

"Warmgas-Schweißen von PVC-Bahnen im Freien"

29.01.2013

1 Allgemeines

Die Gefahrstoffverordnung [1] fordert den Arbeitgeber in §§ 7, 9 und 10 auf, zu ermitteln, ob die Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten sind. Dies kann durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere geeignete Methoden zur Ermittlung der Exposition erfolgen. Falls keine Arbeitsplatzgrenzwerte vorliegen, ist die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen durch geeignete Beurteilungsmethoden nachzuweisen.

Diese Expositionsbeschreibung stellt eine solche geeignete Methode dar. Es liegt für die beschriebenen Tätigkeiten eine ausreichende Anzahl von Arbeitsbereichsanalysen mit eindeutigen Befunden vor, und es sind auch verfahrensbedingt in Zukunft keine Änderungen zu erwarten. Daher können diese Ergebnisse unmittelbar zur Beurteilung der Konzentrationen in der Luft in Arbeitsbereichen herangezogen werden, d.h. weitere Messungen sind nicht erforderlich.

Ungeachtet der hier vorgelegten Ergebnisse ist die Gefährdungsbeurteilung gemäß § 5 Arbeitsschutzgesetz [2], § 6 Gefahrstoffverordnung bzw. § 3 Betriebssicherheitsverordnung [3] für die entsprechenden Tätigkeiten durchzuführen. Die Verpflichtungen zum Einsatz von Stoffen und/oder Verfahren mit geringerem Risiko, zur Beachtung der Rangfolge der Schutzmaßnahmen und zur Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten usw. bleiben bestehen.

2 Anwendungsbereich

Diese Expositionsbeschreibung umfasst die Verarbeitung von Dach- und Dichtungsbahnen aus Polyvinylchlorid (PVC-Bahnen) im Schweißverfahren mittels Heißluftgeräten im Freien, z.B. zur Abdichtung von Flachdächern und anderen Bauwerken. Arbeiten in Räumen oder in Behältern sind hier ausgenommen.

3 Arbeitsverfahren

PVC-Bahnen können mittels Warmgas-Schweißen, Quellschweißmitteln oder Kaltselfstklebverfahren verarbeitet werden, von denen nur das erste Verfahren Bestandteil dieser Expositionsbeschreibung ist.

Beim Warmgas-Schweißverfahren werden die Bahnen ausgelegt und in ihrem Überdeckungsbereich ca. 2-5 cm breit mit einem Handschweißgerät (Heißluft-Fön) und einer Andruckrolle oder auch mit maschinellen Heißluft-Schweißautomaten homogen miteinander verbunden.

4 Gefahrstoffe

PVC-Bahnen bestehen aus weich-PVC, das durch Weichmacher und Zusatzstoffe wie Stabilisatoren dem Verwendungszweck angepasst worden ist. Da beim Warmgas-Schweißen die Nahtverbindung ohne Fremdstoffzusatz erreicht wird, sind bei der Expositionsermittlung vor allem mögliche PVC-Zersetzungsprodukte sowie Emissionen der Weichmacher zu berücksichtigen.

Beim Erhitzen von „reinem“ PVC entsteht überwiegend Chlorwasserstoff (Salzsäure, Hydrogenchlorid) und in wesentlich geringeren Mengen weitere Stoffe mit Luftgrenzwerten [4] wie Benzol, Naphthalin, Phosgen, Toluol oder Xylol; eine Rückbildung von Vinylchlorid findet nicht statt [5].

Als Weichmacher werden häufig Phthalsäureester (Phthalate) verwendet. Während in früheren Jahren auch kürzer kettige Phthalate wie Benzylbutylphthalat oder Diethylhexylphthalat verwendet wurden, kommen heutzutage überwiegend länger kettige Verbindungen wie Di-(n/iso)-nonyl/decyl-phthalate zum Einsatz. Einige Phthalate sind als reproduktionstoxisch eingestuft und auch in der Kandidatenliste der besonders besorgniserregenden Stoffe (SVHC) für die Zulassung nach REACH [6] aufgeführt (siehe auch Tabelle 1).

In PVC-Bahnen werden auch Antimonverbindungen als Stabilisator eingesetzt.

Tabelle 1: Luftgrenzwerte (GW) und Anzahl der Messungen, die zur Beurteilung der Exposition herangezogen wurden. Bei den GW aus der Liste der internationalen Grenzwerte¹ stehen in der letzten Spalte die entsprechenden Staaten, die diesen GW festgelegt haben.

