

Trennende Schutzeinrichtungen für Werkzeugmaschinen

Prüfung und Dimensionierung

Lengfurt

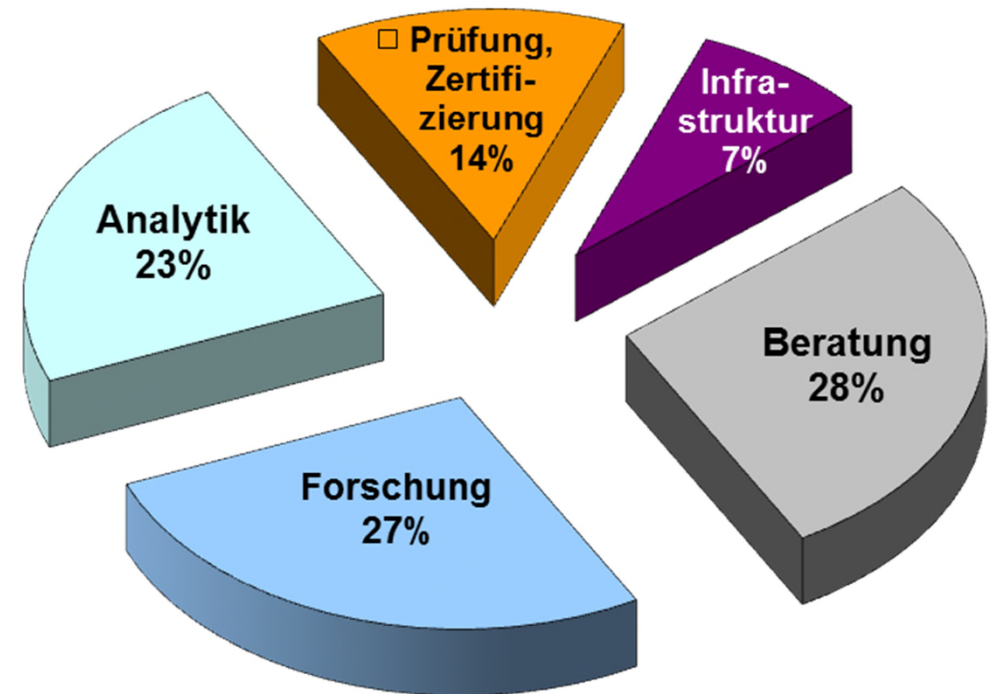
30.06.2026

BGHM-Fachveranstaltung „Maschinen“, Olaf Mewes



Aktivitäten

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



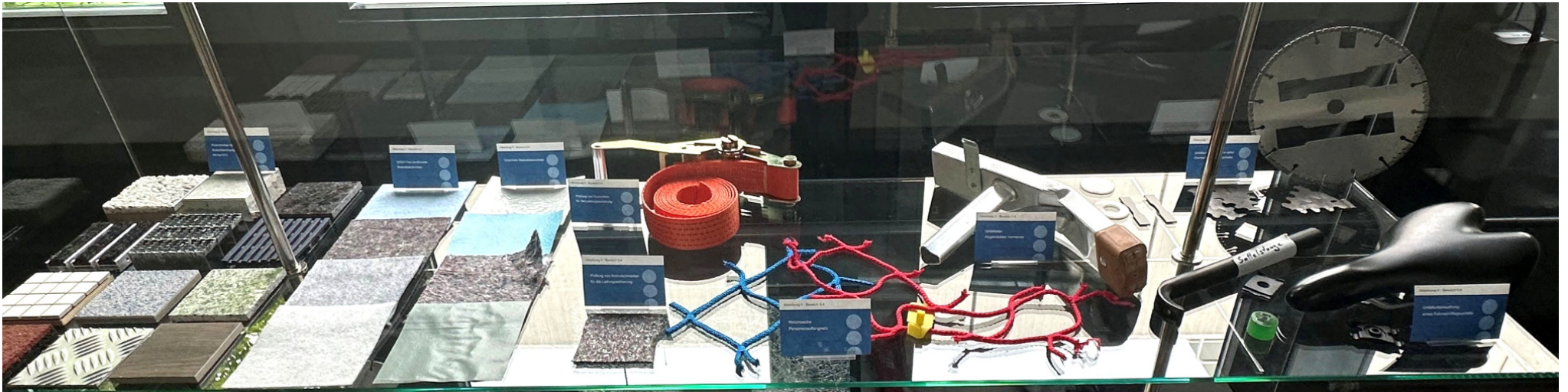
Womit beschäftigt sich das Referat: „Arbeitsmittel, Bauprodukte und mechanische Schutzausrüstungen“ ?



Sachgebiete Persönliche Schutzausrüstungen (PSA)



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



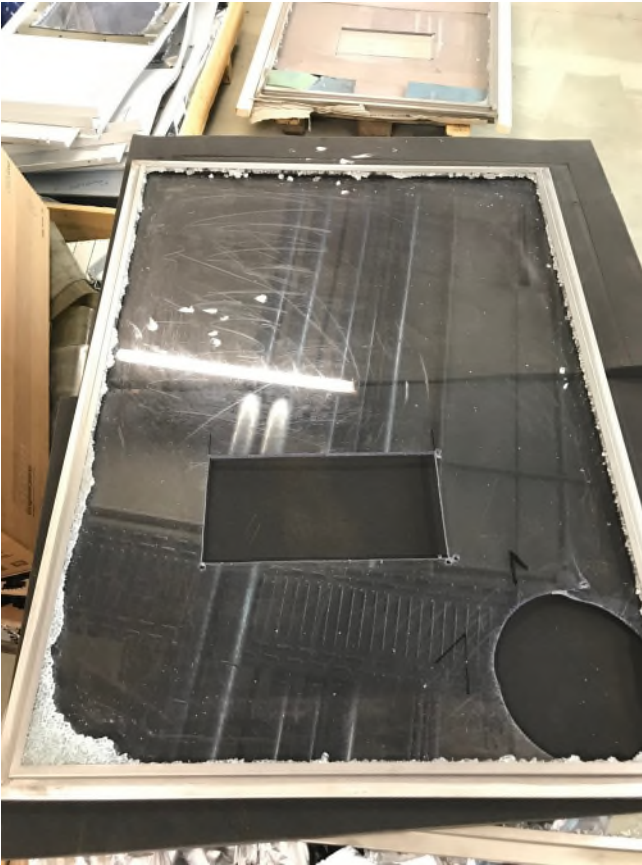
Sachgebiete und Themenfelder rotierende Werkzeuge, Trennende Schutzeinrichtungen, PSAgA, Bautechnik



