

Spritzlackieren von isocyanathaltigen Farben und Lacken in Karosseriebetrieben – eine Bestandsaufnahme in vier Schweizer Kantonen



Verfasser

Catherine Tomicic, IST Lausanne, Chantal Scheen, ORCT Neuenburg, Jean Parrat, SEE Delémont, Christophe Iseli, ICT Freiburg, Stéphane Glassey, DAA Sitten, Patrick Gerber, ORCT Neuenburg

Laboratorien

LIST - Laboratoire intercantonal de santé au travail (Interkantonales Labor für Gesundheit am Arbeitsplatz) (NE, JU, FR) - Peseux

Sabine Unternährer und Marie-Eve Wyniger

IST – Institut universitaire romand de Santé au Travail (Westschweizer Institut für Gesundheit am Arbeitsplatz) - Lausanne

Grégory Plateel

1. Einleitung

1.1. Allgemeines

Die Beurteilung der Isocyanat-Exposition am Arbeitsplatz stellt aus mehreren Gründen auch weiterhin eine Herausforderung dar. Es reicht, sich die Vielzahl der unterschiedlichen auf dem Markt vorhandenen Produkte oder auch die Art des Auftrags der Produkte (Aerosole und/oder Dämpfe) vor Augen zu führen.

Isocyanate¹ sind organische chemische Stoffe, die durch das Vorhandensein einer oder mehrerer reaktiver Isocyanat-Gruppen (NCO), auch als Isocyanat-Funktionen bezeichnet, an einem organischen Rest gekennzeichnet sind. Ausserdem werden sie untereinander durch die Zahl der Isocyanat-Gruppen (NCO) am organischen Rest unterschieden. Man spricht von Monoisocyanaten, Di-Isocyanaten, Tri-Isocyanaten usw. Der organische Rest kann aromatischer, aliphatischer oder alicyclischer Natur sein. Diese Stoffe können nach der Zahl der Isocyanat-Funktionen in drei Familien eingeteilt werden: die Monoisocyanate, die nur eine Isocyanat-Funktion enthalten, oder die Di-Isocyanate mit zwei NCO-Isocyanat-Funktionen. Letztere werden insbesondere in der Polyurethan-Herstellung verwendet.

Isocyanate können gesundheitliche Auswirkungen auf Haut und Atemwege haben. Es handelt sich um stark reizende und sensibilisierende Stoffe. Eine der bedeutendsten Lungenerkrankungen ist das berufsbedingte Asthma. Es kann sich nach mehreren Monaten oder mehreren Jahren der Exposition manifestieren. Ab dem Moment, in dem bei einer Person eine Sensibilisierung gegenüber Isocyanaten aufgetreten ist, kann jede neue Exposition, selbst wenn sie einen sehr geringen Umfang hat und unter den geltenden Grenzwerten für die Exposition am Arbeitsplatz liegt, eine schwere allergische Reaktion auslösen. Vor Vorliegen eines Isocyanat-Asthma wird häufig ein Arbeitsplatz- oder sogar Berufswechsel notwendig.

Aktuell zeigen die Felddaten, dass selbst wenn technische Massnahmen eingerichtet wurden, beim Spritzen von Lacken und Farben, die Isocyanate enthalten, das Risiko der Überschreitung der Grenzwerte gegeben ist. Dies wird durch die Suva unterstrichen, die in ihrem Merkblatt Nr. 44054 die Nutzung von Isoliergeräten (mit Druckluftschlauch) oder Gebläsefiltergeräten empfiehlt. Internationale Referenzen legen die gleichen Beobachtungen an den Tag².

¹ Guide de prévention pour une utilisation sécuritaire des isocyanates : Démarche d'hygiène du travail. RG-764, IRSST, 2013.

² Reeb-Whitaker C, Whittaker SG, Ceballos DM, Weiland EC, Flack SL, Fent KW, Thomasen JM, Trelles Gaines LG and Nylander-French LA (2012). Airborne isocyanate exposures in the collision repair industry and a comparison to occupational exposure limits. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 9, 329-339.

Auf internationaler Ebene plädieren andere Organisationen wie die *Health and Safety Executive* (HSE) in Grossbritannien oder auch das Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) in Quebec ausschliesslich für die Maske mit Druckluft-Schlauchgerät^{1,3}. Das IRSST erinnert in seinem Leitfaden daran, dass vom NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health – USA) kein Atemschutzgerät mit Filterpatrone zugelassen ist, insbesondere aufgrund der hohen Geruchsschwelle von Isocyanaten. Die HSE unterstreicht die Tatsache, dass es wichtig ist, das Visier zwischen zwei Spritz-Auftragsvorgängen mit Isocyanat-basierten Lacken nicht zu öffnen⁴. Es wurde beobachtet, dass die Mitarbeiter dazu neigen, das Visier zu öffnen, um eine Sichtkontrolle der durchgeführten Arbeiten vorzunehmen. Es wurde jedoch deutlich gezeigt, dass die Isocyanat-Konzentration zwischen zwei Spritzvorgängen im Bereich in der Nähe des Mitarbeiters erhöht bleibt, selbst in einem gut belüfteten Bereich wie einer Spritzkabine.

Felduntersuchungen zeigen, dass die grosse Mehrheit der Unternehmen der Branche für Lackierarbeiten mit der Spritzpistole als Atemschutz Masken oder Halbmasken mit Filterpatrone einsetzt.

Die Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten beim Spritzen von Farben oder Lacken⁵ empfiehlt die Verwendung von Isoliergeräten oder Geräten mit Aktivkohlefiltern. Ausserdem empfehlen die Hersteller persönlicher Schutzausrüstungen weiterhin die Verwendung passiver Filtergeräte (Halb- oder Vollmaske) für diese Spritzarbeiten. Wenngleich diese passiven Atemschutzmasken einen ausreichenden Schutz gegenüber den Lösemitteln darstellen, aus denen sich Farben und Lacke zusammensetzen, ist dies im Hinblick auf Isocyanate, die in den meisten 2-Komponenten-Produkten vorhanden sind (Härter), nicht der Fall.

Das in England von der HSE auf den Weg gebrachte Projekt zeigt heute einen deutlichen Rückgang der Zahl der Fälle von berufsbedingtem Asthma, die mit Isocyanaten in Verbindung stehen^{6,7,8}. In den 1990er Jahren zählte diese Erkrankung zu den am häufigsten

³ Safety in isocyanate paint spraying- Guidance INDG388(rev2) published by the Health and Safety Executive (HSE), 2014.

⁴ Clyton M and Baxter N (2015). Air-fed visors used for isocyanate paint spraying – Potential exposure when the visor is lifted. *Ann Occup Hyg* **59(9)**, 1179-1189.

⁵ SR 832.314.12 (Suva Ref. 1731)

⁶ Piney M, Llewellyn D, O'Hara R, Saunders J, Cocker J, Jones K and Fishwick D (2015). Reducing isocyanate exposure and asthma risk in motor vehicle repair. *International Journal of Workplace Health Management* **8(4)**, 272-283.

⁷ Jones K, Cocker J and Piney M (2013). Isocyanate exposure control in motor vehicle paint spraying: evidence from biological monitoring. *Ann Occup Hyg* **57(2)**, 200-209.

⁸ Stocks SJ, Jones K, Piney M and Agius RM (2014) Isocyanate exposure and asthma in the UK vehicle repair industry. *Occupational Medicine* **65**, 713-718.

in England beobachteten berufsbedingten Erkrankungen. In diesem Projekt ging es u. a. darum, Felddaten zu sammeln und ausgehend von diesen Daten *Safety and Health Awareness Days* (SHADs) anzubieten sowie Kontrollen durch die Arbeitshygieniker zu fördern. Eine vergleichbare Studie wurde in den Vereinigten Staaten mit den gleichen Beobachtungen und Schlussfolgerungen durchgeführt⁹.

Selbst wenn in einer Quelle¹⁰ die Tatsache genannt wird, dass Atemschutzmasken mit Filterpatronen für die untersuchte berufliche Tätigkeit in Karosseriebetrieben geeignet sein können, wenn die Anwender angemessen sensibilisiert und in der korrekten Nutzung geschult worden sind, so stellen wir doch die Hypothese auf, dass diese Art von Atemschutz nicht geeignet ist, da es zu viele Expositions determinanten gibt, die sich auf die Isocyanatexposition am Arbeitsplatz auswirken können. Um Aufschluss über die tatsächliche Situation in der Schweiz zu erhalten, wurde in ca. 30 Karosseriebetrieben, die sich auf vier Kantone verteilen (VS, JU, NE, FR), eine Messkampagne durchgeführt, wobei sich auf die Bestimmung der am weitesten verbreiteten Isocyanate in der Luft konzentriert wurde, nämlich des Hexamethylendiisocyanats (HDI) und seiner Prepolymere. Ein weiteres Ziel besteht in der Bewertung der indirekten Exposition der Arbeitnehmer gegenüber diesem Isocyanat, um eine mögliche Kontamination der Werkstatt und der angrenzenden Räume bei Spritzarbeiten in der Spritzkabine aufzuzeigen. Schliesslich möchten wir auch auf eine mögliche Verbindung zwischen einer Art der Tätigkeit (Lackierer, Karosseriebauer, Schweisser, Sekretärin usw.) und der Konzentration eines Bio-Indikators für eine Exposition im Urin (ein Metabolit, der durch die Verstoffwechselung von HDI im Organismus entsteht) hinweisen.

1.2. *Auswirkungen auf die Gesundheit*

Isocyanate wurden 1849 von einem Herrn Wurtz in Deutschland entdeckt, ihre Vermarktung begann jedoch erst im zweiten Weltkrieg mit der Produktion des ersten Isocyanats, dem Toluoldiisocyanat (TDI). Es dient zur Herstellung von Polyurethanschaum.

Die Explosion¹¹ in einer Fabrik für Schädlingsbekämpfungsmittel im indischen Bhopal am 3. Dezember 1984 veranschaulicht die Gefahren von Isocyanaten. Ausgelöst wurde diese Explosion durch Wasser, das in einen Tank mit 41 Tonnen Methylisocyanat eindrang und dort

⁹ Sparer J, Stowe MH, Bello D, Liu Y, Gore RJ, Youngs F, Cullen MR, Redlich CA and Woskie SR. Isocyanate exposures in autobody shop work: The SPRAY study. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 1, 570-581.

¹⁰ Liu Y, Stowe MH, Bello D, Woskie SR, Sparer J, Gore R, Youngs F, Cullen MR and Redlich CA (2006). Respiratory protection from isocyanate exposure in the autobody repair and refinishing industry. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 3, 234-249.

¹¹ Michel Boutin, Jacques Lesage, Claude Ostiguy Michel J. Bertrand. Identification et quantification des isocyanates générés lors de la dégradation thermique d'une peinture automobile à base de polyuréthane. IRSST, Bericht, Mai 2005.

zu einer exothermen Reaktion führte. Schätzungen der Opferzahlen sprechen von mehr als 360.000 Menschen, die unterschiedlich stark verletzt wurden. Es gab zahlreiche Tote.

Isocyanate wirken sich auf drei unterschiedliche Arten auf die Gesundheit aus. Sie weisen folgende Eigenschaften auf¹²:

- sie haben eine reizende Wirkung auf die Haut und alle Schleimhäute, mit denen sie in Kontakt kommen,
- sie haben insofern eine immunologische Wirkung, als sie sich an ein Protein binden können, um ein Antigen zu erzeugen und einen allergischen Vorgang auszulösen. Der Mechanismus der allergischen Reaktion gegen Isocyanate bleibt bis auf weiteres unverstanden. Es besteht keine Korrelation zwischen dem Vorhandensein von Immunglobulin E (IgE) im Blut eines Arbeitnehmers und der Entstehung von isocyanatbedingtem Asthma,
- sie haben eine pharmakologische Wirkung und führen über die Kontraktion der glatten Bronchialmuskulatur zu einer Verengung der Bronchien.

