

# MEGA-Auswertungen zu Expositionen gegenüber Mangan und seinen Verbindungen in der alveolengängigen und einatembaren Staubfraktion in der Metallindustrie und in Gießereien im Datenzeitraum 2000 bis 2019

## 1 Einleitung

Die Ermittlung und Dokumentation der im Folgenden ausgewerteten Messdaten von Expositionen am Arbeitsplatz erfolgte nach den Kriterien des Messsystems Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU)<sup>1</sup>. Ein Qualitätsmanagementsystem, das im Wesentlichen die Anforderungen der Norm DIN EN ISO 9001 umsetzt, stellt den Standard des MGU sicher. Die Prüflaboratorien werden gemäß DIN EN ISO 17025 „Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“ betrieben.

Zur Bestimmung von in der Luft am Arbeitsplatz enthaltenem Mangan und seinen Verbindungen wird mittels einer Probenahmepumpe ein definiertes Luftvolumen durch einen Membranfilter gesaugt. Nach Nassaufschluss des Filters mit einem Salpetersäure-Salzsäure-Gemisch (Salpetersäure 65%ig, Salzsäure 25%ig, 2:1) erfolgt die quantitative Bestimmung der im abgeschiedenen Staub enthaltenen Manganverbindungen mithilfe verschiedener spektrometrischer Analyseverfahren.

In den Jahren 2000–2010:

- Analytik durch Atomabsorptionsspektrometrie-Flammentechnik (nur einatembarer Staub, E-Staub)  
Die quantitative Bestimmung erfolgt bei einer Wellenlänge von 279,8 nm.

In den Jahren 2006–2019:

- Analytik durch ICP-Emissionsspektrometrie (ICP: Inductively-Coupled Plasma)  
Die quantitative Bestimmung erfolgt über Charge-Couple-Device-Detektor (CCD).

In den Jahren 2000 – 2019 liegen zwei Analyseverfahren vor:

- Analytik durch ICP-Massenspektrometrie  
Die quantitative Bestimmung erfolgt über Masse : Ladung.
- Analytik durch Totalreflektierende Röntgenfluoreszenzspektrometrie (TRFA).  
Die quantitative Bestimmung erfolgt über einen Siliciumhalbleiterdetektor.

In Abhängigkeit vom Probenahmesystem und der verwendeten Analytik ergeben sich die in Tabelle 1 und **Tabelle 2** dargestellten Bestimmungsgrenzen zu Mangan und seinen Verbindungen für die eingesetzten Probenahmesysteme.

---

<sup>1</sup> Gabriel, S.; Koppisch, D.; Range, D.: The MGU – a monitoring system for the collection and documentation of valid workplace exposure data. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 70 (2010) Nr. 1/2, S. 43-49.

Tabelle 1:

Bestimmungsgrenzen für Mangan im alveolengängigen Staub (A-Staub) in Abhängigkeit vom Probenahmesystem und der Analytik

| Probenahmesystem   | FSP-2    | FSP-10   | PM4F      | VC 25 F  |
|--|----------|----------|-----------|----------|
| Probenträger-Durchmesser in mm                             | 37       | 37       | 70        | 150      |
| Volumenstrom in l/min                                      | 2        | 10       | 66,7      | 375      |
| Volumenstrom in m <sup>3</sup> /h                          | 0,12     | 0,6      | 4         | 22,5     |
| Probenahmedauer in h                                       | 2        | 2        | 2         | 2        |
| Probenluftvolumen in m <sup>3</sup>                        | 0,24     | 1,2      | 8         | 45       |
| Bestimmungsgrenze (BG) in mg/m <sup>3</sup>                |          |          |           |          |
| Totalreflektierende Röntgenfluoreszenzspektrometrie (TRFA) | 0,00415  | 0,000830 | 0,0001250 | 0,000220 |
| ICP-Massenspektrometrie                                    | 0,000188 | 0,000038 | 0,000006  | 0,000001 |
| ICP-Emissionsspektrometrie                                 | 0,000833 | 0,000167 | 0,000025  | 0,000004 |

Tabelle 2:

Bestimmungsgrenzen für Mangan im E-Staub in Abhängigkeit vom Probenahmesystem und der Analytik

| Probenahmesystem   | GSP      | GSP-10   | PM4 G     | VC25 G   |
|--|----------|----------|-----------|----------|
| Probenträger-Durchmesser in mm                             | 37       | 37       | 70        | 150      |
| Volumenstrom in l/min                                      | 3,5      | 10       | 66,7      | 375      |
| Volumenstrom in m <sup>3</sup> /h                          | 0,21     | 0,6      | 4         | 22,5     |
| Probenahmedauer in h                                       | 2        | 2        | 2         | 2        |
| Probenluftvolumen m <sup>3</sup>                           | 0,42     | 1,2      | 8         | 45       |
| Bestimmungsgrenze (BG) in mg/m <sup>3</sup>                |          |          |           |          |
| Atomabsorptionsspektrometrie-Flammentechnik                | 0,04762  | 0,01667  | 0,0025    | 0,00044  |
| Totalreflektierende Röntgenfluoreszenzspektrometrie (TRFA) | 0,00240  | 0,000830 | 0,0001250 | 0,000220 |
| ICP-Massenspektrometrie                                    | 0,000107 | 0,000038 | 0,000006  | 0,000001 |
| ICP-Emissionsspektrometrie                                 | 0,000476 | 0,000167 | 0,000025  | 0,000004 |

Alle im MGU erhobenen Daten werden in der IFA-Expositionsdatenbank MEGA (Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz) zusammengeführt. Die vom IFA entwickelte MEGA<sup>Pro</sup>-Software erlaubt die statistische Auswertung des Datenbestandes der IFA-Expositionsdatenbank MEGA nach unterschiedlichen Selektionskriterien und Auswertestrategien.

## 2 Auswertestrategie

Für Mangan und seine Verbindungen liegen in Deutschland Beurteilungsmaßstäbe (Arbeitsplatzgrenzwerte, AGW) von 0,02 mg/m<sup>3</sup> in der alveolengängigen Staubfraktion und von 0,2 mg/m<sup>3</sup> in der E-Staub-Fraktion nach TRGS 900 vor. Für Mangan und seine Verbindungen liegen in der Schweiz Beurteilungsmaßstäbe (Maximale Arbeitsplatzkonzentration, MAK) von 0,1 mg/m<sup>3</sup> in der A-Staub-Fraktion und von 0,2 mg/m<sup>3</sup> in der E-Staub-Fraktion vor. Zum Vergleich der beiden Beurteilungsmaßstäbe in der A-Staub-Fraktion wird der Schweizer MAK-Wert von 0,1 mg/m<sup>3</sup> dem deutschen AGW von 0,02 mg/m<sup>3</sup> gegenübergestellt.

### 2.1 Selektionskriterien für die statistischen Auswertungen

- Gefahrstoff: Mangan und seine Verbindungen
- Datenzeitraum: 2000 bis 2019
- Luftproben mit Expositionsbezug
- Standardverfahren im MGU
- Probenahmedauer von  $\geq 2$  h
- Arbeitsplatzmessungen
- Probenahmesysteme für die A-Staub-Fraktion und die E-Staub-Fraktion
- Probenahme repräsentativ für die Expositionsdauer „übliche betriebliche Situationen“ und „ungünstige, aber realistische Bedingungen sowie keine Angaben“

## 2.2 Auswertestrategie

- Differenzierung nach Probenahmeart:
  - an der Person
  - stationär
- Die statistischen Auswertungen erfolgen
  - in Arbeitsbereichsgruppen in verschiedenen Branchengruppen oder
  - branchenübergreifend im Fall vom Schweißen in Gießereien.
- Liegen Analysenergebnisse unterhalb der jeweiligen analytischen Bestimmungsgrenze (BG), dann geht der Wert der halben BG in die Statistik ein.
- Kollektive mit weniger als zehn Messwerten (Ausnahme: acht Messwerte in Gießereien) werden nicht ausgewertet und nicht dargestellt.

## 2.3 Erläuterungen zur Messstrategie und zur Beurteilung der Messergebnisse

### Probenahmeart:

**An der Person:** Messungen mit personengetragenen Probenahmesystemen. Die Messungen erfolgten an der in dem bemessenen Arbeitsbereich beschäftigten Person im Atembereich.

**Stationär:** Messungen mit stationär aufgestellten Probenahmesystemen. Die Messstrategien (z. B. Abstand des Probenahmesystems zur Emissionsquelle) bei stationären Messungen können sich je nach Branche und bemessenem Arbeitsbereich stark unterscheiden.

**Probenahmedauer:** Die Probenahme erfolgte über mindestens zwei Stunden. Zur Feststellung des Schichtmittelwertes besonders geeignet ist die messtechnische Mittelung über die gesamte Expositionsdauer während einer Schicht. Ist die Probenahmedauer (PND) kürzer als die Schichtlänge, so orientiert sich die Mindestanzahl der erforderlichen Messungen, die über die Schichtlänge verteilt sind, an Tabelle 2 aus Anlage 3 der TRGS 402. Bei einer PND von  $\geq 2$  h ist eine Probenzahl von  $\geq 1$  zu wählen.

Messwerte mit PND von  $\geq 2$  h, die überwiegend im MGU praktiziert werden, können als vergleichbar mit der Exposition während einer ganzen Schicht angesehen und mit dem Arbeitsplatzgrenzwert verglichen werden.