Gliederung

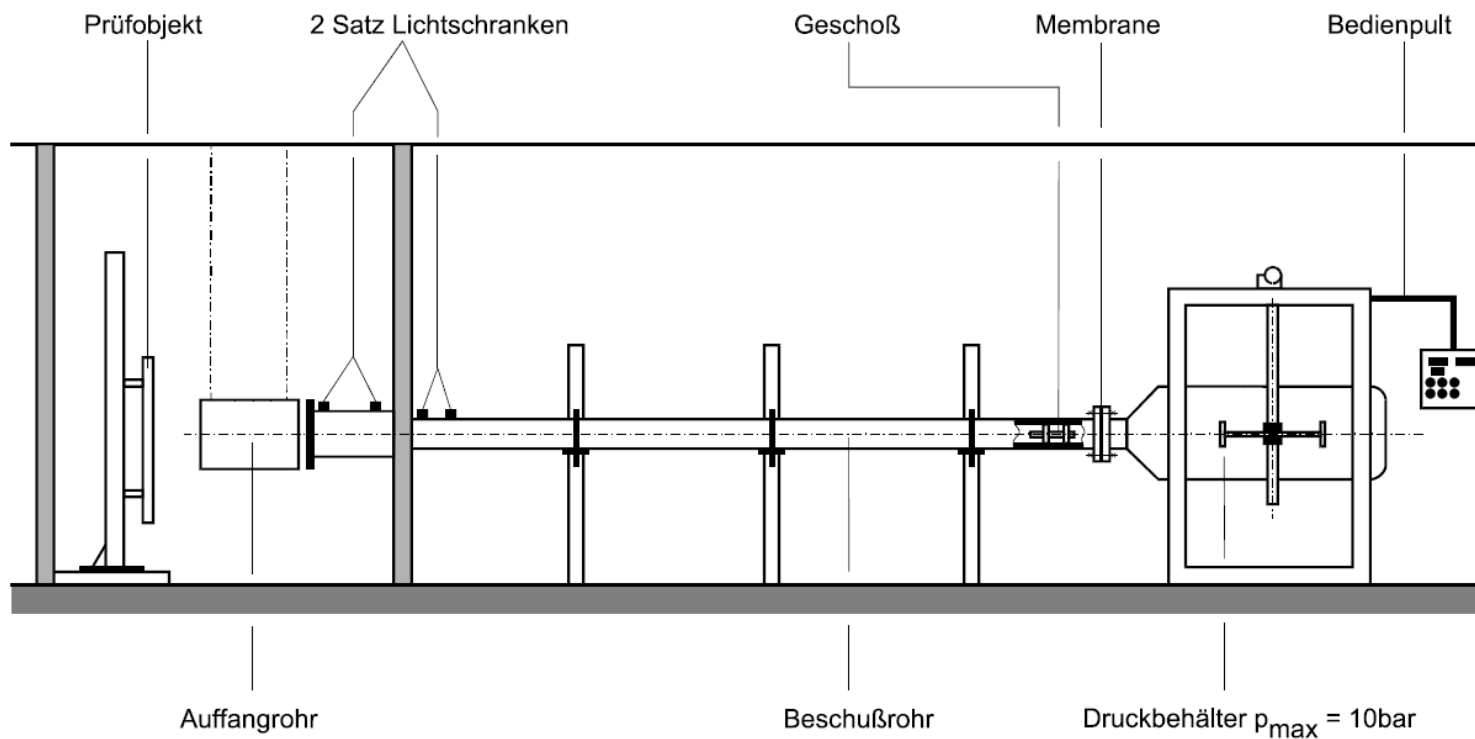
- Einleitung
- Normen
- Anforderungen und Prüfverfahren
- Alterung / Austauschfristen
- Schließkräfte an kraftbetätigten trennenden Schutzeinrichtungen

Einleitung



Anforderungen und Prüfverfahren - Prüfeinrichtung

Beschussanlage:



Quelle: IFA

Normen:

- DIN EN ISO 23125: „Werkzeugmaschinen – Sicherheit – Drehmaschinen“
- DIN EN ISO 16090-1: „Werkzeugmaschinen – Sicherheit – Bearbeitungszentren, Fräsmaschinen, Transfermaschinen – Teil 1: Sicherheitsanforderungen“
- DIN EN ISO 16089: „Werkzeugmaschinen – Sicherheit – Ortsfeste Schleifmaschinen“
- DIN EN ISO 14120: „Sicherheit von Maschinen – Trennende Schutzeinrichtungen – Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen“

Anforderungen und Prüfverfahren - DIN EN ISO 23125: Drehmaschinen

Tabelle: Widerstandsklassen

Spannzeug- durchmesser mm		Umfangs- geschwin- digkeit	Projektil- dimension $D \times a$	Projektil- masse	Aufprall- geschwin- digkeit ^a	Aufprall- energie ^b	Wider- stands- klasse
von	bis	m/s	mm	kg	m/s	J	
	< 130	25	30 x 19	0,625	32	310	A ₁
		40			50	781	A ₂
		63			80	2 000	A ₃
130	< 260	40	40 x 25	1,25	50	1 562	B ₁
		50			63	2 480	B ₂
		63			80	4 000	B ₃
260	≤ 500	40	50 x 30	2,50	50	3 124	C ₁
		50			63	4 960	C ₂
		63			80	8 000	C ₃

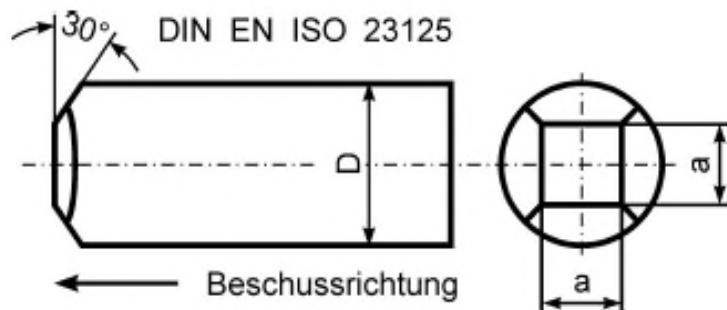
^a Die Aufprallgeschwindigkeit wird 25 % höher als die Umfangsgeschwindigkeit (sichere Schätzung) veranschlagt, da es im Fall eines Abbrechens vom Spannteil des Spannftiters passieren kann, dass die Spannbacken nicht nur aus ihrer Spannlag herausgeschleudert, sondern in den Spalten der Grundplatte des Spannftiters nach außen beschleunigt werden, bevor sie herausgeschleudert werden.

^b Zur Berechnung der Aufprallenergie siehe Anhang C.

Quelle: DIN EN ISO 23125

Anforderungen und Prüfverfahren - DIN EN ISO 23125: Drehmaschinen

Stahlprojekteile für die Bestimmung der Aufprallfestigkeit:



Masse m [g]	Durch- messer D [mm]	Stirnfläche a × a [mm × mm]
625	30	19 × 19
1250	40	25 × 25
2500	50	30 × 30



Quelle: IFA-Handbuch, Beitrag 330 610

Anforderungen und Prüfverfahren - DIN EN ISO 23125: Drehmaschinen

Beispiele von Werkstoffen

Werkstoff	Dicke d mm	Zugfestig- keit R_m N/mm ²	Bruch- dehnung A %	Widerstandsklassen								
				A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃
Stahlblech	2	370	28	+	+	-	-	-	-	-	-	-
	2,5	370	28	+	+	-	+	-	-	+	-	-
	3	400	28	+	+	-	+	+	-	+	-	-
	4	340	25	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	5	300	40	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	6	340	25	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Al Mg 3	5	240	18	+	+	-	+	-	-	+	-	-
Polycarbonat	6	68	80	+	+	-	+	-	-	-	-	-
	8	68	80	+	+	-	+	+	-	+	-	-
	10	68	80	+	+	+	+	+	-	+	+	-
	12	68	80	+	+	+	+	+	-	+	+	-
Polycarbonatverbund	2 × 8	68	80	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	2 × 12	68	80	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	19	68	80	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sicherheitsglas und Polycarbonatverbund	Glass + PC 6 + 18			+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ Anforderungen erfüllt.
- Anforderungen nicht erfüllt.

