

- Forschung -  
Fb 910

B.-J. Vorath  
K.-H. Lang  
S. Tismer

# Untersuchungen typischer Unfallgefährdungen durch rotierende Maschinenteile

*Clm 597*



Inv. Nr. BS 5759/01

Bibliothek Dortmund/Berlin 2001  
Arbeitswissenschaft  
TU Darmstadt 19. März 01

# Inhaltsverzeichnis

Kurzreferat .....	11
Abstract .....	12
Résumé .....	13
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>15</b>
<b>2 Normative Anforderungen für das Inverkehrbringen von Maschinen .....</b>	<b>17</b>
<b>3 Ziele des Vorhabens .....</b>	<b>20</b>
<b>4 Auswertung des Vorschriften- und Regelwerkes.....</b>	<b>22</b>
4.1 Ausgangsbasis.....	22
4.2 Vorgehensweise.....	23
4.2.1 Rotierende Maschinenteile.....	24
4.2.2 Mechanische Gefährdungen .....	25
4.2.3 Gefahrstellen.....	26
4.2.4 Besondere Betriebszustände .....	27
<b>5 Gestaltungsparameter rotierender Maschinenteile.....</b>	<b>31</b>
5.1 Sicherheitsparameter und deren Grenzwerte .....	33
5.1.1 Sicherheitsabstand.....	33
5.1.2 Sicherheitszeitraum.....	33
5.2 Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte .....	34
5.2.1 Geometrische Gestalt .....	34
5.2.2 Spaltbreite.....	34
5.2.3 Oberflächenrauigkeit .....	34
5.2.4 Kinematische Parameter .....	35
5.2.4.1 Drehwinkel.....	35
5.2.4.2 Drehzahl .....	35
5.2.4.3 Winkelgeschwindigkeit .....	35
5.2.4.4 Winkelbeschleunigung .....	36
5.2.5 Kinetische Parameter.....	36
5.2.5.1 Drehmoment .....	36
5.2.5.2 Trägheitsmoment .....	36
5.2.5.3 Energie .....	37

5.2.5.4	Leistung .....	37	7.
<b>6</b>	<b>Gefahrstellensystematik und Gefährdungsparameter .....</b>	<b>37</b>	
6.1	Gefahrstellensystematik .....	37	7.
6.1.1	Einzugstellen .....	38	7.
6.1.2	Fang- und Aufwickelstellen .....	39	7.
6.1.3	Quetschstellen .....	40	7.
6.1.4	Scherstellen .....	41	7.
6.1.5	Schneidstellen .....	42	
6.1.6	Reibstellen .....	43	7.
6.1.7	Schlagstellen .....	43	7.
6.2	Analyse vorhandener Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte .....	44	7.
6.2.1	Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte an Einzugstellen .....	45	7.
6.2.2	Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte an Fang- und Aufwickelstellen .....	52	7.
6.2.3	Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte an Quetschstellen .....	56	7.
6.2.4	Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte an Scherstellen .....	57	7.3
6.2.5	Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte an Schneidstellen .....	58	8
<b>7</b>	<b>Beurteilung von Gefährdungen .....</b>	<b>59</b>	8.1
7.1	Gefährdungs- und Risikobeurteilungen .....	60	8.1
7.1.1	Risikoanalyse .....	61	8.1
7.1.1.1	Bestimmung von Maschinengrenzen .....	61	8.1
7.1.1.2	Identifizierung von Gefährdungen .....	61	8.2
7.1.1.3	Einschätzung von Risiken .....	62	8.3
7.1.2	Risikobewertung .....	65	8.4
7.1.3	Risikominderung .....	65	9
7.2	Typische Gefährdungsbeispiele .....	65	9.1
7.2.1	Gefährdungsbeurteilungen in der Papier- und Druckindustrie .....	66	9.2

