

Arbeitsbedingte Exposition gegenüber Isofluran im Datenzeitraum 2000 bis 2024 in den Branchengruppen Veterinärmedizin, Humanmedizin und Schweinehaltung in Deutschland

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)¹. 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 Isofluran in der Luft am Arbeitsplatz wird mittels einer Probenahmepumpe ein definiertes Luftvolumen durch ein Aktivkohleröhrchen gesaugt. Nach Extraktion mit Toluol und einer Aufbereitung mit Heptafluorbuttersäureanhydrid (HFBA), erfolgt die quantitative Bestimmung von Isofluran durch Gaschromatographie mit einem Flammenionisationsdetektor (FID). Die Bestimmungsgrenze (BG) für Isofluran beträgt bei einer zweistündigen Probenahme mit einem Volumenstrom von 20 l/h (\approx 40 Liter Probenvolumen) 4,0 mg/m³.

Bei Messungen vor 2002 erfolgte keine Aufbereitung. Die Detektion von Isofluran erfolgte mittels eines „Electron capture“-Detektors. Für dieses Verfahren beträgt die BG bei einer zweistündigen Probenahme mit einem Volumenstrom von 20 l/h (\approx 40 Liter Probenvolumen) 0,5 mg/m³.

Alle im MGU erhobenen Daten werden in der IFA Expositionsdatenbank MEGA² (Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz) dokumentiert. Die vom IFA entwickelte Auswertesoftware MEGA^{Pro} erlaubt die statistische Auswertung des Datenbestands nach unterschiedlichen Selektionskriterien und Auswertestrategien.

¹ Gabriel, S.; Schneider, G.: 50 Jahre MGU – gestern, heute, morgen. Neue Serie: Das MGU stellt sich vor (Teil 1). Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 82 (2022) Nr. 3/4, S. 90-91

² Van Gelder, R.: Das MGU stellt sich vor (Teil XI). MEGA: Von der Datenbank zur Beschreibung von Expositionen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 83 (2023) Nr. 1/2, S. 35-39

2 Datenlage und Auswertestrategie

Für Isofluran liegt in Deutschland ein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) von 15,0 mg/m³ nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 900 vor. Dieser wird als Beurteilungsmaßstab für Isofluran herangezogen.

2.1 Selektionskriterien für die statistischen Auswertungen

- Gefahrstoff: Isofluran
- Grenzwert: 15 mg/m³ (AGW)
- Datenzeitraum: 2000 bis 2024
- Luftproben mit Expositionsbezug
- Arbeitsplatzmessungen
- Probenahme repräsentativ für die Expositionsdauer
- Übliche betriebliche Situationen (Normalzustand, Aufbau-, Abbau-, Anfahrvorgänge, Vorbereitungen, Rüstarbeiten) und keine Angaben
- Standardverfahren im MGU
- Ausgewählte Branchen zur Veterinärmedizin, Humanmedizin und Schweinehaltung

2.2 Datenlage

Im Datenzeitraum von Januar 2000 bis Dezember 2024 ergab sich nach den in Abschnitt 2.1 dargestellten Selektionskriterien die in **Tabelle 1** zusammengefasste Datenlage für Isofluran.

Tabelle 1:

Datenlage zu den für diesen Bericht ausgewerteten Isofluran Messungen

Allgemeine Beschreibung	Anzahl Messwerte
Insgesamt	502
Anzahl Werte < BG	338
Probenahmeart	
an der Person	251
stationär	
• undifferenziert	243
• personenbezogen zur Expositionsbeurteilung	3
• Grundlast zur Expositionsbeurteilung	5
Grenzwertbezug	
Anzahl Daten > Grenzwert	95
Probenahmedauer	
≥ 2 Stunden	206
> 15 min bis < 2 Stunden	161
≤ 15 min	135
Angaben zu Erfassungseinrichtungen	
Erfassung über Absauganlage vorhanden und in Betrieb	243
Erfassung über RLT-Anlage vorhanden und in Betrieb	6
Erfassung nicht vorhanden bzw. nicht in Betrieb	165
keine Angaben zur Erfassung	88

2.3 Auswertestrategie

In der Branchengruppe „Veterinärmedizin“ erfolgte eine Differenzierung nach den Arbeitsbereichsgruppen „OP-Saal“ und „OP-Vorbereitung, Behandlungsraum, Aufwachraum“. Je Arbeitsbereichsgruppe wurde nach Probenahmeart und Probenahmedauer differenziert.