In der Schweiz ¹³ entfallen 17 % der Kosten für Berufskrankheiten auf Atemwegserkrankungen und wenn man die Asbestberufskrankheiten hinzunimmt, sind es sogar mehr als zwei Drittel. Die Hälfte der 300 bis 350 Nichteignungsverfügungen, die jährlich von der SUVA ausgesprochen werden, betreffen Arbeitnehmer, die an Atemwegserkrankungen leiden. Es gibt +/- 500 berufsbedingte Atemwegserkrankungen, 120 davon entfallen auf das Berufsasthma, 155 auf Pleuraplaques, 90 auf Erkrankungen der oberen Atemwege und 80 bis 100 auf Mesotheliome. Die zehn häufigsten Gründe anerkannter Berufskrankheiten sind: Mehl- und Getreidestaub, organische Stäube, Isocyanate, Holzstaub, Epoxidharz, Metalle, Tinten und Lacke, Schneidmittel, pharmazeutische Produkte, Kontakt mit Tieren.

Die Aufnahme erfolgt im Wesentliche über die Atemwege, entweder als Dampf oder in Form kleiner Tröpfchen beim Auftrag von Polyurethanfarben oder -lacken mit der Spritzpistole.

Die Geruchsschwelle ¹⁴ liegt zu hoch, als dass über sie die sichere Erkennung des Vorhandenseins von Isocyanaten gewährleistet werden könnte.

Die Aufnahme über die Haut wurde nicht formell nachgewiesen, es gibt jedoch einige Studien, aus denen hervorgeht, dass die Exposition über die Haut ebenfalls mit der Sensibilisierung gegenüber Isocyanaten und mit Asthma in Verbindung steht.

Eine Studie in Oregon¹⁵ mit begrenztem Umfang hat nachgewiesen, dass HDI-Monomere und -Polymere schnell in die Haut eindringen und dass die kutane Exposition einen bedeutenden Beitrag zu der Dosis leisten kann, denen Arbeitnehmer bei der beruflichen

¹² Daniel Nadeau. Les isocyanates et leurs effets sur la santé DSP. Montérégie, Herbst 2000.

¹³ Fachtagung „Beruf und Atemwege“ der SGARM und SUVA, 15. März 2012.

¹⁴ Guide de prévention pour une utilisation sécuritaire des isocyanates, démarche d'hygiène du travail. IRSST, RG-764, November 2013.

¹⁵ Thomasen Jennifer M., Nylander-French Leena A. Penetration patterns of monomeric and polymeric 1,6-hexamethylene diisocyanates monomeric in human skin J. Environ.Monit.,2012, 14,951.

Tätigkeit ausgesetzt sind. Die Studie wurde *in vitro* an menschlicher Haut durchgeführt. Sie zeigte ausserdem, dass es zwischen langsam und schnell trocknenden Lacken Unterschiede hinsichtlich der Penetration gab.

Angesichts der Tatsache, dass die Inzidenz von isocyanatbedingtem Asthma trotz der verbesserten Anwendungsbedingungen der Isocyanate nicht sinkt, haben Bello et al.¹⁶ die Literatur aus dem Zeitraum von 1951 bis heute überprüft und analysiert, um die Rolle der Exposition über die Haut bei der Entstehung von Asthma beurteilen zu können. Im Rahmen mehrerer Tierstudien konnte eindeutig nachgewiesen werden, dass die Exposition über die Haut zu einer systemischen Sensibilisierung führen kann, wobei eine nachfolgende Exposition über die Atemwege zu Asthma führen kann. Anhand der Tiere in den Kontrollgruppen, die ausschliesslich einer Exposition über die Haut ausgesetzt wurden, konnte dagegen gezeigt werden, dass allein diese Art der Exposition keine asthmatische Reaktion hervorruft. Epidemiologische und Fallstudien am Menschen haben gezeigt, dass die Isocyanatexposition über die Haut das Sensibilisierungs- und Asthma-Risiko steigern kann. Die untersuchten Fälle weisen darauf hin, dass Asthma sich in Arbeitsumgebungen entwickeln kann, in denen die Exposition über die Atemwege unterhalb der Nachweisgrenze lag und dass daher die Exposition über die Haut einen nennenswerten Aufnahmepfad darstellt.

Redlich CA¹⁷ stützt 2010 das Konzept, dass die Haut ein wichtiger Aufnahmepfad für bestimmte Umwelt- und Berufsallergene, wie die Isocyanate, sein kann.

Zum Verschlucken kommt es im Wesentlichen versehentlich.

1.2.1. Akute Auswirkungen

Alle Isocyanate¹¹ haben eine reizende Wirkung auf die Haut (Rötungen und gelegentlich sogar Verbrennungen 3. Grades), die Augenschleimhäute (Tränenfluss, Bindehautentzündung, Verletzung der Hornhaut) und die Schleimhäute in den Atemwegen (Trockenheit der Nase, der Kehle und gelegentlich Husten).

Das Syndrom der bronchialen Reizung

Wenn es zu einer Exposition mit hohen Konzentrationen reizender Stoffe kommt (insbesondere Isocyanate), ist eine akute bronchiale Beeinträchtigung zu beobachten, die der einer chemischen Verbrennung gleicht. Härkönen¹⁸ und Kollegen haben diese Symptome als erste beschrieben, noch bevor die Amerikaner¹⁹ 1985 den Ausdruck „Reactive Airways

¹⁶ Bello D., Herrick, Smith T.J., Woskie S.R., Steicher R., Cullen M.R., Liu Y., Redlich. Skin Exposure to isocyanates: Reason for Concern, Environ Health Perspect. 2007 Mar, 115 (3), 328-335.

¹⁷ Redlich C.A. Skin Exposure and Asthma Proc Am Thorac Soc.2010 May 1;7(2): 134-137.

¹⁸ Härkönen H, Nordman H, Korhonen O, Winblad I. Long-term effects of exposure to sulfur dioxide. Am Rev Respir Dis 1983; 128:890-893.

¹⁹ Brooks SM, Weiss MA, Bernstein IL. Reactive airways dysfunction syndrome(RADS); persistent asthma syndrome after high level irritant exposures. Chest1985; 88:376-84.

Dysfunction syndrome (RADS)“ vorschlugen. RADS ist durch pfeifende Atemgeräusche und hartnäckigen Husten gekennzeichnet. Die Symptome können sofort oder innerhalb von 24 Stunden auftreten und die bronchiale Hyperreagibilität kann bis zu drei Monate andauern. Kälte und Anstrengung können die Symptome verschlimmern. Jedes Mal, wenn der Arbeitnehmer kleinsten Mengen von Isocyanaten ausgesetzt ist, die unter den Werten der geltenden Normen liegen, zeigt er asthmatische Beschwerden.

1.2.2. Chronische Auswirkungen

Bei den chronischen Auswirkungen handelt es sich vor allem um Allergien, die Asthma auslösen.

Asthma²⁰ ist eine chronische entzündliche Erkrankung, die die Atemwege betrifft. Sie ist durch eine Obstruktion gekennzeichnet, die spontan oder durch medikamentöse Behandlung reversibel ist. Die klinischen Anzeichen sind pfeifende Atemgeräusche, Kurzatmigkeit, Husten, Atemhemmung. Die berufliche Tätigkeit stellt eine bedeutende Quelle möglicher Expositionen gegenüber Stoffen dar, die einen Asthmaanfall auslösen können.

Das berufsbedingte Asthma²¹ ist eine über die Zeit variable Obstruktion der Atemwege, hervorgerufen durch einen chemischen Arbeitsstoff. Gestützt auf die Literatur macht die Prävalenz des berufsbedingten Asthmas zwischen 9 und 15 % aller Fälle von Asthma im Erwachsenenalter aus.

Bei den Mechanismen, die zu berufsbedingtem Asthma beitragen, gibt es immunologische Vorgänge (IgE-abhängig oder -unabhängig) oder nicht-immunologische Vorgänge, je nach auslösendem Stoff (siehe Tabelle 1 unten).

Die IgE-abhängigen Stoffe sind selbst Antigene und rufen selbst eine Reaktion hervor, die zwischen 90 und 120 Minuten lang anhält. IgE-unabhängige Stoffe dagegen müssen im Organismus an ein Protein binden, um ein Antigen zu erzeugen. Die Reaktion tritt verzögert auf und kann 24 Stunden oder mehr anhalten.

Tabelle 1: Mechanismen, die zur Entstehung berufsbedingten Asthmas beitragen

Mechanismus	Wichtigste relevante Stoffe
Immunologisch, IgE-abhängig	Hohe Molekularmasse: Tierische und pflanzliche Proteine, Holzstaub Niedrige Molekularmasse: Acrylate, Anhydride, bestimmte Metalle...
Immunologisch, IgE-unabhängig	Niedrige Molekularmasse: Isocyanate...
Nicht-immunologisch	Reizstoffe: Gas, Rauch

²⁰ Mapp CE, Boschetto P, Maestrelli P, Fabbri LM. Occupational asthma. Am J Respir Crit Care Med 2005; 172:280-305.

²¹ S. Janin, T. Rochat. Phénotypes de l'asthme sévère persistant de l'adulte Rev Med Suisse 2007.

Zwei individuelle Risikofaktoren können berücksichtigt werden: Atopie und Rauchen.

Der Tabak wurde in Bezug auf Asthma, das Produkten mit niedriger Molekularmasse zuzuordnen sind, in Frage gestellt.

Die Atopie, also die Prädisposition zur Ausbildung einer Allergie, stellt im Fall eines Asthmas, das durch Produkte mit niedriger Molekularmasse wie den Isocyanaten ausgelöst wird, keinen begünstigenden Faktor dar, im Gegensatz zu den Allergenen mit hoher Molekularmasse des IgE-abhängigen Mechanismus (Mehl).

Aus der Literatur geht hervor, dass bestimmte Personen je nach ihrer genetischen Veranlagung eine höhere Disposition zur Ausbildung von Asthma aufweisen.

Isocyanatbedingtes Asthma weist die gleichen Symptome auf wie nicht berufsbedingtes Asthma. Wenn das Individuum bei der Arbeit wiederholt relativ geringen Isocyanat-Dosen ausgesetzt ist, kann es nach einem Zeitraum von durchschnittlich drei bis vier Jahren zu einer Sensibilisierung gegen diese Stoffe kommen. Die klinischen Anzeichen treten am Abend oder während der Nacht auf. Wenn die Sensibilisierung ausgelöst wurde, wird es schwierig, den Arbeitnehmer an seinem aktuellen Arbeitsplatz zu halten.

Wie bereits erwähnt, können Isocyanate durch ihre irritative Eigenschaft eine Entzündung der Bronchien hervorrufen. Sie haben eine pharmakologische Wirkung und können zu einer Hyperreagibilität der peribronchialen glatten Muskulatur führen. Ihre immunologische Eigenschaft würde die IgE-Bildung auslösen. Diese IgE finden sich nur bei 10 bis 30 % der Arbeitnehmer, die an isocyanatbedingtem Asthma leiden (dieser Prozentsatz ist bei anderen Verbindungen mit niedriger Molekularmasse deutlich höher).

Im Gegensatz zu anderen Produkten mit niedriger Molekularmasse tritt die Reaktion nur selten unverzüglich während der Exposition auf.