Quelle: DIN EN ISO 23125



Werkstoff	Nenn- dicke d [mm]	Zugfestig- keit R_m [N/mm ²]	Bruch- dehnung ϵ_B [%]	Widerstandsklassen ¹⁾								
				A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃
DC 01	2,0 2,5 3,0	400	28	+	+	-	-	-	-	-	-	-
S235JR	3,0	410	31	+	+	-	+	+	-	+	-	-
S185	5,0	300	43	+	+	+	+	+	+	+	+	-
X5CrNi1810	2,0 3,0	620 645	53 53	+	+	-	+	+	-	+	+	-
AlMg3	5,0 10,0	240 300	18 22	+	+	-	+	-	-	+	-	-
Polycarbonat	6,0 8,0 10,0 12,0 2 × 12	70	80	+	+	-	+	-	-	-	-	-
				+	+	+	+	+	-	+	+	-
				+	+	+	+	+	-	+	+	-
				+	+	+	+	+	-	+	+	-
				+	+	+	+	+	-	+	+	-
Polyethylen- terephthalat	8 12	50	40	+	+	-	-	-	-	-	-	-
				+	+	-	+	+	-	-	-	-
Polymethyl- metacrylat	12,0	70	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹⁾ + Anforderungen der jeweiligen Widerstandsklasse erfüllt
- Anforderungen der jeweiligen Widerstandsklasse nicht erfüllt

Quelle: IFA

Anforderungen und Prüfverfahren - DIN EN ISO 23125: Drehmaschinen

Grad der Überdeckung der
Sichtscheibe im Rahmen

Dicke des PC < 8 mm: 40 mm

Dicke des PC > 8 mm: 25 mm



Anforderungen und Prüfverfahren - DIN EN ISO 23125: Drehmaschinen – Videos von Prüfungen - 1



Geschossmasse: 2,5 kg
Geschossgeschwindigkeit: 50 m/s
Geschossenergie: 3125 J

Anforderungen und Prüfverfahren - DIN EN ISO 23125: Drehmaschinen – Videos von Prüfungen - 2



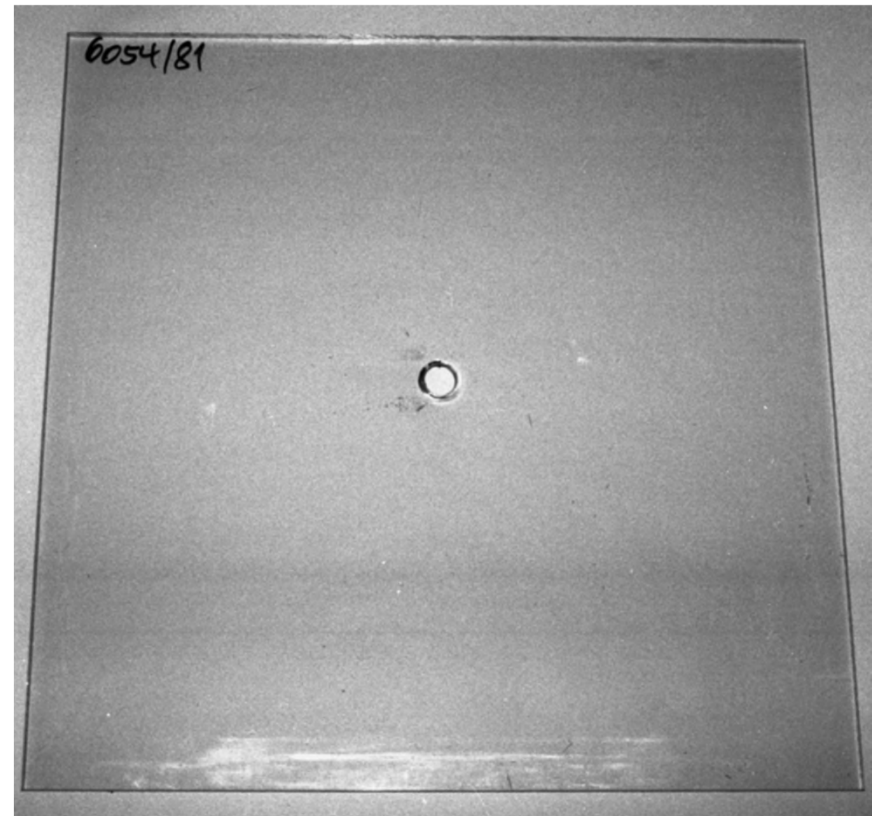
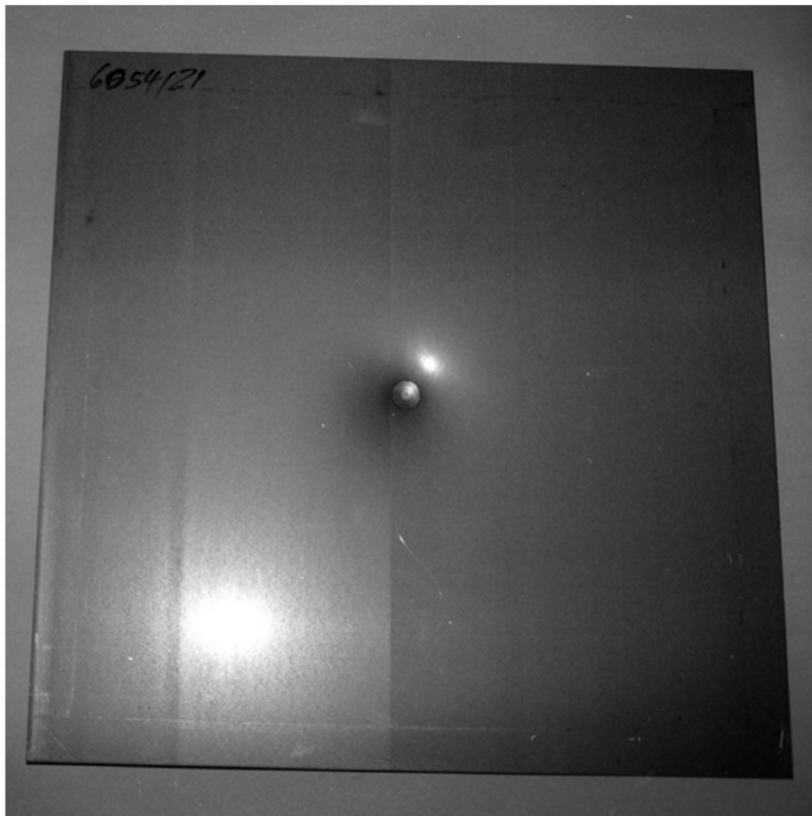
Geschossmasse: 2,5 kg
Geschossgeschwindigkeit: 64 m/s
Geschossenergie: 5120 J

Anforderungen und Prüfverfahren - DIN EN ISO 23125: Drehmaschinen – Videos von Prüfungen - 3



Geschossmasse: 2,5 kg
Geschossgeschwindigkeit: 80 m/s
Geschossenergie: 8000 J

Anforderungen und Prüfverfahren – DIN EN ISO 16090-1: Bearbeitungszentren ...