## 2.4 Abkürzungen und Fußnoten in den Ergebnistabellen

**Allgemeiner Hinweis:** In Kollektiven mit wenigen Messwerten (Anzahl Messwerte  $< 40$ ) können schon einzelne Extremwerte den 90-%-Wert stark beeinflussen

In den Ergebnistabellen werden folgende Abkürzungen und Fußnotenkommentare verwendet:

| Abkürzung                 | Erklärung  |
|---------------------------|--|
| k. A.                     | keine Angaben  |
| BG                        | Bestimmungsgrenze  |
| Werte $< BG$              | Anzahl und Prozentsatz der Messwerte, die unterhalb der BG im Kollektiv liegen.  |
| Höchste BG                | Höchste BG im Kollektiv: Die BG ist bei geringerem Probenluftvolumen höher als die in der Einleitung genannte BG des Standardverfahrens. Das Probenluftvolumen ist das Produkt aus der Probenahmedauer und dem Volumenstrom. |
| GW                        | Grenzwert, der als Beurteilungsmaßstab herangezogen wird.  |
| AGW                       | Arbeitsplatzgrenzwert (Deutschland)  |
| MAK                       | Maximale Arbeitsplatzkonzentration (Schweiz)   |
| arithmetischer Mittelwert | Zur Berechnung des arithmetischen Mittelwertes werden die einzelnen Messwerte ( $x_i$ ) aufsummiert und die Summe durch die Anzahl der Messwerte ( $n$ ) geteilt.  |
| Median                    | Oberhalb und unterhalb des Medians einer Stichprobe liegen genau 50 % der Messwerte  |
| 75-%-Wert                 | 75 % der Messwerte im Kollektiv sind $\leq$ dieser Konzentration.  |

| Abkürzung | Erklärung  |
|-----------|--|
| 90%-Wert  | 90 % der Messwerte im Kollektiv sind $\leq$ dieser Konzentration.  |
| +         | Der Verteilungswert liegt unterhalb der höchsten BG im Datenkollektiv. Die BG kann, z. B. in Abhängigkeit von der Probenahmedauer oder dem Volumenstrom, variieren.  |
| !         | Die Anzahl der Messwerte unterhalb der BG ist größer als die Zahl der Messwerte, die durch diesen Summenhäufigkeitswert repräsentiert werden. Daher wird für diesen Summenhäufigkeitswert keine Konzentration angegeben. |
| *         | Liegen Analysenergebnisse unterhalb der jeweiligen BG, dann geht der Wert der halben BG in die Statistik ein.  |
| **        | Die Daten von weniger als fünf Betrieben sind möglicherweise nicht geeignet, eine gesamte Branche oder einen gesamten Bereich zu repräsentieren <sup>2</sup> .   |
| ****      | Das Kollektiv enthält weniger als zehn Messwerte bzw. fünf Betriebe. Daher werden nach Verfahrensordnung von Januar 2018 keine statistischen Daten ausgegeben..  |

<sup>2</sup> Diese Aussage orientiert sich an der "REACH Guidance on information requirements and chemical safety assessment", Chapter R.14: Occupational exposure estimation. R.14.6.4: Selection and interpretation of measured data, Inhalation data: "Data from one company is unlikely to be representative of a whole industrial sector consisting of multiple sites."

### 3 Mangan und seine Verbindungen in Gießereien

#### 3.1 Weitere Selektionskriterien für die statistischen Auswertungen in Gießereien

- Branchengruppe Gießerei
- Arbeitsbereichsgruppen zu den Gießereien

#### 3.2 Übersicht der im MGU nach den Selektionskriterien ermittelten Messwerte zu Mangan und seinen Verbindungen in Gießereien

| Allgemeine Beschreibung              | Mangan in der A-Fraktion<br>Anzahl Messwerte |           | Mangan in der E-Fraktion<br>Anzahl Messwerte |
|--------------------------------------|--|-----------|--|
| Insgesamt                            | 147  |           | 551  |
| <b>Probenahmeart:</b>                |  |           |  |
| an der Person                        | 121 (82,3 %)                                 |           | 338 (61,3 %)                                 |
| stationär                            | 26 (17,7 %)                                  |           | 213 (38,7 %)                                 |
| Anzahl Messwerte < Bestimmungsgrenze | 35 (23,8 %)                                  |           | 95 (17,2 %)                                  |
| <b>Grenzwertbezug:</b>               | AGW (D)                                      | MAK (CH)  | AGW (D)                                      |
| Anzahl Daten > Grenzwert             | 17 (11,6 %)                                  | 4 (2,7 %) | 16 (2,9 %)                                   |

Manganmessungen in der A-Fraktion erfolgten in den ausgewerteten Datenkollektiven ab 2015.

#### 3.3 Statistische Auswertungen

##### 3.3.1 Branchenübergreifende Schweißverfahren in Gießereien

| Teilbetriebsart                                     |
|---|
| Eisen- oder Stahl- und NE-Metallgießerei, gemischte |
| Eisen- und Stahlgießerei, gemischte                 |
| Eisengießerei                                       |
| Leichtmetallgießerei                                |
| NE-Metallgießerei, gemischte                        |
| Schwermetallgießerei                                |
| Stahlgießerei                                       |

| Fraktion AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup> | Probenahmeart | Anzahl Messwerte | Anzahl Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl % | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|---------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>Metall-Aktivgasschweißen (MAG)</b> |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 9 ****           | 9               | 0                        | k. A.                                | 0,191                                  | 0,16                           | 55,6      | 44,4      |  |  |
| <b>Weitere Schweißverfahren #</b>     |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 16               | 12              | 3<br>18,8                | 0,002                                | 0,141                                  | 0,024                          | 81,2      | 18,8      | 0,1                                    | 0,532                                  |

# folgende Arbeitsbereiche: Gießerei, Auftragsschweißen (elektrisch); Laserschweißen; Lichtbogenhandschweißen mit umhüllter Stabelektrode; Lichtbogenschweißen, Misch-LB-Verfahren; Metall-Inertgasschweißen (MIG); Metall-Schweißen, Mischschweißverfahren; Schweißerei, Auftragsschweißen (elektrisch); Unterpulverschweißen; Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)

### 3.3.2 Arbeitsbereichsgruppen in den Eisen- und Stahlgießereien

| Teilbetriebsart                     |
|-------------------------------------|
| Eisen- und Stahlgießerei, gemischte |
| Eisengießerei                       |
| Stahlgießerei                       |

| Fraktion AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup>              | Probenahmeart | Anzahl Messwerte | Anzahl Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl % | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|--|---------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>Sandaufbereitung, Kernmacherei und Formerei</b> |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                             | an der Person | 33               | 14              | 5<br>15,2                | 0,005                                | 0,0155                                 | 0,012                          | 100       | 0         | 0,0187                                 | 0,034                                  |
|  | stationär     | 26               | 15              | 4<br>15,4                | 0,004                                | 0,0163                                 | 0,0059                         | 96,2      | 3,8       | 0,012                                  | 0,021                                  |
| A-Fraktion AGW 0,02                                | an der Person | 14               | 4 **            | 0                        | k. A.                                | 0,0187                                 | 0,015                          | 64,3      | 35,7      | 0,0275                                 | 0,0326                                 |
| A-Fraktion MAK 0,1                                 | an der Person | 14               | 4 **            | 0                        | k. A.                                | 0,0187                                 | 0,015                          | 100       | 0         | 0,0275                                 | 0,0326                                 |

| Fraktion AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup>  | Probenahmeart | Anzahl Messwerte | Anzahl Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl % | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|--|---------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>Schmelzerei</b>                     |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                 | an der Person | 40               | 24              | 0                        | k. A.                                | 0,0625                                 | 0,017                          | 95        | 5         | 0,031                                  | 0,1                                    |
|  | stationär     | 47               | 22              | 2<br>4,3                 | 0,0017                               | 0,0278                                 | 0,011                          | 95,7      | 4,3       | 0,032                                  | 0,0486                                 |
| A-Fraktion AGW 0,02                    | an der Person | 8 ****           | 7               | 0                        | k. A.                                | 0,0174                                 | 0,0106                         | 62,5      | 37,5      |  |  |
| A-Fraktion MAK 0,1                     | an der Person | 8 ****           | 7               | 0                        | k. A.                                | 0,0174                                 | 0,0106                         | 100       | 0         |  |  |
| <b>Gießbetrieb</b>                     |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                 | an der Person | 14               | 10              | 2<br>14,3                | 0,0037                               | 0,0164                                 | 0,0111                         | 100       | 0         | 0,0205                                 | 0,0342                                 |
| <b>Aus- und Abschlagen/Rüttelroste</b> |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                 | an der Person | 10               | 8               | 1<br>10                  | 0,0023                               | 0,0283                                 | 0,0109                         | 100       | 0         | 0,0165                                 | 0,045                                  |
|  | stationär     | 13               | 10              | 1<br>7,7                 | 0,0024                               | 0,0615                                 | 0,01                           | 92,3      | 7,7       | 0,035                                  | 0,0917                                 |
| <b>Putzerei, ohne Strahlen</b>         |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                 | an der Person | 47               | 31              | 0                        | k. A.                                | 0,108                                  | 0,024                          | 97,9      | 2,1       | 0,046                                  | 0,0946                                 |
|  | stationär     | 20               | 16              | 1<br>5                   | 0,0025                               | 0,0239                                 | 0,016                          | 100       | 0         | 0,025                                  | 0,042                                  |
| A-Fraktion AGW 0,02                    | an der Person | 13               | 8               | 0                        | k. A.                                | 0,0535                                 | 0,0072                         | 69,2      | 30,8      | 0,0208                                 | 0,025                                  |
| A-Fraktion MAK 0,1                     | an der Person | 13               | 8               | 0                        | k. A.                                | 0,0535                                 | 0,0072                         | 92,3      | 7,7       | 0,0208                                 | 0,025                                  |
| <b>Strahlen in der Putzerei</b>        |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                 | stationär     | 8 ****           | 4 ****          | 1<br>12,5                | 0,0017                               | 0,0109                                 | 0,0066                         | 100       | 0         |  |  |