Stoff	Anzahl Messwerte	Grenzwert [mg/m ³]	Grenzwertart	Quelle
Hydrogenchlorid	66	3	AGW	
Dibenzylphthalat	44	3	internat. GW	DK, A
Dicyclohexylphthalat	44	3	internat. GW	DK
Didecylphthalat	10	3	internat. GW	SWE (für a.n.g)
Didodecylphthalat	2	3	internat. GW	SWE (für a.n.g)
Diisodecylphthalat	10	3	internat. GW	DK, A, SWE
Diisononylphthalat	10	3	internat. GW	DK
Di-sec-octylphthalat (SVHC)	47	10	AGW	
Diundecylphthalat	2	1,38	DNEL	
Phthalsäurebenzylbutylester(SVHC)	44	3	internat. GW	DK, A, SWE
Phthalsäurediallylester	44	0,986	DNEL	
Phthalsäuredibutylester (SVHC)	45	0,58	AGW	DK, SWE
Phthalsäurediethylester	44	3	internat. GW	DK, A

Für einen Überblick über die zu messenden Stoffe kann auf eine „worst-case-Messung“ beim Warmgas-Schweißen in einem Raum zurückgegriffen werden, diese zeigt, dass als

¹ aus GESTIS - Internationale Grenzwerte für chemische Substanzen.
http://www.dguv.de/ifa/de/gestis/limit_values/index.jsp

Leitkomponente Chlorwasserstoff herangezogen werden kann und daneben noch verschiedene Phthalate zu berücksichtigen sind (siehe auch Anhang).

Diese Expositionsbeschreibung beruht auf Auswertungen von Arbeitsplatzmessungen beim Verarbeiten von PVC-Bahnen im Dachdeckerbereich; die dabei berücksichtigten Stoffe sind mit den entsprechenden Luftgrenzwerten in Tabelle 1 aufgeführt.

5 Gefahrstoffexposition

Die den Auswertungen zugrunde liegenden personenbezogenen Messwerte wurden in den Jahren 1991 bis 2011 auf 72 Baustellen erhalten. Für die Auswertung wurden immer die Messwerte als Schichtmittelwerte genommen, da einige Arbeiten auch über eine ganze Schicht gehen können. Auf den meisten Baustellen sind die tatsächlichen Expositionsdauern aber kürzer als 8 Stunden gewesen.

Für eine vollständige Expositionsermittlung gegenüber Chlorwasserstoff, Phthalate sowie den verschiedenen organischen Substanzen und Antimonverbindungen wären vom Verarbeiter 4 oder 5 Probenträger und Pumpen zu tragen gewesen. Da dieses keinem Verarbeiter zugemutet werden konnte, erfolgten in der Regel zwei Probenahmen: zumeist eine auf die Leitkomponente Chlorwasserstoff sowie eine weitere auf Phthalate bzw. verschiedene andere Substanzen (s. Anhang). Es liegen also nicht für alle Fälle Messwerte für sowohl Chlorwasserstoff als auch Phthalate vor, so dass nicht die übliche Summenindexbildung nach TRGS 402 [7] durchgeführt wurde, sondern die Auswertung der Messergebnisse in Tabelle 2 getrennt aufgeführt wird:

Für die Chlorwasserstoff²- und die Phthalat-Exposition wurde jeweils der 95-Perzentil-Wert ermittelt und mit der Summe dieser beiden Werte wird in die Befundaufnahme gegangen. Ist der Summenwert kleiner/gleich 1, so gilt der Summengrenzwert als eingehalten.

Die Messergebnisse, die kleiner als die Bestimmungsgrenze sind, wurden mit der halben Bestimmungsgrenze zur Indexberechnung einbezogen. Bei Chlorwasserstoff sind 92% der Messergebnisse kleiner als die Bestimmungsgrenze. In 31% der Summenindizes für Phthalate ist immer mindestens ein Phthalat oberhalb der Bestimmungsgrenze analysiert worden. Bei den Phthalaten sind 93% der Messergebnisse auf einzelne Stoffe kleiner als die Bestimmungsgrenze, nicht zuletzt weil häufig alle bestimmbar Phthalate vorsichtshalber mit analysiert wurden, die ggf. gar nicht im Produkt enthalten waren.