1.3. *Biologische Überwachung*

Die biologische Expositionsüberwachung oder das „Biomonitoring“ besteht in der Messung von biologischen Expositionsindikatoren entweder für das Toxin selbst oder eines Metabolits in biologischen Medien (im Wesentlichen Blut, Urin, Ausatemluft und Speichel) von Arbeitnehmern, die chemischen Substanzen ausgesetzt sind. Das Biomonitoring vervollständigt die Überwachung der Luftzusammensetzung, um die Exposition des Arbeitnehmers gegenüber toxischen Stoffen zu beurteilen, und erlaubt die Einbeziehung aller Absorptionswege (Atemwege, Haut, Verdauungstrakt). Dies erlaubt es ebenfalls, die Wirksamkeit des Tragens der persönlichen Schutzausrüstung zu beurteilen.

Die Überwachung im Hinblick auf Isocyanate ist seit vielen Jahren möglich und stützt sich auf die Analyse von Aminoderivaten, die durch Hydrolyse entweder im Urin oder im Blut freigesetzt werden. Isocyanate werden in den Atemwegen schnell in entsprechende Amine hydrolysiert und zirkulieren in dieser Form oder gebunden an Serumproteine im Blut. Sie werden in der Leber schnell acetyliert. Über ihren Metabolismus ist wenig bekannt. Das acetylierte Amin wird im Wesentlichen über den Urin ausgeschieden: 10 bis 20 % der

eingeatmeten Menge an Isocyanaten findet sich in Form von Diaminen wieder. Mehr als 80 % der Aminoderivate werden innerhalb von 6 Stunden nach Arbeitsende ausgeschieden.

Die berufsbedingte Isocyanat-Exposition ist häufig eine Mischung aus Monomeren und Oligomeren (NCO). Die Zusammenhänge zwischen der biologischen Überwachung und der Gesamt-NCO-Luftexposition sind nicht eindeutig.

Es gibt einige Studien^{22, 23} mit Freiwilligen und zahlreiche Untersuchungen zur reinen Monomer-Isocyanat-Exposition im beruflichen Umfeld, die eine biologische Überwachung und die Luftexposition nahelegen. Diese Untersuchungen zeigen eine gute Korrelation zwischen der Exposition (in erster Linie über die Atemwege) und dem Anteil der Biomarker im Urin oder im Blut. Die Konzentration von HDI-Monomeren in Farben und Lacken liegt in der Regel unter 1 % und die wichtigsten Bestandteile sind HDI-Oligomere (Rosenberg & Savolainen 1986). Rosenberg und Savolainen haben fünf Automobillackierer Lacken auf HDI-Basis ausgesetzt, deren Konzentration an Isocyanatmonomeren bei 0,24 % und an Isocyanatoligomeren bei 34 % lag. Die maximale Konzentration an Hexamethylendiamin (HDA) im Urin entstand 15 Minuten nach der Exposition mit einem Mittelwert von +/-63 µmol/mol Kreatinin. Die Ergebnisse zeigen, dass nicht nur das Monomer nachgewiesen wird. Dies entspricht Studien mit Freiwilligen, die reine Monomere verwendeten.

Pronk²⁴ hat HDA im Urin von Arbeitern in Karosseriebetrieben nachgewiesen, die keine Lackierarbeiten mit der Spritzpistole durchführten.

1.3.1. Biologische Expositionsindikatoren im Blut

Wie bereits gezeigt ist der Nachweis von IgE im Blut im Hinblick auf die Isocyanatexposition nicht konstant. Die Korrelation zwischen und der Erkrankung und dem Nachweis von IgE ist schwach.

Studien, die in jüngster Zeit in Quebec²⁵ durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass der Basophilenaktivierungstest (BAT) ein wenig invasiver diagnostischer Test und ein Prädiktor für die nachfolgende Diagnose von berufsbedingtem Asthma sein könnte. Studie folgt.

Die Analyse von Albuminaddukten im Plasma²¹ wäre nicht nur ein Marker für die Exposition, sondern auch für die Sensibilisierung. Diese Addukte im Plasma sind stabil. Sie haben eine Halbwertszeit von 20 bis 25 Tagen. Daher ist der Zeitpunkt der Probenahme nicht so kritisch wie bei den Urinproben.

²² Cocker John. Biological Monitoring for isocyanates Ann Occup Hyg (2011) 55 (2): 127-131.

²³ Jones K., Cockers J., Piney M. Isocyanates exposure control in motor vehicle paint spraying: evidence from biological monitoring Ann. Occup. Hyg., Vol 57, N 2 pp. 200-209,2013.

²⁴ Pronk A,all. Dermal, inhalation, and internal exposure to 1,6-HDI and its oligomers in car body repair shop workers and industrial spray painters, Occup Enviro Med. 2006 Sep; 63(9): 624-6

²⁵ Karim Maghni, Jean-Luc Malo, Catherine Lemièrre. Exposition à des agents pouvant causer l'asthme professionnel – utilisation du test d'activation des basophiles pour l'identification précoce de la sensibilisation allergique chez les travailleurs. IRSST, 08. Dezember 2015.

1.3.2. Biologische Expositionsindikatoren im Urin

Das Biomonitoring des Urins ist nicht invasiv, praktischer und wird häufig eingesetzt, um die berufsbedingte Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen zu beurteilen.

2001 hat die HSE³ ein Programm für die Senkung der arbeitsbedingten Atemwegserkrankungen lanciert. Man hat sich im Wesentlichen auf berufsbedingtes Asthma und genauer auf das isocyanatbedingte Asthma konzentriert. Um das Verständnis und das Bewusstsein in den Betrieben zu verbessern, hat die HSE das Projekt Karosserie (2004 - 2007) entwickelt, insbesondere durch Sensibilisierungstage im Bereich Gesundheit und Sicherheit (Safety and Health Awareness Days oder SHADs). Das Ziel bestand darin, bis 2008 hinsichtlich der Isocyanatexposition in +/- 20 % der Karosseriebetriebe eine Verbesserung zu erzielen. Ein auf dem im Urin gemessenen HDA-Gehalt basierendes Biomonitoring wurde vor, während und nach den SHADs durchgeführt. Diese Studie ergab insgesamt niedrigere HDA-Werte bei den Lackierern, die die Vorgaben der SHADs einhielten. Diese niedrigeren Werte konnten in den nachfolgenden Jahren gehalten werden. Wenngleich die Senkung der Exposition auf mehrere Faktoren zurückzuführen ist, zeigt die Studie doch, dass Informationen, die insbesondere anlässlich der SHADs zu Massnahmen gegeben wurden, die bei der Verwendung von Isocyanaten einzuhalten sind, Wirkung zeigten. Zudem ist die Urinanalyse ein nützliches Verfahren für die Bewertung der Isocyanatexposition von Lackierern im Bereich des Karosseriebaus, die Aerosole verwenden. Die Einfachheit dieses Ansatzes erlaubte es, die Untersuchung in kleinen Unternehmen durchzuführen.

Der direkt nach Arbeitsende (innerhalb von 2 Stunden) im Urin gemessene HDA-Wert steht in einem klaren Verhältnis zu den HDI-Konzentrationen in den letzten Arbeitsstunden. Dieser Wert ist sensibel, sehr spezifisch, nützlich für die Beurteilung der Absorption über die Haut. Gaines et al. (2010)²⁶ haben 48 Lackierer in 36 Kfz-Werkstätten beobachtet. Sie haben die HDI-Exposition über die Haut und die Atemwege berücksichtigt und den HDA-Wert im Urin gemessen. Sie haben eine Urinprobe vor Arbeitsbeginn genommen und weitere Urinproben während und nach der Arbeit mit der Spritzpistole. Nach mehreren Messungen haben die Autoren eine signifikante Korrelation zwischen der respiratorischen und kutanen HDI-Exposition und den HDA-Werten berichtet, die im Urin der Arbeitnehmer gemessen wurden, die einer HDI-Exposition ausgesetzt waren. Nach 15 Stunden konnte kein HDA mehr festgestellt werden.

Mirmohammadi et al. (2010)²⁷ haben 100 Luftproben und 50 Urinproben von Arbeitnehmern aus fünf Polyurethan-verarbeitenden Unternehmen im Iran untersucht. Die Autoren haben eine signifikante Korrelation ($p < 0,001$) zwischen den HDI-Konzentrationen in der Luft und den HDA-Konzentrationen im Urin festgestellt.

²⁶ Gaines LGT, Fent KW, Flack SL, Thomasen JM, Ball LM, Richardson DB, Ding K, Whittaker SG, Nylander-French LA (2010) Urine 1,6-hexamethylene diamine (HDA) levels among workers exposed to 1,6-hexamethylene diisocyanate (HDI). *Ann Occup Hyg* 54: 678–691.

²⁷ Mirmohammadi M, Ibrahim MH, Ahmad A, Kadir MOA, Mohammadyan M, Mirashrati SB (2010) Indoor air pollution evaluation with emphasize on HDI and biological assessment of HDA in the polyurethane factories. *Environ Monit Assess* 165: 341–347.

Selbst wenn die HDA-Konzentration im Urin keine Unterscheidung zwischen der Exposition gegenüber HDI-Monomeren und HDI-Oligomeren erlaubt (Creely et al. 2006)²⁸, so lassen internationale Studien zum Biomonitoring von Lackierern im Karosseriebereich derzeit diesen Wert als akzeptabel zu.

Um den biologischen Arbeitsstoff-Toleranzwert (BAT-Wert) zu definieren, beziehen wir uns auf den deutschen BAT-Wert, der bei 15 µg Hexamethyldiamin/g Kreatinin liegt. Die Untersuchung von Maître et al. (1996)²⁹ hat diesen Wert bestätigt. Die Autoren haben 19 Arbeitnehmer eines Unternehmens untersucht, in dem HDI-Monomere produziert werden. Sie haben die Luftexposition sowie das HDA im Urin nach 8 Stunden Arbeit analysiert und haben eine gute Korrelation zwischen dem HDI in der Luft und dem HDA im Urin nachgewiesen.

²⁸ Creely K.S, Hughson G.W, Cocker J., Jones K (2006) assessing Isocyanate Exposures in Polyurethane Industry Sectors Using Biological and Air Monitoring Methods, *The Annals of Occupational Hygiene*, vol 50 (6), pp 609-621.

²⁹ Maître A, Berode M, Perdrix A, Stoklov M, Mallion JM, Savolainen H (1996). Urinary hexane diamine as an indicator of occupational exposure to hexamethylenediisocyanate. *Int Arch Occup Environ Health* 69: 65–68.

2. Ziele der Studie

Die in den Kantonen Wallis, Freiburg, Neuenburg und Jura durchgeführte Studie hatte folgende Ziele:

- Überprüfung der Wirksamkeit der organisatorischen, technischen und persönlichen Massnahmen zum Schutz vor Isocyanatexposition in einer für diesen Beruf repräsentativen Probe von Karosseriebetrieben in der Schweiz;
- Testen der Wirksamkeit verschiedener persönlicher Schutzausrüstungen, die von den betroffenen Lackierern getragen wurden, und Vergleich der Wirksamkeit der einzelnen Ausrüstungen;
- Kenntnis der Isocyanatexposition der in den Karosseriebetrieben beschäftigten Mitarbeiter, die nicht mit Lackierarbeiten betraut sind;
- Kenntnis des technischen Zustands der Lackieranlagen (Spritzkabine und Mischraum);
- Formulierung von Empfehlungen, um die Kontrolle der Risiken sicherzustellen, die auf die Isocyanatexposition zurückgehen;
- Sensibilisierung der Mitarbeiter, der Unternehmen und der Branche für die Risiken im Zusammenhang mit Isocyanaten und Anregung von Verhaltensänderungen;
- Durchsetzung der vom diesbezüglichen Stand der Technik geforderten Präventionsmassnahmen in den Unternehmen der Branche.

