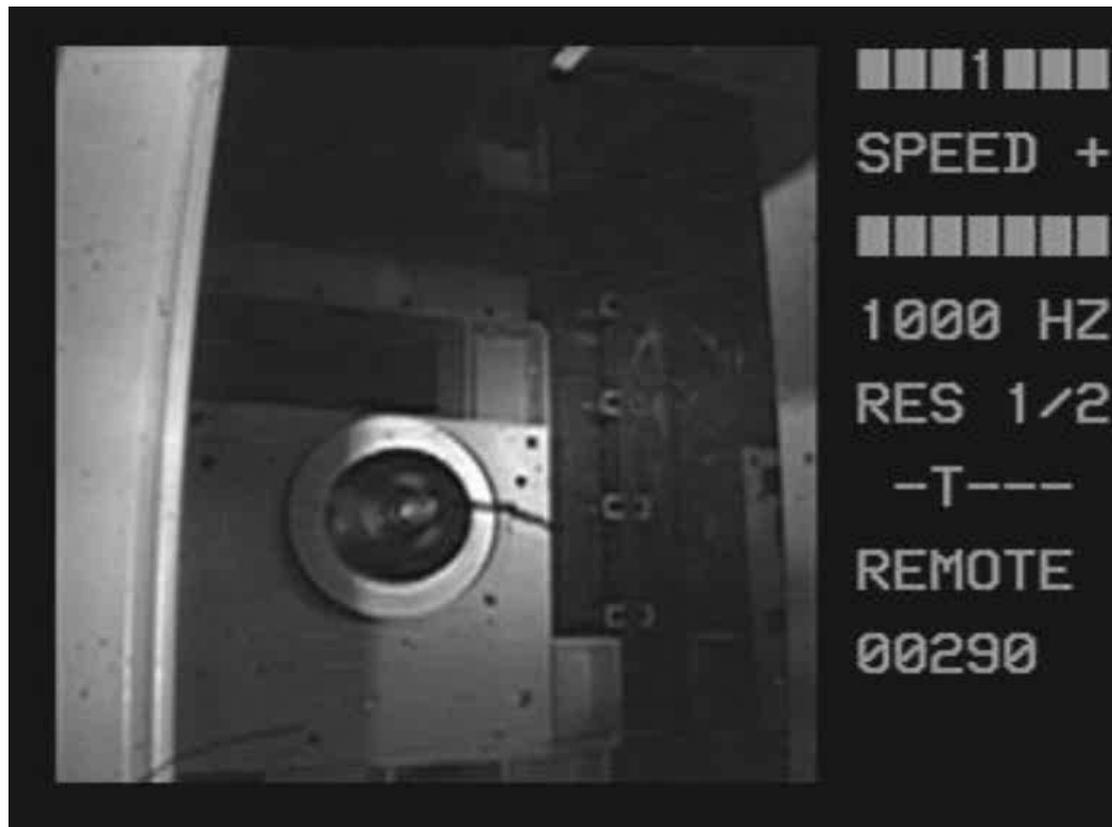


Fächer-
schleifscheibe



Diamanttrenn-
schleifscheibe

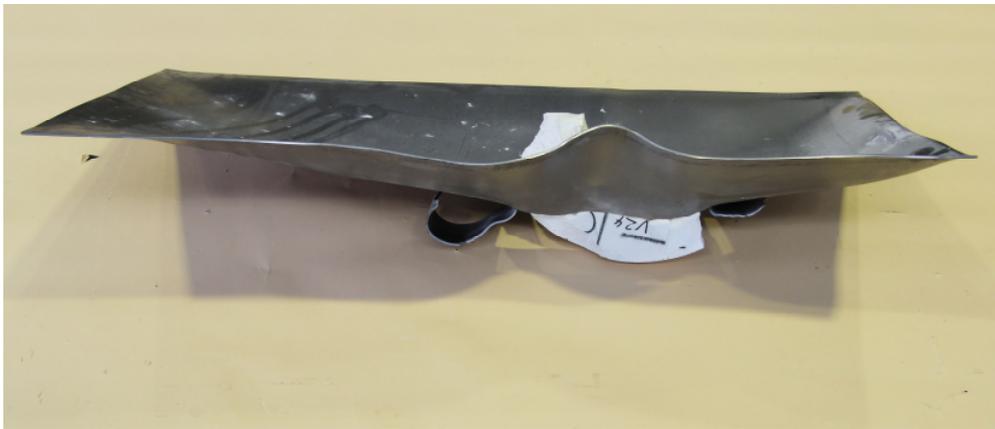
High-speed Aufnahme



High-speed Aufnahme: Einzelbilder



Schäden durch Schleifkörperbruch



Durchschuss



plastische Verformung

Rechtsgrundlagen / Regelwerke

Rechtsgrundlagen

- Richtlinie über die allgemeine Produktsicherheit (2001/95/EG)
- Produktsicherheitsgesetz – ProdSG (27.07.2021)
Im Abschnitt 2 Allgemeine Anforderungen an die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt heißt es: „Ein Produkt darf ... nur auf dem Markt bereitgestellt werden, wenn es bei bestimmungsgemäßer oder vorhersehbarer Verwendung die Sicherheit oder Gesundheit von Personen nicht gefährdet.“

Normen

Werkzeuge

- DIN EN 12413: Sicherheitsanforderungen für Schleifkörper aus gebundenem Schleifmittel
- DIN EN 13236: Sicherheitsanforderungen für Schleifwerkzeuge mit Diamant oder Bornitrid
- DIN EN 13743: Sicherheitsanforderungen für Schleifmittel auf Unterlagen



Normen

Maschinen

- DIN EN ISO 16089: Werkzeugmaschinen – Sicherheit – Ortsfeste Schleifmaschinen
- DIN EN 62841-1, ff.: Sicherheit transportabler motorbetriebener Elektrowerkzeuge
- DIN EN ISO 19432: Tragbare handgeführte Trennschleifmaschinen mit Verbrennungsmotor

Weitere Schriften

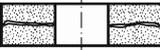
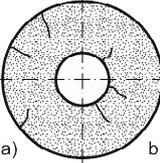
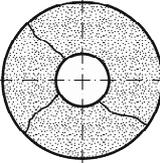
- DGUV Information 209-002: Schleifen (06/2023)
- FEPA Safety Code: Bonded abrasives and precision superabrasives
- FEPA Safety Code: Coated abrasives
- FEPA Safety Code: Superabrasive products for stone and construction

Zurückgezogene Schriften:

- BGG 930: Grundsätze für die Durchführung der Baumusterprüfung und Zertifizierung von Schleifkörpern aus gebundenem Schleifmittel und Schleifmittel auf Unterlage, (1997)
- BGG 931: Grundsätze für Verfahren zur Prüfung von Schleifkörpern aus gebundenem Schleifmittel und Schleifmittel auf Unterlage, (1997)
- BGG 932: Grundsätze für die Durchführung der Baumusterprüfung und Zertifizierung von Schleifkörpern mit Diamant oder Bornitrid, (1997)
- BGG 933: Grundsätze für Verfahren zur Prüfung von Schleifkörpern mit Diamant oder Bornitrid, (1997)