Die Probenahmedauern waren bei 63% der Messungen verfahrensbedingt kürzer als zwei Stunden (bei 13% kürzer als eine Stunde).

² Bei den Chlorwasserstoff-Messungen aus 1991 - 1994 wurde aufgrund des Messverfahrens die Summe aus Chlorwasserstoff und Chloriden bestimmt - in diesen Fällen wurde der gesamte Messwert als Chlorwasserstoff gewertet.

Tabelle 2: Expositionen gegenüber Chlorwasserstoff (Stoffindex; Quotient aus der gemessenen Konzentration und dem jeweiligen Luftgrenzwert) und Phthalate (Summenindex für verschiedene Phthalate) beim Warmgasschweißen von PVC-Bahnen im Freien

	Anzahl Messwerte	Min	50%-Wert	75%-Wert	95%-Wert	Max
Chlorwasserstoff	66	0,01	0,06	0,10	0,16	0,35
Phthalate	55	0,001	0,02	0,04	0,08	0,41

6 Befund

Zur Beurteilung der Gefahrstoffexposition beim Warmgasschweißen von PVC-Bahnen im Freien sind die 95-Perzentil-Werte der Indizes getrennt für Chlorwasserstoff und Phthalate als Quotienten Konzentration durch Grenzwert ermittelt worden (tätigkeitsbezogene Exposition ohne Berücksichtigung der Expositionsdauer). Die Summe dieser beiden Werte beträgt 0,24 und belegt damit, dass bei diesen Tätigkeiten eine Einhaltung der Grenzwerte gegeben ist. Insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass nur in ca. 10% der Fälle die Exposition oberhalb der Bestimmungsgrenze lag. Auf dieser Basis sowie der begründeten Annahme, dass verfahrensbedingt auch in Zukunft keine höheren Werte zu erwarten sind, kann für dieses Arbeitsverfahren von einer dauerhaft sicheren Einhaltung der Luftgrenzwerte ausgegangen werden.

Eine differenzierte Kurzzeitwertbetrachtung ist nicht durchgeführt worden, da besondere Expositionsspitzen bei diesen Tätigkeiten nicht zu erwarten sind.

Der überwiegende Teil dieser Messungen wurde unter entsprechend guten Lüftungsverhältnissen bei Flachdacharbeiten durchgeführt. Die bisher vorliegenden Arbeitsplatzmessungen beim Warmgasschweißen von PVC-Bahnen in Räumen zeigen erwartungsgemäß höhere Expositionen als im Freien, hier wurden z.T. auch Grenzwertüberschreitungen festgestellt. Messungen bei Arbeiten in geschlossenen Räumen, in Behältern oder in engen Schächten liegen jedoch bisher noch nicht in einer ausreichenden Anzahl vor, um eine abschließende Aussage zur Exposition machen zu können (siehe auch Anhang).

7 Empfehlungen

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse sind keine weiteren Expositionsmessungen beim Warmgasschweißen von PVC-Bahnen im Freien erforderlich, es kann von einer Einhaltung der Grenzwerte ausgegangen werden. Unabhängig von der Einhaltung der Grenzwerte sollte

die Arbeit so organisiert werden, dass die freiwerdenden Dämpfe und Aerosole durch den Wind vom Verarbeiter weg geweht werden.

8 Überprüfung

Diese Expositionsbeschreibung wurde im Februar 2013 verabschiedet. Sie wird in jährlichen Abständen überprüft. Sollten Änderungen notwendig werden, werden diese veröffentlicht.

9 Literatur

[1] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643)

[2] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) vom 7. August 1996 (BGBl. 1, S. 1246 ff.)

[3] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetriebsSichV), Artikel 1 der Verordnung vom 27. September 2002 (BGBl. 1, S. 3777 ff.)

[4] Technische Regel für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). B ArbBI (2006) Nr. 1, S. 41 – 55, zuletzt geändert durch GMBI (2012) Nr. 40 S.715 - 716

[5] Gesundheitsverfahren bei der Heissverarbeitung von Thermoplasten, Dr. Kurt Schubert, Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Nürnberg, November 1992

[6] Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission. 2006 (Abl. L 396 S. 1)

[7] Technische Regel für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402). GMBI (2010) Nr. 12 S. 231-253, berichtigt GMBI (2011) Nr. 9 S. 175

Diese Expositionsbeschreibung wurde von der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft erarbeitet.