3. Methodik

3.1. *Protokoll der Studie*

In einem ersten Schritt wurde eine Pilotphase in 4 Karosseriebetrieben (einer pro Kanton) durchgeführt, um eine Machbarkeitsstudie für das fragliche Projekt durchzuführen.

Für die Auswahl der Karosseriebetriebe, in denen anschliessend eine weitere Phase anschloss, hat jeder Arbeitsinspektor eine Liste der vorhandenen Karosseriebetriebe in dem betreffenden Kanton bereitgestellt. Ausgehend von dieser Liste wurde eine Auswahl (10 %) getätigt, und zwar nicht zufällig, sondern basierend auf den praktischen Erfahrungen. So wurden 31 Karosseriebetriebe ausgewählt und bewertet.

Der allgemeine Ansatz, den die Arbeitshygieniker verfolgten, bestand darin, ein Foto der aktuellen Situation in den Karosseriebetrieben im Hinblick auf eingerichtete Massnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer zu machen. Hierfür wurde wie folgt ein Arbeitsplan erstellt, der folgende Elemente umfasste:

- Ausfüllen des Fragebogens „Arbeitshygiene“: ein technischer Fragebogen, und ebenfalls Bewertung bestimmter Parameter (Luftgeschwindigkeit an mehreren Orten) der Spritzkabine;
- Einrichtung von Luftprobenahmestellen (Probenahmemedium: Filter aus Glasfaser, getränkt mit 1 mg 1-(2-Methoxyphenyl)piperazine; Volumenstrom 1l/min für 15 Minuten oder mehr für feste Entnahmestellen ausserhalb der Spritzkabine), mit Probenahme an festen Orten oder am Mitarbeiter (mindestens am Lackierer, aber auch und insbesondere an anderen Mitarbeitern, die ausserhalb der Spritzkabine arbeiten, wie z. B. dem Karosseriespengler, an festen Probenahmestellen in der Werkstatt und anderen angrenzenden Räumen);
- am Ende der Luftprobenahme werden die Filter direkt in eine Glasflasche gegeben, die 3 ml destilliertes Acetonitril enthält, und diese wird dann gekühlt aufbewahrt;
- Ausfüllen einer Einverständniserklärung durch die Teilnehmer (insbesondere im Hinblick auf das Biomonitoring);
- Abgabe einer Urinprobe (PE-Flasche 50 ml) pro Mitarbeiter (idealerweise der bzw. die, der/die über Luftprobenahmeeinrichtungen verfügt/verfügen) am Arbeitsende;
- Versehen der Urinprobenflasche mit einem Etikett, auf dem die Nummer der Probe angegeben ist, die ebenfalls auf dem medizinischen Fragebogen vermerkt wird, und gekühlte Aufbewahrung;

- Ausfüllen des medizinischen Fragebogens am Ende der Massnahme mit der bzw. den Personen, die uns Urinproben gegeben haben.

Nach der Intervention oblagen folgende Punkte dem Arbeitshygieniker:

- Übermittlung der Luftproben an das LIST (Laboratoire intercantonal de santé au travail in Peseux) und der Urinproben an das Labor des IST (Institut universitaire romand de santé au travail, UNIL, Lausanne);
- Bereitstellung von Feedback für den fraglichen Karosseriebetrieb, sobald die Ergebnisse eingehen, in Zusammenarbeit mit einem Arbeitsmediziner für die Aspekte, die mit der biologischen Überwachung in Verbindung stehen.

3.2. *Angewendete Analyseverfahren*

3.2.1. HDI- und Oligomer-Analyse der Luftproben

Die an festen Probenahmestellen oder an den betroffenen Mitarbeitern genommenen Proben wurden direkt vor Ort behandelt (siehe Abschnitt 3.1 oben) und für die Analyse durch Hochdruckflüssigchromatographie mit UV-Detektor (HPLC/UV) an das LIST gesendet. Die Nachweisgrenze des Verfahrens liegt bei 0,07 µg/ml.

3.2.2. Analyse des HDA-Werts im Urin

Es wurden Urinproben im Karosseriebetrieb am Ende des Arbeitseinsatzes, d. h. am Ende des Vormittags, oder am Ende des Tages genommen. Die Analysen wurden im Institut en santé au travail in Lausanne (IST) durchgeführt. Die Bestimmung des HDA-Werts im Urin erfolgte durch Massenspektrometrie, mit einer Bestimmungsgrenze von 0,50 µg/l und einer Nachweisgrenze von 0,25 µg/l HDA im Urin. Das Kreatinin wurde durch Kolorimetrie bestimmt. Die Ergebnisse wurden nach dem Kreatiningehalt im Urin dargestellt.

3.3. *Technischer Fragebogen*

Der technische Fragebogen erlaubte es unter anderem, einheitliche Informationen zum Umgang mit Chemikalien im Unternehmen, zur Wartung der Spritzkabine, zur Prozedur des Spritzlackierens, zur Reinigung des verwendeten Materials sowie zur Art des verwendeten persönlichen Schutzes zu erhalten. Die Nutzer wurden ebenfalls zu ihrer Risikowahrnehmung und der erhaltenen Schulung zum Tragen von Atemschutzgeräten befragt.

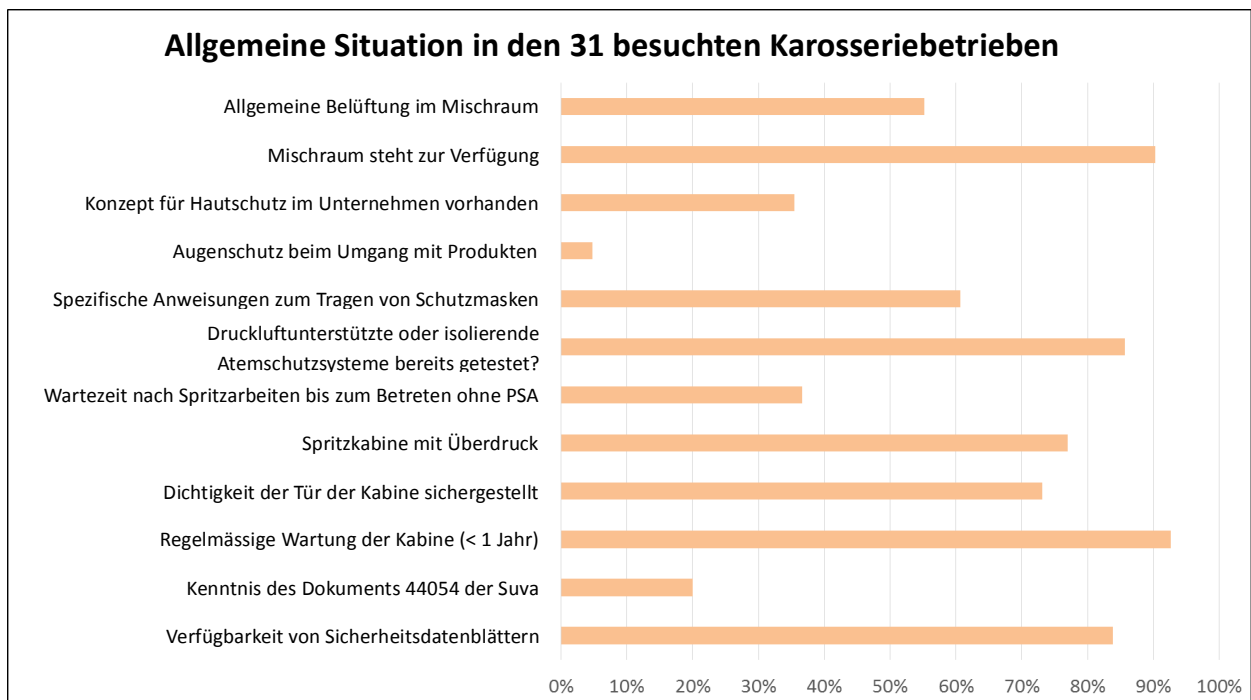
3.4. *Medizinischer Fragebogen*

Der medizinische Fragebogen enthielt Fragen zur Art der Arbeit und der persönlichen Schutzausrüstung, zum Rauchen, der Vorgeschichte, den beobachteten Symptomen und ihrem zeitlichen Zusammenhang mit der Arbeit. Die Arbeitnehmer haben diesen Fragebogen entweder allein oder in Anwesenheit eines Arbeitsmediziners ausgefüllt.

4. Ergebnisse

4.1. Technischer Fragebogen

Der technische Fragebogen enthielt insgesamt 28 Fragen. Die unten stehende *Grafik 1* zeigt die allgemeinen Antworten, die in allen besuchten Karosseriebetrieben in den 4 betroffenen Kantonen für zwölf allgemeine Fragen gegeben wurden. Die Antworten wurden vom Arbeitshygieniker während seines Besuchs der Anlagen in Begleitung von in dem jeweiligen Unternehmen beschäftigten Personen erhoben.



Grafik 1: Zusammenfassung der Antworten auf allgemeine Fragen, die im technischen Fragebogen enthalten sind, für alle besuchten Karosseriebetriebe

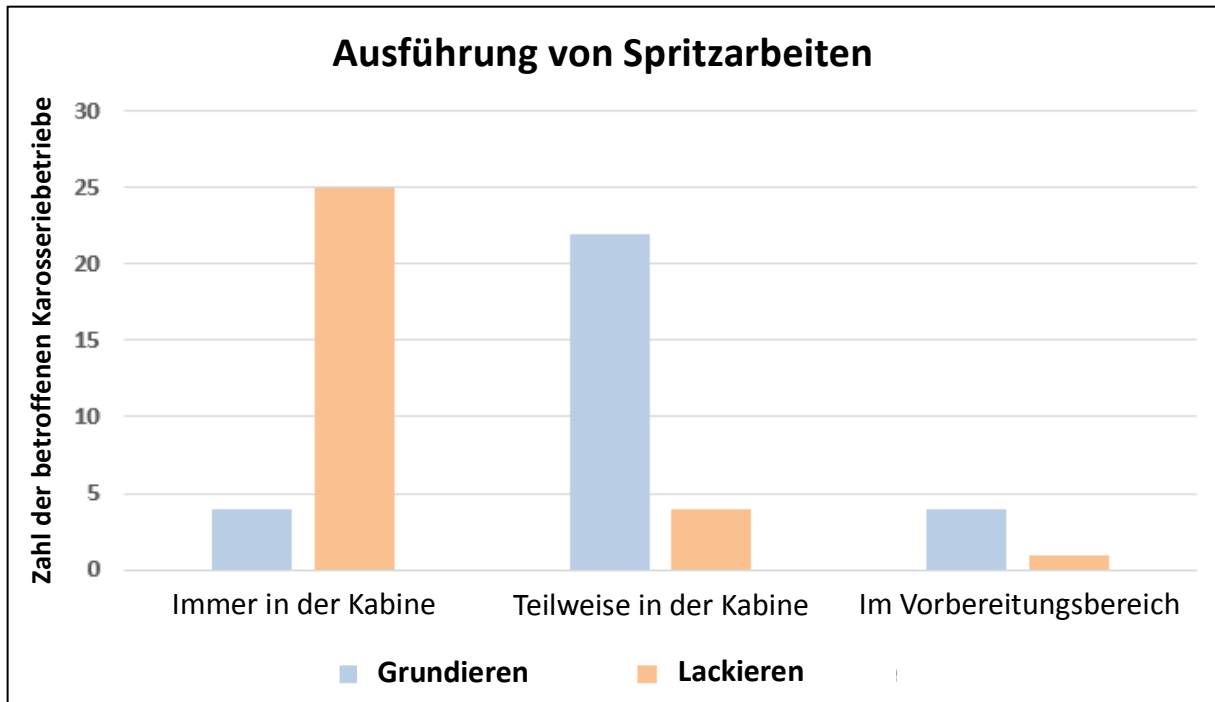
Sicherheitsdatenblätter sind in 85 % (n=26, 31 Antworten) der besuchten Unternehmen verfügbar. Dies ist insbesondere auf das Vorhandensein eines IT-Systems im Vorbereitungsbereich der Lacke und Farben zurückzuführen, das eine direkte Verbindung zur Datenbank der vom Hersteller ausgegebenen SDB sicherstellt. Der Grossteil der Lackierer kann einfach und spontan auf diese Daten zugreifen, was nicht für Personen gilt, die nicht direkt mit Lackierarbeiten betraut sind.