Anforderungen und Prüfverfahren – DIN EN ISO 16090-1: Bearbeitungszentren ...

Dieses Prüfverfahren basiert auf mit Fräswerkzeugen ausgestatteten Maschinen, die bis zur in der Gleichung angegebenen Höchstgeschwindigkeit betrieben werden:

$$v_c = B \pi n \text{ [m/s]}$$

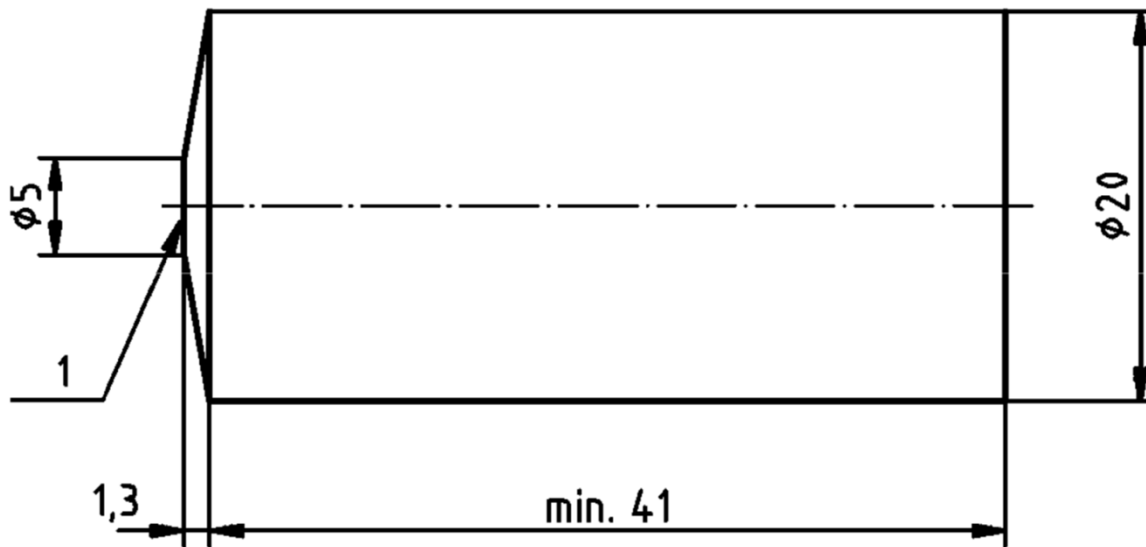
B der maximale Werkzeugdurchmesser, der in die Maschinenspindel aufgenommen werden kann [m];

n die maximale Spindeldrehzahl [sec^{-1}].

Quelle: DIN EN ISO 16090-1

Anforderungen und Prüfverfahren – DIN EN ISO 16090: Bearbeitungszentren ...

100g - Projektil



Quelle: IFA

Anforderungen und Prüfverfahren – DIN EN ISO 16090-1: Bearbeitungszentren ...

Beispiele von Materialien

Werkstoff	Nennstärke d [mm]	Zugfestigkeit R _m [N/mm ²]	Bruch- dehnung ε _B [%]	max. Schnitt- geschwindigkeit v [m/s]	Energie E [J]
DC01	1,5 3,0	370 400	28 28	80 115	320 660
DC01	1,5 + 3,0*) 3,0 + 1,5*) 1,0 + 1,0	370 bzw. 400 400 bzw. 370 370	28 28 28	150 140 100	1125 980 500
S235JR	3,0 6,0	410	30	115 180	660 1620
AlMg3	5,0	240	18	115	660
Polycarbonat	4,0 6,0 8,0 12,0	70	80	85 100 115 150	360 500 660 1125
Polycarbonat	2 × 6,0 2 × 12,0	70	80	170 230	1445 2645
Polymethylmetacrylat	12,0	70	4	25	30

*) Beschussseite (Arbeitsraumseite)

Quelle: IFA

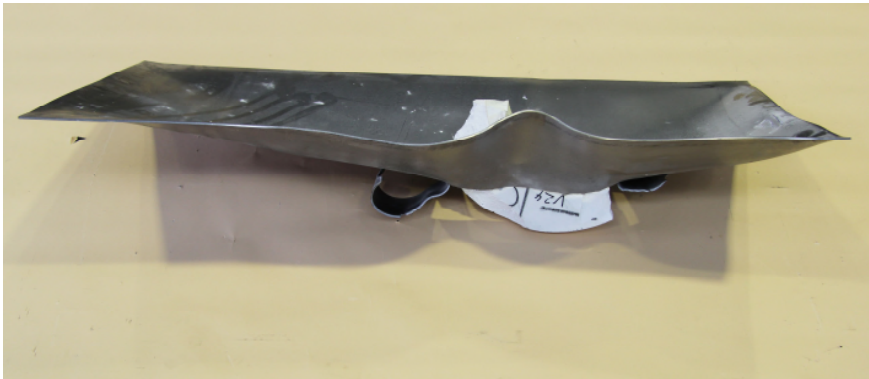
Anforderungen und Prüfverfahren – DIN EN ISO 16090: Bearbeitungszentren ... – Videos von Prüfungen