"Warmgas-Schweißen von PVC-Bahnen im Freien"

Erläuterungen

29.01.2013

(Aktualisierung Atemschutzfilter 07.05.2025)

1 Allgemeines

Die Expositionsbeschreibung umfasst die Verarbeitung von Dach- und Dichtungsbahnen aus Polyvinylchlorid (PVC-Bahnen) im Warmgasschweißverfahren mittels Heißluftgeräten im Freien, z.B. zur Abdichtung von Flachdächern und anderen Bauwerken. In den hier vorliegenden Erläuterungen sind auch die bisher vorliegenden Messergebnisse von Arbeiten in Räumen aufgeführt, um die Auswahl der analysierten Stoffe zu begründen. Eine Ausweitung der Expositionsbeschreibung auf Arbeiten in Räumen ist zur Zeit noch nicht möglich, da die Anzahl der Messwerte hierfür noch zu gering ist.

Die Messdaten zu dieser Expositionsbeschreibung wurden im Rahmen der Sondermessprogramme 9018 „Dachdeckerarbeiten“ sowie 9050 „Dachdichtbahnen“ der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft erhalten. Anlass für diese Messprogramme waren u.a. wiederholte Klagen von Verarbeitern über die frei werdenden „Gase und Rauche“. Zusätzlich zu den in der Expositionsbeschreibung aufgeführten Stoffen wurden in einigen Fällen noch weitere Stoffe analysiert, deren Auftreten bei diesen Tätigkeiten vermutet wurde. Details hierzu sind bei GISBAU erhältlich.

Anhand einer „idealen“ Messserie beim Schweißen von PVC-Bahnen in einem kleinen Raum kann die Auswahl der beurteilten Stoffe dargestellt werden (vgl. Tafel 1). Dieses Beispiel zeigt, dass 5 verschiedene Probenträger für eine vollständige Analyse der aufgeführten Stoffe erforderlich wären, dieses ist auf Baustellen mittels personengetragener Probenahme nicht umsetzbar. Den Verarbeitern kann in der Regel maximal das Tragen von 2 Probenahme-Systemen zugemutet werden.

14 Messungen auf Antimonverbindungen, die als Stabilisatoren in den Bahnen zugesetzt werden, bei Arbeiten im Freien liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Unter Berücksichtigung der halben Bestimmungsgrenze in diesen Fällen würde der Einfluss auf den Summenindex bei 0,02 liegen und kann demzufolge vernachlässigt werden.

Tafel 1: Messergebnisse einer vollständigen Messserie (199602976, Probennummer in der ersten Spalte) beim Schweißen von PVC-Bahnen in einem 9,7 x 4 x 4,5 m³ großen Raum. In der dritten Spalte sind, soweit vorliegend, die Ergebnisse einer Materialprobe der entsprechenden PVC-Bahn aufgeführt.

Nr	Stoff	Anteil [mg/g]	Messwert [mg/m ³]	Grenzwert [mg/m ³]	Stoffindex
03	Chlorwasserstoff		= 3,5	3 AGW	1,167
08	Antimon u. Verbindungen ^{*)}	0,07	= 0,14	0,5 int. GW	0,280
06	Benzol		= 0,3	3,25 EG-GW	0,092
01	Phthalsäurebenzylbutylester	2,356	= 0,11	3 int. GW	0,037
01	Di-sec-octylphthalat	0,301	= 0,15	10 AGW	0,015
01	Phthalsäuredibutylester	0,015	= 0,33	0,58 AGW	0,569
05	Cyclohexan		= 2	700 AGW	0,003
05	Toluol		< 1	190 AGW	0,003
05	Aceton		= 2	1200 AGW	0,002
05	Xylol (alle Isomeren)		< 1	440 AGW	0,001

^{*)} Der Wert der Materialprobe bezieht sich auf Diantimontrioxid (als SB III berechnet); der Messwert und der Grenzwert auf „Antimon und Verbindungen außer Antimonwasserstoff“.

Die Summe aller Stoffindizes beträgt 2,17.

Basierend auf diesen Ergebnissen wurde im Rahmen der Expositionsbeschreibung lediglich auf die Chlorwasserstoff- und die Phthalat-Exposition eingegangen.