Bei den 15 Minuten (0,25h) Kurzzeitmessungen (KZW) konnte keine Überprüfung der Kurzzeitwertbedingungen mit dem Überschreitungsfaktor 8 erfolgen, da nicht dokumentiert wurde, ob die Kurzzeitbedingungen an den bemessenen Arbeitsplätzen eingehalten wurden. Die Veröffentlichung „Beurteilung von Konzentrationsspitzen am Arbeitsplatz – eine Arbeitshilfe“³ liefert weitere Informationen zur Beurteilung von Kurzzeitmessungen.

In der Branchengruppe „Humanmedizin“ erfolgte keine weitere Differenzierung nach Arbeitsbereichsgruppen und Probenahmeart, da bei einer Probenahmedauer (PND) von ≥ 2 h 86,5 % und bei PND < 2 h 94,7% der Messwerte unter Bestimmungsgrenze des Verfahrens liegen.

In der Branche „Schweinehaltung, Zuchtsauen“ und dem Arbeitsbereich „Abferkelstall, Kastration der Ferkel“ lagen nur personenbezogene Messungen vor. Die Differenzierung erfolgte nach Probenahmedauer und Erfassung.

Die Wahrscheinlichkeit einer Grenzwertüberschreitung sowie die 90. und 95. Perzentile für die lognormalverteilte Grundgesamtheit wurden mit der Statistiksoftware R aus den Messwerten mit der Maximum-Likelihood-Methode (MLM) abgeschätzt⁴⁵.

Die statistischen Parameter Wahrscheinlichkeit einer Grenzwertüberschreitung sowie die 90. und 95. Perzentile wurden ausgegeben, wenn eine Stichprobe mit $n \geq 20$ Messwerten vorlag und die Annahme einer Lognormalverteilung nicht abgelehnt wurde. Dabei müssen bei $n = 20 - 50$ mindestens zehn Messwerte oberhalb der Bestimmungsgrenze und bei $n > 50$ mindestens 20 % oberhalb der Bestimmungsgrenze vorliegen. Wurde die Annahme einer Lognormalverteilung abgelehnt, werden der minimale und der maximale quantifizierte Messwert (=Wert) angegeben.

Wenn die Stichprobe 6 – 19 Messwerte umfasst, werden der minimale und der maximale =-Wert angegeben.

³ Emmel, C.; Vossen, K.; Koppisch, D.: Beurteilung von Konzentrationsspitzen am Arbeitsplatz – eine Arbeitshilfe. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 83 (2023) Nr. 7/8, S. 131-142

⁴ Henningsen, A.; Toomet, O.: maxLik: A package for maximum likelihood estimation. In: R. Computational Statistics 26 (2011) Nr. 3, S. 443-458. DOI 10.1007/s00180-010-0217-1

⁵ Hewett, Paul, Gary H. Ganser. A comparison of several methods for analyzing censored data. Annals of Occupational Hygiene 51.7 (2007): 611-632.