Geschossmasse: 0,1 kg
Geschossgeschwindigkeit: 91 m/s
Geschossenergie: 414 J

Anforderungen und Prüfverfahren DIN EN ISO 16089: Ortsfeste Schleifmaschinen

Schäden durch Schleifkörperbruch

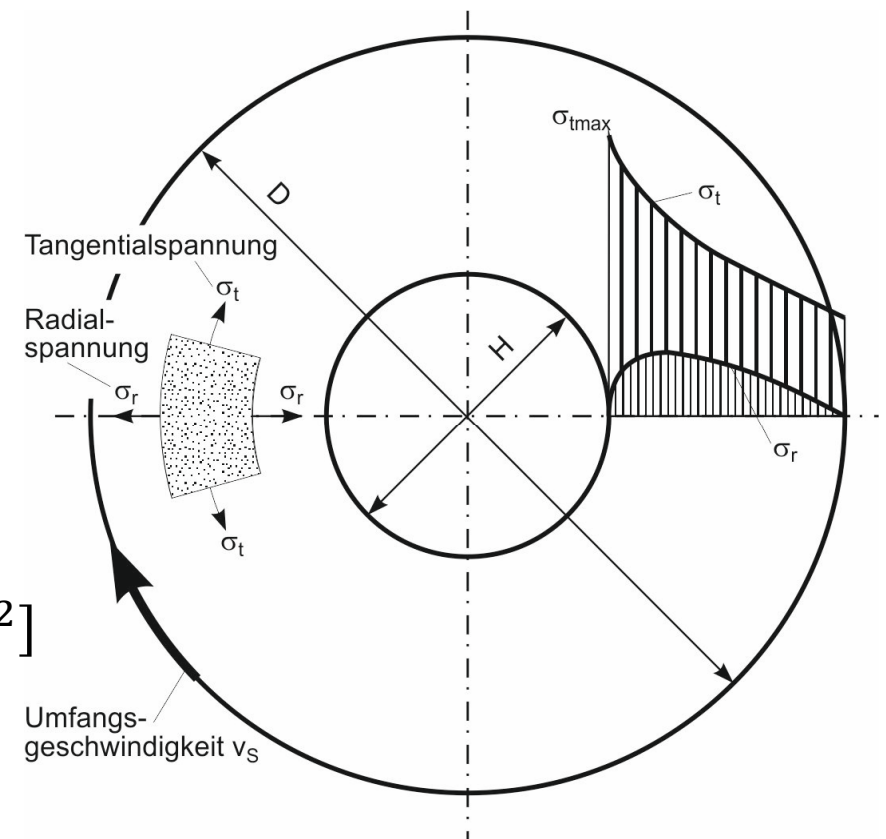


Anforderungen und Prüfverfahren DIN EN ISO 16089: Ortsfeste Schleifmaschinen

Fliehkraftspannungen in einer rotierenden
geraden Schleifscheibe

Radial- und Tangentialspannungen in
Abhängigkeit vom Radius

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



Quelle: H. Münnich: „Beitrag zur Sicherheit von umlaufenden Schleifkörpern“ Diss. TH Hannover (1956)

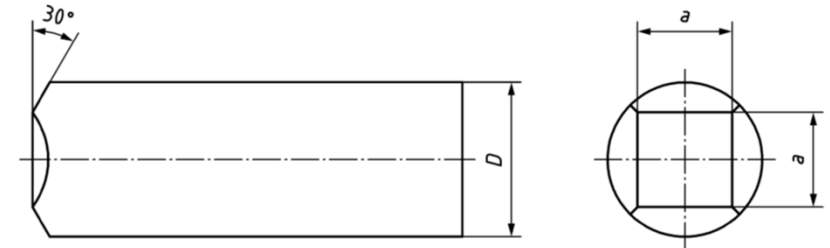
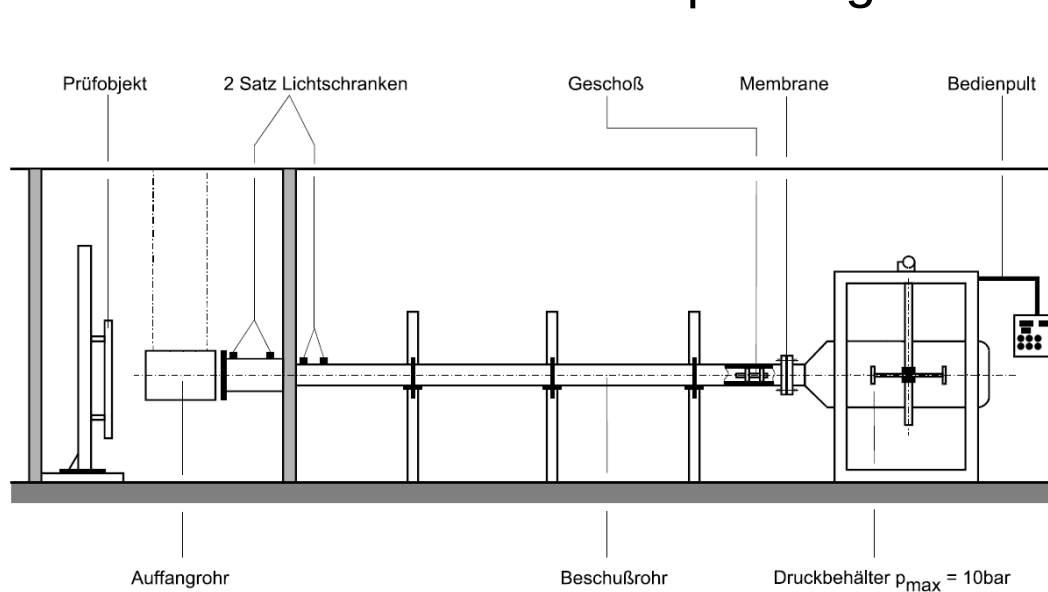
Anforderungen und Prüfverfahren DIN EN ISO 16089: Ortsfeste Schleifmaschinen



Bruch einer keramisch
gebundenen Schleifscheibe

Anforderungen und Prüfverfahren DIN EN ISO 16089: Ortsfeste Schleifmaschinen

1. Prüfverfahren: Beschussprüfung mit Stahlprojektilen



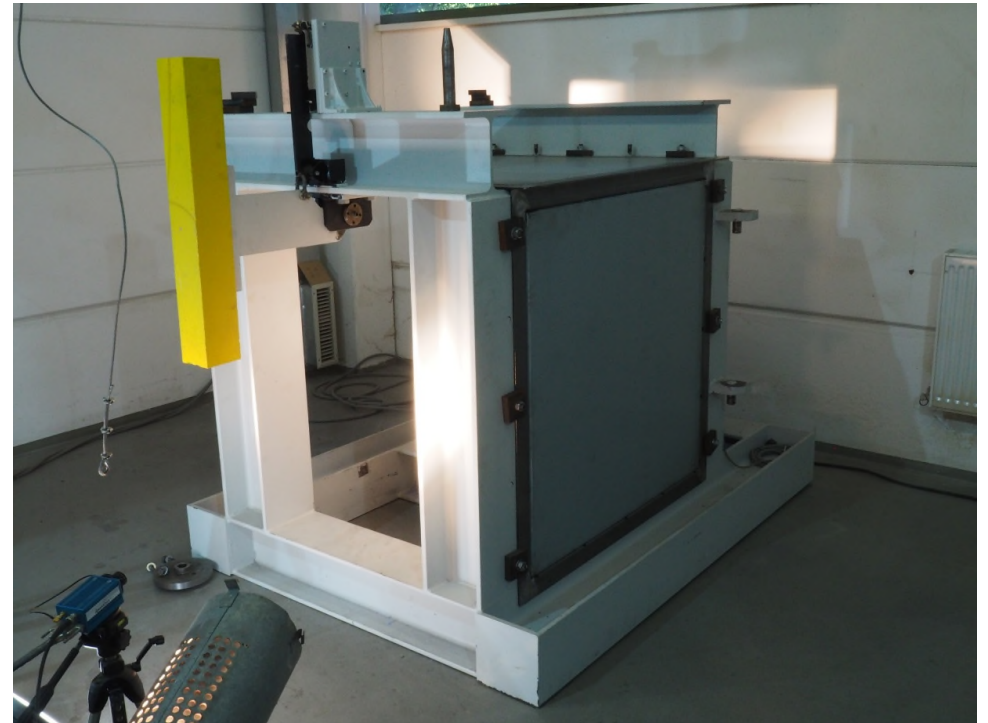
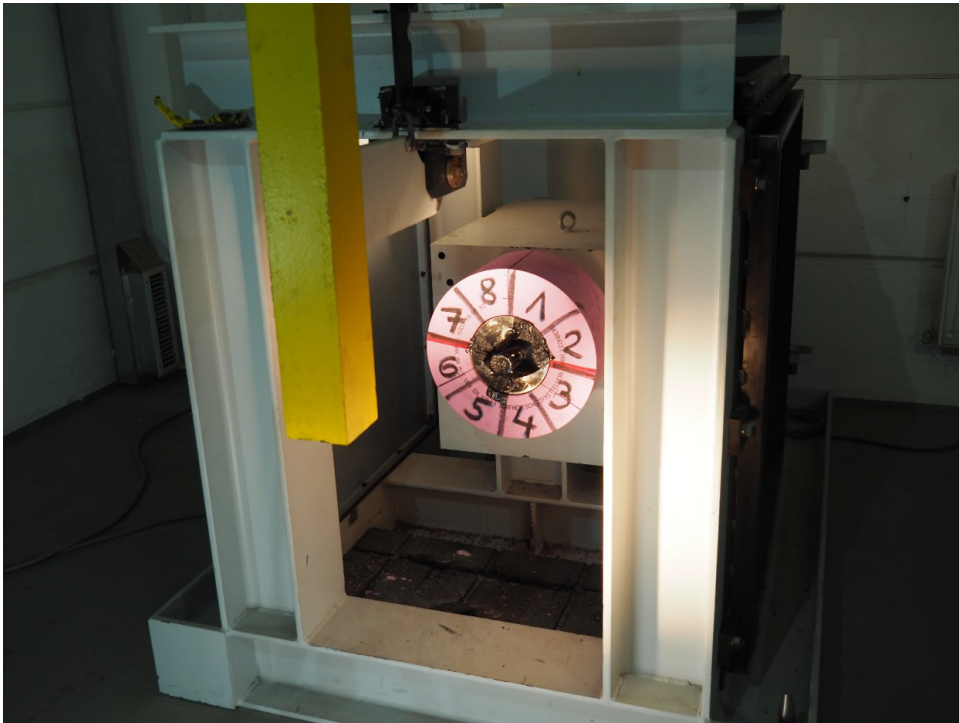
Masse m kg	Projekttil	Stirnfläche a x a mm x mm
	Durchmesser D mm	
0,625 1,25 2,5	30	19 x 19
	30	19 x 19
	40	25 x 25
	50	30 x 30
	30	19 x 19
	50	30 x 30
	60	38 x 38
	70	45 x 45

Quelle: IFA

Quelle: DIN EN ISO 16089

Anforderungen und Prüfverfahren DIN EN ISO 16089: Ortsfeste Schleifmaschinen

2. Prüfverfahren: Berstprüfung mit Schleifscheiben

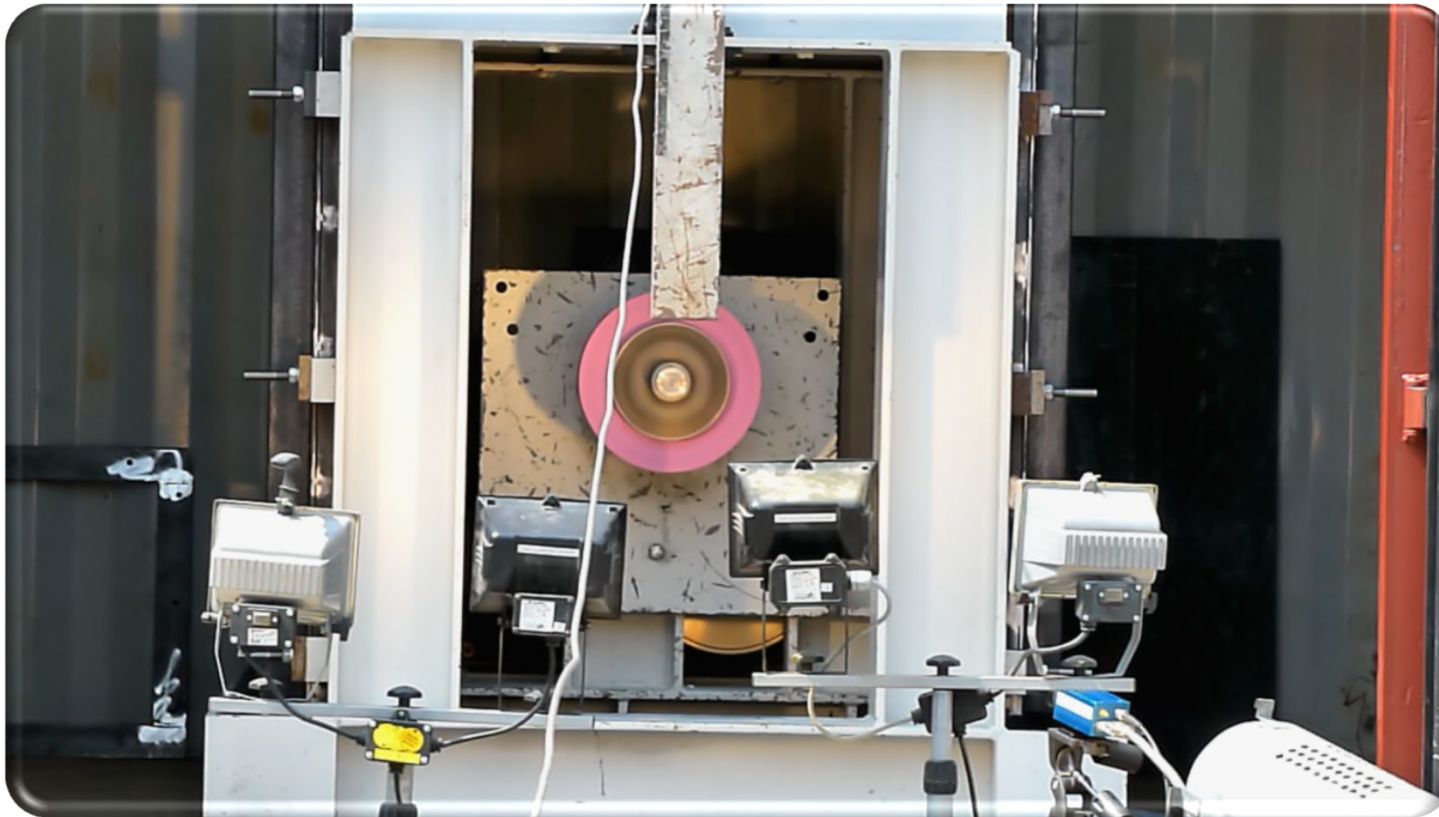


Anforderungen und Prüfverfahren DIN EN ISO 16089: Ortsfeste Schleifmaschinen

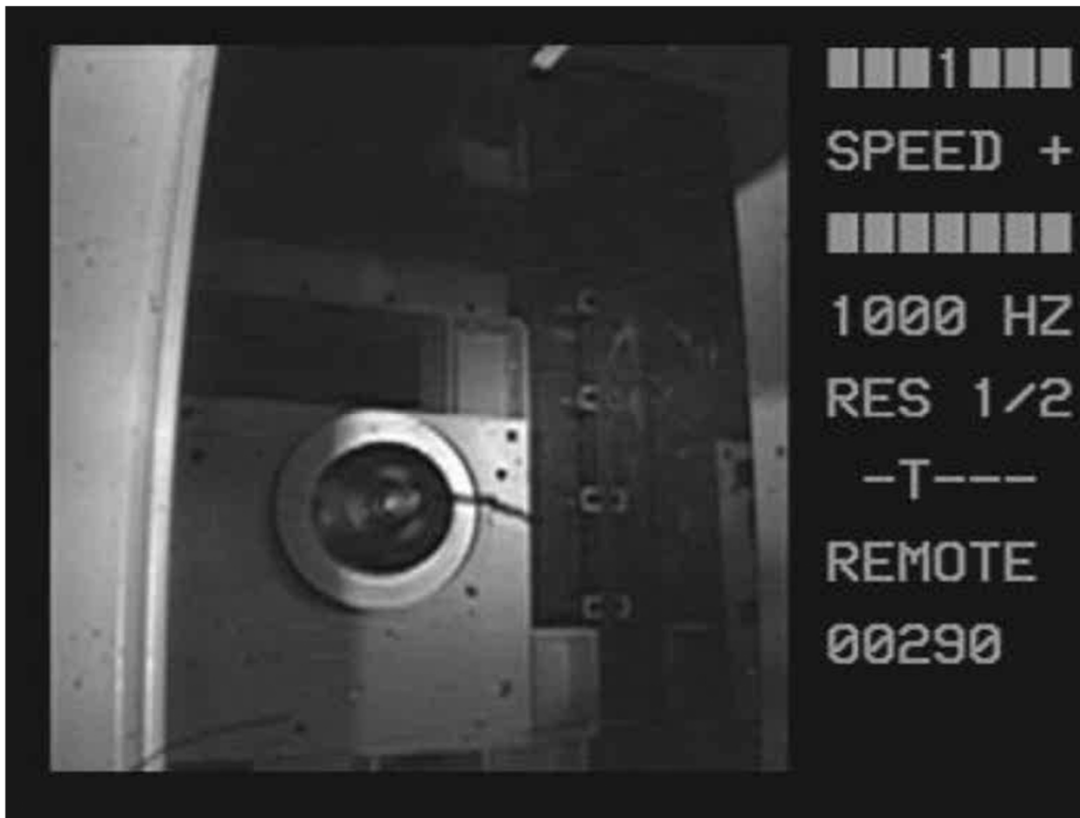
2. Prüfverfahren: Berstprüfung mit Schleifscheiben



Anforderungen und Prüfverfahren DIN EN ISO 16089: Ortsfeste Schleifmaschinen



Anforderungen und Prüfverfahren DIN EN ISO 16089: Ortsfeste Schleifmaschinen

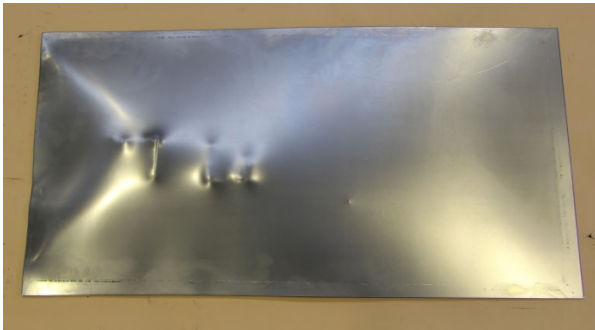


Anforderungen und Prüfverfahren DIN EN ISO 16089: Ortsfeste Schleifmaschinen



Anforderungen und Prüfverfahren DIN EN ISO 16089: Ortsfeste Schleifmaschinen

Auswertung



Beulung



Anriss



Durchschuss

Anforderungen und Prüfverfahren DIN EN ISO 16089: Ortsfeste Schleifmaschinen

