

# 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 Probennahmesystemen. Die Messungen erfolgten an der in dem bemessenen Arbeitsbereich beschäftigten Person im Atembereich.

**Stationär:** Messungen mit stationär aufgestellten Probennahmesystemen. Die Messstrategien (z. B. Abstand des Probennahmesystems 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 Anzahl Messwerte		Mangan in der E-Fraktion 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 * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* 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 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 * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>
<b>Sandaufbereitung, Kernmacherei und Formerei</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	33	14	5 15,2	0,005	0,0155	0,012	100	0	0,0187	0,034
	stationär	26	15	4 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 * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* 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 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 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 10	0,0023	0,0283	0,0109	100	0	0,0165	0,045
	stationär	13	10	1 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 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 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 * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>
<b>Schmelzerei</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	16	13	2 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 33,3	0,0018	0,000967	0,0009	100	0		
A-Fraktion MAK 0,1	an der Person	9 ****	6	3 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 55,8	0,0046	0,0731	0,000575	98,1	1,9	+ 0,0019	0,00806
	stationär	29	15	8 27,6	0,0045	0,0031	0,00073	100	0	+ 0,00216	0,00588
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	21	15	15 71,4	0,00034	0,000178	0,00016	100	0	+ 0,000165	+ 0,000208
A-Fraktion MAK 0,1	an der Person	21	15	15 71,4	0,00034	0,000178	0,00016	100	0	+ 0,000165	+ 0,000208
<b>Putzerei, ohne Strahlen</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	29	15	5 17,2	0,0048	0,0283	0,0012	96,6	3,4	+ 0,00328	0,0142
	stationär	10	8	2 20	0,001	0,00783	0,00115	100	0	0,00375	0,021
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	15	8	6 40	0,00084	0,000316	0,00021	100	0	+ 0,000405	+ 0,00072
A-Fraktion MAK 0,1	an der Person	15	8	6 40	0,00084	0,000316	0,00021	100	0	+ 0,000405	+ 0,00072

### 3.4 Übersichtslisten nach den genannten Selektionskriterien

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

Arbeitsbereichsgruppe Arbeitsbereiche	Mangan in der A-Fraktion	Mangan 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> Arbeitsbereiche	<b>Mangan</b> in der A-Fraktion	<b>Mangan</b> 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> Arbeitsbereiche	<b>Mangan</b> in der A-Fraktion	<b>Mangan</b> 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 in der A-Fraktion</b>	<b>Mangan in der E-Fraktion</b>
<b>Arbeitsbereiche</b>		
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 AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup>	Probenahme- art	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Werte < BG * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>
<b>Bohren, Fräsen, Drehen, Hobeln, Sägen</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	85	58	28 32,9	0,009	0,00726	0,00215	100	0	+ 0,0052	0,0155
	stationär	43	36	11 25,6	0,005	0,0116	0,0021	100	0	0,0089	0,0344
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	33	19	13 39,4	0,00016	0,0051	0,00049	93,9	6,1	0,00255	0,0151
A-Fraktion AGW 0,02	stationär	12	10	5 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 * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* 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 39,4	0,00016	0,0051	0,00049	100	0	0,00255	0,0151
A-Fraktion MAK 0,1	stationär	12	10	5 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 33,3	0,01	0,0179	0,0028	97,4	2,6	0,0123	0,0352
	stationär	10	9	6 60	0,0048	0,00134	0,000705	100	0	+ 0,0012	+ 00024
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	33	26	14 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 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 72,7	0,025	0,014	0,000165	100	0	+ 0,00025	+ 0,0113
<b>Nassschleifen ab 2007</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	51	38	28 54,9	0,0024	0,00822	0,00043	98	2	+ 0,0017	0,00632
	stationär	39	28	30 76,9	0,0048	0,00072	0,00021	100	0	! BG	+ 0,00231
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	25	17	14 56	0,00056	0,00453	0,000155	96	4	0,00066	0,0021
	stationär	17	11	16 94,1	0,00042	0,0000939	0,000075	100	0	! BG	! BG
A-Fraktion MAK 0,1	an der Person	25	17	14 56	0,00056	0,00453	0,000155	100	0	0,00066	0,0021
	stationär	17	11	16 94,1	0,00042	0,0000939	0,000075	100	0	! BG	! BG