### 3.3.3 Arbeitsbereichsgruppen in den Nichteisen-Metallgießereien

| Teilbetriebsart              |
|------------------------------|
| Leichtmetallgießerei         |
| NE-Metallgießerei, gemischte |
| Schwermetallgießerei         |

| Fraktion AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup> | Probenahmeart | Anzahl Messwerte | Anzahl Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl % | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|---------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>Schmelzerei</b>                    |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 16               | 13              | 2<br>12,5                | 0,00096                              | 0,00516                                | 0,0027                         | 100       | 0         | 0,0087                                 | 0,0109                                 |
| A-Fraktion AGW 0,02                   | an der Person | 9 ****           | 6               | 3<br>33,3                | 0,0018                               | 0,000967                               | 0,0009                         | 100       | 0         |  |  |
| A-Fraktion MAK 0,1                    | an der Person | 9 ****           | 6               | 3<br>33,3                | 0,0018                               | 0,000967                               | 0,0009                         | 100       | 0         |  |  |
| <b>Gießbetrieb</b>                    |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 52               | 30              | 29<br>55,8               | 0,0046                               | 0,0731                                 | 0,000575                       | 98,1      | 1,9       | +<br>0,0019                            | 0,00806                                |
|                                       | stationär     | 29               | 15              | 8<br>27,6                | 0,0045                               | 0,0031                                 | 0,00073                        | 100       | 0         | +<br>0,00216                           | 0,00588                                |
| A-Fraktion AGW 0,02                   | an der Person | 21               | 15              | 15<br>71,4               | 0,00034                              | 0,000178                               | 0,00016                        | 100       | 0         | +<br>0,000165                          | +<br>0,000208                          |
| A-Fraktion MAK 0,1                    | an der Person | 21               | 15              | 15<br>71,4               | 0,00034                              | 0,000178                               | 0,00016                        | 100       | 0         | +<br>0,000165                          | +<br>0,000208                          |
| <b>Putzerei, ohne Strahlen</b>        |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 29               | 15              | 5<br>17,2                | 0,0048                               | 0,0283                                 | 0,0012                         | 96,6      | 3,4       | +<br>0,00328                           | 0,0142                                 |
|                                       | stationär     | 10               | 8               | 2<br>20                  | 0,001                                | 0,00783                                | 0,00115                        | 100       | 0         | 0,00375                                | 0,021                                  |
| A-Fraktion AGW 0,02                   | an der Person | 15               | 8               | 6<br>40                  | 0,00084                              | 0,000316                               | 0,00021                        | 100       | 0         | +<br>0,000405                          | +<br>0,00072                           |
| A-Fraktion MAK 0,1                    | an der Person | 15               | 8               | 6<br>40                  | 0,00084                              | 0,000316                               | 0,00021                        | 100       | 0         | +<br>0,000405                          | +<br>0,00072                           |



### 3.4 Übersichtslisten nach den genannten Selektionskriterien

#### 3.4.1 Anzahl Messwerte zu den Arbeitsbereichsgruppen in der Branchengruppe Eisen- und Stahlgießerei

| Arbeitsbereichsgruppe<br>Arbeitsbereiche   | Mangan<br>in der A-Fraktion | Mangan<br>in der E-Fraktion |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Sandaufbereitung, Kernmacherei und Formerei</b>   | <b>15</b>                   | <b>59</b>                   |
| Sandaufbereitung getrennt von der übrigen Gießerei, kunstharzgebundene Formsande   |                             | 1                           |
| Sandaufbereitung, Raum getrennt von der übrigen Gießerei, tongebundene Formsande, automatische Sandaufbereitungsanlage       |                             | 3                           |
| Kernmacherei, Auftragen von Überzugstoffen   |                             | 1                           |
| Kernmacherei, Kernfertigung mit kalthärtenden Furanharzbindern   |                             | 5                           |
| Kernmacherei, Kernherstellungsmaschine oder -anlage, Cold-Box-Verfahren  |                             | 3                           |
| Kernmacherei, Kernherstellungsmaschine oder -anlage, Hot-Box-Verfahren   |                             | 1                           |
| Formerei, Handformen, kunstharzgebundene Formsande, Kastenformen (groß)  | 2                           | 7                           |
| Formerei, Handformen, kunstharzgebundene Formsande, Kastenformen (mittelgroß)  | 3                           | 14                          |
| Formerei, Handformen, kunstharzgebundene Formsande, Raum   |                             | 2                           |
| Formerei, Maschinenformen (Maskenformverfahren), kunstharzgebundene Formsande, Maskenformmaschine                            | 5                           | 4                           |
| Formerei, Maschinenformen (Maskenformverfahren), kunstharzgebundene Formsande, Mixer (kontinuierlicher Mischer mit Ausleger) | 4                           | 4                           |
| Formerei, Maschinenformen (Maskenformverfahren), kunstharzgebundene Formsande, Raum  | 1                           | 1                           |
| Formerei, Maschinenformen, tongebundene Formsande (Natursande, synthetische Sande), automatische Formanlage (mit Kästen)     |                             | 3                           |
| Formerei, Maschinenformen, tongebundene Formsande (Natursande, synthetische Sande), Formmaschine (mittelgroße Formen)        |                             | 4                           |
| Formerei, Maschinenformen, tongebundene Formsande (Natursande, synthetische Sande), Slinger, unmittelbare Slingerführung     |                             | 2                           |
| Formerei, Raum   |                             | 4                           |
| <b>Schmelzerei</b>   | <b>14</b>                   | <b>87</b>                   |
| Schmelzerei, Flammofen   |                             | 1                           |
| Schmelzerei, Gattieren   |                             | 1                           |
| Schmelzerei, Heißwindkupolofen, am Abstich bzw. an der Abfüllstelle  |                             | 1                           |
| Schmelzerei, Impfen der Schmelze   |                             | 5                           |
| Schmelzerei, Induktionsofen  | 7                           | 27                          |
| Schmelzerei, Kaltwindkupolofen, am Abstich bzw. an der Abfüllstelle  |                             | 4                           |
| Schmelzerei, Lichtbogenofen  |                             | 5                           |
| Schmelzerei, Raum  |                             | 2                           |
| Schmelzerei, Raum, E-Ofenbühne   | 4                           | 15                          |
| Schmelzerei, Raum, Ofenanlage  |                             | 11                          |
| Schmelzerei, Steuerstand Ofenanlage  | 1                           | 2                           |
| Schmelzerei, Tiegelofen  | 1                           | 11                          |
| Schmelzöfen, Chargieren  | 1                           | 1                           |
| Sonstige Verfahren zum Schmelzen   |                             | 1                           |
| <b>Gießbetrieb</b>   | <b>8</b>                    | <b>20</b>                   |
| Gießbetrieb, Gießen, Kokille (Blockguss)   |                             | 2                           |
| Gießbetrieb, Gießen, kunstharzgebundene Formsande  | 2                           | 4                           |
| Gießbetrieb, Gießen, tongebundene Formsande, Nassguss  |                             | 1                           |
| Gießbetrieb, Raum  | 1                           | 4                           |
| Gießbetrieb, Raum, Sandguss  |                             | 1                           |
| Gießbetrieb, Raum, Sandguss (Maskenformverfahren)  |                             | 1                           |
| Gießbetrieb, Schleudergießmaschine oder -anlage  | 2                           | 3                           |
| Gießbetrieb, Stranggießmaschine oder -anlage   | 3                           | 4                           |

| <b>Arbeitsbereichsgruppe</b><br>Arbeitsbereiche   | <b>Mangan</b><br>in der A-Fraktion | <b>Mangan</b><br>in der E-Fraktion |
|---|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Aus-und Abschlagen/Rüttelroste</b>   | <b>3</b>                           | <b>23</b>                          |
| Ausbrechen von Gießpfannen, -kesseln, -rinnen und dgl.  |                                    | 6                                  |
| Gießhalle, allgemeiner Betrieb, Ausleerstation mit Rüttelrost (Guss über Rutsche auf Rüttelrost)  | 2                                  | 11                                 |
| Gießhalle, allgemeiner Betrieb, Ausschlag, Rüttelrost, an der Aufgabe bzw. am Einlauf   |                                    | 1                                  |
| Gießhalle, allgemeiner Betrieb, Rüttelrost, Ausschlagen von mittelgroßem Guss   | 1                                  | 2                                  |
| Gießhalle, allgemeiner Betrieb, Rüttelrost, Ausschlagen von Großguss  |                                    | 1                                  |
| Putzerei, Durchlaufrüttelmaschine, an der Aufgabe bzw. am Einlauf   |                                    | 1                                  |
| Putzerei, Rüttler   |                                    | 1                                  |
| <b>Putzerei, ohne Strahlen</b>  | <b>15</b>                          | <b>67</b>                          |
| Brennschneiden  |                                    | 4                                  |
| Drehen, Hobeln  | 3                                  | 10                                 |
| Putzerei, Auspacken von Großguss (mit Handwerkzeug)   | 1                                  | 1                                  |
| Putzerei, Auspacken von Kleinguss oder mittelgroßem Guss (mit Handwerkzeug)   | 2                                  | 2                                  |
| Putzerei, Großgussputzerei (Sandguss), Raum   | 1                                  |                                    |
| Putzerei, Klein- und Großgussputzerei (Sandguss), Raum  |                                    | 3                                  |
| Putzerei, Kleingussputzerei (Sandguss), Raum  | 1                                  |                                    |
| Putzerei, Raum  |                                    | 5                                  |
| Putzerei, Werkstück sandbehaftet, Brennschneiden(Abbrennen von Angüssen, Steigern usw.)   | 1                                  | 2                                  |
| Putzerei, Werkstück sandbehaftet, Schleifbock(Einfach- oder Doppelschleifbock)  | 1                                  | 1                                  |
| Putzerei, Werkstück sandbehaftet, Schleifen mit Handschleifmaschine   |                                    | 1                                  |
| Putzerei, Werkstück sandbehaftet, Trennen mit Trennscheibe oder Sägeblatt   |                                    | 2                                  |
| Putzerei, Werkstück sandfrei vom Verfahren her, Pendelschleifmaschine   |                                    | 1                                  |
| Putzerei, Werkstück sandfrei vom Verfahren her  |                                    | 4                                  |
| Putzen von Kleinguss oder mittelgroßem Guss (überwiegend mit Handwerkzeug)  |                                    | 1                                  |
| Putzerei, Werkstück sandfrei vom Verfahren her, Raum  |                                    | 1                                  |
| Putzerei, Werkstück sandfrei vom Verfahren her, Schleifen mit Handschleifmaschine   |                                    | 1                                  |
| Putzerei, Werkstück vorgeputzter bzw. gestrahlter Sandguss, Bandschleifmaschine   |                                    | 1                                  |
| Putzerei, Werkstück vorgeputzter bzw. gestrahlter Sandguss, Brennschneiden (Ab-brennen von Angüssen, Steigern usw.)                     |                                    | 2                                  |
| Putzerei, Werkstück vorgeputzter bzw. gestrahlter Sandguss, Pendelschleifmaschine   |                                    | 1                                  |
| Putzerei, Werkstück vorgeputzter bzw. gestrahlter Sandguss, Putzen von Kleinguss o-der mittelgroßem Guss (überwiegend mit Handwerkzeug) |                                    | 4                                  |
| Putzerei, Werkstück vorgeputzter bzw. gestrahlter Sandguss, Raum  |                                    | 3                                  |
| Putzerei, Werkstück vorgeputzter bzw. gestrahlter Sandguss, Schleifen mit Hand-schleifmaschine  | 4                                  | 12                                 |
| Putzerei, Werkstück vorgeputzter bzw. gestrahlter Sandguss, Trennen mit Trenn-scheibe oder Sägeblatt                                    |                                    | 2                                  |
| Trennschleifen  |                                    | 2                                  |
| Trockenschleifen  | 1                                  | 2                                  |
| <b>Strahlen in der Putzerei</b>   | <b>2</b>                           | <b>11</b>                          |
| Putzerei, Strahlen, Raum  | 1                                  | 7                                  |
| Strahlmittel metallisch, Werkstück sandbehaftet, Putzmaschine (Strahlarbeit automa-tisch bei geschlossener Maschinentür)                |                                    | 2                                  |
| Strahlmittel metallisch, Werkstück sandbehaftet, Strahlkammer bzw. Strahlkabine (Be-dienung von außen)                                  | 1                                  | 2                                  |