Geplante Angabe der Wanddicken nach Überarbeitung der Norm

Table A.10 — Minimum wall thickness for steel enclosures (examples, according to formula A.1)

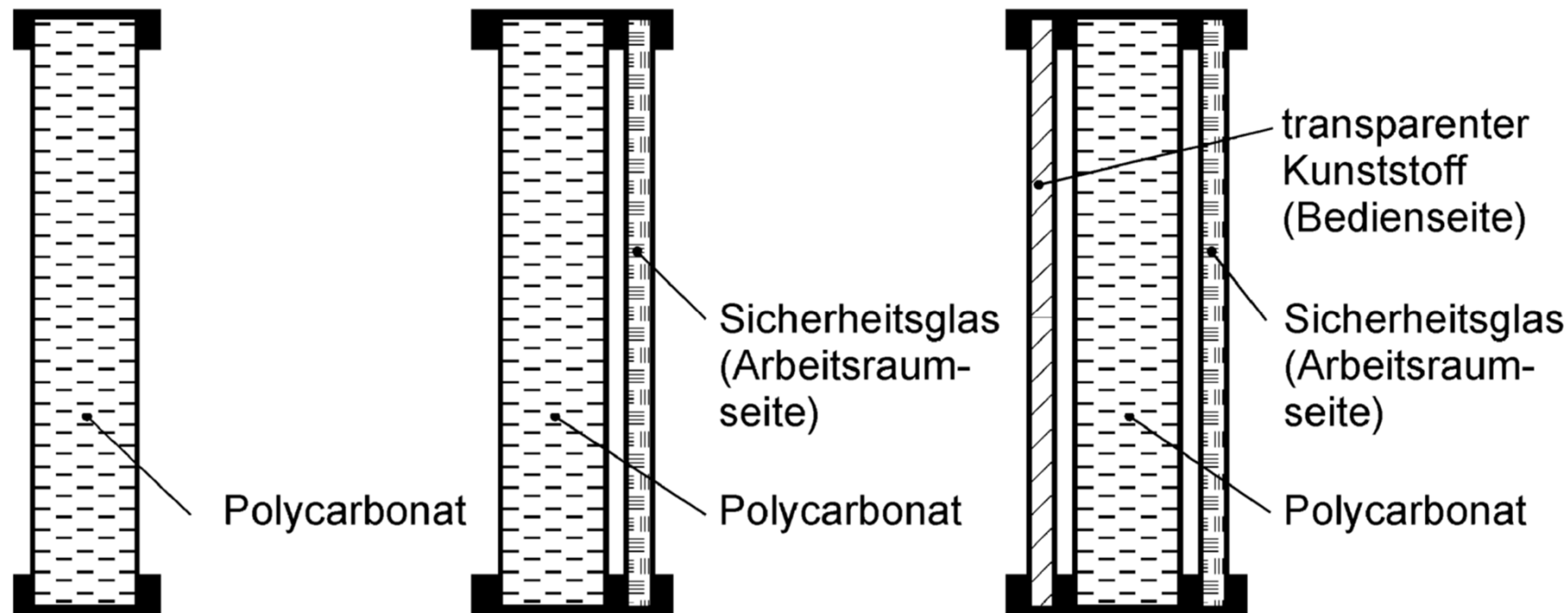
Material ^a	Safely limited peripheral surface speed $v_{\max}$ m/s	Outside diameter of abrasive product D mm									
		125	200	315	406	508	610	762	914	1067	1250
		Minimum wall thickness mm									
1, 2, 3	32	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5
	40	1,5	1,5	2,5	3,0	4,0	4,5	5,5	6,5	8,0	9,0
	50	1,5	2,0	3,0	4,0	4,5	5,5	7,0	8,5	9,5	11,5
	63	1,5	2,5	3,5	4,5	6,0	7,0	8,5	10,5	12,0	14,0
	80	2,0	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	11,0	13,0	15,5	18,0
	100	2,5	3,5	5,5	7,5	9,0	11,0	13,5	16,5	19,0	22,5
	125	3,0	4,5	7,0	9,0	11,5	13,5	17,0	20,5	24,0	28,0

^a Designation of material (see Table A.8).

