



Helmut Prüller

Praxiswissen Gleitschleifen

Leitfaden für die Produktionsplanung
und Prozessoptimierung

 Springer Vieweg

Praxiswissen Gleitschleifen

Helmut Prüller

Praxiswissen Gleitschleifen

Leitfaden für die Produktionsplanung
und Prozessoptimierung

 Springer Vieweg

Dr. Helmut Prüller
Haan
Deutschland

ISBN 978-3-8348-1956-7
DOI 10.1007/978-3-8348-2342-7

ISBN 978-3-8348-2342-7 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden 2012

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Lektorat: Thomas Zipsner, Ellen Klabunde
Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-vieweg.de

Gewidmet Herrn Henning D. Walther, der mir die Möglichkeit gegeben hat zu lernen, wie man kleine Steinchen nutzbringend hüpfen lässt.

Vorwort

Es ist schon seltsam: fast in jedem metallverarbeitenden Betrieb steht eine Gleitschleifanlage.

Damit werden Druckgussteile entgratet, Oberflächen von Armaturen und Beschlägen geglättet, Haushaltsgegenstände poliert, Turbinenschaufeln bearbeitet und viele andere Werkstücke im Dekor oder ihrer Funktion verbessert.

Und doch kennt kaum jemand dieses Verfahren (außer natürlich die Anwender selbst).

Dazu kommt, dass Gleitschleifen vielerorts rein empirisch betrieben wird („das haben wir schon immer so gemacht“), und weder fundiertes Wissen über die Grundlagen existiert noch über Möglichkeiten, die Prozesse und damit die Produkte zu verbessern.

Das vorliegende Buch gibt trotz aller Vielfalt der Anwendungen neben grundlegenden Informationen praxisbezogene Hinweise, die durch Diagramme und Tabellen ergänzt werden. Es gilt, das Gleitschleifen besser zu verstehen und das Gelernte nutzbringend in der eigenen Fertigung anzuwenden.

Deshalb werden exotische kaum praktizierte Verfahren nicht behandelt.

Nicht zu kurz kommen sollen dagegen Behandlungstechniken für das entstehende Abwasser sowie Methoden zur Beurteilung der Gleitschleif-Ergebnisse.

Helmut Prüller, Mai 2012

Danksagung

Ohne Herrn Markus van den Hoogen würde dieses Buch nicht existieren!

Dafür, dass er mich sanft gedrängt hat, das Werk in Angriff zu nehmen, danke ich ihm.

Besonderen Dank möchte ich Herrn Goertz, der nach kurzer schwerer Krankheit verstorben ist, sowie Herrn Dose sagen, die das Werk mit ihrer umfassenden Fachkompetenz durchgesehen haben und mir mit wertvollen Anregungen geholfen haben.

Mein Dank gilt auch der Firma Walther Trowal, die nicht nur viele Fotos zur Verfügung gestellt hat, sondern mir auch erlaubt hat, Diagramme und Zeichnungen, die ich während meiner Dienstzeit bei Trowal erstellt habe, zu veröffentlichen.

Mein Dank gilt auch dem Lektor Herrn Thomas Zipsner sowie Frau Ellen Klabunde, durch deren mühevollen Kleinarbeit dem Leser nicht nur manche Stilblüte erspart geblieben ist.

Nicht zuletzt danke ich meiner Frau Barbara, die viel Zeit geopfert und akribisch Jagd auf Rechtschreib- und Grammatikfehler gemacht hat.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Prinzip	2
1.2	Warum Gleitschleifen?	3
1.3	Was ist Gleitschleifen?	4
2	Maschinen	9
2.1	Drehende Arbeitsbehälter	10
2.1.1	Trommeln	10
2.1.2	Glocken	11
2.1.3	Planeten-Fliehkraftmaschinen	12
2.1.4	Teller-Fliehkraftmaschinen	13
2.2	Vibratoren	18
2.2.1	Prinzip der Vibrortechnik	18
2.2.2	Trogvibratoren	21
2.2.3	Trog-Durchlaufanlagen	22
2.2.4	Rundvibratoren	23
2.2.5	Rund-Durchlaufanlagen	32
2.2.6	„Topf“-Vibratoren	33
2.3	Schleppschleifanlagen	34
2.4	Leistungsvergleich der Maschinentypen	36
2.5	Auswahl einer Maschine	37
2.5.1	Mindestgröße des Arbeitsbehälters	38
2.5.2	Durchsatzleistung	39
2.5.3	Berechnungsformeln	41
3	Peripherie	45
3.1	Elektrische Steuerung	45
3.2	Dosiersysteme	46
3.3	Separiereinrichtungen	47
3.3.1	Magnetseparatoren	47
3.3.2	Siebmaschinen	48