### 3.4.2 Anzahl Messwerte zu den Arbeitsbereichsgruppen in der Branchengruppe Nichteisen-Metallgießereien

| <b>Arbeitsbereichsgruppe</b><br>Arbeitsbereiche | <b>Mangan</b><br>in der A-Fraktion | <b>Mangan</b><br>in der E-Fraktion |
|---|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Schmelzerei</b>                              | <b>13</b>                          | <b>25</b>                          |
| Schmelzerei, Flammofen                          | 1                                  | 3                                  |
| Schmelzerei, Induktionsofen                     | 1                                  | 3                                  |

| <b>Arbeitsbereichsgruppe</b>   | <b>Mangan<br/>in der A-Fraktion</b> | <b>Mangan<br/>in der E-Fraktion</b> |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Arbeitsbereiche  |                                     |                                     |
| Schmelzerei, Raum  | 2                                   |                                     |
| Schmelzerei, Raum, E-Ofenbühne   | 1                                   | 1                                   |
| Schmelzerei, Raum, Ofenanlage  | 4                                   | 4                                   |
| Schmelzerei, sonstige Schmelzöfen  | 1                                   | 5                                   |
| Schmelzerei, Steuerstand Ofenanlage  |                                     | 1                                   |
| Schmelzkessel, Chargieren  | 2                                   | 2                                   |
| Schmelzöfen, Abgießen  | 1                                   | 6                                   |
| <b>Gießbetrieb</b>   | <b>22</b>                           | <b>81</b>                           |
| Gießbetrieb, Gießen, Kokille (Blockguss)   | 2                                   | 19                                  |
| Gießbetrieb, Gießen, kunstharzgebundene Formsande  | 1                                   | 2                                   |
| Gießbetrieb, Gießen, tongebundene Formsande, Nassguss  |                                     | 3                                   |
| Gießbetrieb, Gießen, zementgebundene Formsande   |                                     | 1                                   |
| Gießbetrieb, Kaltkammer-Druckgießmaschine oder -anlage   | 8                                   | 20                                  |
| Gießbetrieb, Kokillengießmaschine oder -anlage   | 1                                   | 8                                   |
| Gießbetrieb, Kokillenguss, manuell   |                                     | 4                                   |
| Gießbetrieb, Raum  | 1                                   | 7                                   |
| Gießbetrieb, Raum, Kokillenguss (mit Sandkern)   | 3                                   | 3                                   |
| Gießbetrieb, Raum, Kokillenguss (ohne Sandkern)  |                                     | 1                                   |
| Gießbetrieb, Raum, Sandguss (Maskenformverfahren)  | 1                                   | 2                                   |
| Gießbetrieb, Stranggießmaschine oder -anlage   | 1                                   | 6                                   |
| Gießbetrieb, Warmkammer-Druckgießmaschine oder -anlage   | 4                                   | 5                                   |
| <b>Putzerei, ohne Strahlen</b>   | <b>16</b>                           | <b>39</b>                           |
| Entgraten  |                                     | 2                                   |
| Entgraten, mechanisch  | 1                                   | 1                                   |
| Fräsen   |                                     | 1                                   |
| Kokillenguss-Putzerei (sandfrei vom Verfahren her), Raum   |                                     | 1                                   |
| Putzerei, Auspacken von Kleinguss oder mittelgroßem Guss (mit Handwerkzeug)  | 1                                   | 1                                   |
| Putzerei, Entkernmaschine  | 1                                   | 2                                   |
| Putzerei, Kerne ausschlagen aus Kleinguss oder mittelgroßem Guss (mit Handwerkzeug)  |                                     | 2                                   |
| Putzerei, Klein- und Großgussputzerei (Sandguss), Raum   |                                     | 1                                   |
| Putzerei, Raum   | 2                                   | 2                                   |
| Putzerei, Werkstück sandbehaftet, Bandschleifmaschine  | 1                                   | 2                                   |
| Putzerei, Werkstück sandbehaftet, Putzen von Kleinguss oder mittelgroßem Guss (überwiegend mit Handwerkzeug)                           | 1                                   | 1                                   |
| Putzerei, Werkstück sandbehaftet, Trennen mit Trennscheibe oder Sägeblatt  | 1                                   | 2                                   |
| Putzerei, Werkstück sandfrei vom Verfahren her, Bandschleifmaschine  |                                     | 1                                   |
| Putzerei, Werkstück sandfrei vom Verfahren her, Putzen von Kleinguss oder mittelgroßem Guss (überwiegend mit Handwerkzeug)             | 2                                   | 1                                   |
| Putzerei, Werkstück vorgeputzter bzw. gestrahlter Sandguss, Putzen von Kleinguss oder mittelgroßem Guss (überwiegend mit Handwerkzeug) |                                     | 1                                   |
| Putzerei, Werkstück vorgeputzter bzw. gestrahlter Sandguss, Schleifbock (Einfach- oder Doppelschleifbock)                              |                                     | 1                                   |
| Putzerei, Werkstück vorgeputzter bzw. gestrahlter Sandguss, Schleifen mit Handschleifmaschine  |                                     | 4                                   |
| Sägen  | 2                                   | 2                                   |
| Schleifen  |                                     | 4                                   |
| Trockenschleifen   | 4                                   | 7                                   |

## 4 Mangan und seine Verbindungen bei der spanenden Bearbeitung in der Metallindustrie

### 4.1 Weitere Selektionskriterien für die statistischen Auswertungen bei der spanenden Bearbeitung in der Metallindustrie

- Branchengruppe Metallindustrie
- Arbeitsbereichsgruppen zur spanenden Bearbeitung

### 4.2 Übersicht der im MGU nach den Selektionskriterien ermittelten Messwerte zu Mangan und seinen Verbindungen bei der spanenden Bearbeitung in der Metallindustrie

| Allgemeine Beschreibung              | Mangan in der A-Fraktion |           | Mangan in der E-Fraktion |
|--------------------------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|
|                                      | Anzahl Messwerte         |           | Anzahl Messwerte         |
| Insgesamt                            | 577                      |           | 1400                     |
| <b>Probenahmeart:</b>                |                          |           |                          |
| an der Person                        | 442 (76,6 %)             |           | 1006 (71,9 %)            |
| stationär                            | 135 (23,4 %)             |           | 394 (28,1 %)             |
| Anzahl Messwerte < Bestimmungsgrenze | 201 (34,8 %)             |           | 390 (27,6 %)             |
| <b>Grenzwertbezug:</b>               | AGW (D)                  | MAK (CH)  | AGW (D)                  |
| Anzahl Daten > Grenzwert             | 38 (6,6 %)               | 7 (1,2 %) | 33 (2,4 %)               |

Manganmessungen in der A-Fraktion erfolgten in den ausgewerteten Datenkollektiven ab 2011.