Generell ist festzustellen, dass der überwiegende Teil der Messergebnisse kleiner als die Bestimmungsgrenze ist. Die wenigen Messergebnisse, die mit einem Gleichheitszeichen ausgewiesen wurden - also tatsächlich analysiert werden konnten - sind in den Abbildungen 1 und 2 hervorgehoben. Die relativ hohen Ergebnisse kleiner als die Bestimmungsgrenze für Chlorwasserstoff (Index in Höhe von ca. 0,4) beruhen auf sehr kurzen Probenahmedauern von etwa einer Viertelstunde.

Bei den Phthalaten wurde sicherheitshalber - da die in den PVC-Bahnen enthaltenen Phthalate nicht bekannt waren und um deshalb eventuelle Expositionen zu erkennen - versucht, alle bestimmbar Phthalate zu analysieren. Wohl wissend, dass durch die Berücksichtigung dieser vielen Ergebnisse kleiner der Bestimmungsgrenze (in Höhe der halben Bestimmungsgrenze) ggf. ein zu hohes hypothetisches Ergebnis erhalten wird, wurde diese Vorgehensweise beibehalten. Trotz dieser Vorgehensweise wurde die Einhaltung der Grenzwerte für das Verarbeiten im Freien festgestellt. Bei den deutlich höheren Expositionen beim Verarbeiten in Räumen ist dieser Effekt vernachlässigbar, wie Abbildung 2 verdeutlicht.

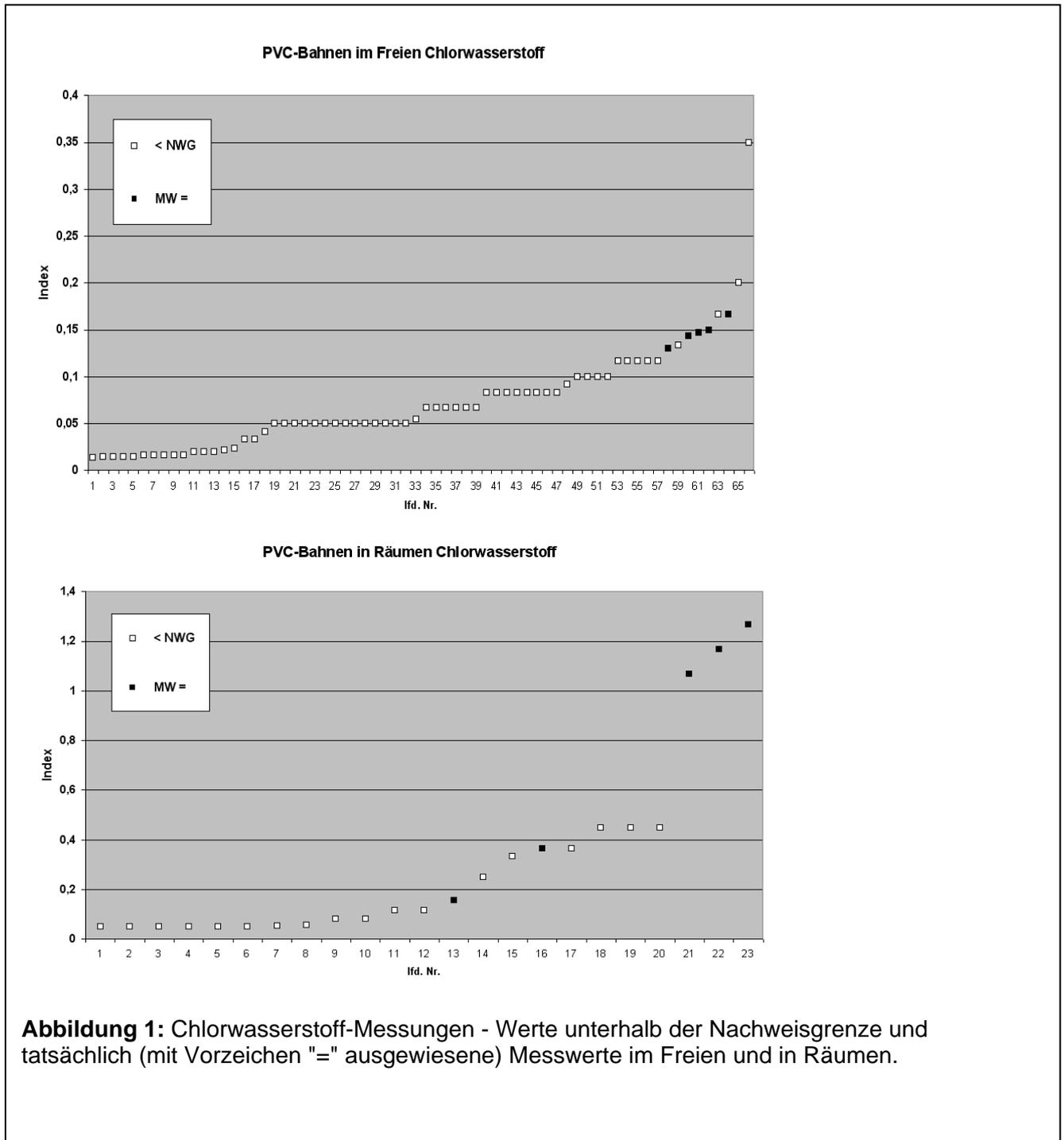
Tabelle 1: Statistische Auswertung der ermittelten Expositionen (Stoffindex bzw. Summenindex) gegenüber Chlorwasserstoff (HCl), Phthalate (Phth) und Antimonverbindungen (Sb) beim Warmgasschweißen von PVC-Bahnen im Freien (fr) und in Räumen (ir).

		fr-HCl	fr- Phth	fr- Sb	ir-HCl	ir- Phth	ir- Sb
		N=	N=	N=	N=	N=	N=
Anzahl		66	55	14	23	24	2
Maximum	1,00	0,35	0,41	0,03	1,27	1,20	0,28
95%-Wert	0,95	0,16	0,08	0,02	1,16	0,93	
90%-Wert	0,90	0,14	0,05	0,02	0,94	0,73	
80%-Wert	0,80	0,12	0,04	0,02	0,45	0,60	
O-Quartil	0,75	0,10	0,04	0,02	0,41	0,52	
70%-Wert	0,70	0,08	0,03	0,02	0,37	0,48	
60%-Wert	0,60	0,08	0,02	0,02	0,27	0,31	
50%-Wert	0,50	0,06	0,02	0,02	0,12	0,24	
40%-Wert	0,40	0,05	0,02	0,01	0,08	0,20	
30%-Wert	0,30	0,05	0,02	0,01	0,06	0,14	
U-Quartil	0,25	0,04	0,02	0,01	0,05	0,11	
20%-Wert	0,20	0,02	0,02	0,01	0,05	0,11	
10%-Wert	0,10	0,02	0,01	0,01	0,05	0,02	
5%-Wert	0,05	0,02	0,01	0,01	0,05	0,00	
Minimum	0,00	0,01	0,00	0,01	0,05	0,00	0,01
Mittelwert		0,07	0,04	0,01	0,31	0,35	0,14
Stdabw		0,06	0,06	0,01	0,36	0,31	0,14
geo-MW		0,06	0,02	0,01	0,17	0,16	0,04

Beim Warmgasschweißen von PVC-Bahnen wird nicht die gesamte Bahn auf den Untergrund verklebt, sondern nur die Überlappungen aneinander grenzender Bahnen (ca. 2-5 cm breit). Die vorbereitenden Tätigkeiten wie Bahnen auslegen, zuschneiden usw. nehmen einen relativ großen Zeitanteil ein. Dadurch war bei ca. 60% der Messungen die Probenahmedauer kleiner als 2 Stunden.

Während für Arbeiten im Freien diese Expositionsbeschreibung eine Einhaltung des Grenzwertes belegt, zeigen die wenige bisher durchgeführten Messungen, dass bei Arbeiten in Räumen die tätigkeitsbezogene Exposition oberhalb des Grenzwertes liegen kann. Wenn das für Arbeiten im Freien hier angewendete Beurteilungsverfahren (Addition der 95-Perzentilwerte für die einzelnen Stoffe) auch für die Arbeiten in Räumen herangezogen wird, resultiert eine etwa dreifache Überschreitung des Grenzwertes. Da für Chlorwasserstoff und auch für einige Phthalate ein Überschreitungsfaktor für Expositionsspitzen in Höhe von 2 festgelegt ist, kann hier nicht ohne Weiteres durch eine zeitliche Begrenzung der Exposition auf z.B. 2 Stunden ein Verzicht auf Maßnahmen zur Expositionsminde rung begründet werden. Deshalb wird empfohlen, bei solchen Arbeiten in Räumen Atemschutz z.B. mit

Kombinationsfilter mindestens Typ A E P, (beispielsweise A1B1E1K1P3) zu tragen. Bei stationären Arbeitsplätzen wären ggf. technische Maßnahmen zu ergreifen. Um eine allgemein gültige Aussage zur Exposition bei Arbeiten in Räumen machen zu können, sind jedoch noch weitere Arbeitsplatzmessungen erforderlich.