3.4	Waschanlagen	49
3.5	Konservierungsanlagen	51
3.6	Trockner	51
	3.6.1 Trommeltrockner	51
	3.6.2 Vibrationstrockner	51
	3.6.3 Bandtrockner	52
3.7	Pumpstationen	53
3.8	Teilehandling	54
	3.8.1 Hebe- und Kippgeräte	54
	3.8.2 Förderbänder	55
	3.8.3 Rollenbahnen	55
	3.8.4 Rückfüllsysteme	55
	3.8.5 Puffersysteme	55
3.9	Schleifkörper-Handling	56
3.10	Schutzeinrichtungen	57
	3.10.1 Schallschutz	57
	3.10.2 Schutz vor bewegten Teilen	59
	3.10.3 Schutz vor Elektrizität	60
4	Schleif- und Polierkörper	61
4.1	Allgemeine Eigenschaften	61
	4.1.1 Verklebungen	62
	4.1.2 Ausnutzung	63
	4.1.3 Oberflächenrauheit	64
	4.1.4 Effektivität	64
4.2	Keramische Schleifkörper	65
	4.2.1 Herstellung	65
	4.2.2 Eigenschaften	66
	4.2.3 Einsatzgebiet	67
4.3	Kunststoff-Schleifkörper	67
	4.3.1 Herstellung	67
	4.3.2 Eigenschaften	68
4.4	Polierkörper	70
4.5	Glaskugeln	71
4.6	Stahlkörper zum Schleifen	71
4.7	Körniges Schleifmaterial	72
4.8	Holzprodukte	72
4.9	Auswahlkriterien	73
	4.9.1 Schleifleistung	73
	4.9.2 Splitterneigung	74
	4.9.3 Oberflächenqualität	74
	4.9.4 Verklebungs-Neigung	76

4.9.5	Innenkonturen	77
4.9.6	Separiermöglichkeiten	77
4.9.7	Keramik oder Kunststoff?	78
5	Wasser	81
5.1	Wasserdurchsatz	81
5.2	Wasserqualität	82
5.3	Wasserhärte	82
5.4	Wassertemperatur	83
6	Compounds	85
6.1	Standard-Compounds	86
6.2	Kreislauf-Compounds	87
6.3	Polier-Compounds	88
6.3.1	Compounds zum Hochglanz-Polieren	88
6.3.2	Kugelpolier-Compounds	88
6.3.3	Trockenpolier-Compounds	88
6.4	Beiz-Compounds	89
6.5	Zusatz-Compounds	89
6.5.1	Entfettungspulver	89
6.5.2	Schleifpulver	90
6.5.3	Adhäsionstrennkugeln	90
6.6	Compound-Dosierung	90
6.6.1	Flüssig-Dosierung	91
6.6.2	Pulver-Dosierung	92
7	Verfahrenstechniken	93
7.1	Begriffserklärungen	93
7.1.1	Elektrochemische Aspekte	93
7.1.2	Verlusttechnik	96
7.1.3	Kreislauftechnik	96
7.1.4	Hoher Wasserstand	99
7.1.5	Bearbeitung im Sumpf	99
7.1.6	Bearbeitung „mit sich selbst“	100
7.2	Entgraten und Verrunden	100
7.3	Glätten	103
7.4	Reinigen	104
7.5	Entfetten	104
7.5.1	Schockentfettung	105
7.6	Hochglanz-Polieren	106
7.6.1	Polieren in der Glocke	108
7.6.2	Polieren im Vibrator	108