### 4.3 Statistische Auswertungen

| Fraktion<br>AGW/MAK<br>in mg/m <sup>3</sup>  | Probenahme-<br>art | Anzahl<br>Messwerte | Anzahl<br>Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl<br>% | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|--|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>Bohren, Fräsen, Drehen, Hobeln, Sägen</b> |                    |                     |                    |                             |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion<br>AGW/MAK<br>0,2                 | an der Person      | 85                  | 58                 | 28<br>32,9                  | 0,009                                | 0,00726                                | 0,00215                        | 100       | 0         | +<br>0,0052                            | 0,0155                                 |
|  | stationär          | 43                  | 36                 | 11<br>25,6                  | 0,005                                | 0,0116                                 | 0,0021                         | 100       | 0         | 0,0089                                 | 0,0344                                 |
| A-Fraktion<br>AGW<br>0,02                    | an der Person      | 33                  | 19                 | 13<br>39,4                  | 0,00016                              | 0,0051                                 | 0,00049                        | 93,9      | 6,1       | 0,00255                                | 0,0151                                 |
| A-Fraktion<br>AGW<br>0,02                    | stationär          | 12                  | 10                 | 5<br>41,7                   | 0,00083                              | 0,00564                                | 0,000562                       | 91,7      | 8,3       | 0,0039                                 | 0,0182                                 |

| Fraktion AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup>                      | Probenahmeart | Anzahl Messwerte | Anzahl Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl % | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|--|---------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>Bohren, Fräsen, Drehen, Hobeln, Sägen (Fortsetzung)</b> |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| A-Fraktion MAK 0,1   | an der Person | 33               | 19              | 13<br>39,4               | 0,00016                              | 0,0051                                 | 0,00049                        | 100       | 0         | 0,00255                                | 0,0151                                 |
| A-Fraktion MAK 0,1   | stationär     | 12               | 10              | 5<br>41,7                | 0,00083                              | 0,00564                                | 0,000562                       | 100       | 0         | 0,0039                                 | 0,0182                                 |
| <b>Entgraten</b>   |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                                     | an der Person | 39               | 30              | 13<br>33,3               | 0,01                                 | 0,0179                                 | 0,0028                         | 97,4      | 2,6       | 0,0123                                 | 0,0352                                 |
|  | stationär     | 10               | 9               | 6<br>60                  | 0,0048                               | 0,00134                                | 0,000705                       | 100       | 0         | +<br>0,0012                            | +<br>00024                             |
| A-Fraktion AGW 0,02  | an der Person | 33               | 26              | 14<br>42,4               | 0,00084                              | 0,00692                                | 0,00054                        | 93,9      | 6,1       | 0,00133                                | 0,0078                                 |
| A-Fraktion MAK 0,1   | an der Person | 33               | 26              | 14<br>42,4               | 0,00084                              | 0,00692                                | 0,00054                        | 97        | 3         | 0,00133                                | 0,0078                                 |
| <b>Laserstrahloberflächenbearbeitung</b>                   |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                                     | stationär     | 11               | 10              | 8<br>72,7                | 0,025                                | 0,014                                  | 0,000165                       | 100       | 0         | +<br>0,00025                           | +<br>0,0113                            |
| <b>Nassschleifen ab 2007</b>                               |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                                     | an der Person | 51               | 38              | 28<br>54,9               | 0,0024                               | 0,00822                                | 0,00043                        | 98        | 2         | +<br>0,0017                            | 0,00632                                |
|  | stationär     | 39               | 28              | 30<br>76,9               | 0,0048                               | 0,00072                                | 0,00021                        | 100       | 0         | !<br>BG                                | +<br>0,00231                           |
| A-Fraktion AGW 0,02  | an der Person | 25               | 17              | 14<br>56                 | 0,00056                              | 0,00453                                | 0,000155                       | 96        | 4         | 0,00066                                | 0,0021                                 |
|  | stationär     | 17               | 11              | 16<br>94,1               | 0,00042                              | 0,0000939                              | 0,000075                       | 100       | 0         | !<br>BG                                | !<br>BG                                |
| A-Fraktion MAK 0,1   | an der Person | 25               | 17              | 14<br>56                 | 0,00056                              | 0,00453                                | 0,000155                       | 100       | 0         | 0,00066                                | 0,0021                                 |
|  | stationär     | 17               | 11              | 16<br>94,1               | 0,00042                              | 0,0000939                              | 0,000075                       | 100       | 0         | !<br>BG                                | !<br>BG                                |

| Fraktion AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup> | Probenahmeart | Anzahl Messwerte | Anzahl Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl % | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|---------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>NC- und CNC-Maschinen</b>          |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 66               | 44              | 25<br>37,9               | 0,0059                               | 0,00566                                | 0,0015                         | 100       | 0         | +<br>0,00435                           | 0,0154                                 |
|                                       | stationär     | 54               | 33              | 21<br>38,9               | 0,0057                               | 0,00923                                | 0,00108                        | 100       | 0         | +<br>0,0026                            | 0,0294                                 |
| A-Fraktion AGW 0,02                   | an der Person | 31               | 21              | 19<br>61,3               | 0,00084                              | 0,000422                               | 0,00015                        | 100       | 0         | +<br>0,000396                          | 0,000859                               |
|                                       | stationär     | 34               | 17              | 16<br>47,1               | 0,00084                              | 0,00163                                | 0,000318                       | 97,1      | 2,9       | 0,000895                               | 0,00242                                |
| A-Fraktion MAK 0,1                    | an der Person | 31               | 21              | 19<br>61,3               | 0,00084                              | 0,000422                               | 0,00015                        | 100       | 0         | +<br>0,000396                          | 0,000859                               |
|                                       | stationär     | 34               | 17              | 16                       | 0,00084                              | 0,00163                                | 0,000318                       | 100       | 0         | 0,000895                               | 0,00242                                |
| <b>Polieren</b>                       |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 41               | 35              | 17<br>41,5               | 0,003                                | 0,00791                                | 0,0014                         | 100       | 0         | 0,00465                                | 0,0165                                 |
|                                       | stationär     | 18               | 13              | 9<br>50                  | 0,0048                               | 0,00662                                | 0,000335                       | 100       | 0         | +<br>0,00345                           | 0,00776                                |
| A-Fraktion AGW 0,02                   | an der Person | 19               | 16              | 5<br>26,3                | 0,00084                              | 0,00306                                | 0,00047                        | 94,7      | 5,3       | 0,000923                               | 0,00997                                |
| A-Fraktion MAK 0,1                    | an der Person | 19               | 16              | 5<br>26,3                | 0,00084                              | 0,00306                                | 0,00047                        | 100       | 0         | 0,000923                               | 0,00997                                |
| <b>Schleifen bis 2007</b>             |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 103              | 57              | 37<br>35,9               | 0,013                                | 0,0483                                 | 0,0079                         | 94,2      | 5,8       | 0,0245                                 | 0,0982                                 |
|                                       | stationär     | 51               | 30              | 7<br>13,7                | 0,0042                               | 0,0103                                 | 0,0042                         | 100       | 0         | 0,0112                                 | 0,015                                  |

| Fraktion AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup> | Probenahmeart | Anzahl Messwerte | Anzahl Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl % | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|---------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>Schneiden, Stanzen</b>             |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 13               | 9               | 3<br>23,1                | 0,0047                               | 0,00305                                | 0,00235                        | 100       | 0         | +<br>0,00435                           | 0,0067                                 |
|                                       | stationär     | 13               | 10              | 7<br>53,8                | 0,0045                               | 0,00685                                | 0,0012                         | 100       | 0         | +<br>0,00435                           | 0,00928                                |
| <b>Strahlen, trocken</b>              |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 80               | 64              | 21<br>26,3               | 0,01                                 | 0,0137                                 | 0,0024                         | 98,7      | 1,3       | +<br>0,0084                            | 0,018                                  |
|                                       | stationär     | 32               | 25              | 12<br>37,5               | 0,006                                | 0,0142                                 | 0,00215                        | 96,9      | 3,1       | +<br>0,0057                            | 0,0264                                 |
| A-Fraktion AGW 0,02                   | an der Person | 37               | 31              | 13<br>35,1               | 0,00083                              | 0,00615                                | 0,0004                         | 91,9      | 8,1       | 0,00293                                | 0,0103                                 |
| A-Fraktion MAK 0,1                    | an der Person | 37               | 31              | 13<br>35,1               | 0,00083                              | 0,00615                                | 0,0004                         | 100       | 0         | 0,00293                                | 0,0103                                 |
| <b>Trennschleifen</b>                 |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 20               | 15              | 0                        | k. A.                                | 0,0323                                 | 0,0185                         | 100       | 0         | 0,031                                  | 0,082                                  |
| <b>Trockenschleifen ab 2007</b>       |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 504              | 334             | 60<br>11,9               | 0,012                                | 0,0427                                 | 0,009                          | 95,6      | 4,4       | 0,034                                  | 0,0886                                 |
|                                       | stationär     | 107              | 70              | 40<br>37,4               | 0,03                                 | 0,0147                                 | 0,0018                         | 99,1      | 0,9       | +<br>0,00797                           | +<br>0,018                             |
| A-Fraktion AGW 0,02                   | an der Person | 247              | 176             | 50<br>20,2               | 0,00084                              | 0,00987                                | 0,0015                         | 91,1      | 8,9       | 0,00683                                | 0,019                                  |
|                                       | stationär     | 40               | 29              | 13<br>32,5               | 0,00042                              | 0,00365                                | 0,000715                       | 95        | 5         | 0,0045                                 | 0,011                                  |
| A-Fraktion MAK 0,1                    | an der Person | 247              | 176             | 50<br>20,2               | 0,00084                              | 0,00987                                | 0,0015                         | 97,6      | 2,4       | 0,00683                                | 0,019                                  |
|                                       | stationär     | 40               | 29              | 13<br>32,5               | 0,00042                              | 0,00365                                | 0,000715                       | 100       | 0         | 0,0045                                 | 0,011                                  |

