

Nr. 0064

Stand 04/2019

Fach-Information

**FI**

# Gefahrstoffexposition beim Schleifen hochlegierter Stähle – Ergebnisse eines BGHM-Messprogramms

## Inhaltsverzeichnis

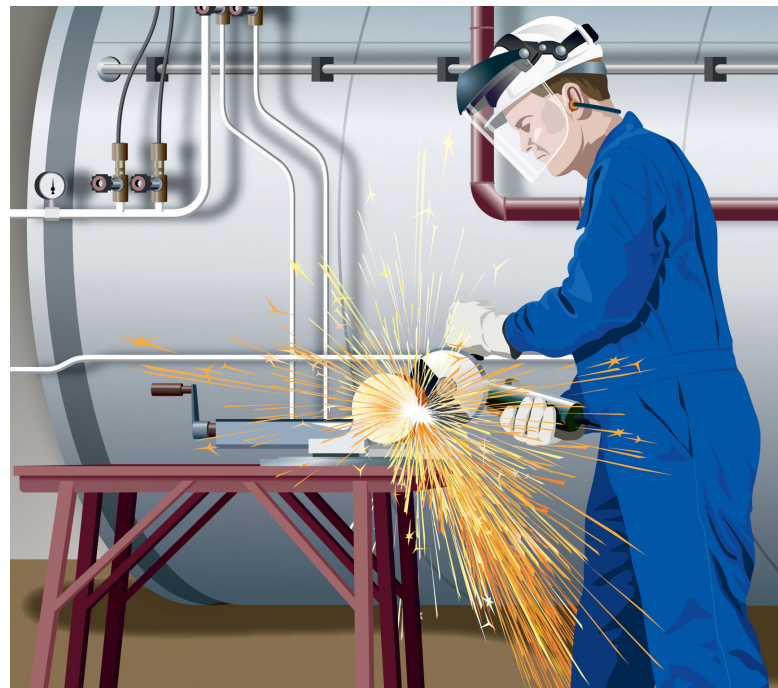
### Einleitung

- 1 Expositionsmessungen am Arbeitsplatz
  - 2 Relevante Gefahrstoffe und ihre Beurteilungsmaßstäbe
  - 3 Messdaten
  - 4 Fazit der Untersuchungen
  - 5 Literatur
- Anhang Messdaten

### Einleitung

Das Schleifen ist ein spanabhebender Bearbeitungsprozess mit geometrisch unbestimmter Schneide, bei dem mit unterschiedlichen Schleifmitteln ein Materialabtrag erreicht wird. Abhängig von der Körnung können raue Oberflächen grob geglättet, aber auch feingeschliffene Oberflächen erzielt werden. Bei noch höheren Anforderungen an die Oberflächenqualität, können die Werkstücke anschließend gebürstet oder poliert werden. Im Vergleich zum Schleifen, ist der Materialabtrag beim Bürsten und Polieren deutlich geringer. Eine besondere Form des Schleifens ist das Trennschleifen. Bei diesem Arbeitsverfahren werden die Materialien mit speziellen Trennschleifkörpern bei hoher Drehzahl getrennt. Schleif- und Trennarbeiten mit schnell laufenden Werkzeugen (z. B. Winkelschleifer) führen zu einem erhöhten Energieeintrag in das Werkstück. Der Energieeintrag ist durch eine verstärkte Funkenbildung gekennzeichnet.

Für die Oberflächenbearbeitung steht eine große Bandbreite von Maschinen mit elektrischen oder pneumatischen Antrie-



ben zur Verfügung. Es wird zwischen handgeführten Geräten (Winkel-, Gerad-, Bandschleifer usw.) und ortsfesten Maschinen (Bandschleifmaschine, Schleifbock usw.) unterschieden.

Beim Schleifvorgang von metallischen Werkstoffen entsteht Staub, der überwiegend aus Partikeln des verwendeten Materials besteht [1]. Die Legierungsbestandteile haben deshalb einen direkten Einfluss auf die Zusammensetzung der freiwerdenden Schadstoffe und damit auf die inhalative Exposition der Beschäftigten.