Das Dokument Nr. 44054 der Suva, das die Grundlage der für die Prävention erforderlichen Informationen darstellt, ist jedoch wenig bekannt: nur 20 % (n=6; 31 Antworten) der besuchten Unternehmen kennen es. Es müssen Aufklärungsbemühungen unternommen

werden, wobei insbesondere die Verteilung dieses Dokuments an Personen, die in Karosseriebetrieben arbeiten, sicherzustellen ist.

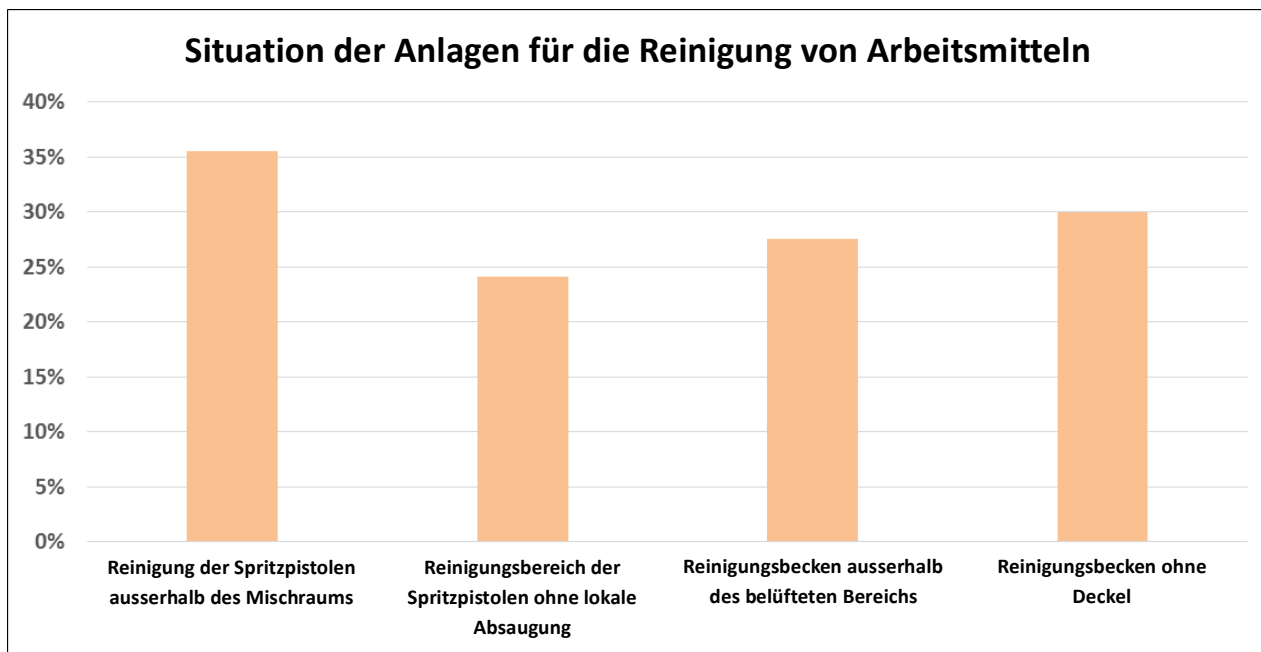
Aus technischer Sicht sind mit Ausnahme eines Unternehmens, das nur über einen belüfteten Bereich verfügt, alle besuchten Unternehmen mit einer Spritzkabine ausgestattet. Die Wartung wird in 93 % (n=27; 27 Antworten) der Fälle mindestens einmal jährlich sichergestellt. Während des Betriebs herrscht in ca. drei Vierteln (n=20; 26 Antworten) der Spritzkabinen ein höherer Druck als in den anderen Räumen des Unternehmens. Diese Situation ist der Regelfall: so wird sichergestellt, dass kein Staub von aussen in den Spritzbereich gelangen kann. Wenn eine Spritzkabine nicht dicht ist (beispielsweise durch schlecht schliessende Türen), kann dies dazu führen, dass Spuren der Aerosole und Dämpfe aus dem Spritzbereich in die benachbarten Räume gelangen. Im Grossteil der besuchten Unternehmen (n=10; 29 Antworten) zeigt sich eine solche Situation.

Der Grossteil der besuchten Unternehmen (87 %; n=26; 30 Antworten) führen ihre Grundierungsarbeiten ausserhalb einer belüfteten Kabine durch (siehe nachfolgende Grafik 2). Tatsächlich antworten 22 Unternehmen auf die Frage: „Werden Grundierungsarbeiten in einer geschlossenen, belüfteten Kabine durchgeführt“, dass bei ihnen Grundierungsarbeiten nur teilweise in der Kabine durchgeführt werden, während sie in 4 Betrieben in einem belüfteten Bereich (Spritzwand) durchgeführt werden. Nach der Überprüfung vor Ort werden die Grundierungsarbeiten, die nur relativ kleine zu behandelnde Flächen betreffen, niemals in einer belüfteten Spritzkabine durchgeführt. Dies illustriert eine nicht zufriedenstellende Situation besonders gut: Personen, die mit dieser Tätigkeit betraut sind (sie tragen keine Frischluft-Schlauchgeräte), werden nicht ordnungsgemäss vor der Exposition gegenüber Aerosolen geschützt, die Isocyanate enthalten. Ausserdem führt selbst die kurzzeitige Erzeugung von Aerosolen in einem nicht belüfteten Bereich zu einer – wenn auch geringen – Exposition der anderen Personen, die in der Nähe beschäftigt sind. Diese Situation ist für ein Allergen nicht zufriedenstellend.



Grafik 2: Ausführungsort der Spritzarbeiten (Grundieren und Lackieren)

Die sehr grosse Mehrheit der Unternehmen (90 %; n=28; 31 Antworten) verfügen über einen separaten Mischraum. Etwas mehr als die Hälfte der besuchten Mischräume (55 %; n=16; 30 Antworten) ist mit einer allgemeinen Belüftungsanlage ausgestattet. Wenn diese Einrichtung vorhanden ist, wurden in mehreren Fällen bedeutende Unzulänglichkeiten festgestellt: nicht vorhandener oder zu geringer Volumenstrom, Umkehr der Strömungsrichtung (Absaugung in der oberen Zone und Frischlufteintritt in Bodennähe). In einem Fall wurde die abgesaugte kontaminierte Luft sogar wieder in den Mischraum eingeblasen (relativ neue Anlage). Schliesslich ist die Situation in diesen Räumen im Hinblick auf die Explosionsgefahren im Allgemeinen in keinsten Weise zufriedenstellend: keine explosionsgeschützt Installation (Ex), Vorhandensein von Ausrüstung, die nicht für diesen Bereich geeignet ist, usw. Diese Situation ist umso besorgniserregender, als Aceton in relativ grossen Mengen verwendet wird, sei es zur Reinigung der Spritzpistolen (spezifische Einrichtung), sei es zum Einweichen verschmutzter Werkzeuge in offenen Becken.



Grafik 3: Situation der Anlagen zur Reinigung der Arbeitsmittel

Nur zwei Drittel der Reinigungsvorgänge für Spritzpistolen (65 %; n=20; 31 Antworten) werden im Mischraum durchgeführt. Drei Viertel der Anlagen zur Reinigung von Spritzpistolen (n=22 bei 29 Antworten) sind mit einer lokalen Absaugung vom Typ „Abzugshaube“ versehen. Fast 30 % der Becken zum Einweichen und Reinigen von Arbeitsmitteln befinden sich nicht in belüfteten Bereichen und verfügen ebenfalls nicht über einen Verschlussdeckel.

4.2. *Medizinischer Fragebogen*

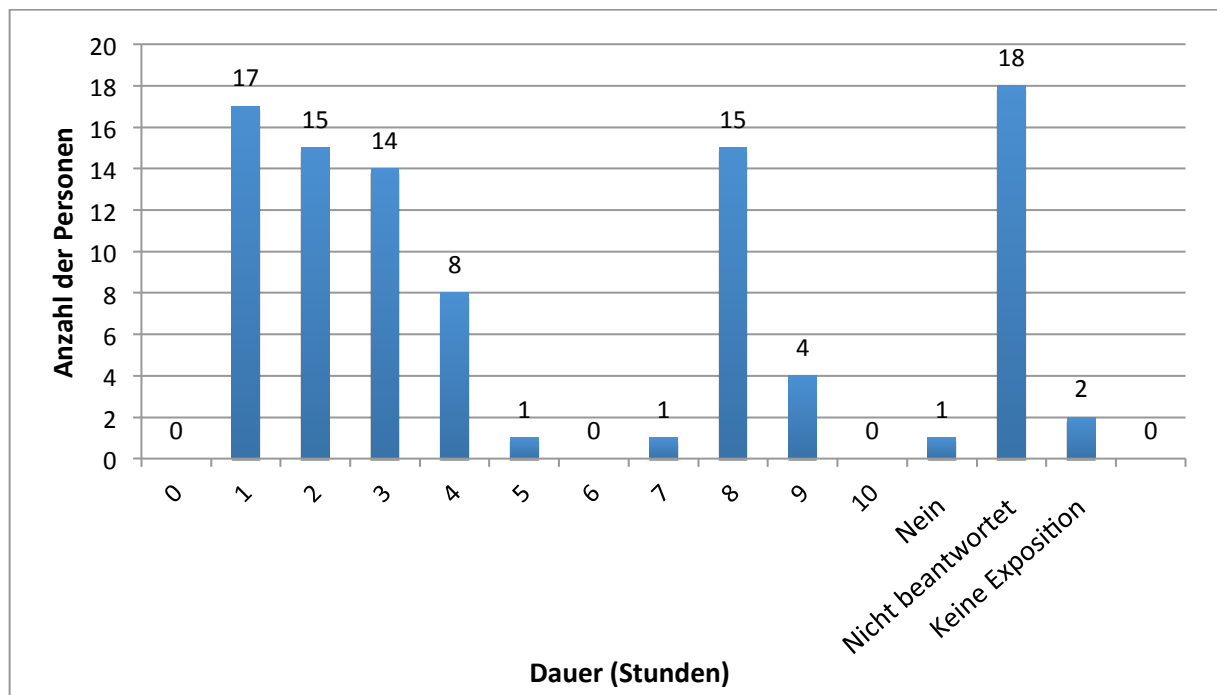
97 Personen haben an der Studie teilgenommen, davon waren 92 Männer und 4 Frauen. Das Durchschnittsalter beträgt 31 Jahre. Das Mindestalter beträgt 15 Jahre und das Höchstalter 65 Jahre.

Die Gruppe umfasst 42 (43,3 %) Nichtraucher, 90 (40,2 %) Raucher und 11 (11,3 %) ehemalige Raucher.

In der Gruppe der untersuchten Personen haben 79 (81,4 %) die Frage zum Vorhandensein von Husten oder anderen HNO-Symptomen beantwortet. 22 (27,8 %) haben eine positive Antwort auf diese Frage gegeben und über Husten, Rhinitis, Kribbeln im Hals oder in den Augen oder über Hautreizungen geklagt. In 68 % der Fälle, d.h. bei 15 Arbeitnehmern, standen diese Symptome im zeitlichen Zusammenhang mit der Arbeit, aber 73 % von ihnen hatten eine medizinische Vorgeschichte mit Allergien, Ekzemen und/oder Heuschnupfen. Unter den befragten Personen war kein Fall von Asthma diagnostiziert worden.