## 4.4 Übersichtslisten nach den genannten Selektionskriterien

### 4.4.1 Anzahl Messwerte bei der spanenden Bearbeitung in den Branchen der Metallindustrie

| Branchen  | Mangan<br>in der A-Fraktion | Mangan<br>in der E-Fraktion |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
| Anlagen- und Gerätebau (Metall)   | 16                          | 19                          |
| Anlagenbau, Herstellung von Anlagen                                       | 12                          | 30                          |
| Apparatebau   | 1                           | 17                          |
| Armaturen, Herstellung  | 1                           | 15                          |
| Behälterbau   | 5                           | 7                           |
| EBM-Waren (Eisen-, Blech- und Metallwaren), Herstellung                   | 39                          | 82                          |
| Elektromaschinenbau   |                             | 4                           |
| Fahrzeugbau   | 5                           | 9                           |
| Flugzeugbau   |                             | 4                           |
| Gesenkschmiede  | 1                           | 6                           |
| Hartmetalle, Eisenpulver, Herstellung und Verarbeitung                    | 7                           | 14                          |
| Herstellung von Fahrzeugaufbauten   | 1                           |                             |
| Herstellung von Fenstern, Türen, Fassadenelementen (Metall)               |                             | 1                           |
| Herstellung von Teilen für Kraftwagen und -motoren (Automobilzulieferung) | 24                          | 35                          |
| Industriemontage  | 1                           | 1                           |
| Landmaschinenbau  | 3                           | 3                           |
| Maschinen- und Fahrzeugbau, allgemein                                     | 3                           | 23                          |
| Maschinenbau  | 77                          | 175                         |
| Massivumformung (Gesenk- und Freiformschmieden)                           |                             | 1                           |
| Metallbe- und -verarbeitung, allgemein                                    | 315                         | 765                         |
| Rohrherstellung, allgemein  | 10                          | 10                          |
| Schiffbau   | 1                           | 1                           |
| Schleiferei (von Metallwaren)   | 30                          | 105                         |
| Schlosserei   |                             | 3                           |
| Schmieden, allgemein  |                             | 1                           |
| Schmiedepresswerk   | 1                           | 3                           |
| Solartechnik, Herstellung   |                             | 2                           |
| Stahl- und Leichtmetallbau  | 2                           | 5                           |
| Stahlbau  | 9                           | 21                          |
| Werkzeugbau   | 13                          | 37                          |
| Ziehereien, allgemein   |                             | 1                           |

### 4.4.2 Anzahl der Messwerte zu den Arbeitsbereichsgruppen der spanenden Bearbeitung in der Branchengruppe Metallindustrie

| Arbeitsbereichsgruppe<br>Arbeitsbereiche     | Mangan<br>in der A-Fraktion | Mangan<br>in der E-Fraktion |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Bohren, Fräsen, Drehen, Hobeln, Sägen</b> | <b>45</b>                   | <b>128</b>                  |
| Bohren                                       | 4                           | 8                           |
| Drehen                                       |                             | 3                           |
| Drehen, Hobeln                               | 24                          | 54                          |
| Fräsen                                       | 9                           | 35                          |
| Gewindeschneiden                             |                             | 1                           |
| Sägen  | 8                           | 27                          |



| <b>Arbeitsbereichsgruppe</b><br>Arbeitsbereiche | <b>Mangan</b><br>in der A-Fraktion | <b>Mangan</b><br>in der E-Fraktion |
|---|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Entgraten</b>                                | <b>38</b>                          | <b>49</b>                          |
| Entgraten                                       |                                    | 14                                 |
| Entgraten, mechanisch                           | 38                                 | 34                                 |
| Feilen  |                                    | 1                                  |
| <b>Laserstrahloberflächenbearbeitung</b>        | <b>10</b>                          | <b>14</b>                          |
| <b>Nassschleifen</b>                            | <b>42</b>                          | <b>90</b>                          |
| <b>NC- und CNC-Maschinen</b>                    | <b>65</b>                          | <b>120</b>                         |
| Bearbeitungszentrum                             | 11                                 | 11                                 |
| CNC-Bearbeitungsmaschinen                       | 54                                 | 109                                |
| <b>Polieren</b>                                 | <b>26</b>                          | <b>59</b>                          |
| Läppen  | 2                                  | 2                                  |
| Polieranlagen                                   | 1                                  | 1                                  |
| Polieren  | 22                                 | 51                                 |
| Schärfen  | 1                                  | 5                                  |
| <b>Schleifen</b>                                |                                    | <b>154</b>                         |
| <b>Schneiden, Stanzen</b>                       | <b>6</b>                           | <b>26</b>                          |
| Feinschneiden                                   | 1                                  | 1                                  |
| Stanzen, Schneiden                              | 5                                  | 25                                 |
| <b>Strahlen, trocken</b>                        | <b>44</b>                          | <b>112</b>                         |
| Entfernen von Beschichtungen                    |                                    | 2                                  |
| Sandstrahlen                                    | 15                                 | 21                                 |
| Strahlanlagen, trocken, geschlossen             | 29                                 | 85                                 |
| Strahlanlagen, trocken, offen                   |                                    | 4                                  |
| <b>Trennschleifen</b>                           | <b>9</b>                           | <b>29</b>                          |
| <b>Trockenschleifen</b>                         | <b>287</b>                         | <b>612</b>                         |

## 5 Mangan und seine Verbindungen beim Schweißen und der Heißverarbeitung in der Metallindustrie

### 5.1 Weitere Selektionskriterien für die statistischen Auswertungen beim Schweißen und Heißverarbeitung in der Metallindustrie

- Branchengruppe Metallindustrie
- Arbeitsbereichsgruppen zu Schweißverfahren und Heißverarbeitung

### 5.2 Übersicht der im MGU nach den Selektionskriterien ermittelten Messwerte zu Mangan und seinen Verbindungen beim Schweißen und der Heißverarbeitung in der Metallindustrie

| Allgemeine Beschreibung              | Mangan in der A-Fraktion |             | Mangan in der E-Fraktion |
|--------------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|
|                                      | Anzahl Messwerte         |             | Anzahl Messwerte         |
| Insgesamt                            | 872                      |             | 5536                     |
| <b>Probenahmeart:</b>                |                          |             |                          |
| an der Person                        | 699 (80,2 %)             |             | 4387 (79,2 %)            |
| stationär                            | 173 (19,8 %)             |             | 1149 (20,8 %)            |
| Anzahl Messwerte < Bestimmungsgrenze | 73 (8,4 %)               |             | 482 (8,7 %)              |
| <b>Grenzwertbezug:</b>               | AGW (D)                  | MAK (CH)    | AGW (D)                  |
| Anzahl Daten > Grenzwert             | 319 (36,6 %)             | 89 (10,2 %) | 967 (17,5 %)             |

Manganmessungen in der A-Fraktion erfolgten in den ausgewerteten Datenkollektiven ab 2014.

### 5.3 Statistische Auswertungen

#### 5.3.1 Arbeitsbereichsgruppen zu Schweißverfahren in der Metallindustrie

| Fraktion<br>AGW/MAK<br>in mg/m <sup>3</sup> | Probenahme-<br>art | Anzahl<br>Messwerte | Anzahl<br>Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl<br>% | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|---|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>Laserschweißen</b>                       |                    |                     |                    |                             |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion<br>AGW/MAK<br>0,2                | an der Person      | 66                  | 52                 | 26<br>39,4                  | 0,01                                 | 0,00723                                | 0,002                          | 100       | 0         | +<br>0,00595                           | 0,0164                                 |
|   | stationär          | 41                  | 30                 | 23<br>56,1                  | 0,01                                 | 0,00268                                | 0,00054                        | 100       | 0         | +<br>0,00261                           | +<br>0,00874                           |
| A-Fraktion<br>AGW<br>0,02                   | an der Person      | 24                  | 20                 | 5<br>20,8                   | 0,00032                              | 0,00515                                | 0,0016                         | 95,8      | 4,2       | 0,0046                                 | 0,013                                  |

| Fraktion AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup> | Probenahmeart | Anzahl Messwerte | Anzahl Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl % | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|---------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>Laserschweißen (Fortsetzung)</b>   |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| A-Fraktion AGW 0,02                   | stationär     | 16               | 12              | 9<br>56,3                | 0,00031                              | 0,00242                                | 0,00011                        | 93,7      | 6,3       | +<br>0,00027                           | 0,00574                                |
| A-Fraktion MAK 0,1                    | an der Person | 24               | 20              | 5<br>20,8                | 0,00032                              | 0,00515                                | 0,0016                         | 100       | 0         | 0,0046                                 | 0,013                                  |
| A-Fraktion MAK 0,1                    | stationär     | 16               | 12              | 9<br>56,3                | 0,00031                              | 0,00242                                | 0,00011                        | 100       | 0         | +<br>0,00027                           | 0,00574                                |
| <b>Laserstrahlaufragsschweißen</b>    |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 16               | 10              | 5<br>31,3                | 0,00066                              | 0,00651                                | 0,0037                         | 100       | 0         | 0,0099                                 | 0,0158                                 |
| <b>Lichtbogenhandschweißen</b>        |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 146              | 104             | 6<br>4,1                 | 0,01                                 | 0,0811                                 | 0,031                          | 89        | 11        | 0,0785                                 | 0,21                                   |
|                                       | stationär     | 40               | 31              | 0                        | k. A.                                | 0,0222                                 | 0,0145                         | 100       | 0         | 0,031                                  | 0,047                                  |
| A-Fraktion AGW 0,02                   | an der Person | 14               | 13              | 0                        | k. A.                                | 0,0272                                 | 0,0103                         | 78,6      | 21,4      | 0,019                                  | 0,0534                                 |
| A-Fraktion MAK 0,1                    | an der Person | 14               | 13              | 0                        | k. A.                                | 0,0272                                 | 0,0103                         | 92,9      | 7,1       | 0,019                                  | 0,0534                                 |
| <b>Metall-Aktivgasschweißen (MAG)</b> |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 2548             | 1145            | 46<br>1,8                | 0,066                                | 0,212                                  | 0,1                            | 68,3      | 31,7      | 0,27                                   | 0,51                                   |
|                                       | stationär     | 533              | 284             | 16<br>3                  | 0,032                                | 0,0526                                 | 0,024                          | 97        | 3         | 0,0558                                 | 0,11                                   |
| A-Fraktion AGW 0,02                   | an der Person | 341              | 211             | 6<br>1,8                 | 0,0011                               | 0,0699                                 | 0,037                          | 35,5      | 64,5      | 0,0958                                 | 0,16                                   |
|                                       | stationär     | 73               | 43              | 1<br>1,4                 | 0,00015                              | 0,0338                                 | 0,023                          | 46,6      | 53,4      | 0,0522                                 | 0,0777                                 |
| A-Fraktion MAK 0,1                    | an der Person | 341              | 211             | 6<br>1,8                 | 0,0011                               | 0,0699                                 | 0,037                          | 76,8      | 23,2      | 0,0958                                 | 0,16                                   |
|                                       | stationär     | 73               | 43              | 1<br>1,4                 | 0,00015                              | 0,0338                                 | 0,023                          | 95,9      | 4,1       | 0,0522                                 | 0,0777                                 |