Fraktion AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup>	Probenahmeart	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Werte < BG * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>
<b>NC- und CNC-Maschinen</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	66	44	25 37,9	0,0059	0,00566	0,0015	100	0	+ 0,00435	0,0154
	stationär	54	33	21 38,9	0,0057	0,00923	0,00108	100	0	+ 0,0026	0,0294
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	31	21	19 61,3	0,00084	0,000422	0,00015	100	0	+ 0,000396	0,000859
	stationär	34	17	16 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 61,3	0,00084	0,000422	0,00015	100	0	+ 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 41,5	0,003	0,00791	0,0014	100	0	0,00465	0,0165
	stationär	18	13	9 50	0,0048	0,00662	0,000335	100	0	+ 0,00345	0,00776
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	19	16	5 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 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 35,9	0,013	0,0483	0,0079	94,2	5,8	0,0245	0,0982
	stationär	51	30	7 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 * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>
<b>Schneiden, Stanzen</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	13	9	3 23,1	0,0047	0,00305	0,00235	100	0	+ 0,00435	0,0067
	stationär	13	10	7 53,8	0,0045	0,00685	0,0012	100	0	+ 0,00435	0,00928
<b>Strahlen, trocken</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	80	64	21 26,3	0,01	0,0137	0,0024	98,7	1,3	+ 0,0084	0,018
	stationär	32	25	12 37,5	0,006	0,0142	0,00215	96,9	3,1	+ 0,0057	0,0264
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	37	31	13 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 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 11,9	0,012	0,0427	0,009	95,6	4,4	0,034	0,0886
	stationär	107	70	40 37,4	0,03	0,0147	0,0018	99,1	0,9	+ 0,00797	+ 0,018
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	247	176	50 20,2	0,00084	0,00987	0,0015	91,1	8,9	0,00683	0,019
	stationär	40	29	13 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 20,2	0,00084	0,00987	0,0015	97,6	2,4	0,00683	0,019
	stationär	40	29	13 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 in der A-Fraktion	Mangan 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	Mangan in der A-Fraktion	Mangan in der E-Fraktion
<b>Arbeitsbereiche</b>		
<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> Arbeitsbereiche	<b>Mangan</b> in der A-Fraktion	<b>Mangan</b> 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 AGW/MAK in mg/m <sup>3</sup>	Probenahme- art	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Werte < BG * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>
<b>Laserschweißen</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	66	52	26 39,4	0,01	0,00723	0,002	100	0	+ 0,00595	0,0164
	stationär	41	30	23 56,1	0,01	0,00268	0,00054	100	0	+ 0,00261	+ 0,00874
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	24	20	5 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 * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>
<b>Laserschweißen (Fortsetzung)</b>											
A-Fraktion AGW 0,02	stationär	16	12	9 56,3	0,00031	0,00242	0,00011	93,7	6,3	+ 0,00027	0,00574
A-Fraktion MAK 0,1	an der Person	24	20	5 20,8	0,00032	0,00515	0,0016	100	0	0,0046	0,013
A-Fraktion MAK 0,1	stationär	16	12	9 56,3	0,00031	0,00242	0,00011	100	0	+ 0,00027	0,00574
<b>Laserstrahlaufragsschweißen</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	16	10	5 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 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 1,8	0,066	0,212	0,1	68,3	31,7	0,27	0,51
	stationär	533	284	16 3	0,032	0,0526	0,024	97	3	0,0558	0,11
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	341	211	6 1,8	0,0011	0,0699	0,037	35,5	64,5	0,0958	0,16
	stationär	73	43	1 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 1,8	0,0011	0,0699	0,037	76,8	23,2	0,0958	0,16
	stationär	73	43	1 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 * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* 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 2,7	0,015	0,511	0,217	49,3	50,7	0,823	1,4
	stationär	15	10	1 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 6,7	0,006	0,167	0,033	84	16	0,08	0,32
	stationär	61	38	2 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 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 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 7,1	0,03	0,115	0,02	82,8	17,2	0,096	0,315
	stationär	55	40	8 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 35	0,0047	0,0182	0,0023	97,5	2,5	0,0059	0,017
	stationär	20	15	11 55	0,0048	0,00262	0,00125	100	0	+ 0,0023	+ 0,0031
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	10	7	1 10	0,00025	0,00473	0,0036	100	0	0,00685	0,0092
A-Fraktion MAK 0,1	an der Person	10	7	1 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 * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* 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 49,7	0,04	0,00725	0,0012	99,3	0,7	+ 0,0025	+ 0,014
	stationär	44	34	21 47,7	0,02	0,00486	0,00085	100	0	+ 0,004	+ 0,013
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	48	25	17 35,4	0,00084	0,0014	0,00027	100	0	+ 0,0008	0,00298
A-Fraktion MAK 0,1	an der Person	48	25	17 35,4	0,00084	0,0014	0,00027	100	0	+ 0,0008	0,00298
<b>Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	684	432	93 13,6	0,054	0,018	0,0063	99	1	+ 0,016	+ 0,038
	stationär	86	66	28 32,6	0,0048	0,00426	0,00155	100	0	+ 0,0047	0,013
A-Fraktion AGW 0,02	an der Person	97	76	1 1	0,00084	0,00712	0,0036	91,8	8,2	0,00898	0,0183
	stationär	17	16	4 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 1	0,00084	0,00712	0,0036	100	0	0,00898	0,0183
	stationär	17	16	4 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 * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤ GW in %	> GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>
<b>Sonstige Schweißverfahren</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	51	35	14 27,5	0,0044	0,0828	0,0042	94,1	5,9	0,0315	0,0925
	stationär	13	9	2 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 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 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 * Anzahl %	Höchste BG * in mg/m <sup>3</sup>	arithm. Mittel in mg/m <sup>3</sup>	Median in mg/m <sup>3</sup>	≤GW in %	>GW in %	75. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>	90. Perzentil* in mg/m <sup>3</sup>
<b>Brennschneiden</b>											
E-Fraktion AGW/MAK 0,2	an der Person	106	85	1 0,9	0,0046	0,046	0,0265	98,1	1,9	0,066	0,114
	stationär	35	30	2 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 19,7	0,03	0,0219	0,00475	99,2	0,8	+ 0,0095	+ 0,0254
	stationär	96	54	22 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 18,6	0,00084	0,00448	0,0026	95,3	4,7	0,0058	0,0088
	stationär	27	17	7 25,9	0,00057	0,00717	0,0012	92,6	7,4	0,00802	0,0104

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