94 % der Arbeitnehmer haben die Frage zu den im Karosseriebau verbrachten Jahren beantwortet. Die durchschnittliche Dauer der Beschäftigung im Karosseriebereich betrug 13 Jahre.

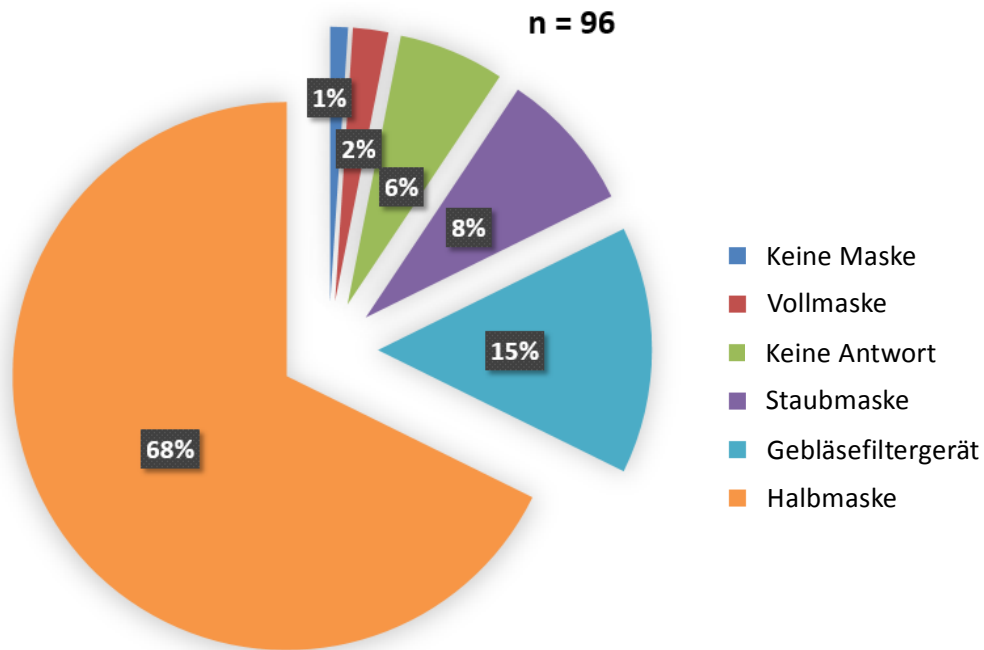
Die unten stehende Grafik 4 zeigt die Zahl der Personen für die durchschnittliche Dauer der täglichen Isocyanatexposition in Stunden. Die durchschnittliche tägliche Expositionsdauer wird mit 4,87 Stunden angegeben.



Grafik 4: Anzahl der Personen in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Dauer der täglichen Isocyanatexposition in Stunden

Die nachfolgende Grafik 5 ist besonders aufschlussreich: Sie zeigt, dass Gebläsefiltergeräte, wenngleich sie durch die SUVA in ihrem Dokument Nr. 44054 sowie von bestimmten Lieferanten empfohlen werden, immer noch selten verwendet werden. So trugen in unserer Stichprobe nur 15 % der beobachteten Personen ein geeignetes Atemschutzsystem (Gebläsefiltergerät). Die grosse Mehrheit (68 %) der beobachteten Personen trug eine Halbmaske (aus Gründen der Klarheit nehmen wir Abstand davon, zwischen den verschiedenen Halbmaskentypen zu differenzieren).

Von den beobachteten Arbeitnehmer getragene Maskenart

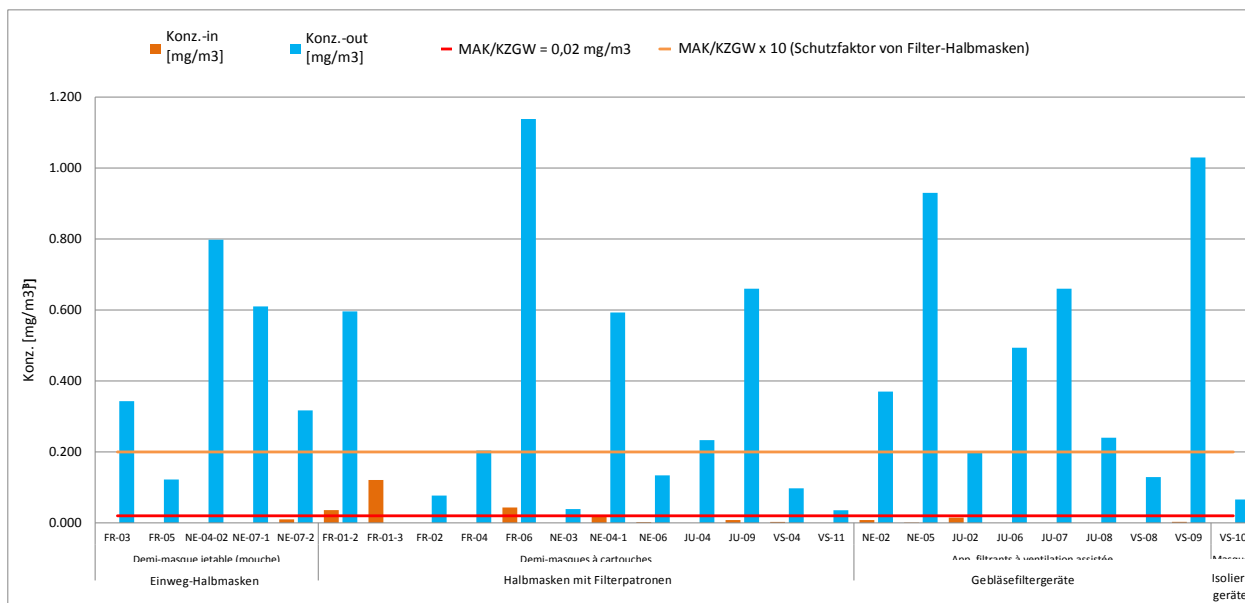


Grafik 5: Verteilung der verschiedenen Arten von Atemschutz und ihre Nutzung in den besuchten Karosseriebetrieben

4.3. Ergebnisse der Luftanalysen

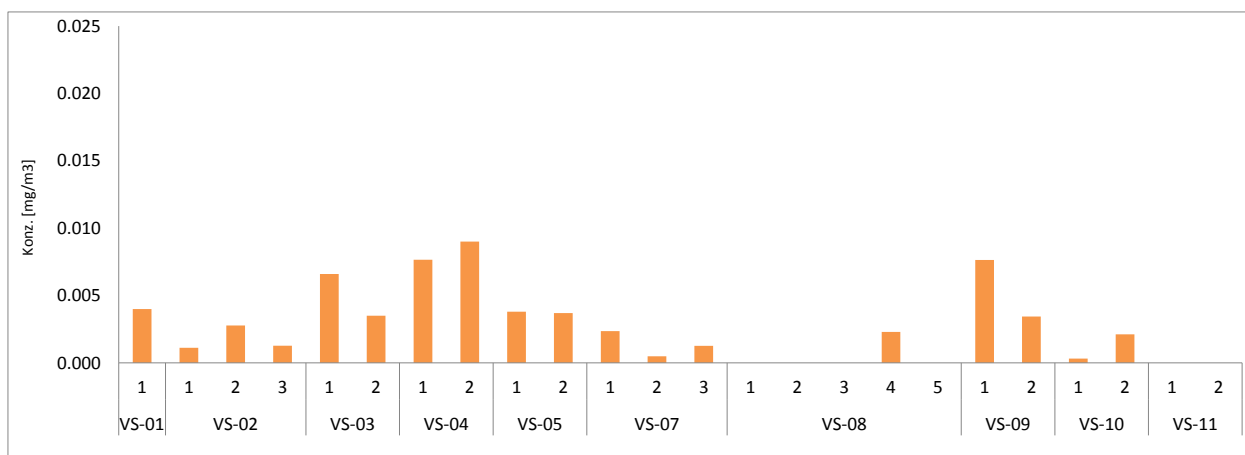
Grafik 6 illustriert die HDI-Konzentrationen (ausgedrückt als Gesamt-NCO), die innerhalb und ausserhalb der Atemschutzsysteme gemessen wurden, die der Lackierer während der Spritzlackierarbeiten mit isocyanathaltigen Lacken in der Spritzkabine getragen hat; es wurde eine bestimmte Zahl der Karosseriebetriebe berücksichtigt.

Die Messung innerhalb Maske wurde nicht systematisch durchgeführt (aus diesem Grunde sind nicht alle Karosseriebetriebe in Grafik 6 berücksichtigt). Ausserdem entsprechen die im Inneren der Atemschutzsysteme genommenen HDI-Konzentrationen nicht absoluten Werten. Sie werden in der Regel zu niedrig bewertet, da die Probenahmezeit nur kurz ist und die Probenahmemethode nicht validiert ist (Anpassung der validierten Methode, um eine Probenahme in der Atemmaske zu ermöglichen).



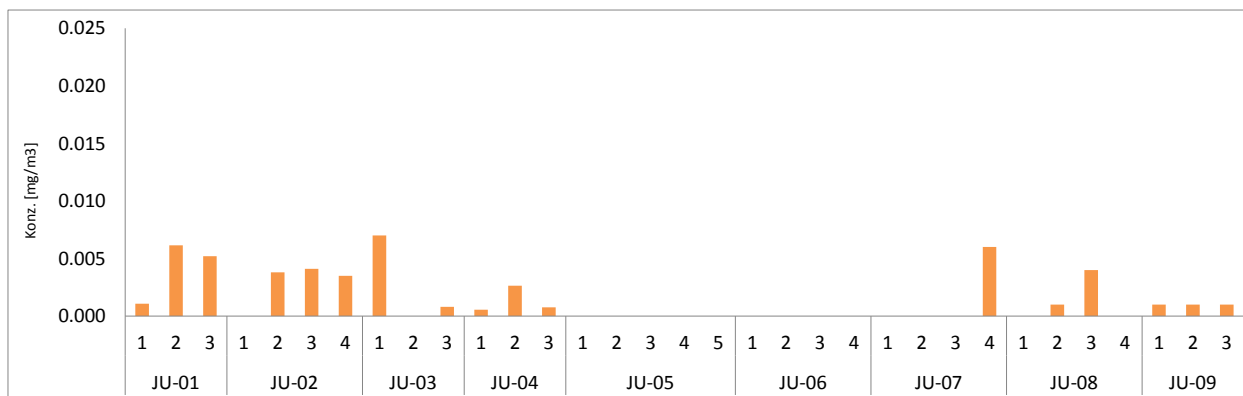
Grafik 6: Isocyanatkonzentrationen (als Gesamt-NCO gemessen) im Inneren und ausserhalb der Atemschutzmaske

Die nachfolgenden Grafiken 7, 8 und 9 zeigen die HDI-Konzentrationen in der Luft (als Gesamt-NCO ausgedrückt), die während und nach den Spritzlackierarbeiten ausserhalb der Spritzkabine an verschiedenen Orten in der Blechbearbeitung gemessen wurden.