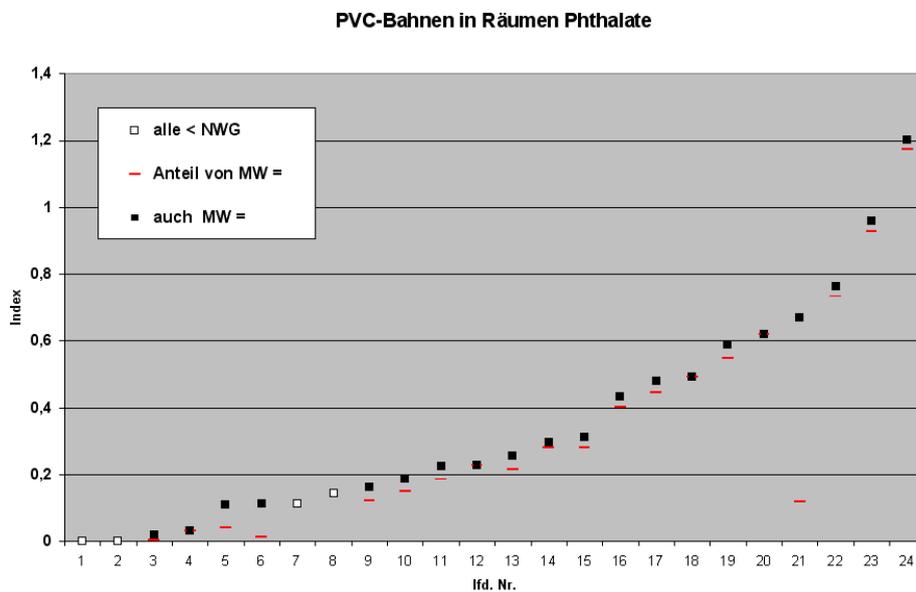
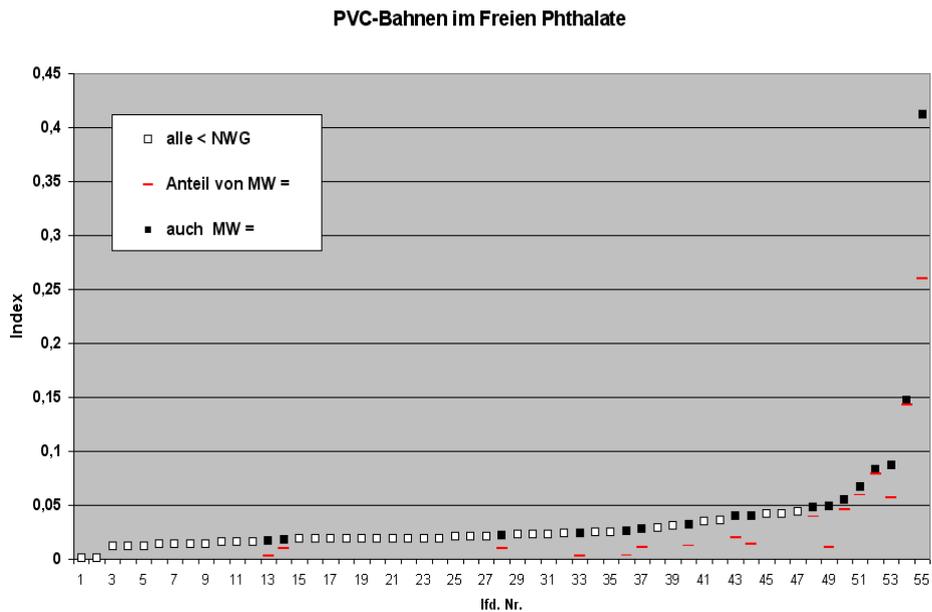


Abbildung 2: Phthalat-Messungen - Einfluss von Werten unterhalb der Nachweisgrenze und Anteil von tatsächlichen (mit Vorzeichen "=" ausgewiesenen) Messwerten im Freien und in Räumen. Bei Nr. 21 war die Probenahmedauer nur eine Viertelstunde, deshalb hier der große Anteil durch Ergebnisse kleiner der Bestimmungsgrenze.