| Fraktion AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup>                   | Probenahmeart | Anzahl Messwerte | Anzahl Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl % | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|---|---------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>Metall-Fülldrahtschweißen mit und ohne Schutzgas</b> |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                                  | an der Person | 73               | 30              | 2<br>2,7                 | 0,015                                | 0,511                                  | 0,217                          | 49,3      | 50,7      | 0,823                                  | 1,4                                    |
|   | stationär     | 15               | 10              | 1<br>6,7                 | 0,0043                               | 0,151                                  | 0,046                          | 80        | 20        | 0,0805                                 | 0,463                                  |
| <b>Metall-Schweißen, Mischschweißverfahren</b>          |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                                  | an der Person | 75               | 63              | 5<br>6,7                 | 0,006                                | 0,167                                  | 0,033                          | 84        | 16        | 0,08                                   | 0,32                                   |
|   | stationär     | 61               | 38              | 2<br>3,3                 | 0,004                                | 0,022                                  | 0,015                          | 98,4      | 1,6       | 0,0267                                 | 0,043                                  |
| A-Fraktion AGW 0,02                                     | an der Person | 17               | 14              | 2<br>11,8                | 0,00017                              | 0,0419                                 | 0,013                          | 58,8      | 41,2      | 0,0607                                 | 0,107                                  |
| A-Fraktion MAK 0,1                                      | an der Person | 17               | 14              | 2<br>11,8                | 0,00017                              | 0,0419                                 | 0,013                          | 88,2      | 11,8      | 0,0607                                 | 0,107                                  |
| <b>Metall-Inertgasschweißen (MIG)</b>                   |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                                  | an der Person | 169              | 115             | 12<br>7,1                | 0,03                                 | 0,115                                  | 0,02                           | 82,8      | 17,2      | 0,096                                  | 0,315                                  |
|   | stationär     | 55               | 40              | 8<br>14,5                | 0,0045                               | 0,0304                                 | 0,0078                         | 96,4      | 3,6       | 0,0372                                 | 0,0835                                 |
| A-Fraktion AGW 0,02                                     | an der Person | 21               | 15              | 0                        | k. A.                                | 0,0557                                 | 0,0084                         | 66,7      | 33,3      | 0,0283                                 | 0,0636                                 |
| A-Fraktion MAK 0,1                                      | an der Person | 21               | 15              | 0                        | k. A.                                | 0,0557                                 | 0,0084                         | 90,5      | 9,5       | 0,0283                                 | 0,0636                                 |
| <b>Plasmaschweißen</b>                                  |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                                  | an der Person | 40               | 26              | 14<br>35                 | 0,0047                               | 0,0182                                 | 0,0023                         | 97,5      | 2,5       | 0,0059                                 | 0,017                                  |
|   | stationär     | 20               | 15              | 11<br>55                 | 0,0048                               | 0,00262                                | 0,00125                        | 100       | 0         | +<br>0,0023                            | +<br>0,0031                            |
| A-Fraktion AGW 0,02                                     | an der Person | 10               | 7               | 1<br>10                  | 0,00025                              | 0,00473                                | 0,0036                         | 100       | 0         | 0,00685                                | 0,0092                                 |
| A-Fraktion MAK 0,1                                      | an der Person | 10               | 7               | 1<br>10                  | 0,00025                              | 0,00473                                | 0,0036                         | 100       | 0         | 0,00685                                | 0,0092                                 |

| Fraktion AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup>                             | Probenahmeart | Anzahl Messwerte | Anzahl Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl % | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|---|---------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>Unterpulverschweißen</b>                                       |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2  | an der Person | 40               | 28              | 0                        | k. A.                                | 0,0635                                 | 0,0225                         | 90        | 10        | 0,064                                  | 0,14                                   |
|   | stationär     | 15               | 11              | 0                        | k. A.                                | 0,0695                                 | 0,069                          | 93,3      | 6,7       | 0,084                                  | 0,125                                  |
| <b>Buckel-, Widerstandspunkt-, Widerstandsrollennahtschweißen</b> |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2  | an der Person | 153              | 83              | 76<br>49,7               | 0,04                                 | 0,00725                                | 0,0012                         | 99,3      | 0,7       | +<br>0,0025                            | +<br>0,014                             |
|   | stationär     | 44               | 34              | 21<br>47,7               | 0,02                                 | 0,00486                                | 0,00085                        | 100       | 0         | +<br>0,004                             | +<br>0,013                             |
| A-Fraktion AGW 0,02   | an der Person | 48               | 25              | 17<br>35,4               | 0,00084                              | 0,0014                                 | 0,00027                        | 100       | 0         | +<br>0,0008                            | 0,00298                                |
| A-Fraktion MAK 0,1  | an der Person | 48               | 25              | 17<br>35,4               | 0,00084                              | 0,0014                                 | 0,00027                        | 100       | 0         | +<br>0,0008                            | 0,00298                                |
| <b>Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)</b>                            |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2  | an der Person | 684              | 432             | 93<br>13,6               | 0,054                                | 0,018                                  | 0,0063                         | 99        | 1         | +<br>0,016                             | +<br>0,038                             |
|   | stationär     | 86               | 66              | 28<br>32,6               | 0,0048                               | 0,00426                                | 0,00155                        | 100       | 0         | +<br>0,0047                            | 0,013                                  |
| A-Fraktion AGW 0,02   | an der Person | 97               | 76              | 1<br>1                   | 0,00084                              | 0,00712                                | 0,0036                         | 91,8      | 8,2       | 0,00898                                | 0,0183                                 |
|   | stationär     | 17               | 16              | 4<br>23,5                | 0,00042                              | 0,00331                                | 0,00055                        | 94,1      | 5,9       | 0,00243                                | 0,012                                  |
| A-Fraktion MAK 0,1  | an der Person | 97               | 76              | 1<br>1                   | 0,00084                              | 0,00712                                | 0,0036                         | 100       | 0         | 0,00898                                | 0,0183                                 |
|   | stationär     | 17               | 16              | 4<br>23,5                | 0,00042                              | 0,00331                                | 0,00055                        | 100       | 0         | 0,00243                                | 0,012                                  |

| Fraktion AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup> | Probenahmeart | Anzahl Messwerte | Anzahl Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl % | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤ GW in % | > GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|---------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-----------|--|--|
| <b>Sonstige Schweißverfahren</b>      |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |           |           |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                | an der Person | 51               | 35              | 14<br>27,5               | 0,0044                               | 0,0828                                 | 0,0042                         | 94,1      | 5,9       | 0,0315                                 | 0,0925                                 |
|                                       | stationär     | 13               | 9               | 2<br>15,4                | 0,00022                              | 0,0111                                 | 0,00077                        | 100       | 0         | 0,018                                  | 0,0311                                 |
| A-Fraktion AGW 0,02                   | an der Person | 13               | 12              | 6<br>46,2                | 0,00084                              | 0,00269                                | 0,00042                        | 92,3      | 7,7       | 0,00182                                | 0,00335                                |
| A-Fraktion MAK 0,1                    | an der Person | 13               | 12              | 6<br>46,2                | 0,00084                              | 0,00269                                | 0,00042                        | 100       | 0         | 0,00182                                | 0,00335                                |

### 5.3.2 Arbeitsbereichsgruppen zur Heißverarbeitung in der Metallindustrie

| Fraktion AGW / MAK in mg/m <sup>3</sup> | Probenahmeart | Anzahl Messwerte | Anzahl Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl % | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤GW in % | >GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|---|---------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|----------|----------|--|--|
| <b>Brennschneiden</b>                   |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |          |          |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                  | an der Person | 106              | 85              | 1<br>0,9                 | 0,0046                               | 0,046                                  | 0,0265                         | 98,1     | 1,9      | 0,066                                  | 0,114                                  |
|   | stationär     | 35               | 30              | 2<br>5,7                 | 0,0047                               | 0,0284                                 | 0,0097                         | 97,1     | 2,9      | 0,0245                                 | 0,061                                  |
| A-Fraktion AGW 0,02                     | an der Person | 34               | 26              | 0                        | k. A.                                | 0,0239                                 | 0,012                          | 70,6     | 29,4     | 0,033                                  | 0,0688                                 |
| A-Fraktion MAK 0,1                      | an der Person | 34               | 26              | 0                        | k. A.                                | 0,0239                                 | 0,012                          | 97,1     | 2,9      | 0,033                                  | 0,0688                                 |
| <b>Laserstrahlschneiden</b>             |               |                  |                 |                          |                                      |  |                                |          |          |  |  |
| E-Fraktion AGW/MAK 0,2                  | an der Person | 122              | 90              | 24<br>19,7               | 0,03                                 | 0,0219                                 | 0,00475                        | 99,2     | 0,8      | +<br>0,0095                            | +<br>0,0254                            |
|   | stationär     | 96               | 54              | 22<br>22,9               | 0,0048                               | 0,006                                  | 0,0028                         | 100      | 0        | 0,0063                                 | 0,0114                                 |
| A-Fraktion AGW 0,02                     | an der Person | 43               | 32              | 8<br>18,6                | 0,00084                              | 0,00448                                | 0,0026                         | 95,3     | 4,7      | 0,0058                                 | 0,0088                                 |
|   | stationär     | 27               | 17              | 7<br>25,9                | 0,00057                              | 0,00717                                | 0,0012                         | 92,6     | 7,4      | 0,00802                                | 0,0104                                 |