2.4 Veterinärmedizin

Teilbetriebsarten	
Tierklinik, allgemein	
Veterinärchirurgie	

Arbeitsbereichsgruppe	
Arbeitsbereiche	
OP-Saal	
Septischer, aseptischer OP, Raum	
Septischer, aseptischer OP, OP-Team	
Septischer, aseptischer OP, Anästhesist	
Sonstiger OP, Raum	
Sonstiger OP, Anästhesist	
OP-Vorbereitung, Behandlungsraum, Aufwachraum	
OP-Einleitung, Intubieren und Vorbereiten der Patienten	
OP-Aufwachraum	
Untersuchungs- und Behandlungsraum	

Tabelle 2:

Im MGU von 2003 bis 2009 in der Veterinärmedizin ermittelte Expositionsdaten zu Isofluran in der Arbeitsbereichsgruppe OP-Saal

Koll. Nr.	Probenaahmeart PND in h	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte < BG in %	Höchste BG in mg/m ³	Wahrscheinlichkeit AGW-Überschreitung	90. Perzentil in mg/m ³	95. Perzentil in mg/m ³
An der Person								
81	KZW 0,25	12	2	100	32			
82	> 0,25 bis <2	35	10	43	29	0,32	62,6	120,8
83	>= 2h	15	6	60	4		=-Werte: 4 bis 40 mg/m ³	
Stationär								
85	KZW 0,25	100	5	83	32		=-Werte: 18 bis 93 mg/m ³	
86	> 0,25 bis <2	33	8	45	30	0,34	93,7	204,3
87	>= 2h	9	6	33	4		=-Werte: 4 bis 53 mg/m ³	

Tabelle 3:

Im MGU von 2003 bis 2009 in der Veterinärmedizin ermittelte Expositionsdaten zu Isofluran in der Arbeitsbereichsgruppe OP-Vorbereitung, Behandlungsraum, Aufwachraum

Koll. Nr.	Probenaahmeart PND in h	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte < BG in %	Höchste BG in mg/m ³	Wahrscheinlichkeit AGW-Überschreitung	90. Perzentil in mg/m ³	95. Perzentil in mg/m ³
An der Person								
93	KZW 0,25	9	3	33	32		=-Werte: 62 bis 475 mg/m ³	
94	> 0,25 bis <2	10	5	30	12		=-Werte: 10 bis 300 mg/m ³	
Stationär								
97	KZW 0,25	11	2	45	32		=-Werte: 33 bis 425 mg/m ³	
98	> 0,25 bis <2	7	4	14	24		=-Werte: 16 bis 210 mg/m ³	

2.5 Humanmedizin

Teilbetriebsarten	
Gesundheitswesen	
Krankenhaus	
Kranken- und Lehrkrankenhäuser, Fach- und Unikliniken	

Tabelle 4:

Im MGU von 2000 bis 2024 in der Humanmedizin ermittelte Expositionsdaten zu Isofluran (keine weiteren Differenzierungen zu Arbeitsbereichsgruppen und Probenahmeart)

Koll. Nr.	Probenahmeart PND in h	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte < BG in %	Höchste BG in mg/m ³	Min ==Wert in mg/m ³	Max ==Wert in mg/m ³
156	≥ 2	130	27	88,5	4,4	0,2	11
155	< 2	19	11	94,7	8	7,5	7,5

2.6 Schweinehaltung

Teilbetriebsarten	
Schweinehaltung, Zuchtsauen	

Arbeitsbereich	
Abferkelstall, Kastration der Ferkel	

Tabelle 5:

Im MGU von 2017 bis 2022 in der Schweinehaltung ermittelte Expositionsdaten zu Isofluran im Arbeitsbereich Abferkelstall, Kastration der Ferkel

Koll. Nr.	Probenahmeart PND in h	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	Anzahl Werte < BG in %	Höchste BG in mg/m ³	Wahrscheinlichkeit AGW-Überschreitung	90. Perzentil in mg/m ³	95. Perzentil in mg/m ³
An der Person								
162	≥ 2	48	16	40	4	0,22	28,9	46,5
161	< 2	56	18	59	9,2		==Werte: 6,4 bis 56 mg/m ³	
An der Person und ohne Erfassung								
172	≥ 2	40	14	33	4	0,25	31,1	48,6
171	< 2	47	17	62	9,2		==Werte: 7 bis 56 mg/m ³	
An der Person und mit Erfassung								
180	≥ 2	6	2	83	4		==Werte: 6 bis 6 mg/m ³	

Verfasst von:

Ulrike Koch

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Mai 2025.