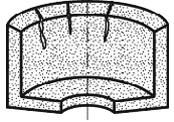
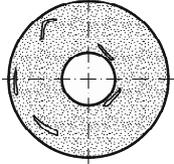
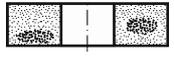
Sicherheitsprüfungen

Sichtprüfung

Lfd. Nr.	Fehlerbild	Ursachen
1	 <p>Schichttrisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mischung zu trocken, • Formringe verschlissen, • Schichtbildung bei mehrmaligem Einfüllen und Pressen, • Pressdruck zu hoch
2	 <p>Kantenrisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pressform verschlissen oder mit zu geringem Spiel
3	 <p>a) Umfangsrisse b) Bohrungsrisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmedehnung Bindung/Schleifkorn ungleich, • Formringe verschlissen, • Verteilen in Pressform ungleichmäßig, • Trocknen und Aufheizen beim Brennen zu schnell oder ungleichmäßig
4	 <p>Durchlaufende Risse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fehler beim Wenden, Ablegen, Stapeln und Transportieren, • Abkühlen nach dem Brennen zu schnell oder ungleichmäßig

Quelle: Dr.-Ing. H. Frank, Schleifkörper aus keramisch gebundenem Schleifmittel, DKG-Handbuch, 43. Erg.-Lfg, S. 1-94, 1998

Sichtprüfung

Lfd. Nr.	Fehlerbild	Ursachen
5	 <p>Wandraisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bindung mit geringer Schmelztemperatur, • Fehler beim Ausstoßen aus der Pressform, • beim Bearbeiten Rohbruchfestigkeit des Presslings zu gering
6	 <p>Konzentrische Risse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lufteinschlüsse durch Pressform mit zu geringem Spiel und zu hohem Pressdruck, • Pressform verschlissen, • Fehler beim Wenden nach dem Pressen
7	 <p>a) Blähen b) Schwinden</p>	<p>a) Bindung zu viel oder ungeeignet b) Porenvolumen zu groß, Bindung mit geringer Schmelztemperatur</p>
8	 <p>Schwarze Kerne</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bindung für Schleifkorn nicht geeignet, • Ausbrennstoff zu viel oder ungeeignet, • Aufheizen zu schnell, • Aufheizen und Brennen mit zu geringem Sauerstoffüberschuss, • Wagenbesatz zu dicht

Quelle: Dr.-Ing. H. Frank, Schleifkörper aus keramisch gebundenem Schleifmittel, DKG-Handbuch, 43. Erg.-Lfg, S. 1-94, 1998

Klangprüfung

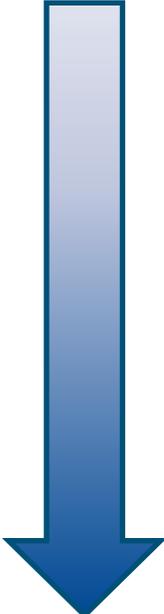
nur für Schleifkörper mit
keramischer Bindung
(DIN EN 12413 und DIN EN 13236)



Fliehkraftprüfung

$$S_{br} = \left(\frac{v_{br}}{v_S} \right)^2$$

zunehmendes Risiko

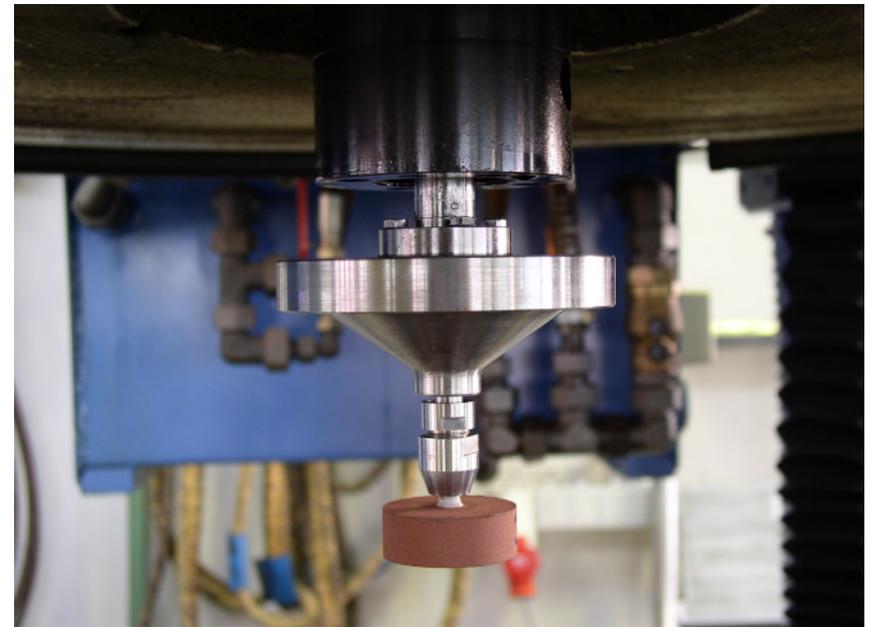


1,75	(z. B. Schleifscheiben für ortsfeste Schleifmaschinen bei geschlossenem Arbeitsbereich)
2,0	(z. B. Trennschleifscheiben für ortsfeste Schleifmaschinen)
3,0	(z. B. Schleifscheiben für ortsfeste Schleifmaschinen)
3,5	(z. B. Trennschleifscheiben für Handmaschinen)

Fliehkraftprüfung



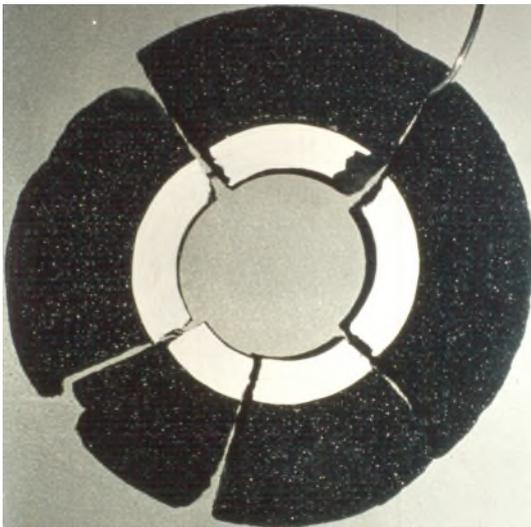
Schleuderstand BF 6U für Fliehkraftversuche mit Außendurchmessern bis zu 2000 mm, max. 5000U/min