7.6.3	Polieren in der Fliehkraft-Maschine	109
7.6.4	Polieren in der Schleppschleifanlage	110
7.7	Kugelpolieren	111
7.8	Trockenpolieren	112
7.9	Chemisch beschleunigtes Glätten	112
7.10	Beizen	114
7.11	Trocknen	114
7.11.1	Trocknen in der Trommel	115
7.11.2	Trocknen im Vibrator	115
7.11.3	Trocknen im Bandtrockner	115
7.12	Vorversuche	115
8	Verfahrenskosten	117
8.1	Schleifkörperverbrauch	117
8.2	Compoundverbrauch	118
8.3	Verbrauchskosten	119
8.4	Stückkosten	119
9	Abwasserbehandlung	121
9.1	Gesetzliche Auflagen	122
9.2	Flockung zur Einleitung	123
9.2.1	Abtrennung der Schwebstoffe	124
9.2.2	Senkung des CSB-Wertes	125
9.2.3	Einstellung des pH-Wertes	125
9.2.4	Erniedrigung der Metallgehalte	125
9.2.5	Senkung des Mineralölgehaltes	126
9.2.6	Eindicken des Schlammes	126
9.3	Reinigung im Kreislauf	126
9.3.1	Reinigung durch Zentrifugen	127
9.3.2	Membranfiltration	131
9.3.3	Eindampfanlagen	132
9.3.4	Elektroflotation	133
9.4	Abwasser-Compounds	133
9.4.1	Emulsions-Trennmittel	134
9.4.2	Neutralisationsmittel	134
9.4.3	Flockenbildner	134
10	Abfallentsorgung	135
10.1	Gleichschleifschlamm	135
10.2	Schleifkörperreste	136
11	Messen und Prüfen	137
11.1	Optische Begutachtung	137

11.2	Grate	138
11.3	Rauheit	138
11.3.1	Definition der Rauheits-Messwerte	138
11.3.2	Messverfahren	140
11.4	Restverschmutzung	141
11.5	Helligkeit und Glanz	143
11.6	Kantenradius	144
11.7	Tensidgehalt	145
11.8	pH-Kontrolle	146
11.9	Schalldruck	146
12	Bearbeitungsprobleme	149
12.1	Häufige Fehler	149
12.2	Dunkle Teile in Kreisläufen	149
12.3	Schaumbildung	150
13	Bewertung des Gleitschleifverfahrens	151
13.1	Vor- und Nachteile des Gleitschleifverfahrens	151
13.2	Grenzen des Gleitschleifverfahrens	152
	Anhang Diagramme und Tabellen	155
	Literaturverzeichnis	163
	Sachverzeichnis	165

Ein Verfahren, das etwas auf sich hält, führt sein Prinzip auf Vorgänge in der Natur zurück. Das kann man auch für das Gleitschleifen in Anspruch nehmen.

Vielleicht hat einer unserer pfiffigen Vorfahren darüber gegrübelt, warum die Steine, die im Sand des Flussbettes durch die Strömung hin und her bewegt werden, so schön rund werden und dann einen Erkenntnisblitz gehabt. Unterrichteten Kreisen zufolge soll dieser Vorfahre bereits ein Chinese oder Ägypter gewesen sein (Gillespie [1]).

Beaver [2] berichtet, dass im Mittelalter Waffen und Kettenhemden in sich drehenden Fässern mit Steinen gereinigt wurden.

Auch heute gibt es noch Anlagen, die ähnlich aussehen wie das „Urfass“. Nur mit dem Unterschied, dass sich das Fass in Lagern motorisch um seine Achse dreht, und sich das Wasser nur im Fass befindet und (möglichst) nicht außen herum.

Dieses so einfach anmutende Verfahren hat sich im Laufe seiner Entwicklung zu einer ganzen Palette von Verfahrensvarianten zur Oberflächenbearbeitung entfaltet. Sie umfasst das Putzen von Guss ebenso wie das Hochglanzpolieren von Kontaktlinsen. Diese Vielfalt ist durch die Entwicklung unterschiedlicher Maschinentypen und Hilfsstoffe möglich geworden.

Durch Gleitschleifen bearbeitete Werkstücke werden gegenüber einer Bearbeitung von Hand im Ergebnis reproduzierbarer und sind natürlich viel wirtschaftlicher zu produzieren. So ist das Gleitschleifen heute ein weit verbreitetes mechanisch-chemisches Fertigungsverfahren zum

- Entgraten und Verrunden von Kanten
- Glätten und Polieren
- Reinigen und Entfetten
- Entzundern und Entrosten.