Im Rahmen eines BGHM-Messprogramms (Zeitraum 02/2015 bis 12/2017) ist die Gefahrstoffexposition der Beschäftigten beim Schleifen von hochlegierten Stählen ermittelt und das Messprogramm in einem Beitrag der Fachzeitschrift „Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft“ (Ausgabe November/Dezember - 2018) detailliert beschrieben worden. Die vorliegende BGHM Fach-Information stellt die Messungen und die Ergebnisse vor.

## 1. Expositionsmessungen am Arbeitsplatz

Die Untersuchungen wurden durch den Messtechnischen Dienst der BGHM durchgeführt, die Analytik erfolgte durch das Institut für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) in St. Augustin.

Es wurden ausschließlich personengetragene Messungen unter den vorgefundenen betrieblichen Bedingungen am Arbeitsplatz - entsprechend der TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ [2] - durchgeführt.

Sämtliche Messungen erfolgten bei der Trockenbearbeitung. Nassbearbeitungsvorgänge waren nicht Ziel der Untersuchungen. Als Arbeitsmittel kamen unterschiedliche handgehaltene Maschinen und stationäre Anlagen ebenso zum Einsatz wie verschiedene mobile und stationäre Erfassungseinrichtungen. Ein großer Teil der Messungen erfolgte beim Schleifen. Gelegentlich fanden auch kombinierte Arbeitsschritte (z. B. Schleifen und Trennen, Schleifen und Bürsten, Schleifen und Polieren) statt, wobei das Schleifen immer den bestimmenden Zeitannteil ausmachte. Deshalb wurden diese Arbeitsschritte bei der nachfolgenden Auswertung ebenfalls dem Schleifen zugeordnet. Messungen bei alleinigen Trenn-, Bürst- oder Polierarbeiten fanden nicht statt.

Kombinierte Schleif- und Schweißarbeiten wurden aufgrund möglicher Querbeeinflussungen nicht in die Untersuchungen einbezogen.

## 2. Relevante Gefahrstoffe und ihre Beurteilungsmaßstäbe

Die Gefahrstoffmessungen sind während der Bearbeitung von Stahlsorten durchgeführt worden, deren Hauptlegierungsbestandteile Chrom und/oder Nickel waren. Als hochlegiert gilt ein Stahl dann, wenn der Massenanteil eines Legierungselements mindestens 5 % beträgt.

Die Untersuchungen zeigten, dass niedriglegierte Elemente, beispielsweise Mangan oder Molybdän, bei der Bewertung der Gefahrstoffexposition eine untergeordnete Rolle spielen. Deshalb werden sie in dieser Fach-Information nicht näher betrachtet.

In Tabelle 1 sind für die relevanten Gefahrstoffe die Beurteilungsmaßstäbe (BM) angegeben. Werden Stahlsorten mit anderen Hauptlegierungselementen verwendet, kann sich aufgrund ihrer Einstufungen und Beurteilungsmaßstäbe ein anderes Gefährdungspotential ergeben.

**Tabelle 1:** Übersicht der relevanten Gefahrstoffe und ihrer Beurteilungsmaßstäbe (BM)

Gefahrstoff	Beurteilungsmaßstab (BM) in mg/m <sup>3</sup>
Alveolengängige Fraktion (A-Fraktion)	1,25 (AGW)
Einatembare Fraktion (E-Fraktion)	10 (AGW)
Nickelverbindungen, krebserzeugend Kategorie 1A, 1B eingestuft <sup>a)</sup>	0,006 A (AK) / 0,006 A (TK) <sup>b)</sup>
Nickelmetall, krebserzeugend Kategorie 2 eingestuft <sup>a)</sup>	0,006 A (AGW)
Nickel und Nickelverbindungen	0,030 E (AGW)
Chrom und anorganische Chrom(II) und (III)-Verbindungen	2 E (AGW)
Chrom(VI)-Verbindungen, krebserzeugend Kategorie 1B eingestuft	0,001 E (BM*)

### Anmerkungen:

AGW: Arbeitsplatzgrenzwert gemäß TRGS 900 [3]

AK/TK: Akzeptanz- und Toleranzkonzentration gemäß TRGS 910 [4]

BM\*: Risikobasierter Beurteilungsmaßstab gemäß TRGS 561 [5] bzw. TRGS 910, der mit einem Risiko von 4:1.000 assoziiert ist.