Quelle: BGHM, IFA

Alterung von Sichtscheiben aus PC und Austauschfristen

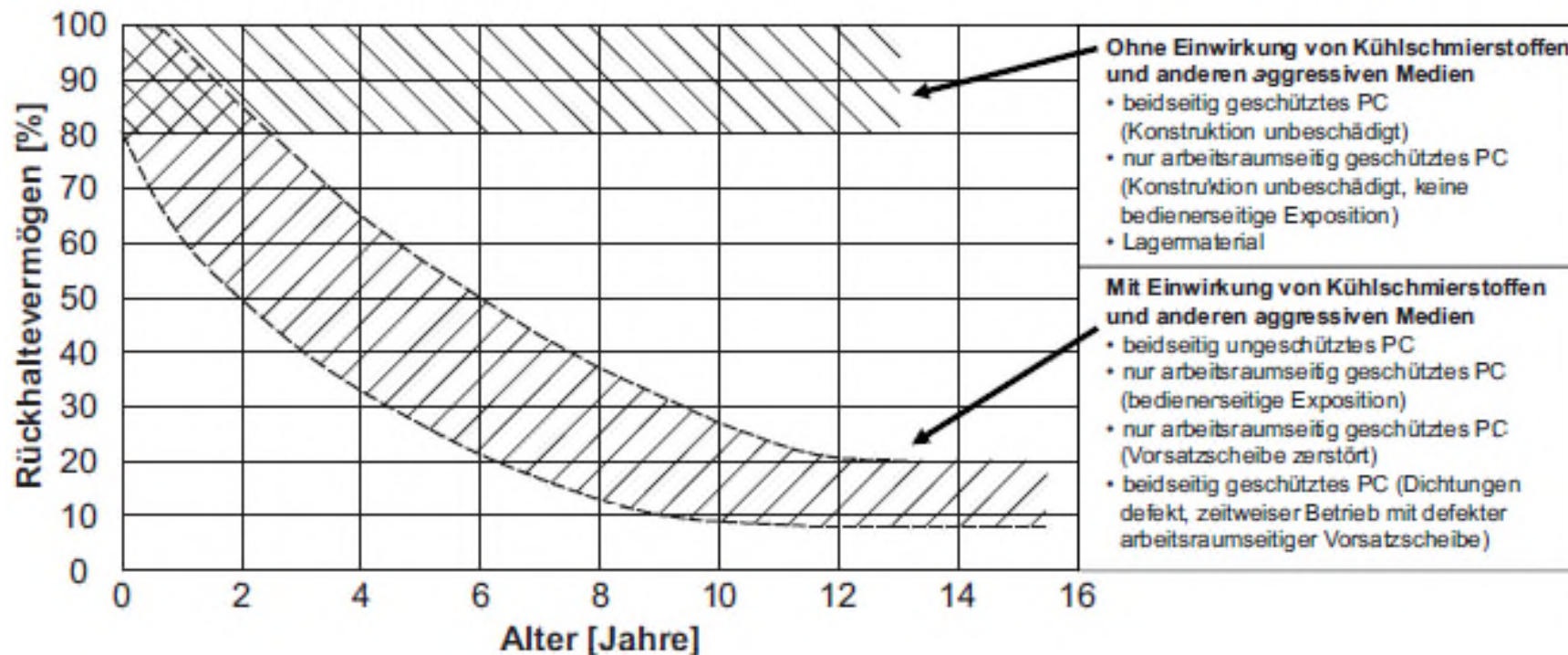
Sichtscheibenkonstruktionen



Quelle: IFA

Alterung von Sichtscheiben aus PC und Austauschfristen

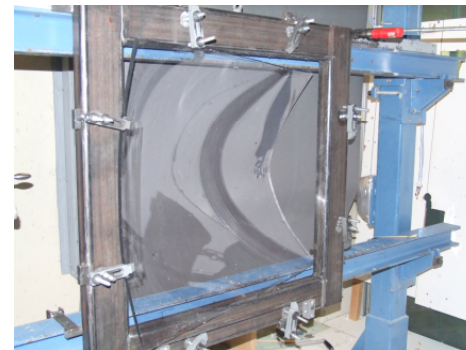
Verminderung des Rückhaltevermögens von PC-Sichtscheiben während des betrieblichen Einsatzes



Quelle: IFA

Einflussfaktoren auf die Materialqualität von Polycarbonat

- Herstellung von Polycarbonat (PC) (z.B. eingesetzte Rohstoffe – kein Rezyklat, die ideale Polymerkettenlänge beträgt > 30.000 g/mol, Herstellungsprozess / Abkühlphase)
- PC-Bearbeitung (Schneiden, Kantenbearbeitung) möglichst spannungsfrei bzw. – arm arbeiten, nach Möglichkeit keine Bohrungen einbringen
- PC- Verarbeitung (z.B. Verkleben, Abdichten), verwendete Materialien dürfen bei Kontakt mit dem PC keine Spannungsrisse begünstigen
- PC-Einbau: möglichst spannungsfrei bzw. -arm (ggf. Betrachtung unter polarisiertem Licht)
- PC-Einbau: Grad der Überdeckung der Sichtscheibe im Rahmen
 - Dicke des PC < 8 mm: 40 mm
 - Dicke des PC > 8 mm: 25 mm
- PC im Einsatz: Einfluss von UV-Licht, KSS, mechanische Beschädigung, Reinigung



Schließkräfte (DIN EN ISO 14120)



5.2.5.4 Kraftbetriebebene trennende Schutzeinrichtungen

Kraftbetriebebene trennende Schutzeinrichtungen dürfen keine Verletzungen verursachen (z. B. aufgrund von Schließdruck, Kraft, Geschwindigkeit, scharfen Kanten). Wenn eine trennende mit einer nicht trennenden Schutzeinrichtung versehen ist, die automatisch ein erneutes Öffnen der trennenden Schutzeinrichtung bewirkt, sobald eine Person oder ein Gegenstand mit der trennenden Schutzeinrichtung in Berührung kommt, darf die Schließkraft nicht mehr als 150 N betragen und die kinetische Energie der trennenden Schutzeinrichtung darf nicht mehr als 10 J betragen. Wenn keine derartige Schutzeinrichtung angebracht ist, müssen diese Werte auf 75 N und 4 J entsprechend verringert werden.

Diese Werte gelten nur dann, wenn eine breite Schließkante und keine Gefährdungen durch Schneiden oder Scheren vorhanden sind.

Quelle: DIN EN ISO 14120

Vielen Dank für

Ihre Aufmerksamkeit.