Werkstücke aus allen gängigen Metallen und Metalllegierungen können nach dem Gleitschleifverfahren bearbeitet werden.

Auch für Formteile aus Gummi [3], Kunststoff oder keramischem Material ist diese Technik unter bestimmten Voraussetzungen einsetzbar.

Selbst für die Dekontaminierung radioaktiv belasteter Bauteile ist das Gleitschleifen eine durchaus interessante Verfahrenstechnik. In den Gleitschleifmaschinen werden Oberflächenschichten abgetragen, ohne dass Menschen eingreifen müssen. Dazu kommt, dass bei der Aufarbeitung des entstehenden Abwassers das abgetragene radioaktive Material im Schlamm zurückgehalten wird, der in relativ geringer Menge anfällt.

1.1 Prinzip

Fast allen Gleitschleifverfahren ist gemeinsam, dass sich ein Gemisch aus „Schleifsteinchen“, den Schleifkörpern (auch Chips genannt), wässriger „Compound-Lösung“ und Werkstücken als Schüttung in einem Arbeitsbehälter befindet und dieser rotiert oder vibriert.

Durch die Bewegung des Arbeitsbehälters gleiten die Schleifkörper über Flächen und Kanten der Werkstücke und tragen so Material ab, wobei sie selbst verschleifen. Die Compound-Lösung nimmt den Abrieb auf.

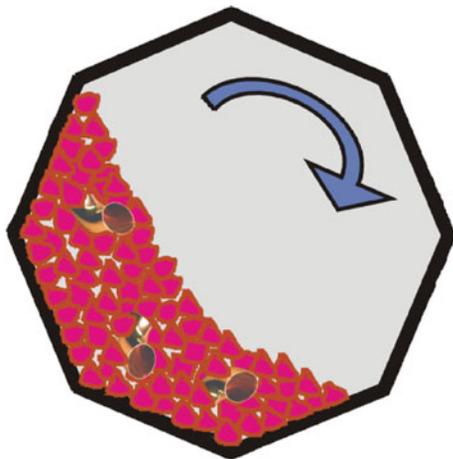
Das Prinzip einer sich drehenden Trommel oder Glocke ist in Abb. 1.1 skizziert.

Die Schleifkörper führen auf der Werkstückoberfläche ungeordnete Bewegungen aus. Deswegen laufen die Schleifspuren kreuz und quer durcheinander.

Betrachtet man Spuren, die Schleifkörper auf den Werkstückoberflächen hinterlassen haben in starker Vergrößerung, so erkennt man, dass die in den Schleifkörpern eingebetteten Körner die Oberflächen zunächst „aufpflügen“ (Machhein [4]).

Bei weiterem Darübergleiten der Schleifkörper brechen dann die Grate ab. Es entsteht eine vollkommen ungerichtete Oberflächenstruktur, deren Rauheit durch die Korngröße

Abb. 1.1 Prinzip der Gleitschleiftrommel



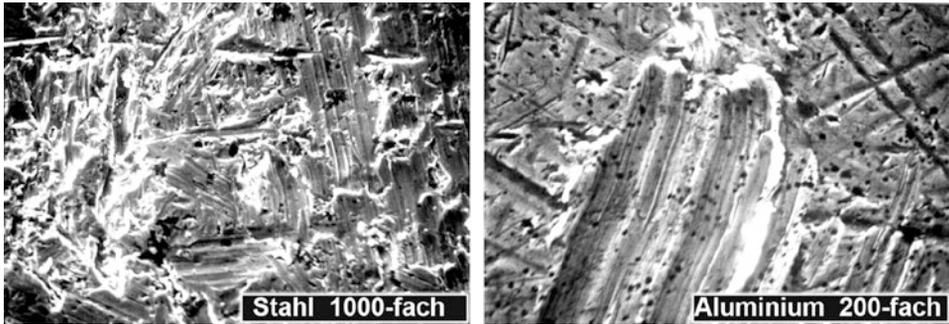


Abb. 1.2 Spuren von Schleifkörpern

des Schleifminerals, die Art der Maschine und deren Einstellung bestimmt wird. Ein solches Muster ist in Abb. 1.2 zu sehen.

1.2 Warum Gleitschleifen?

Das Gleitschleifen ist nicht deshalb so weit verbreitet, weil die Hersteller der Maschinen phantastische Marketingabteilungen besitzen, sondern weil dieses Verfahren, wann immer es anwendbar ist, die wirtschaftlichste Lösung darstellt.

Wirtschaftlich vor allem deshalb, weil die Werkstücke in den allermeisten Bearbeitungen nicht einzeln in die Hand genommen, sondern als Schüttgut bearbeitet werden. Das spart kräftig Handlingkosten.

Dazu kommt, dass Gleitschleifbearbeitungen soweit automatisiert werden können, dass sie sogar ohne menschliche Beaufsichtigung durchführbar sind.

Ein weiterer Vorteil des Gleitschleifverfahrens ist, dass (anders als bei der Handbearbeitung einzelner Stücke) eine hohe Gleichmäßigkeit der Ergebnisse erzielt wird.

Schließlich kann man mehrere Bearbeitungsschritte in ein und derselben Maschine durch Wechsel der Verfahrensparameter durchführen (andere Maschineneinstellungen, andere Compounds, eventuell andere Schleifkörper).

Die Liebe zum Gleitschleifen hat viele Begriffe für das Verfahren geprägt. So spricht man vom Trowalisieren (in Anlehnung an den Namen der Fa. Walther Trowal, die wesentliche Entwicklungen hervorgebracht hat) und vom Trommeln, Rollen, Rollieren oder Rütteln.

Aufgrund seiner außerordentlich großen Wirtschaftlichkeit hat sich das Gleitschleifen einen sehr großen Anwendungsbereich erobert.

Mehr als 50 % aller Entgrat-Operationen werden nach diesem Verfahren ausgeführt, ca. 30 % werden (mit sinkender Tendenz) manuell erledigt. Für ca. 20 % werden andere Verfahren eingesetzt [5].

Tab. 1.1 Werkstoffe für die Gleitschleifbearbeitung

Werkstoffe	Bearbeitbar	Bedingt bearbeitbar	Nicht bearbeitbar
Metalle	Ja		
Kunststoffe	Duroplaste	Thermoplaste Elastomere*	
Keramik	Ja		
Holz		Nur trocken	

* meist unter Tiefkühlung

Nachteilig beim Gleitschleifen ist die längere Bearbeitungszeit gegenüber dem Einsatz von Schleifmaschinen, sowie die Tatsache, dass Grate von mehr als 0,3 mm (Fußbreite) nicht mehr wirtschaftlich zu entfernen sind.

Weiterhin entsteht ein Problem dadurch, dass verschmutztes Prozesswasser anfällt und behandelt werden muss.

Eine grobe Abschätzung darüber, welche Werkstoffe nach dem Gleitschleifverfahren bearbeitet werden können, zeigt die Tab. 1.1.

1.3 Was ist Gleitschleifen?

Wenn wir uns Gleitschleifbearbeitungen ansehen, müssen wir uns mit folgenden „Komponenten“ beschäftigen:

- Maschine mit dem Arbeitsbehälter
- Schleifkörper, die die Arbeit leisten
- Compound, das reinigt
- Wasser, das den Abrieb aufnimmt und abtransportiert
- die Maschine verlassendes Prozesswasser
- und natürlich auch die zu bearbeitenden Werkstücke.

In Abb. 1.3 sind die angegebenen Komponenten zusammengestellt.

Die einzelnen Komponenten werden in den folgenden Kapiteln detailliert besprochen, und es werden neben notwendigen Grundlagen viele Erfahrungswerte für Maschineneinstellungen und Verfahrensparameter mitgeteilt.

Eine ganze Palette verschiedener Bearbeitungsaufgaben können in Gleitschleifmaschinen gelöst werden. Sie reichen vom groben Entgraten von Druckguss- oder Stanzteilen bis zum Hochglanzpolieren von Besteck oder Armaturen.

Die Möglichkeiten, Werkstücke durch Gleitschleifen zu bearbeiten, lassen sich der Abb. 1.4 entnehmen.

Die bekannteste Bearbeitung ist das Entgraten. Mit dieser einfachen Technik werden Grate an den Werkstückkanten verringert und bei fortgesetztem Schleifen die Kanten mit einem Radius versehen.