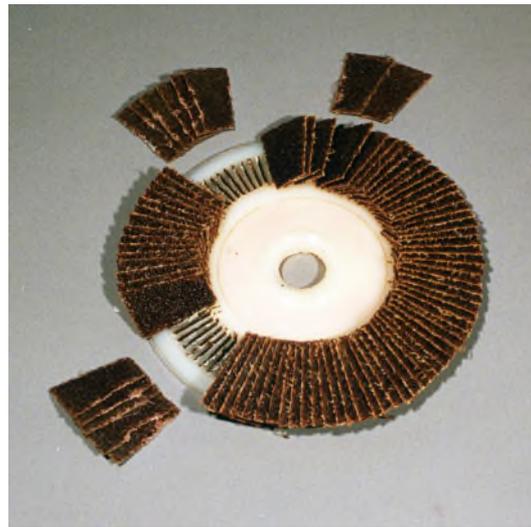
Schleuderstand BI 2U für Fliehkraftversuche mit Drehzahlen bis zu 125000U/min



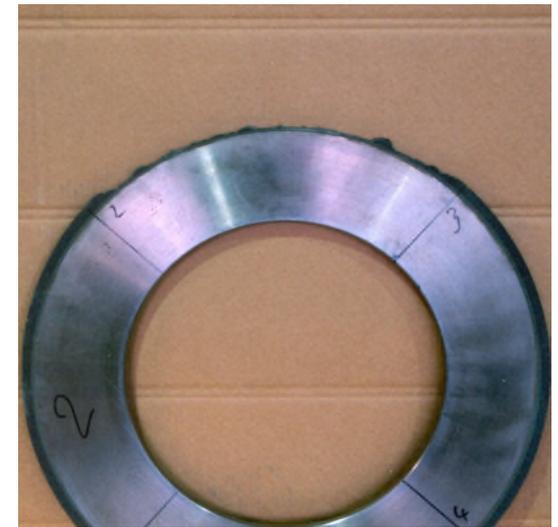
Schadensformen im Fliehkraftversuch



Zerplatzen einer geraden Schleifscheibe aus gebundenem Schleifmittel in mehrere Bruchstücke

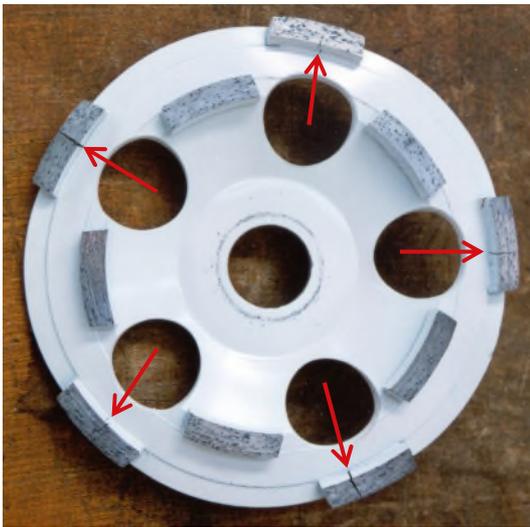


Ablösen von Schleiflamellen bei einer Fächerschleifscheibe



Abplatzen des Schleifbelages vom Metallgrundkörper bei einer Bornitrid-Schleifscheibe

Schadensformen im Fliehkraftversuch



Rissbildung im segmentierten Schleifbelag und plastische Verformung bei einem Schleifteller



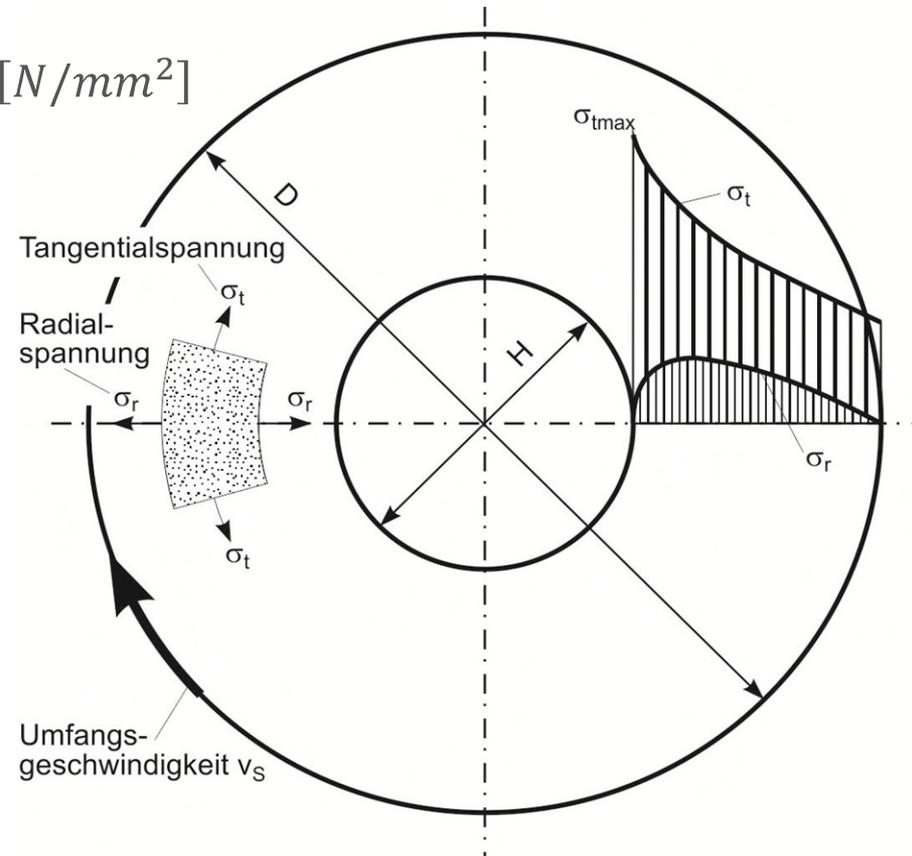
Abbiegen und Bruch des Schaftes bei einem Schleifstift



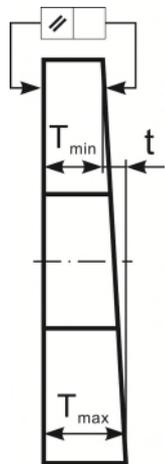
Ablösen von Segmenten bei einer Diamant-Trennschleifscheibe

Fliehkraftspannungen in einer rotierenden geraden Schleifscheibe

$$\sigma_{tmax} = \frac{\rho \cdot v_s^2}{4} \cdot \left[3 + \nu + (1 - \nu) \cdot \left(\frac{H}{D} \right)^2 \right] \quad [N/mm^2]$$