7.2.1.1	Gefährdungssystem Rotationsdruck- und Stanzmaschine.....	67
7.2.1.1.1	Beschreibung der Maschine .....	67
7.2.1.1.2	Identifizieren der Gefährdungen .....	67
7.2.1.1.3	Einschätzen der Risiken.....	68
7.2.1.1.4	Risikobewertung und Vorschläge zur Risikominderung .....	69
7.2.1.2	Gefährdungssystem Flexorotationsdruck- und Stanzmaschine .....	70
7.2.1.2.1	Beschreibung der Maschine .....	70
7.2.1.2.2	Identifizieren der Gefährdungen .....	71
7.2.1.2.3	Einschätzen der Risiken.....	72
7.2.1.2.4	Risikobewertung und Vorschläge zur Risikominderung .....	73
7.2.2	Gefährungsbeurteilung in der Metallverarbeitung .....	73
7.2.2.1	Gefährdungssystem Metallrundwalze.....	74
7.2.2.1.1	Beschreibung der Maschine .....	74
7.2.2.1.2	Identifizieren der Gefährdungen .....	75
7.2.2.1.3	Einschätzen der Risiken.....	75
7.2.2.1.4	Risikobewertung und Vorschläge zur Risikominderung .....	76
7.3	Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilungen .....	77
<b>8</b>	<b>Laborversuche an Fang- und Aufwickelstellen .....</b>	<b>77</b>
8.1	Versuchsaufbau .....	81
8.1.1	Universalbohrmaschine.....	82
8.1.2	Spannvorrichtung.....	83
8.1.3	Wellenenden .....	84
8.1.4	Radialwellendichtringe .....	86
8.1.5	Stoffproben .....	87
8.2	Randbedingungen der Laborversuche.....	90
8.3	Versuchsdurchführung .....	92
8.4	Ergebnisse der Laborversuche.....	94
<b>9</b>	<b>Ableitungen für experimentelle Untersuchungen .....</b>	<b>101</b>
9.1	Gefährdungsfaktor Durchmesser überstehender Wellenenden .....	102
9.2	Gefährdungsfaktor Länge überstehender Wellenenden.....	102

9.3	Gefährdungsfaktor Oberflächenbeschaffenheit überstehender Wellenenden .....	103
9.4	Gefährdungsfaktor Kantenzustand überstehender Wellenenden .....	104
9.5	Gefährdungsfaktor Feuchtigkeit überstehender Wellenenden .....	105
9.6	Gefährdungsfaktoren Oberflächenrauigkeit von Walzen .....	105
9.7	Gefährdungsfaktor Umfangsgeschwindigkeit von Walzen .....	106
9.8	Gefährdungsfaktoren Umfangskraft, Drehmoment und Leistung von rotierenden Maschinenteilen .....	107
10	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>108</b>

**A**  
 DI  
 DI  
 DI  
 EC  
 EC  
 EN  
 EV  
 GS  
 GL  
  
 ISK  
 LB  
 VB  
 VD  
 VD  
 VD  
 ZH

## Abkürzungsverzeichnis

DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DIN EN	Europäische Norm, die in das deutsche Normenwerk übernommen worden ist
DIN V	Deutsche Vornorm
EG	Europäische Gemeinschaft
EGV	EG-Vertrag
EN	Europäische Norm
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
GSGV	Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz
GUV	Unfallverhütungsvorschriften, Durchführungsanweisungen, Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblätter des Bundesverbandes der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand e.V. (BAGUV, heute BUK)
ISO	International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung)
LBG	Unfallverhütungsvorschriften des Bundesverbandes der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften
VBG	Unfallverhütungsvorschriften des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG)
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
ZH 1/	Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblätter des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG)