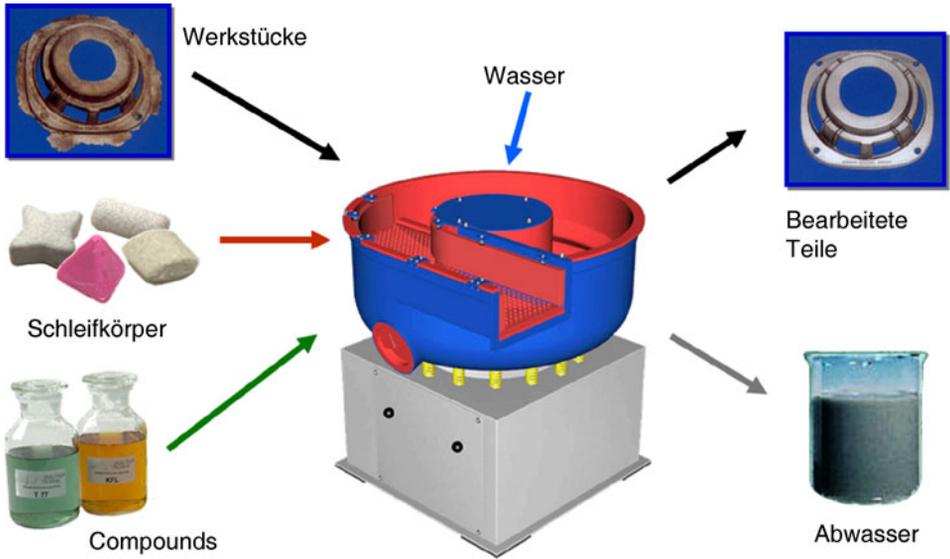


Abb. 1.3 Komponenten für den Gleitschleifprozess

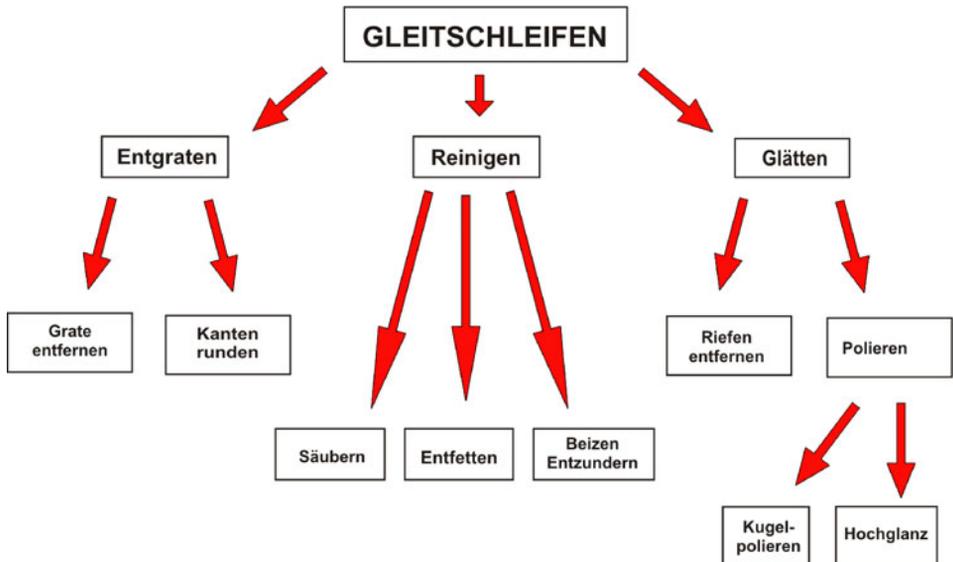


Abb. 1.4 Bearbeitungsmöglichkeiten beim Gleitschleifen



Abb. 1.5 Beispiele von Gleitschleifbearbeitungen

Die Gruppe der Reinigungsarbeiten säubert oder entfettet die Oberfläche, je nach eingesetzten Mitteln. Beizarbeiten werden unter Einsatz von Säuren ausgeführt.

Einen immer größeren Stellenwert nehmen Arbeiten ein, die die Oberfläche glätten, insbesondere polieren. Hier hat sich eine ganze Reihe von Verfahrensvarianten etabliert,