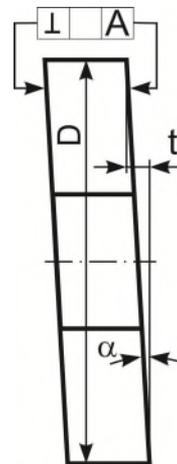


Planlauf- und Rundlaufabweichung



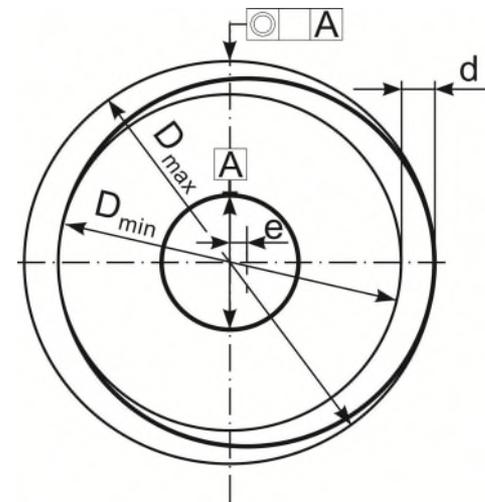
$$t = T_{max} - T_{min}$$

a) Abweichung von der Parallelität



$$t = D \cdot \tan \alpha$$

b) Abweichung von der Rechtwinkligkeit

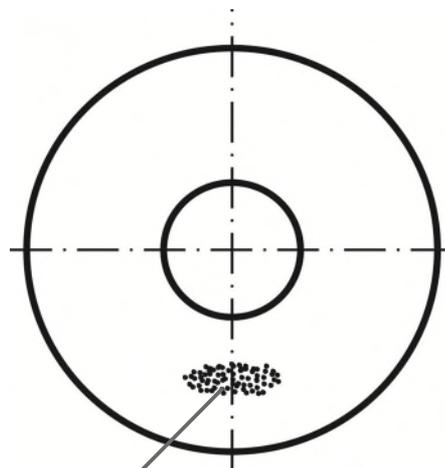


$$d = 2 \cdot e$$

c) Abweichung von der Konzentrität

Quelle: Dr.-Ing. H. Frank, Schleifkörper aus keramisch gebundenem Schleifmittel, DKG-Handbuch, 43. Erg.-Lfg, S. 1-94, 1998

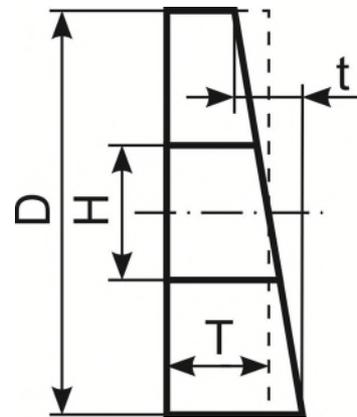
Unwucht



größere Dichte

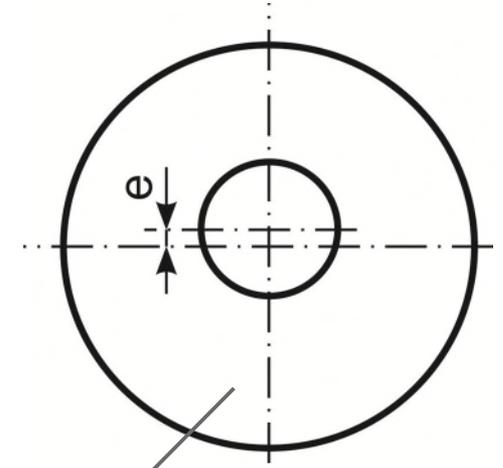
Unwucht U_S

a) Abweichung von der Homogenität



$$U_S = M \cdot \frac{t \cdot (D^2 + H^2)}{16 \cdot T \cdot D}$$

b) Abweichung von der Parallelität



Masse M

$$U_S = M \cdot \frac{e \cdot D^2}{(D^2 - H^2)}$$

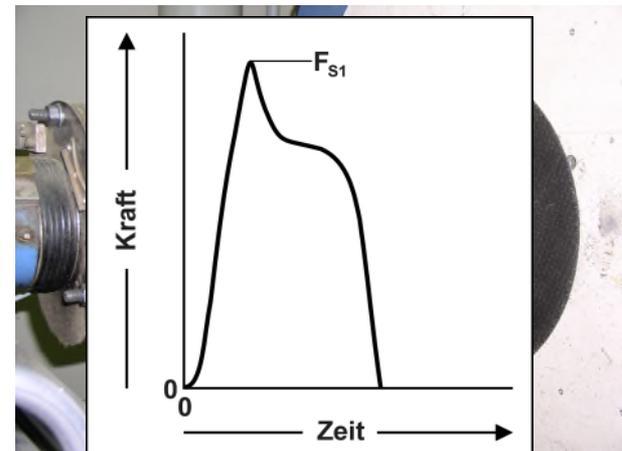
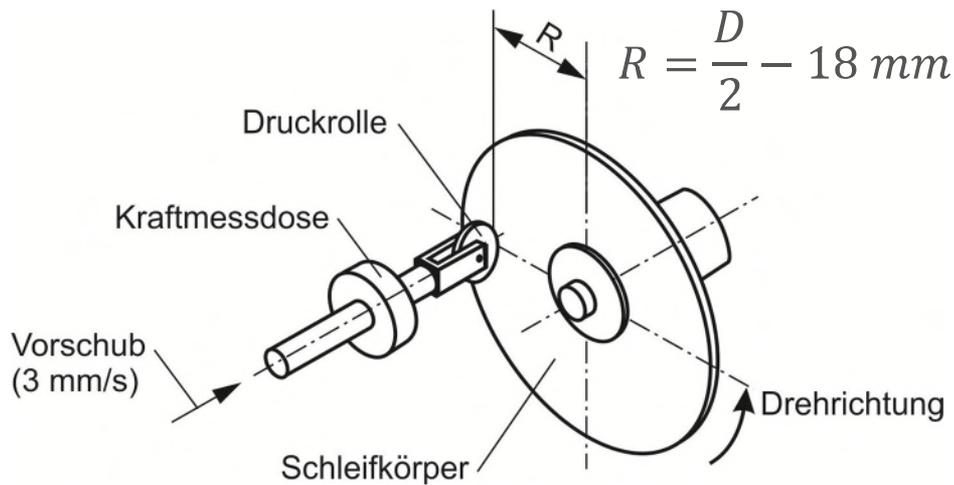
c) Abweichung von der Konzentrität

Quelle: Dr.-Ing. H. Frank, Schleifkörper aus keramisch gebundenem Schleifmittel, DKG-Handbuch, 43. Erg.-Lfg, S. 1-94, 1998

Seitenbelastbarkeit von Schleifkörpern zur Verwendung auf Handmaschinen (DIN EN 12413)

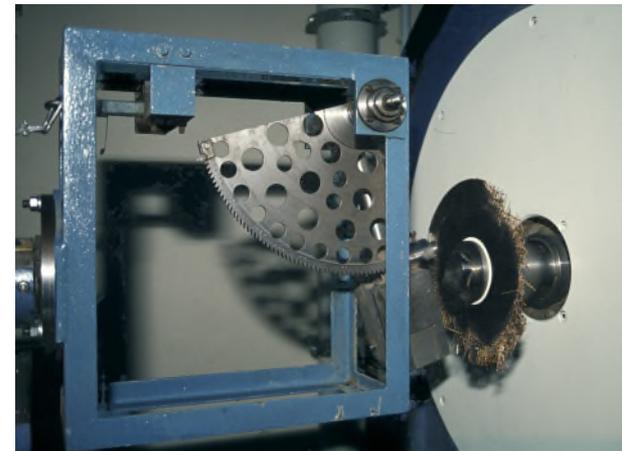
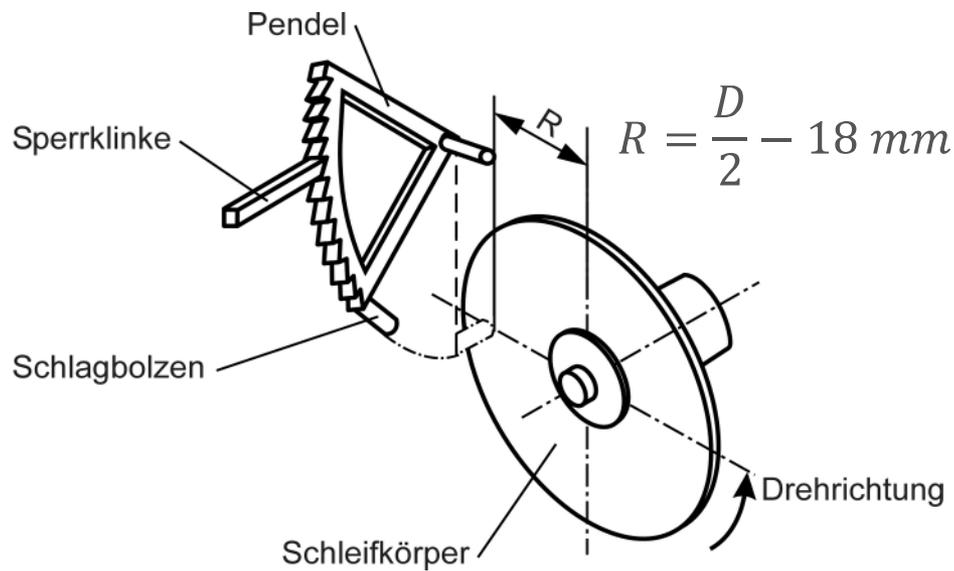
Schleifkörper	Arbeitshöchstgeschwindigkeit	Außendurchmesser D [mm]	Seitenbelastbarkeit	
	v_s [m/s]		Einpunktseitenlast F_{S1} [N]	Arbeitsvermögen A_P [Nm]
Gekröpfte Schleifscheiben	≤ 80	≥ 115	290	-
		150	290	4,5
		180	290	5,4
		230	290	6,9
Gerade und gekröpfte Trennschleifscheiben	≤ 80	≥ 115	40	-
		150	50	1,2
		180	50	1,5
		230	50	2,0
		300	125	5,4
		350	125	5,4
		400	125	5,4
	$80 < v_s \leq 100$	300	125	5,4
		350	125	5,4
		400	125	5,4

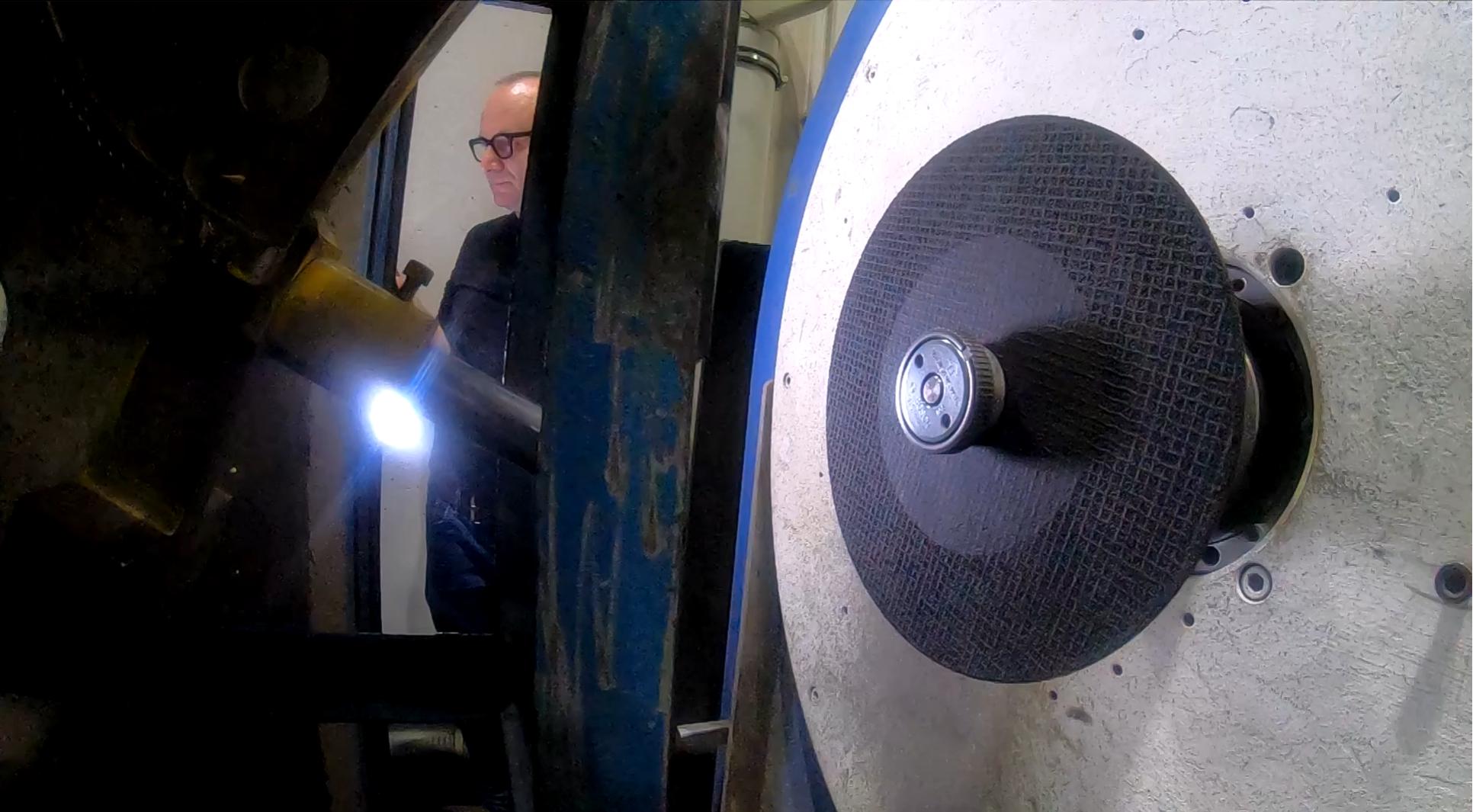
Einpunkt-Seitenlast (DIN EN 12413)





Schlagversuch (DIN EN 12413)

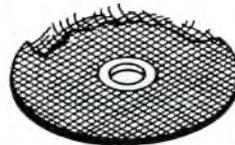




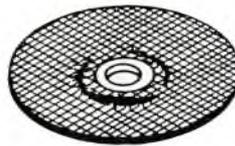
Schäden beim Schlagversuch



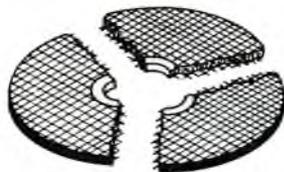
a: Trennung zwischen Schleifkörperwerkstoff und Glasfasergewebe



b: Ausbruch im Umfangsbereich

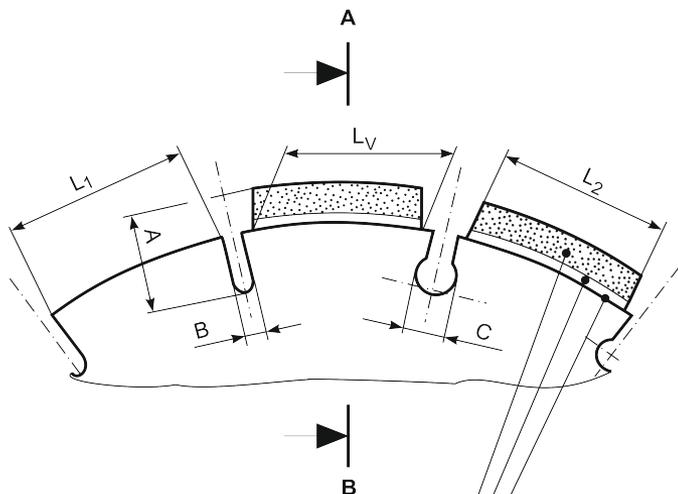


c: Ausbruch im Bohrungsbereich



d: Bruch in mehrere Stücke

Biegefestigkeit von segmentierten Diamant-Trennschleifscheiben (DIN EN 13236)

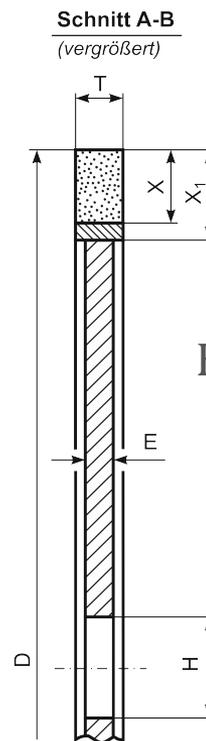


diamanthaltige Zone
diamantfreie Zone
Verbindungszone

L_1 = Steglänge

L_2 = Segmentlänge

L_V = Länge der Verbindungszone



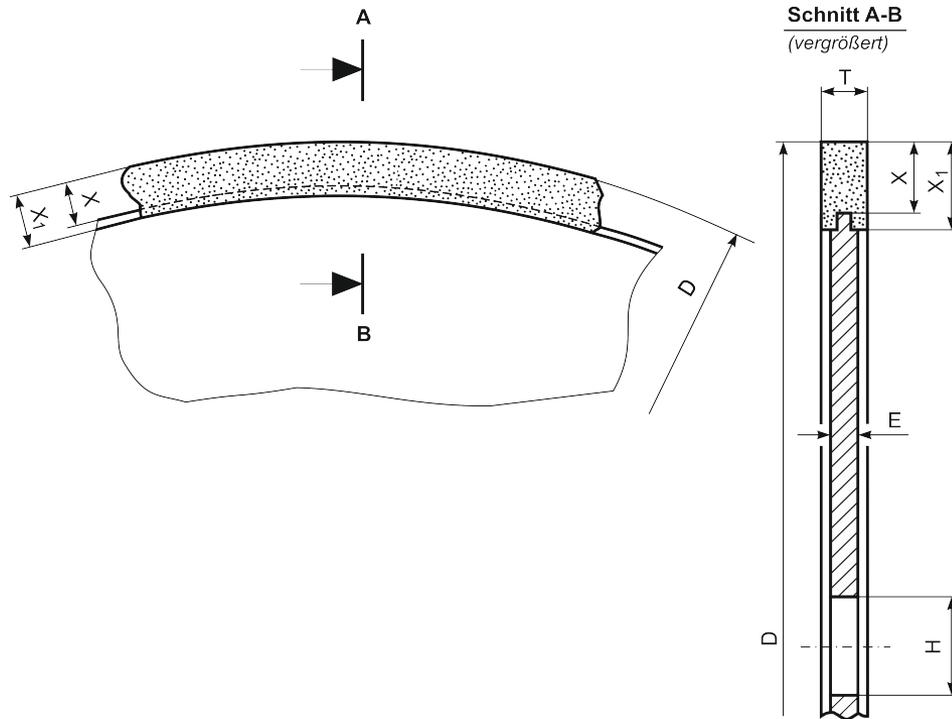
$$M_b = \frac{L_V \cdot E^2 \cdot \sigma_b}{6}$$

stationär: $\sigma_b = 450 \text{ N/mm}^2$

Handmaschinen: Verhältnis $x_1/E \leq 8,5$

$\sigma_b = 600 \text{ bis } 700 \text{ N/mm}^2$

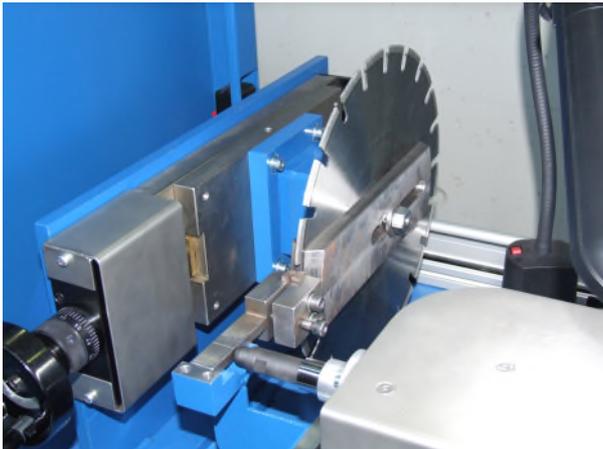
Biegefestigkeit von geschlossenen Diamant-Trennschleifscheiben (DIN EN 13236)



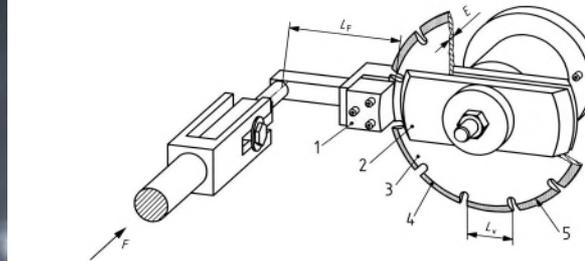
$$M_b = F \cdot \frac{D}{2}$$

$$F = 125 \text{ N}$$

Biegeprüfung von Diamant-Trennschleifscheiben (DIN EN 13236)

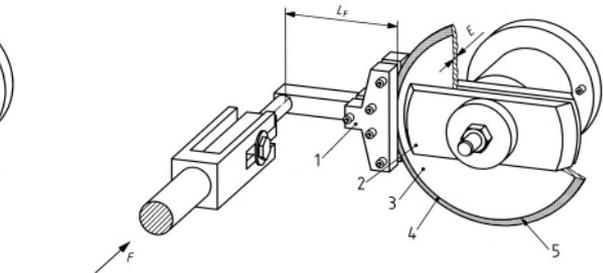


Biegeprüfmaschine für segmentierte und geschlossene Diamant-Trennschleifscheiben



- Legende**
- 1 Klemmstück
 - 2 Spannplatte
 - 3 Grundkörper
 - 4 Segment
 - 5 Verbindungszone

Biegeprüfvorrichtung für segmentierte Diamant-Trennschleifscheiben



- Legende**
- 1 Klemmstück
 - 2 Spannplatte
 - 3 Grundkörper
 - 4 Segment
 - 5 Verbindungszone

Biegeprüfvorrichtung für geschlossene Diamant-Trennschleifscheiben

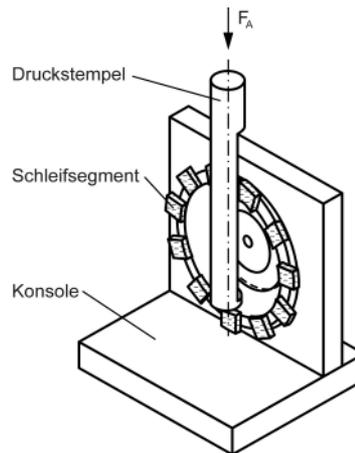
Scherfestigkeit von segmentierten Diamant-Schleiftellern (DIN EN 13236)



Segmentierter
Diamant-Schleifteller

$$\tau_s \geq 60 \text{ N/mm}^2 \text{ oder}$$

$$F_A \geq 6400 \text{ N}$$



Prüfvorrichtung zur Ermittlung der Abscherkraft



Kennzeichnung von Schleifwerkzeugen

Kennzeichnung von Schleifwerkzeugen

	Benennung der Werkzeuge	Hersteller, Lieferant, Importeur oder eingetragenes Warenzeichen	Konformitätserklärung	Rückverfolgbarkeitscode	Nennmaße in mm	maximal zulässige Drehzahl des unbenutzten Schleifwerkzeuges in 1/min oder rpm	Arbeitshöchstgeschwindigkeit in m/s	Verwendungseinschränkungen	Spezifikationskennzeichen (Werkstoffbezeichnung)	Dreh- und Laufrichtung	Sicherheitszeichen
Schleifkörper aus gebundenem Schleifmittel DIN EN 12413	Schleifscheiben (gerade, konisch, abgesetzt, verjüngt, ausgespart, gekröpft, Trennschleifscheiben, halbflexibel)	X	X	X	X	X	X	X	X	---	X
	Schleiftöpfe, Schleifteller, Schleifscheiben und Schleifzylinder mit Tragscheibe verklebt oder verschraubt	X	X	X	X	X	X	X	X	---	---
	Schleifsegmente	X	X	X	X	---	---	---	X	---	---
	Schleifkörper mit Schaft und Schleifstifte	X	X	X	X	X	---	---	X	---	---
	Kleinschleifkörper D ≤ 80 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	---	---
	Schleifkegel	X	X	X	X	X	X	---	X	---	---
	Schleifkörper mit Magnesitbindung	X	X	X	X	X	X	---	X	---	---

Kennzeichnung von Schleifwerkzeugen

	Benennung der Werkzeuge	Hersteller, Lieferanten, Importeure oder eingetragenes Warenzeichen	Konformitätserklärung	Rückverfolgbarkeitscode	Maße in mm	Maximal zulässige Drehzahl in 1/ min oder rpm	Arbeitshöchstgeschwindigkeit in m/s	Verwendungseinschränkungen	Dreh- und Lafrichtung	Sicherheitszeichen
Schleifkörper mit Diamant oder Bornitrid DIN EN 13236	Präzisionsschleif- und -trennschleifscheiben	X	X	X	X	X	X	X	--	--
	Nicht-Präzisionstrennschleifscheiben für Handmaschinen	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Nicht-Präzisionstrennschleifscheiben für ortsfeste und ortsveränderliche Maschinen	X	X	X	X	X	X	X	X	--
	Schleifstifte	X	X	X	X	X	--	X	--	--
	Sägesaile	X	X	X	X	--	X	--	X	--
	Sonstige Schleifwerkzeuge mit Diamant oder Bornitrid zum Nicht-Präzisionsschleifen	X	X	X	X	X	X	X	--	--

Kennzeichnung von Schleifwerkzeugen

Schleifmittel auf Unterlagen EN 13743	Benennung der Werkzeuge	Hersteller, Lieferer, Einführer oder eingetragenes Warenzeichen	Konformitätserklärung	Rückverfolgbarkeitscode	Maße in mm	maximal zulässige Drehzahl des neuen Schleifkörners in 1/min oder rpm	Arbeitshöchstgeschwindigkeit in m/s	Verwendungseinschränkungen	Werkstoffbezeichnung	Dreh- und Laufrichtung
	Fächerschleifscheiben	X	X	X	X	X	X	X	--	--
	Lamellenschleifscheiben	X	X	X	X	X	X	X	--	--
	Lamellenschleifstifte	X	X	X	X	X	X	--	--	--
	Vulkanfiberschleifscheiben	X	X	X	X	X	X	X	--	--
	Stützteller für Vulkanfiberschleifscheiben	X	X	X	--	X	--	--	--	--

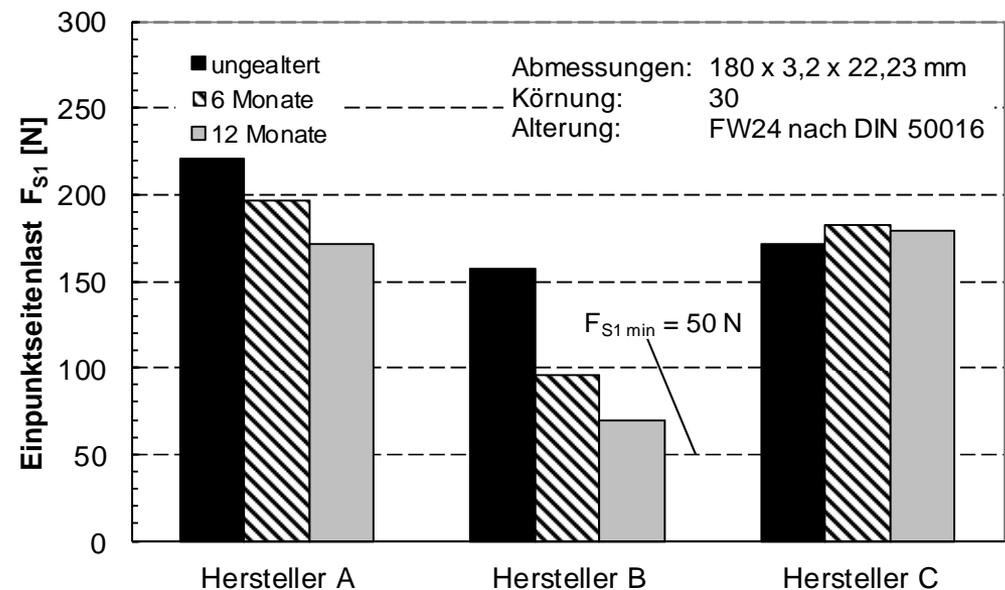
Zusätzliche Kennzeichnungsangaben

- orientierte Schleifscheiben: Position
- Satzweise zu verwendende Schleifscheiben: Kennzeichnung als Satz
- Schleifkörper mit Magnesitbindung: Verfallsdatum
(längstens 1 Jahr nach
Fertigungsdatum)
- Schleifkörper für Handmaschinen mit
Kunstharzbindung: Verfallsdatum
(längstens 3 Jahre nach
Fertigungsdatum)

Verfallsdatum

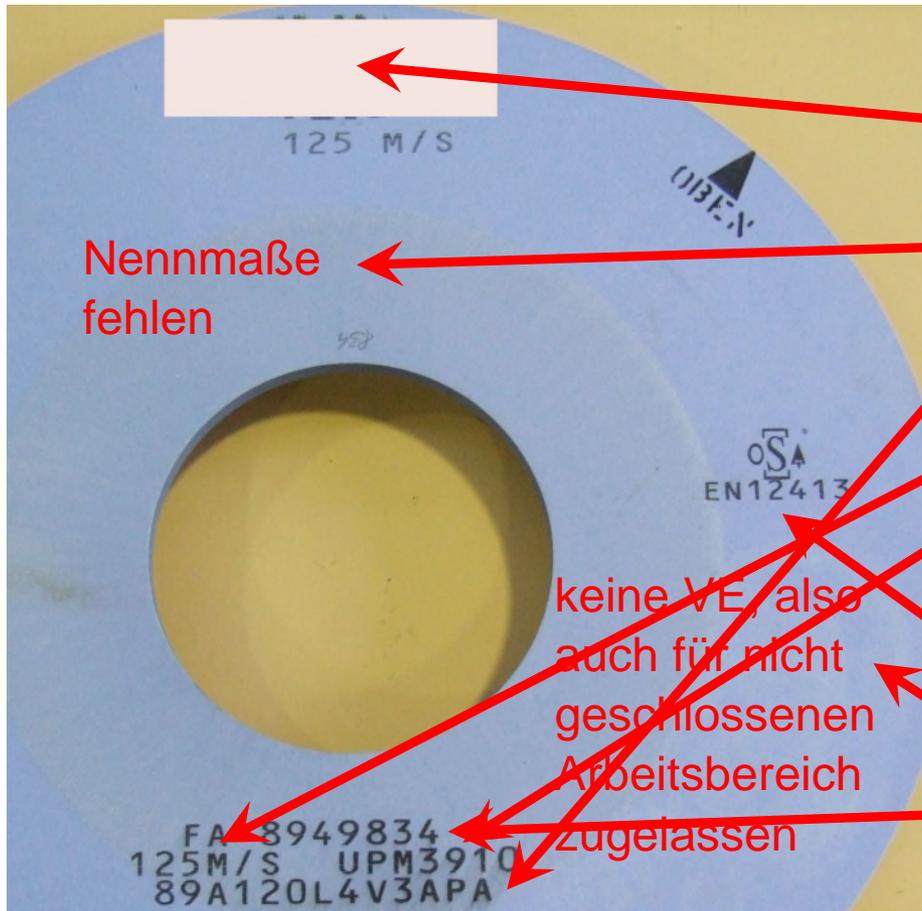


Kennzeichnung einer Trennschleifscheibe nach DIN EN 12413 mit Verfallsdatum



Festigkeitsverlust kunstharzgebundener Trennschleifscheiben verschiedener Hersteller nach Alterung im Feuchtwechselklima

Ausgeführte Kennzeichnung



keramische Schleifscheibe

1. Hersteller, Lieferant, Importeur oder eingetragenes Warenzeichen
2. Nennmaße in mm
3. Spezifikationskennzeichen (Werkstoffbezeichnung)
4. Arbeitshöchstgeschwindigkeit in m/s
5. max. zulässige Drehzahl des unbenutzten Schleifwerkzeugs in 1/min oder rpm
6. Konformitätserklärung
7. Verwendungseinschränkungen
8. Rückverfolgbarkeits-Code
9. Sicherheitszeichen

Nennmaße
fehlen

keine VE, also
auch für nicht
geschlossenen
Arbeitsbereich
zugelassen

Ausgeführte Kennzeichnung



Diamant-Trennschleifscheibe

1. Hersteller, Lieferanten, Importeure, eingetragenes Warenzeichen
 2. Maße in mm
 3. Arbeitshöchstgeschwindigkeit in m/s
 4. max. zulässige Drehzahl in 1/min oder rpm
 5. Dreh- und Laufrichtung
 6. Konformitätserklärung
 7. Verwendungseinschränkungen
 8. Rückverfolgbarkeits-Code
 9. Sicherheitszeichen
- 1., 3. und 8. müssen im vom Flansch abgedeckten Bereich sein

Ausgeführte Kennzeichnung



Trennschleifscheibe

1. Hersteller, Liefererant, Importeur oder eingetragenes Warenzeichen
2. Nennmaße in mm
3. Spezifikationskennzeichen (Werkstoffbezeichnung)
4. Arbeitshöchstgeschwindigkeit in m/s
5. max. zulässige Drehzahl des unbenutzten Schleifwerkzeugs in 1/min oder rpm
6. Konformitätserklärung
7. Verwendungseinschränkungen
8. Rückverfolgbarkeits-Code
9. Sicherheitszeichen

Ausgeführte Kennzeichnung



Fächerschleifscheibe

1. Hersteller, Lieferer, Einführer oder Warenzeichen
2. Maße in mm
3. Arbeitshöchstgeschwindigkeit in m/s
4. max. zulässige Drehzahl in 1/min oder rpm
5. Konformitätserklärung
6. Verwendungseinschränkungen
7. Rückverfolgbarkeits-Code

Vielen Dank!