A: Alveolengängige Fraktion (A-Fraktion)

E: Einatembare Fraktion (E-Fraktion)

a) Nickel kann verschiedene Verbindungen eingehen. In der Routineanalytik kann nicht zwischen metallischem Nickel und Nickeloxiden bzw. Mischoxiden unterschieden werden, die Analyseergebnisse liegen grundsätzlich als Nickel und seine Verbindungen vor. Bei der Be- und Verarbeitung nickelhaltiger Legierungen mit einem erhöhten Energieeintrag in das Werkstück können, in der Gegenwart von Luftsauerstoff, krebserzeugende Nickeloxide bzw. Nickelmischoxide (Spinelle) der Kategorie 1A bzw. 1B gebildet werden; in diesem Fall ist die AK bzw. TK für die Beurteilung heranzuziehen. Neben den Verbindungen kann aber auch Nickelmetall am Arbeitsplatz auftreten, das als krebserzeugend in die Kategorie 2 eingestuft ist; hier gilt der AGW [6].

b) Die TK ist aufgrund der nicht krebserzeugenden Wirkung festgelegt. Dieser Wert stimmt in diesem Fall mit der Höhe der AK überein, der Bereich des mittleren Risikos entfällt damit.

### 3. Messdaten

Für die Auswertung wurde zwischen den jeweiligen Chrom- bzw. Nickelanteilen im Werkstoff differenziert – dazu wurden Werkstoffgruppen mit den umgangssprachlichen Bezeichnungen Chrom-Nickel-Stahl, Chromstahl und Nickelbasislegierung gebildet. Außerdem wurden die Ergebnisse „mit Erfassung“ und „ohne Erfassung“ getrennt betrachtet. Messergebnisse unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze (BG) wurden mit der Hälfte der Bestimmungsgrenze bei der Berechnung der Perzentilwerte berücksichtigt. Bei weniger als 10 Messwerten ist der Messbereich „von“ oder „bis“ angegeben.

In den Tabellen 2 bis 4 (siehe Anhang - Messdaten) sind die Expositionsdaten für das Schleifen, getrennt nach den Werkstoffgruppen, aufgeführt. Die grau hervorgehobenen Spalten zeigen jeweils den Anteil der Messwerte unterhalb des Beurteilungsmaßstabs und veranschaulichen damit die vorliegende Expositionssituation.

### 4. Fazit der Untersuchungen

Schleifen und Trennen sind staubintensive Tätigkeiten. Die Untersuchungen belegen, dass die einatembare Staubfraktion in diesem Zusammenhang die dominierende Fraktion ist.

Bei der Bearbeitung von Chrom-Nickel-Stählen mit einem Nickelanteil von 9 bis 12 % werden die Beurteilungsmaßstäbe für Nickel und seine Verbindungen in der A- und E-Fraktion in vielen Fällen überschritten. Werden Nickelbasislegierungen mit einem Nickelanteil > 52,5 % verarbeitet, ist das Risiko einer erhöhten Exposition noch größer. Tritt beim Schleifen Funkenbildung auf, wie bei Arbeiten mit einem Winkelschleifer, können durch den hohen Energieeintrag an der Kontaktstelle zwischen Scheibe und Werkstück außerdem lungengängige krebserzeugende Nickeloxide beziehungsweise -mischoxide der Kategorie 1 gebildet werden. **Bei der Gefährdungsbeurteilung ist deshalb der Fokus verstärkt auf eine Nickelexposition der Beschäftigten zu richten.**

Die Konzentration der Cr(VI)-Verbindungen (E) im Schleifstaub lag mehrheitlich unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze, lediglich bei 2 Messungen überschritten die Messwerte den risikobasierten Beurteilungsmaßstab (Werkstoff: Chrom-Nickel-Stahl). In den untersuchten Arbeitsbereichen konnten in den meisten Fällen keine relevante Belastung an Cr(VI)-Verbindungen (E) festgestellt werden. Anhand der Messdokumentation sind folgende Randbedingungen ableitbar, die grundsätzlich die Entstehung von Cr(VI)-Verbindungen begünstigen oder die Exposition erhöhen:

- Chrom-Anteil im Werkstoff mindestens 5 %
- Einsatz schnell laufender Werkzeuge (z. B. Winkelschleifer)
- hoher Anteil an Trenn- und Trockenschleifarbeiten (Tätigkeiten mit Funkenbildung)
- Arbeiten ohne Erfassungseinrichtung
- enger Arbeitsraum mit geringem Luftaustausch

Wird eine Erfassungseinrichtung verwendet, ist die Gefahrstoffexposition für die Beschäftigten durchschnittlich geringer als bei Arbeiten ohne Erfassungseinrichtung. Eine effektive Erfassung ist bei stationären Anlagen erfahrungsgemäß einfacher zu realisieren als bei Handmaschinen. Beim Schleifen und Trennen mit handgeführten, schnell laufenden Werkzeugen besitzen die freiwerdenden Partikel eine hohe kinetische Energie. Eine Absaugung kann diese nur dann effektiv erfassen, wenn der Partikelstrahl weitestgehend auf die Erfassungseinrichtung gerichtet ist. Besonders bei größeren Werkstücken ist das jedoch nur schwer zu praktizieren. Eine Erfassungseinrichtung ist deshalb als alleinige Schutzmaßnahme nicht immer ausreichend, sondern sollte durch eine Atemschutzmaske ergänzt werden.

**Bei Arbeiten über einen längeren Zeitraum bietet sich, aufgrund des verringerten Atemwiderstands, eine gebläseunterstützte Atemschutzmaske mit Partikelfilter an.**

## 5. Literatur

- [1] DGUV-Information: Schleifen (209-002, bisher: BGI 543). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2017.
- [2] Technische Regel für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402). Ausg. 2/2010. GMBI. (2010) Nr. 12, S. 231-253; zul. geänd. GMBI. (2016) Nr. 43, S. 843-846.
- [3] Technische Regel für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). Ausg. 1/2006. BAuBl. (2006) Nr. 1, S 41-55; zul. geänd. GMBI. (2018) Nr. 28, S. 542-545.
- [4] Technische Regel für Gefahrstoffe: Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (TRGS 910). Ausg. 2/2014. GMBI (2014) Nr. 12, S. 258-270; zul. geänd. GMBI. (2018) Nr. 28, S. 545.
- [5] Technische Regel für Gefahrstoffe: Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen (TRGS 561). Ausg. 10/2017. GMBI. (2017) Nr. 43, S. 786-812.
- [6] Pitzke, K.; Pflaumbaum, W.: Anwendung der Luftgrenzwerte bei Herstellung, Be- und Verarbeitung von metallischem Nickel und Nickellegierungen (Kennzahl 0537). 2. Lfg. X/2016. In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin. Erich Schmidt, Berlin 1989 – Losebl.-Ausg. [www.ifa-arbeitsmappedigital.de/0537](http://www.ifa-arbeitsmappedigital.de/0537)

## Anhang - Messdaten

Tabelle 2: Expositionsdaten beim Schleifen von Chrom-Nickel-Stählen

Gefahrstoffe	Anzahl Messwerte	Messwerte < BG [Anzahl/%]	Höchste BG [mg/m <sup>3</sup> ]	Messwerte < BM [%]	50%- Wert [mg/m <sup>3</sup> ]	90%- Wert [mg/m <sup>3</sup> ]	95%- Wert [mg/m <sup>3</sup> ]
<b>Werkstoffgruppe: Chrom-Nickel-Stahl (Chromanteil 17,5-19,5 %, Nickelanteil: 9-12 %)</b>							
Alveolengängige Fraktion - AGW: 1,25 mg/m <sup>3</sup>							
- alle	36	10/28	0,26	<b>92</b>	0,58	1,15	1,90
- mit Erfassung	18	8/44	0,26	<b>94</b>	0,42	0,98	1,87
- ohne Erfassung	18	2/11	0,25	<b>89</b>	0,78	1,27	1,73
Einatembare Fraktion - AGW: 10 mg/m <sup>3</sup>							
- alle	35	3/9	0,71	<b>77</b>	6,01	13,58	16,72
- mit Erfassung	18	2/11	0,71	<b>89</b>	4,33	10,56	15,11
- ohne Erfassung	17	1/6	0,71	<b>65</b>	7,98	14,04	17,98
Nickel und seine Verbindungen (A) - AK/TK/AGW: 0,006 mg/m <sup>3</sup>							
- alle	35	4/11	0,00031	<b>46</b>	0,0067	0,059	0,064
- mit Erfassung	17	3/18	0,00031	<b>65</b>	0,0023	0,017	0,033
- ohne Erfassung	18	1/6	0,00030	<b>28</b>	0,0096	0,064	0,068
Nickel und seine Verbindungen (E) - AGW: 0,030 mg/m <sup>3</sup>							
- alle	34	1/3	0,00013	<b>24</b>	0,23	0,65	0,84
- mit Erfassung	17	1/6	0,00013	<b>41</b>	0,15	0,64	0,69
- ohne Erfassung	17	0/0	-	<b>6</b>	0,29	0,68	0,90
Chrom und seine Verbindungen (E) - AGW: 2 mg/m <sup>3</sup>							
- alle	34	1/3	0,00019	<b>97</b>	0,35	1,47	1,70
- mit Erfassung	17	1/6	0,00019	<b>100</b>	0,09	1,16	1,46
- ohne Erfassung	17	0/0	-	<b>94</b>	0,51	1,58	1,86
Chrom(VI)-Verbindungen (E) - risikobasierter BM: 0,001 mg/m <sup>3</sup>							
- alle	36	29/81	0,00076	<b>94</b>	*	0,00056	0,00080
- mit Erfassung	18	15/83	0,00076	<b>100</b>	*	0,00044	0,00052
- ohne Erfassung	18	14/78	0,00075	<b>89</b>	*	0,00079	0,0015

**Anmerkung:**

\* Die Anzahl der Messwerte unterhalb der analytischen BG ist größer als die Anzahl der Messwerte, die durch diesen Summenhäufigkeitswert repräsentiert wird. Deshalb wird für diesen Summenhäufigkeitswert keine Konzentration angegeben.

**Tabelle 3:** Expositionsdaten beim Schleifen von Chromstählen

Gefahrstoffe	Anzahl Messwerte	Messwerte < BG [Anzahl/ %]	Höchste BG [mg/m <sup>3</sup> ]	Messwerte < BM [%]	Messwerte von - bis [mg/m <sup>3</sup> ]
<b>Werkstoffgruppe: Chromstahl (Chromanteil: 9-14,4 %, Nickelanteil: &lt; 0,5 %)</b>					
Alveolengängige Fraktion - AGW: 1,25 mg/m <sup>3</sup>					
- alle	5	3/60	0,25	<b>80</b>	< 0,13 - 3,04
- mit Erfassung	4	3/75	0,25	<b>100</b>	< 0,13 - 0,44
- ohne Erfassung	1	0/0	-	<b>0</b>	3,04
Einatembare Fraktion - AGW: 10 mg/m <sup>3</sup>					
- alle	5	3/60	0,25	<b>80</b>	< 0,13 - 36,70
- mit Erfassung	4	3/75	0,25	<b>100</b>	< 0,13 - 1,69
- ohne Erfassung	1	0/0	-	<b>0</b>	36,70
Nickel und seine Verbindungen (A) - AK/TK/AGW: 0,006 mg/m <sup>3</sup>					
- alle	3	2/60	0,00032	<b>67</b>	< 0,00031 - 0,0092
- mit Erfassung	2	2/100	0,00032	<b>100</b>	< 0,00031 / < 0,00032
- ohne Erfassung	1	0/0	-	<b>0</b>	0,0092
Nickel und seine Verbindungen (E) - AGW: 0,030 mg/m <sup>3</sup>					
- alle	3	0/0	-	<b>67</b>	0,00077 - 0,17
- mit Erfassung	2	0/0	-	<b>100</b>	0,00077/0,0015
- ohne Erfassung	1	0/0	-	<b>0</b>	0,17
Chrom und seine Verbindungen (E) - AGW: 2 mg/m <sup>3</sup>					
- alle	5	0/0	-	<b>100</b>	0,00083 - 0,0048
- mit Erfassung	4	0/0	-	<b>100</b>	0,00083 - 0,0048
- ohne Erfassung	1	0/0	-	<b>100</b>	0,0023
Chrom(VI)-Verbindungen (E) - risikobasierter BM: 0,001 mg/m <sup>3</sup>					
- alle	5	5/100	0,00027	<b>100</b>	< 0,00014 - < 0,00027
- mit Erfassung	4	4/100	0,00027	<b>100</b>	< 0,00014 - < 0,00027
- ohne Erfassung	1	1/100	0,00027	<b>100</b>	< 0,00027

**Tabelle 4:** Expositionsdaten beim Schleifen von Nickelbasislegierungen

Gefahrstoffe	Anzahl Messwerte	Messwerte < BG [Anzahl/ %]	Höchste BG [mg/m <sup>3</sup> ]	Messwerte < BM [%]	Messwerte von - bis [mg/m <sup>3</sup> ]
<b>Werkstoffgruppe: Nickelbasislegierung (Chromanteil: 19-25 %, Nickelanteil: &gt; 52,5 %)</b>					
Alveolengängige Fraktion - AGW: 1,25 mg/m <sup>3</sup>					
- alle	7	3/43	0,17	<b>100</b>	< 0,17 - 0,81
- mit Erfassung	4	2/50	0,17	<b>100</b>	< 0,17 - 0,81
- ohne Erfassung	3	1/33	0,17	<b>100</b>	< 0,17 - 0,37
Einatembare Fraktion - AGW: 10 mg/m <sup>3</sup>					
- alle	7	2/29	0,48	<b>100</b>	< 0,48 - 6,15
- mit Erfassung	4	2/50	0,48	<b>100</b>	< 0,48 - 6,15
- ohne Erfassung	3	0/0	-	<b>100</b>	1,51 - 3,61
Nickel und seine Verbindungen (A) - AK/TK/AGW: 0,006 mg/m <sup>3</sup>					
- alle	5	0/0	-	<b>40</b>	0,00038 - 0,19
- mit Erfassung	3	0/0	-	<b>67</b>	0,00038 - 0,043
- ohne Erfassung	2	0/0	-	<b>0</b>	0,019/0,19
Nickel und seine Verbindungen (E) - AGW: 0,030 mg/m <sup>3</sup>					
- alle	7	0/0	-	<b>29</b>	0,0022 - 2,10
- mit Erfassung	4	0/0	-	<b>50</b>	0,0022 - 2,10
- ohne Erfassung	3	0/0	-	<b>0</b>	0,7 - 0,77
Chrom und seine Verbindungen (E) - AGW: 2 mg/m <sup>3</sup>					
- alle	6	0/0	-	<b>100</b>	0,0013 - 1,10
- mit Erfassung	4	0/0	-	<b>100</b>	0,0013 - 1,10
- ohne Erfassung	2	0/0	-	<b>100</b>	0,23/0,27
Chrom(VI)-Verbindungen (E) - risikobasierter BM: 0,001 mg/m <sup>3</sup>					
- alle	6	5/83	0,00050	<b>100</b>	< 0,00018 - < 0,0005
- mit Erfassung	4	3/75	0,00050	<b>100</b>	< 0,00018 - < 0,0005
- ohne Erfassung	2	2/100	0,00027	<b>100</b>	< 0,00018/< 0,00027