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Hersteller- und anwenderbezogene Teilaspekte der Sicherheit bei Konstruktion und Bau von Maschinen im Fertigungssystem /11/ .....	19
Abb. 3.1:	Schematische Darstellung einer Maschine /12/ .....	21
Abb. 4.1:	Ausgangsbasis und Projektrelevanz für die Auswertung des Vorschriften- und Regelwerkes .....	23
Abb. 4.2:	Besondere Betriebszustände von Maschinen .....	30
Abb. 6.1:	Einzugstelle als Einlaufstelle .....	38
Abb. 6.2:	Einzugstelle als Auflaufstelle .....	39
Abb. 6.3:	Fang- und Aufwickelstelle .....	40
Abb. 6.4:	Quetschstelle .....	41
Abb. 6.5:	Scherstelle .....	41
Abb. 6.6:	Schneidstelle .....	42
Abb. 6.7:	Reibstelle .....	43
Abb. 6.8:	Schlagstelle .....	44
Abb. 7.1:	Iterativer Prozeß der Risikobeurteilung zum Erreichen von Sicherheit .....	62
Abb. 7.2:	Verfahren zur Risikoeinschätzung .....	64
Abb. 7.3:	Stanzwerk der Rotationsdruck- und Stanzmaschine .....	68
Abb. 7.4:	Risikoeinschätzung zum Einrichten des Stanzwerkes .....	69
Abb. 7.5:	Druckwerk der Flexorotationsdruck- und Stanzmaschine .....	71
Abb. 7.6:	Risikoeinschätzung zum Einrichten des Druckwerkes .....	72
Abb. 7.7:	Metallrundwalzenmaschine .....	74
Abb. 7.8:	Risikoeinschätzung zum Walzen von Flachstahl .....	75
Abb. 8.1:	Versuchsaufbau eines rotierenden Wellenendes als Fang- und Aufwickelstelle .....	82
Abb. 8.2:	Universalbohrmaschine .....	83
Abb. 8.3:	Spannvorrichtung-Seitenansicht .....	84
Abb. 8.4:	Probekörper, d = 100 mm .....	85
Abb. 8.5:	Probekörper, d = 50 mm .....	85
Abb. 8.6:	Probekörper, d = 20 mm .....	86

Abb. 8.7:	Aufnahme des Radialwellendichtringes .....	87
Abb. 8.8:	Rückseite des Versuchsaufbaus mit Aufnahme des Radialwellendichtringes und Befestigung des rotierenden Wellenendes .....	88
Abb. 8.9:	Stoffprobe in Klemmvorrichtung .....	89
Abb. 8.10:	Luftgeschwindigkeits-Meßorte am Versuchsaufbau .....	91
Abb. 8.11:	Messung der Luftgeschwindigkeit am rotierenden Wellenende .....	91
Abb. 8.12:	Möglichkeiten der Führung der Stoffproben mit unterschiedlichen Umschlingungswinkeln bei Versuchsbeginn .....	93
Abb. 8.13:	Fang- und Aufwickelrisiko in Abhängigkeit von Wellenendenlänge und Wellendurchmesser .....	95
Abb. 8.14:	Fang- und Aufwickelrisiko in Abhängigkeit von Wellenendenlänge und Menge zugeführter Flüssigkeiten (Wasser, Öl) bzw. Feuchtigkeit (Stoff Nr. 02021) .....	96
Abb. 8.15:	Kraft in Abhängigkeit von Wellendurchmesser und Menge zugeführter Flüssigkeiten (Wasser, Öl) bzw. Feuchtigkeit (Stoff Nr. 02021) .....	97
Abb. 8.16:	Kraft in Abhängigkeit von Wellendurchmesser und Menge zugeführter Flüssigkeiten (Wasser, Öl) bzw. Feuchtigkeit (Stoff Nr. 02021) .....	97
Abb. 8.17:	Kraft in Abhängigkeit von Wellendurchmesser und Drehzahl des rotierenden Wellenendes (Stoff Nr. 02021) .....	98
Abb. 8.18:	Kraft in Abhängigkeit von Wellendurchmesser und Stoffqualität .....	99
Abb. 8.19:	Haft- und Gleitreibungskoeffizienten .....	100