| Fraktion AGW / MAK<br>in mg/m <sup>3</sup> | Probenahme-<br>art | Anzahl Mess-<br>werte | Anzahl<br>Betriebe | Werte < BG *<br>Anzahl<br>% | Höchste BG *<br>in mg/m <sup>3</sup> | arithm. Mittel<br>in mg/m <sup>3</sup> | Median<br>in mg/m <sup>3</sup> | ≤GW in % | >GW in % | 75. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90. Perzentil*<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|--|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|----------|----------|--|--|
| <b>Laserstrahlschneiden (Fortsetzung)</b>  |                    |                       |                    |                             |                                      |  |                                |          |          |  |  |
| A-Fraktion<br>MAK<br>0,1                   | an der Person      | 43                    | 32                 | 8<br>18,6                   | 0,00084                              | 0,00448                                | 0,0026                         | 100      | 0        | 0,0058                                 | 0,0088                                 |
|  | stationär          | 27                    | 17                 | 7<br>25,9                   | 0,00057                              | 0,00717                                | 0,0012                         | 100      | 0        | 0,00802                                | 0,0104                                 |
| <b>Plasmaschmelzschneiden</b>              |                    |                       |                    |                             |                                      |  |                                |          |          |  |  |
| E-Fraktion<br>AGW/MAK<br>0,2               | an der Person      | 61                    | 53                 | 3<br>4,9                    | 0,0043                               | 0,0569                                 | 0,024                          | 95,1     | 4,9      | 0,0583                                 | 0,129                                  |
|  | stationär          | 43                    | 29                 | 2<br>4,7                    | 0,01                                 | 0,0468                                 | 0,01                           | 95,3     | 4,7      | 0,033                                  | 0,0856                                 |
| A-Fraktion<br>AGW<br>0,02                  | an der Person      | 18                    | 16                 | 0                           | k. A.                                | 0,0244                                 | 0,0135                         | 83,3     | 16,7     | 0,0185                                 | 0,0366                                 |
| A-Fraktion<br>MAK<br>0,1                   | an der Person      | 18                    | 16                 | 0                           | k. A.                                | 0,0244                                 | 0,0135                         | 94,4     | 5,6      | 0,0185                                 | 0,0366                                 |
| <b>sonstige Heißverarbeitungsverfahren</b> |                    |                       |                    |                             |                                      |  |                                |          |          |  |  |
| E-Fraktion<br>AGW/MAK<br>0,2               | stationär          | 12                    | 8                  | 7<br>58,3                   | 0,004                                | 0,0101                                 | 0,0017                         | 100      | 0        | +<br>0,00185                           | 0,0388                                 |

## 5.4 Übersichtslisten nach den genannten Selektionskriterien

### 5.4.1 Anzahl Messwerte beim Schweißen und der Heißverarbeitung in den Branchen der Metallindustrie

| Branchen  | Mangan in der A-Fraktion | Mangan in der E-Fraktion |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Anlagen- und Gerätebau (Metall)   | 24                       | 181                      |
| Anlagenbau, Herstellung von Anlagen                                       | 41                       | 237                      |
| Apparatebau   | 11                       | 189                      |
| Armaturen, Herstellung  | 11                       | 45                       |
| Behälterbau   | 16                       | 86                       |
| EBM-Waren (Eisen-, Blech- und Metallwaren), Herstellung                   | 33                       | 143                      |
| Fahrzeugbau   | 18                       | 217                      |
| Flugzeugbau   |                          | 5                        |
| Formgebungsverfahren, sonstige  |                          | 8                        |
| Gesenkschmiede  |                          | 18                       |
| Hartmetalle, Eisenpulver, Herstellung und Verarbeitung                    |                          | 2                        |
| Herstellung von Fahrzeugaufbauten   | 13                       | 26                       |
| Herstellung von Fenstern, Türen, Fassadenelementen (Metall)               | 2                        | 17                       |
| Herstellung von Teilen für Kraftwagen und -motoren (Automobilzulieferung) | 70                       | 197                      |
| Industriemontage  | 4                        | 10                       |
| Landmaschinenbau  | 14                       | 52                       |
| Maschinen- und Fahrzeugbau, allgemein                                     | 28                       | 155                      |
| Maschinenbau  | 83                       | 582                      |
| Metallbe- und -verarbeitung, allgemein                                    | 394                      | 2684                     |
| Rohrherstellung, allgemein  | 9                        | 49                       |
| Schienenherstellung   | 2                        | 4                        |
| Schiffbau   | 7                        | 93                       |
| Schleiferei (von Metallwaren)   |                          | 1                        |
| Schlosserei   | 11                       | 48                       |
| Schmiedepresswerk   | 1                        | 2                        |
| Solartechnik, Herstellung   |                          | 6                        |
| Stahl- und Leichtmetallbau  | 15                       | 114                      |
| Stahlbau  | 61                       | 351                      |
| Strangpresserei, allgemein  |                          | 1                        |
| Umwelttechnik, Herstellung  | 1                        | 1                        |
| Werkzeugbau   | 3                        | 12                       |

### 5.4.2 Anzahl der Messwerte zu den Arbeitsbereichsgruppen beim Schweißen und der Heißverarbeitung bei der Branchengruppe Metallindustrie

| Arbeitsbereichsgruppe                                   | Mangan in der A-Fraktion | Mangan in der E-Fraktion |
|---|--------------------------|--------------------------|
| <b>Arbeitsbereiche</b>                                  |                          |                          |
| <b>Laserschweißen</b>                                   | <b>40</b>                | <b>107</b>               |
| <b>Laserstrahlaufragsschweißen</b>                      | <b>12</b>                | <b>19</b>                |
| <b>Lichtbogenhandschweißen</b>                          | <b>17</b>                | <b>186</b>               |
| Lichtbogenhandschweißen mit umhüllter Stabelektrode     | 14                       | 153                      |
| 40Lichtbogenschweißen, Misch-LB-Verfahren               | 3                        | 33                       |
| <b>Metall-Aktivgasschweißen (MAG)</b>                   | <b>414</b>               | <b>3081</b>              |
| <b>Metall-Fülldrahtschweißen mit und ohne Schutzgas</b> | <b>1</b>                 | <b>88</b>                |
| Metall-Fülldrahtschweißen mit Schutzgas                 | 1                        | 75                       |



| <b>Arbeitsbereichsgruppe</b>                                      | <b>Mangan<br/>in der A-Fraktion</b> | <b>Mangan<br/>in der E-Fraktion</b> |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Arbeitsbereiche   |                                     |                                     |
| Metall-Fülldrahtschweißen ohne Schutzgas (MOG)                    |                                     | 13                                  |
| <b>Metall-Schweißen, Mischschweißverfahren</b>                    | <b>24</b>                           | <b>136</b>                          |
| <b>Metall-Inertgasschweißen (MIG)</b>                             | <b>28</b>                           | <b>224</b>                          |
| <b>Plasmaschweißen</b>  | <b>11</b>                           | <b>60</b>                           |
| <b>Unterpulverschweißen</b>                                       | <b>9</b>                            | <b>55</b>                           |
| <b>Buckel-, Widerstandspunkt-, Widerstandsrollennahtschweißen</b> | <b>52</b>                           | <b>197</b>                          |
| Buckelschweißen   | 5                                   | 8                                   |
| Widerstandspunktschweißen   | 46                                  | 167                                 |
| Widerstandsrollennahtschweißen                                    | 1                                   | 22                                  |
| <b>Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)</b>                            | <b>114</b>                          | <b>770</b>                          |
| <b>sonstige Schweißverfahren</b>                                  | <b>15</b>                           | <b>64</b>                           |
| Abbreinstumpfschweißen  | 1                                   | 17                                  |
| Autogenschweißen  | 2                                   | 11                                  |
| Bolzenschweißen (Zündspitzschweißen)                              | 3                                   | 10                                  |
| Elektronenstrahlschweißen unter Vakuum                            |                                     | 1                                   |
| Elektroschlackeschweißen  | 2                                   | 6                                   |
| Gießschmelzschweißen (Thermitschweißen)                           | 1                                   | 1                                   |
| Induktionsschweißen   | 2                                   | 10                                  |
| Pressstumpfschweißen  | 1                                   | 2                                   |
| Reibschweißen   | 3                                   | 3                                   |
| Rohrschweißanlage   |                                     | 3                                   |
| <b>Brennschneiden</b>   | <b>37</b>                           | <b>141</b>                          |
| Brennschneiden  | 37                                  | 135                                 |
| Thermisches Schneiden mit Sauerstofflanze                         |                                     | 2                                   |
| Thermisches Schneiden, Mischschneidverfahren                      |                                     | 4                                   |
| <b>Laserstrahlschneiden</b>                                       | <b>70</b>                           | <b>218</b>                          |
| Laserstrahlbohren   |                                     | 1                                   |
| Laserstrahlschneiden  | 70                                  | 217                                 |
| <b>Plasmaschmelzschneiden</b>                                     | <b>24</b>                           | <b>104</b>                          |
| Plasmaschmelzschneiden, manuell                                   |                                     | 10                                  |
| Plasmaschmelzschneiden, maschinell                                | 23                                  | 70                                  |
| Plasmaschneiden   | 1                                   | 4                                   |
| Plasmaschneiden, allgemein  |                                     | 20                                  |
| <b>sonstige Heißverarbeitungsverfahren</b>                        | <b>4</b>                            | <b>16</b>                           |
| Drahterodieren  | 2                                   | 2                                   |
| Funkenerodieren   |                                     | 8                                   |
| Lichtbogen-Fughobeln  |                                     | 3                                   |
| Senkerodieren   | 2                                   | 3                                   |

## Autorin:

Ulrike Koch  
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin