

Qualitätssicherung

# Ohne Gratfreiheit keine partikuläre Sauberkeit

Wenn es um die Auslegung industrieller Reinigungsanlagen geht, wird das Thema Entgratqualität zwischen Kunde und Hersteller kontrovers diskutiert. Denn Bauteile mit Graten lassen sich nicht nach den definierten Parametern prozesssicher reinigen, selbst wenn sie nur leicht anhaften. Ist eine Vermeidungsstrategie nicht möglich, so stellt sich die Frage nach dem geeigneten Entgratverfahren.

Als Grate werden jene noch mit dem Bauteil an einer Stelle fest verbundenen Partikel oder Auffaserungen bezeichnet, die meist an metallischen Oberflächen durch unterschiedliche industrielle Bearbeitungsschritte oder Herstellungsvorgänge entstehen. Man unterscheidet im Wesentlichen zwi-

schen Bearbeitungsgrate (zum Beispiel durch Bohren, Fräsen, Drehen), Grate durch Umformprozesse (wie Walzen, Pressen, Kanten) sowie Gussgrate (zum Beispiel Trenngrate oder Einschlüsse). Sie lassen sich häufig mit wenig mechanischem Aufwand, wie etwa durch Handlings- oder Montage-

prozesse, undefiniert brechen und beeinflussen somit die erforderlichen partikulären Reinheitsanforderungen der jeweiligen Werkstücke.

In der Konsequenz sind sie deshalb wie klassische Verschmutzungen zu charakterisieren, die jedoch durch die bekannten Reinigungsva-

## Übliche Entgratverfahren

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Hochdruckwasserstrahl (HDW)  | Hochdruckwasserstrahlentgraten ist besonders für Werkstücke aus Leichtmetall, aber auch für Stähle geeignet. Der Wasserstrahl wird mittels einer Lanze, einer oder mehrerer Düsen (starr oder rotierend) zu den Entgratstellen geführt. Der hohe, gezielte Druck des Wasserstrahls, mit 200 bis zu über 1000 bar, entfernt die Grate gezielt an den angefahrenen Stellen. Dieses erzielte Entfernen der Grate ist für große Serien geeignet und erlaubt unter bestimmten Voraussetzungen das Entgraten, Entspannen und Reinigen in einem Prozessschritt. Verbunden ist das jedoch mit hohem Invest, hohen Energie- und Verschleißkosten sowie großem Handlingsaufwand. |
| Elektrochemisch (ECM)        | Dieses elektrolytische Verfahren erlaubt einen gezielten Materialabtrag durch anodische Materialauflösung an klar vorab definierten Stellen. Für das jeweilige Bauteil werden spezielle teilbezogene Vorrichtungen erstellt. ECM erlaubt eine Entgratung bis auf die Gratwurzel. Dies steht gegen die hohen Einrichtkosten und die relativ langen Bearbeitungszeiten. Nach dem Prozess ist das Elektrolyt mittels einer Nachreinigungsstufe zu beseitigen um einen Angriff an der Oberfläche ausschließen zu können.   |
| Thermisch (TEM)              | Beim TEM-Verfahren wird der Grat verbrannt. In eine hermetisch geschlossene Druckkammer wird über ein Gasdosiersystem ein Gemisch aus Brenngas und Sauerstoff eingeleitet und gezündet. Hierbei entstehen Temperaturen von bis zu 3.300 °C. Dies führt zu einer Verbrennung der Grate. Auf dem Bauteil verbleibende Verbrennungsrückstände müssen ggf. im Folgeschritt abgereinigt werden. Bei dünnwandigen Bauteilen, z. B. bei Aluminium, kann es durch die thermischen Einflüsse zu maßlichen Veränderungen kommen.   |
| Chemisch                     | Das Prinzip basiert auf chemischem Abtrag an der gesamten benetzten Werkstückoberfläche. Partikel, Schuppen, Flitter und Verunreinigungen werden beseitigt. Grate bis ca. 0,5 mm Größe werden ebenfalls entfernt. Form, Größe und Struktur der Werkstücke haben hierbei keinen Einfluss. Durch die Konzentration der Chemikalien, die Temperatur sowie die Medienbewegung im Bad wird die Intensität des Prozesses auf der Bauteiloberfläche bestimmt.   |
| Bürsten automatisiert        | Bürstentgraten ist ein eigenständiges oder auch in Vorprozesse integriertes rein mechanisches Entgratverfahren zur Entfernung nicht loser Grate sowie zur Verrundung von Kanten. Mittels sich bewegenden/rotierenden Bürsten werden die in den Vorprozessen entstanden Grate gezielt oder auf der Fläche beseitigt. Das Verfahren wird meistens nass auf Öl- oder Wasserbasis durchgeführt. Eine Nachreinigung ist in der Regel erforderlich.  |
| Gleitschleifen               | Die Werkstücke werden zusammen mit Schleifkörpern und einem Zusatzmittel (Compound) als Schüttgut in einen Behälter gegeben. Durch eine oszillierende oder rotierende Bewegung des Arbeitsbehälters entsteht eine mechanische Reibung zwischen Bauteil und Schleifkörper, die einen Materialabtrag, insbesondere an dessen Kanten, hervorruft. Kanten werden verrundet. Komplexe Werkstückformen oder Vertiefungen beeinflussen das Ergebnis. Eine Nachreinigung ist ggf. erforderlich.  |
| Strahlen                     | Ein starker Luftstrahl wird mit Strahlmittel (z. B. Sand, Glasgranulat, Korund, Stahl, usw.) in unterschiedlichsten Feinheitsgraden angereichert. Die Schleifmittel treffen dann zusammen mit dem Luftstrahl mit hoher Geschwindigkeit auf die zu behandelnde Oberfläche. Die abrasive Wirkung des Strahlmittels beseitigt unerwünschte Bestandteile auf der Oberfläche. Das Verfahren ist gerade für die Flittergratbeseitigung geeignet. Eine Nachreinigung ist ggf. erforderlich.   |
| Mechanisch manuell           | Mit Hilfe von Entgratwerkzeugen (z. B. Fräser, Bürsten, Reibahlen) werden Grate an Bearbeitungskanten oder in Bohrungen entfernt. Ein manuelles Entgraten ist sehr personalintensiv und teuer. Die Qualität, Wiederholgenauigkeit und somit die Prozesssicherheit ist von dem jeweiligen Mitarbeiter abhängig.   |
| Mechanisch automatisch (BAZ) | Direkt in den zerspanenden Bearbeitungsprozess eingebunden werden mit speziellen Werkzeugen Kanten und Bohrungen entgratet oder die Gratbildung stark reduziert. Der Entgrataufwand nach der Bearbeitung wird verringert oder entfällt ggf. komplett. Die Bearbeitungszeit verlängert sich dadurch entsprechend.   |
| Ultraschallentgratung        | Die Entgratung erfolgt mittels Ultraschall-Sonotroden, die direkt an die zu entgratende Stelle herangeführt werden. Hochfrequente elektrische Energie wird in mechanische Schwingungen umgewandelt, die im Behandlungsbecken gezielt einen mechanischen/kavitätischen Effekt auf der Bauteiloberfläche erzeugt. Grate in Bohrungen, an Bearbeitungskanten oder sonstige Oberflächengrater lassen sich somit beseitigen.  |

Kurzbeschreibung der gängigsten Verfahren

(Quelle: LPW Reinigungssysteme GmbH)

# Entgratverfahren im Vergleich

|                              | Tendenzielle Eignung*   |                           |                               |                           |                             | Kosten       |         | Sonstiges                          |  |
|------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------|---------|------------------------------------|--|
|                              | Außen-/Punkt-entgratung | Außen-/Flächen-entgratung | Entgratung verdeckter Partien | Bohrungen/Verschneidungen | Beseitigung von Gratwurzeln | Invest       | Betrieb | Flexibilität bei Geometrie-wechsel | Anmerkungen  |
| Hochdruck wasserstrahl (HDW) | geeignet                | geeignet                  | nicht geeignet                | geeignet                  | nicht geeignet              | hoch         | hoch    | gegeben                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Flexibilität durch Roboter/ Mehrachsssysteme</li> <li>➤ Pumpenleistung/ Verschleiß</li> </ul> |
| Elektrochemisch (ECM)        | geeignet                | nicht geeignet            | nicht geeignet                | bedingt geeignet          | geeignet                    | mittel       | niedrig | sehr eingeschränkt                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Geringe Betriebskosten</li> <li>➤ Werkstückabhängige Vorrichtungen</li> </ul>                 |
| Thermisch (TEM)              | nicht geeignet          | geeignet                  | geeignet                      | geeignet                  | nicht geeignet              | mittel/ hoch | mittel  | gegeben                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hohe Flexibilität</li> <li>➤ Verformungsgefahr</li> <li>➤ Nachreinigung nötig</li> </ul>      |
| Chemisch                     | nicht geeignet          | geeignet                  | geeignet                      | geeignet                  | nicht geeignet              | mittel       | hoch    | gegeben                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Geeignet für große Mengen</li> <li>➤ Entsorgungsproblematik bei der Chemie</li> </ul>         |
| Bürsten automatisiert        | geeignet                | geeignet                  | nicht geeignet                | bedingt geeignet          | geeignet                    | mittel/ hoch | mittel  | gegeben                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Flexibel in BAZ oder eigenständig</li> <li>➤ Verschleißproblematik</li> </ul>                 |
| Gleitschleifen               | nicht geeignet          | geeignet                  | nicht geeignet                | nicht geeignet            | bedingt geeignet            | mittel       | niedrig | gegeben                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Geeignet für große Mengen</li> <li>➤ ggf. Nachreinigung erforderlich</li> </ul>               |
| Strahlen                     | bedingt geeignet        | geeignet                  | nicht geeignet                | nicht geeignet            | nicht geeignet              | mittel/ hoch | mittel  | gegeben                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verdichtung der Oberfläche</li> <li>➤ Problematik der Strahlgutrückstände</li> </ul>          |
| Mechanisch manuell           | geeignet                | bedingt geeignet          | nicht geeignet                | bedingt geeignet          | geeignet                    | niedrig      | hoch    | gegeben                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Geeignet für Einzelteile</li> <li>➤ Eingeschränkt prozesssicher</li> </ul>                    |
| Mechanisch automatisch (BAZ) | geeignet                | bedingt geeignet          | nicht geeignet                | bedingt geeignet          | geeignet                    | niedrig      | mittel  | gegeben                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ keine eigene Operation</li> <li>➤ auf Kosten der Bearbeitungszeit</li> </ul>                  |
| Ultraschall-entgratung       | geeignet                | bedingt geeignet          | nicht geeignet                | geeignet                  | nicht geeignet              | mittel       | niedrig | gegeben                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Versuchsstadium</li> <li>➤ Hohe Energieeffizienz/ Niedrige Betriebskosten</li> </ul>          |

\* abhängig von Materialbeschaffenheit und -geometrie

Vergleichstabelle: Nicht jedes Verfahren ist für jede Aufgabenstellung geeignet und sinnvoll

(Quelle: LPW Reinigungssysteme GmbH)

rianten nicht oder nicht prozesssicher entfernbar sind – aber mit einem zeitlich nicht bestimmbar Versatz und in ihrer maßlichen Dimension vergleichbare Auswirkungen haben können. Denn wann und bei welcher

mechanischen Einwirkung ein Grat bricht, lässt sich nicht vorhersagen. Manchmal reicht der Medienstrom und die eingesetzte Waschmechanik (wie Druck oder Ultraschall). Und was ist mit den häufigen Auslösern

wie Transport-/Montage-Handling, Werkzeuggebrauch oder Einflüsse bei Nutzung des Endprodukts? All diese Faktoren stellen schlussendlich auch Risiken für die Bauteilsauberkeit dar.



## Wir sehen das Ganze.

Wir sind Ihr Chemiepartner für sämtliche Prozesse rund um das Thema Lackierung.

- Industrielle Teilereinigung & Vorbehandlung
- Lackkoagulierung
- Spüllösemittel für die Lackiertechnik
- Wartung, Pflege & Instandhaltung

Wir zeigen Ihnen das Optimierungspotenzial Ihrer Prozesse auf und machen diese für Sie nutzbar. Dabei ist die Reduzierung Ihrer Gesamtkosten für uns eine Selbstverständlichkeit.

Auch für führende Hersteller der Kunststoffindustrie gute Gründe sich für Zeller+Gmelin zu entscheiden.

Erwarten Sie mehr von uns.





Grate sind in ihrem Auftreten zeitlich undefinierbare partikuläre Verunreinigungen, die unterschiedliche Ursachen haben

### Bekannte Entgratverfahren

Art und Ausmaß der Gratbildung können im jeweiligen Vorprozess positiv wie negativ beeinflusst werden. Wichtig ist hierbei die Analyse von auftretenden Graten, deren Kategorisierung nach Art und Form sowie in Folge der Rückschluss auf den Ort der Entstehung. An dieser Stelle kann nun angesetzt werden. Falls dies nicht ausreichend möglich oder wirtschaftlich sinnvoll ist, sind die Grate in einem eigenständigen Schritt vor oder gegebenenfalls während der Reinigung zu beseitigen. Artverwandt in diesem Zusammenhang ist zudem die Betrachtung von Klemmspänen, da auch diese nicht mit klassischen Reinigungsverfahren verschwinden.

Die bekannten und im industriellen Alltag angewendeten Methoden lassen sich sinnvollerweise wie folgt aufteilen: ungezielte Verfahren wirken über einen bestimmten Bereich oder das ganze Bauteil hinweg. Dazu gehören etwa Schleif-, Gleitschleif- und Strahlmethoden, chemische Entgratmöglichkeiten, das thermische Entgraten (TEM) sowie teilweise Bürst- und Hochdruckwasserstrahlvarianten, insofern sie werkzeugabhängig entsprechend ausgeführt werden.

Diese Strategien eignen sich allesamt zur Beseitigung von Graten und Flittern unmittelbar auf der Bauteiloberfläche – bei chemischen oder thermischen Methoden auch in verdeckten Bereichen (wie Bohrungen und Verschneidungen). Gezielte Verfahren erfordern hingegen bereits im Vorfeld eine klare Definition der prozessbedingt verursachten Gratstellen und zeichnen sich durch eine genaue

punktueller Bearbeitung aus. Neben den mehrachs-/achsgestützten Hochdruckwasserstrahl- oder Bürstmethoden ist auch das elektrochemische Entgraten (ECM) dieser Kategorie zuzuordnen. Ebenso die klassischen mechanischen Entgratungen (maschinell oder manuell).

### Vermeidungsstrategien

Das beste Entgratverfahren ist jenes, das erst gar nicht benötigt wird. Diesbezüglich bestehen bereits zahlreiche Ausarbeitungen, die sich mit konstruktiven Einflüssen und der Gratvermeidungsstrategie im Rahmen der Fertigungsprozess-/Reihenfolgeplanung, Material- sowie Werkzeugwahl befassen. Darüber hinaus kommt auch dem Design des jeweiligen Bauteils große Bedeutung zu.

In der gängigen Praxis geht es seither bei der Entwicklung/Konstruktion hauptsächlich um Material, Maßhaltigkeit, Bauteilfunktion sowie fertigungsgerechte Ausführung. Grate finden also dann Beachtung, wenn sie die genannten funktionellen und maßlichen Anforderungen beeinträchtigen. Eine reinigungsrelevante Betrachtung in Bezug auf das Erreichen der technischen Sauberkeit steht jedoch selten im Fokus. Wird diese aber als wichtig und als wesentliche Bauteil-/Qualitätseigenschaft eingestuft, muss sie in die Entwicklung und Fertigungsplanung mit einbezogen werden – und damit auch das Thema Gratfreiheit unter den Aspekten Effizienz und Kosten. Außerdem spielen bei der Auswahl des passenden Entgratverfahrens folgende Fragen eine wichtige Rolle:

- Qualität: Reicht die Unverlierbarkeit des Restgrates, oder muss er samt Gratwurzel beseitigt werden?
  - Handelt es sich um einen Serienprozess, oder um ständig wechselnde Anforderungen und Bauteile?
  - Welche Materialien sollen entgratet werden?
  - Welche Bauteilgeometrie liegt vor?
- Die Klärung dieser Fragen beeinflusst die Höhe der möglichen Investition sowie die Stückkosten für das Entgraten.

### Wohin geht die Reise?

Neben der beschriebenen Vermeidungsstrategie im Rahmen einer prozesskettenorientierten Denkweise, werden gängige Entgratvarianten ständig optimiert und verbessert. Zum Beispiel erlaubt die moderne Thermische Entgratung (TEM) mit einer bauteilbezogenen Luft-/ Gasdosierung kombinierte Bürst-/HDW-Methoden sowie optimierte und flexiblere ECM-Vorrichtungen sowie erweiterte Einsatzspektren als auch effizientere und flexiblere Handhabungen.

Die Integration von Entgratoperationen in die vorgeschalteten oder nachgeordneten Prozessschritte zur Eliminierung einer eigenständigen Operation im Produktionsablauf findet ebenso zunehmend Anwendung – etwa in Form von gleichzeitigem Entgraten/Reinigen in optimierten HDW-Anlagen. Darüber hinaus stellen Bürstverfahren in Bearbeitungszentren eine gängige Praxis dar. Die Idee, ein Hochdruckverfahren (zum Beispiel auch mit dem Medium Öl) zu integrieren, ist prinzipiell denkbar

und wurde auch Inhalt realitätsnaher Versuche. Eine aktive und serientaugliche Umsetzung fand bisher jedoch noch nicht statt.

Relativ neu ist der Gedanke, mittels der ultraschall erzeugten Kavitation ein energieeffizientes und im hohen Maße flexibles Entgraten zur industriellen Anwendungsreife zu bringen. Mit deutlich niedrigeren Beschaffungskosten im Vergleich zu beispielsweise üblichen HDW-Anwendungen und klaren Vorteilen bezüglich Betriebskosten stellt dies eine attraktive neue Lösung dar. Hinzu kommt ein erheblicher Einfluss auf die Reduzierung der Stückkosten. Schon im aktuellen Versuchsstadium erlaubt das Verfahren die prozesssichere Entgratung von spröden Werkstoffen, wie zum Beispiel Aluminiumbauteilen, auf der Oberfläche und im

Bereich von Bohrungen. Manuell bediente Prototypen sowie die Testergebnisse wurden bereits auf den Fachmessen in diesem Jahr vorgestellt. In der Zukunft wird diese neue Variante ein hochflexibles und gezieltes Entgraten, auch von komplexen Geometrien, erlauben. ■



**Gerhard Koblenzer**  
Geschäftsführer LPW  
Reinigungssysteme GmbH,  
Riederich,  
info@lpw-reinigungssysteme.de,  
www.lpw-reinigungssysteme.de  
www.modulare-bauteilreinigung.de

**STRAHL-TECHNIK für jeden Bedarf**

Neuheit: Strahlkessel FK 200 mit VENCRAFT- Dosierventil

> Freistrahllinien > Filtersaugcontainer > Strahlkessel / 50-200 Ltr. > Strahlerschutzhelm

> TETRABOR® - Strahlhallen > Strahlkessel > Strahlhüllen > Strahlkabinen  
> Strahlhüllen > Freistrahllinien > Baustelleneinrichtungen

Franz Klein GmbH + Co.  
Stephan Klein  
Phone: +49 (208) - 480 755  
Fax: +49 (208) - 487 688  
Mailto: stephan.klein@strahltechnik-klein.de  
Mailto: info@strahltechnik-klein.de

www.strahltechnik-klein.de

**Schwertbürsten sorgen für partikelfreie Oberflächen**

- vor dem Pressen
- vor dem Richten
- nach dem Laserschneiden
- nach dem Schleifen

**WANDRES**  
micro-cleaning

www.wandres.com