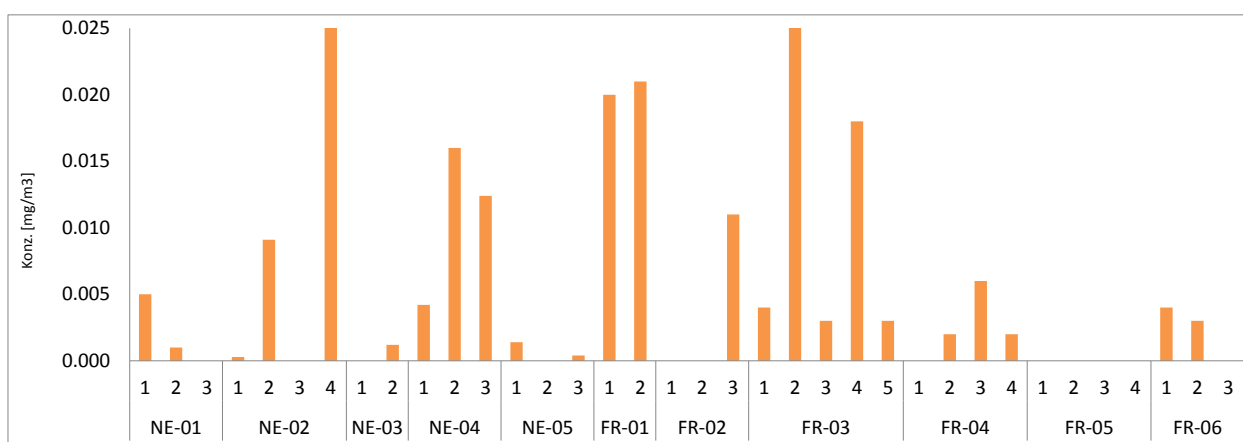
Grafik 7: Isocyanatkonzentrationen (als Gesamt-NCO gemessen), die ausserhalb der Kabinen in Karosseriebetrieben im Kanton VS gemessen wurden

In den Karosseriebetrieben VS-07 und VS-08 wurden auch Luftproben in den Mischbereichen genommen, d. h. Spritzkabinen mit flexiblen Wänden (Probenahmestelle 1 und 2 für den Karosseriebetrieb VS-07 und Probenahmestelle 1, 2 und 3 für den Karosseriebetrieb VS-08).



Grafik 8: Isocyanatkonzentrationen (als Gesamt-NCO gemessen), die ausserhalb der Kabinen in Karosseriebetrieben im Kanton JU gemessen wurden

Von den beiden Karosseriebetrieben, für die in Grafik 8 kein Ergebnis verzeichnet ist, scheint die eine (JU-05) am Tag unseres Besuchs keine HDI-haltigen Lacke verwendet zu haben. Die zweite (JU-06) scheint wirklich gut ausgerüstet zu sein: Trotz einer im Inneren der Spritzkabine gemessenen Isocyanatkonzentration zwischen 525 und 650 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ war es nicht möglich, die geringsten Spuren von Isocyanat an irgendeiner anderen Stelle zu messen.

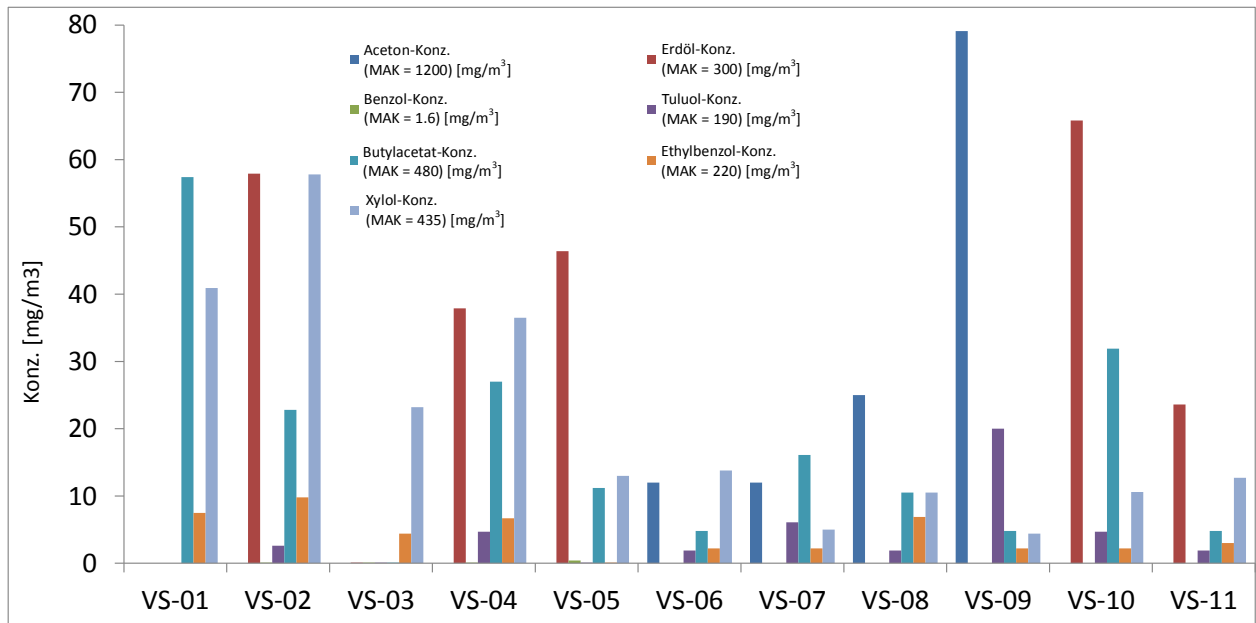


Grafik 9: Isocyanatkonzentrationen (als Gesamt-NCO gemessen), die ausserhalb der Kabinen in Karosseriebetrieben in den Kantonen NE und FR gemessen wurden

In den Karosseriebetrieben NE-02 und FR-03 wurden bestimmte Messungen durchgeführt, während in der Werkstatt, also ausserhalb der Spritzkabine, Grundierungen aufgetragen wurden (Probenahmestelle 4 für den Karosseriebetrieb NE-02, Probenahmestelle 2 für den Karosseriebetrieb FR-03).

Grafik 10 illustriert die gemessenen Konzentrationen einer Reihe von Lösemitteln, die in erster Linie in Karosseriebetrieben eingesetzt werden. Die Messungen wurden nur in den Mischräumen der Karosseriebetriebe im Kanton Wallis durchgeführt. Vergleichbare

Messungen, jedoch mit einem anderen Probenahmeverfahren (Probenahme mittels Röhrchen für thermische Desorption), wurden in den anderen Kantonen durchgeführt. Die Ergebnisse sind semiquantitativ und bewegen sich in der gleichen Grössenordnung wie jene, die für den Kanton Wallis gemessen wurden.



Grafik 10: In den Mischräumen der Karosseriebetriebe im Kanton Wallis gemessene Lösemittelkonzentrationen

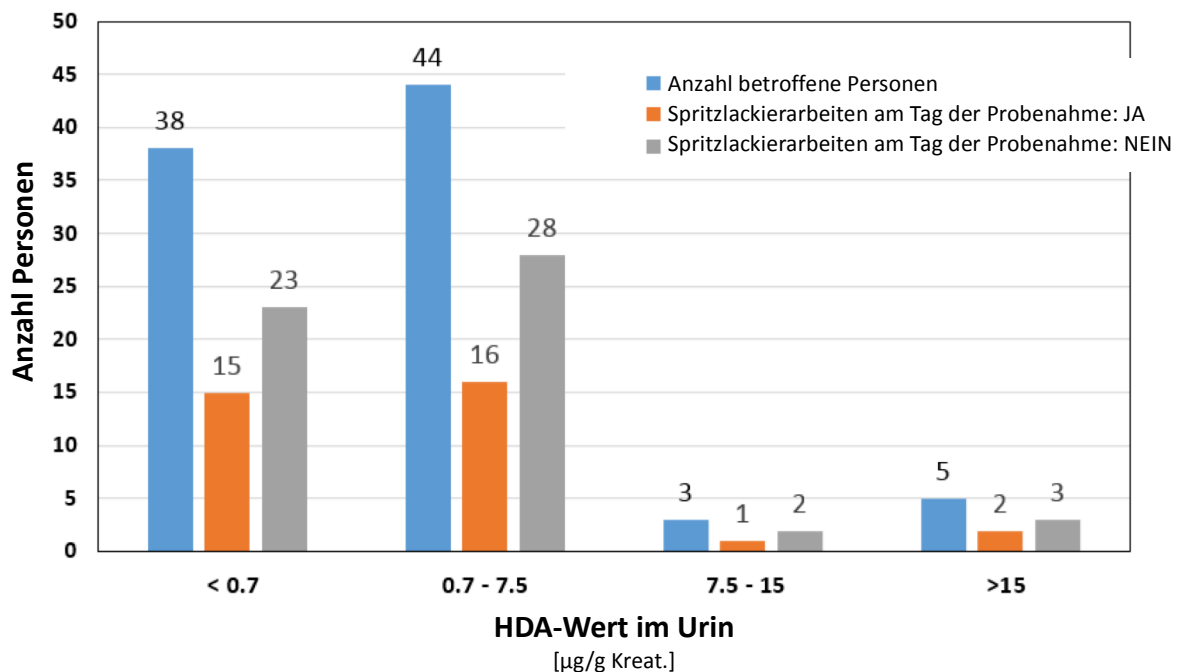
4.4. Ergebnisse der Urinalysen

Insgesamt haben 90 Arbeitnehmer eine Urinprobe abgegeben. 38 von ihnen (42,2 %) haben einen Kreatiningehalt von weniger als 0,7 µg/g, was dem Referenzwert für die allgemeine Bevölkerung ohne Exposition entspricht, und 47 (52,2 %) wiesen einen Gehalt zwischen 0,7 und 15 µg/g Kreatinin auf, was immer noch deutlich unterhalb des BAT-Werts liegt. Der Kreatinin-Gehalt im Urin von 5 Arbeitnehmern jedoch liegt über dem BAT-Wert von 15 µg/g.

HDA [µg/g Kreat.]	Anzahl der Personen		Lackierarbeiten am Tag der Probenahme			
	Anz.	%	JA	%	NEIN	%
< 0.7	38	39.2	15	44.1	23	36.5
0.7 – 7.5	44	45.3	16	47.1	28	44.4
7.5 – 15	3	3.1	1	2.9	2	3.2
>15	5	5.2	2	5.9	3	4.8

Tabelle 2: Ergebnisse der Urinalysen für die einzelnen Kategorien

Kategorisierung des HDA-Werts im Urin



Grafik 11: Ergebnisse der Urinalysen für die einzelnen Kategorien

Von den befragten Personen tragen 65 eine Halbmaske mit Filterpatrone: 22 (33,8 %) von ihnen weisen einen Wert von < 0,7 µg/g Kreatinin auf und 32 (49,2 %) weisen einen Wert zwischen 0,7 und 15 µg/g auf. Nur bei 8 Personen lag das Ergebnis höher als die Hälfte des BAT-Werts, von denen bei 5 (7,7 %) der BAT-Wert überschritten wurde. Von allen befragten Arbeitnehmern haben 8 (9,2 %) keine Urinprobe abgegeben.

Von den Trägern von Gebläsefiltergeräten hatten 6 Personen eine HDA-Konzentration $< 0,7 \mu\text{g/g}$ Kreatinin und 8 Personen zwischen $0,7$ und $15 \mu\text{g/g}$ Kreatinin. Die Ergebnisse keiner Person liegen über der Hälfte des BAT-Werts.

Von den Trägern von Staubmasken (die grundsätzlich nicht mit Spritzarbeiten betraut sind) zeigen 5 Arbeitnehmer eine HDA-Konzentration $< 0,7 \mu\text{g/g}$ Kreatinin und 4 einen Wert zwischen $0,7$ und $15 \mu\text{g/g}$ Kreatinin. Die Ergebnisse keiner Person liegen über der Hälfte des BAT-Werts.

Von den 34 Lackierern, bei denen Luftproben innerhalb ihrer Atemschutzsysteme genommen wurden, während sie Spritzlackierarbeiten mit isocyanathaltigen Lacken durchführten, wiesen 15 einen Gehalt von $< 0,7 \mu\text{g/g}$ Kreatinin auf. 17 dagegen hatten einen Wert zwischen $0,7 \mu\text{g/g}$ Kreatinin und $15 \mu\text{g/g}$, wobei bei 1 Person die Hälfte des BAT-Werts überschritten wurde. Bei zwei Arbeitnehmern wurde der BAT-Wert überschritten.

Von diesen Arbeitnehmern tragen 25 Halbmasken und 9 Gebläsefiltergeräte. Von den Trägern von Gebläsefiltergeräten zeigen 4 einen Wert $< 0,7 \mu\text{g/g}$ Kreatinin und 5 einen Wert zwischen $0,7$ und $15 \mu\text{g/g}$ Kreatinin, die Hälfte des BAT-Werts wird bei niemandem überschritten. Von den Trägern von Halbmasken mit Filterpatrone liegen 12 Personen unterhalb von $0,7 \mu\text{g/g}$ Kreatinin, 11 haben einen Wert zwischen $0,7$ und $15 \mu\text{g/g}$ Kreatinin, wobei der Wert 1 Person über der Hälfte des BAT-Werts liegt und die Werte von 2 Personen über dem BAT-Wert.

Von den anderen Arbeitnehmern, die in der Werkstatt anwesend sind ($N=63$), haben 23 (36,5 %) einen HDA-Wert $< 0,7 \mu\text{g/g}$ Kreatinin und 30 (47,6 %) einen HDA-Wert zwischen $0,7 \mu\text{g/g}$ Kreatinin und $15 \mu\text{g/g}$ Kreatinin. 2 von ihnen überschreiten die Hälfte des BAT-Werts. Nur 3 Arbeitnehmer weisen einen HDA-Wert auf, der über dem BAT-Wert liegt. 7 Personen wollten nicht am Biomonitoring teilnehmen.

Unabhängig von ihrer medizinischen Vorgeschichte beschreiben 15 Arbeiter HNO-Symptome, die im zeitlichen Zusammenhang mit ihrer Arbeit stehen. In Korrelation mit ihrem HDA-Wert im Urin weisen mehr als die Hälfte einen Wert auf, der über dem Referenzwert für die allgemeine Bevölkerung liegt ($>0,7 \mu\text{g/g}$ Kreatinin). Sie alle tragen Halbmasken mit Filterpatrone. Ausserdem klagen 4 Arbeitnehmer über Hautreizungen. Mehr als die Hälfte von ihnen weist ebenfalls einen HDA-Wert im Urin auf, der über dem Referenzwert für die allgemeine Bevölkerung liegt ($>0,7 \mu\text{g/g}$ Kreatinin). In beiden Fällen liegt niemand über der Hälfte des BAT-Werts. 4 Personen klagen gleichzeitig über HNO-Symptome und Hautreizungen. Der bei ihnen gemessene Wert entspricht dem der allgemeinen Bevölkerung mit Ausnahme einer Person, die einen besonders stark erhöhten Wert aufweist (das Zweifache des BAT-Werts).

5. Diskussion

5.1. *Technischer Fragebogen*

Die Kenntnis der Gesundheitsrisiken im Zusammenhang mit den in Karosseriebetrieben genutzten Produkten ist nicht zufriedenstellend. Schlimmer noch: Informationsmaterialien für die Allgemeinheit (z. B. Dok.-Nr. 44045 der Suva) kennen die Beschäftigten nicht. Hier ist eine Sensibilisierungskampagne unerlässlich.

Wenngleich die Karosseriebetriebe im Allgemeinen mit einer oder mehreren Spritzkabinen ausgestattet sind, werden viele Spritzlackierarbeiten dennoch ausserhalb der Kabinen durchgeführt, insbesondere das Aufbringen von Grundierung und das Lackieren kleiner Flächen. In diesen Situationen können sowohl die betreffenden Mitarbeiter (die keine Gebläsefiltergeräte tragen) als auch die an angrenzenden Arbeitsplätzen beschäftigten Personen mehr oder weniger umfangreichen Expositionen ausgesetzt sein, einschliesslich Isocyanaten. Spritzlackierarbeiten von Produkten, für die ein Härter erforderlich ist, müssen aus der Karosserie-/Blechbearbeitungswerkstatt soweit wie möglich verbannt werden, stattdessen sollten sie in einer Kabine oder zumindest in einem physisch getrennten Bereich erfolgen, der mit einer effektiven Spritzwand (Vorbereitungsbereich) ausgestattet ist.

Die Dichtigkeit der Spritzkabinen muss zu jedem Zeitpunkt gesichert sein und regelmässig überprüft werden. Im Allgemeinen reicht ein einfaches Austauschen der Dichtungen an den Türen aus, um die Dichtigkeit wiederherzustellen. Dies ist umso wichtiger, als die Kabinen einen Überdruck im Vergleich zu den angrenzenden Räumlichkeiten aufweisen. Darüber hinaus ist es zwingend erforderlich, dass bestimmte Verhaltensweisen korrigiert werden. Abgesehen vom routinemässigen Tragen eines Atemschutzes mit Filter und Gebläse muss eine Wartezeit nach dem Spritzlackieren eingehalten werden, bevor die Kabine wieder ohne Atemschutz betreten werden kann. Das Tragen von Handschuhen und einer Schutzbrille ist beim Umgang mit den Produkten (Mischen, Reinigen) unerlässlich.

Die Ergebnisse zeigen deutlich ein grosses Defizit in vielen Mischräumen: keine allgemeine Belüftung/Entlüftung, kein Explosionsschutz, keine oder mangelhafte lokale Absaugung, kein Verschlussystem für Reinigungsbecken usw. In praktisch jeder der besuchten Anlagen konnte mindestens ein technischer Mangel festgestellt werden. Indem diese Elemente auf den erforderlichen Stand gebracht werden, können Quellen für eine Exposition sowohl über die Atemwege oder über die Haut einfach beseitigt werden.

5.2. *Medizinischer Fragebogen*

Dank des medizinischen Fragebogens können die medizinischen Besonderheiten der Arbeitnehmer berücksichtigt werden, auch wenn einige Fragebögen manchmal nicht sehr präzise waren, vor allem in den Fällen, in denen sie vom Arbeitnehmer allein ausgefüllt wurden. Die Befragung der untersuchten Personen zeigt, dass die von den Isocyanaten ausgehende Gefahr falsch eingeschätzt wird. Auch wenn sie die Risiken kennen, ermessen sie nicht deren tatsächlichen und umfassenden Folgen für die Gesundheit. Einer von vier Arbeitnehmern klagt über HNO-Symptome und/oder Hautreizungen, die im zeitlichen Zusammenhang mit der Arbeit stehen. Alle Arbeiter, die HNO-Anzeichen zeigen, tragen Halbmasken mit Filterpatronen.

In den untersuchten Karosseriebetrieben arbeiten zwei Drittel der Lackierer immer noch mit einer Halbmaske mit Filterpatrone, während das Merkblatt der SUVA Nr. 44054, das an Karosseriebetriebe und über bestimmte Lieferanten ausgegeben wird, Gebläsefiltergeräte empfiehlt.

5.3. *Ergebnisse der Luftanalysen*

Eine erste Beobachtung besteht darin, das zu bestätigen, was bislang offensichtlich war: Die HDI-Konzentrationen in der Luft in der Kabine beim Spritzlackieren von isocyanathaltigen Lacken überschreiten die geltenden MAK-Werte/KZGW ($0,02 \text{ mg/m}^3$) (bis um das 50-Fache). Als Atemschutz werden in erster Linie Einweg-Halbmasken oder Halbmasken mit Filterpatronen verwendet. Bei letzteren konnte eine nicht zu vernachlässigen HDI-Konzentration (im Allgemeinen in der Nähe des BAT-Wertes oder sogar darüber) bei verschiedenen Lackierern nachgewiesen werden, vor allem bei denjenigen, die eine Halbmaske mit Filter trugen. Wir haben das gleiche bei einigen Trägern von Gebläsefiltergeräten beobachtet, allerdings haben die HDI-Konzentrationen in den Masken wenigstens nicht den KZGW überschritten.

Es wurden auch Luftentnahmen ausserhalb der Spritzkabinen in der Blechbearbeitungswerkstatt durchgeführt. Die Spritzkabine muss gemäss ihrer Funktionsweise unter leichten Überdruck gesetzt werden und so ist es nicht erstaunlich, dass in den meisten Karosseriebetrieben nicht vernachlässigbare HDI-Konzentrationen in den Bereichen in der Nähe der Kabine ermittelt wurden. Diese Konzentrationen überschreiten nur selten die MAK-Werte/KZGW, doch sie belaufen sich im Allgemeinen auf ein Drittel der geltenden MAK-Werte/KZGW, in manchen Fällen sogar auf die Hälfte. Bei einigen Kabinen, in denen Unterdruck herrschte, wurde beobachtet, dass die HDI-Konzentrationen ausserhalb der Kabinen in den meisten Fällen bei Null lagen.

Somit ist es eindeutig, dass der Überdruck in den Spritzkabinen eine Ursache der Kontamination der Werkstattbereiche mit Isocyanaten ist. Dies gilt auch für kleinere Grundierungsarbeiten ausserhalb der Spritzkabinen.

Die durchschnittliche Isocyanat-Konzentration in der Luft in der Blechbearbeitungswerkstatt (Räume, die an die Spritzkabine angrenzen), am Lackierer in der Kabine während des Spritzlackierens und innerhalb der Masken kann leicht neu berechnet werden. Zur Vereinfachung werden alle Situationen ausser Acht gelassen, bei denen die erhaltenen Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze lagen. So erhält man folgende Ergebnisse:

	Durchschnittl. NCO-Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
	Blechverarbeitungs- werkstatt	Kabine	In der Maske
Anzahl der Werte (N)	27	27	12
Durchschnitt	0,012	0,341	0,016
Standardabweichung	0,044	0,329	0,022
Geometrischer Durchschnitt	0,003	0,176	0,006

Tabelle 3: Durchschnittliche Konzentrationen ausgedrückt in

Die gemessenen Konzentrationen in der Maske können aufgrund der bedeutenden Abweichungen bei der Messmethode, die zu einer deutlichen Unterschätzung der effektiven Konzentration führen, nicht interpretiert werden. Dennoch lassen unsere Ergebnisse messbare Mengen an Isocyanaten in den Masken erkennen. Wir stellen ebenfalls fest, dass die durchschnittlichen gemessenen Konzentrationen in den Masken (N=12) sehr nah an den durchschnittlichen Mengen aller Konzentrationen (N=27) liegen, die in den angrenzenden Räumlichkeiten (Blechverarbeitung) gemessen wurden. Obwohl die Daten eine grosse Streuung aufweisen (sehr hohe Standardabweichung), kann man schliessen, dass die durchschnittliche Exposition, die bei mit Masken geschützten Lackierern gemessen wird, sehr nah an der durchschnittlichen Exposition ist, die bei anderen in den betreffenden Karosseriebetrieben tätigen Personen gemessen wird. Somit sind Personen in den Arbeitsräumen, die keine Spritzlackierarbeiten in der Kabine durchführen, einer ebenso grossen Exposition ausgesetzt wie die Lackierer selbst, die die Arbeiten in der Kabine durchführen. Diese Situation ist nicht zufriedenstellend, da Personen, die keine Spritzlackierarbeiten durchführen, einem sensibilisierenden Produkt ausgesetzt sind, wenn auch nur in geringem Umfang.

Bei den Lösemitteln überschreiten die Konzentrationen für die wichtigsten flüchtigen organischen Verbindungen nicht die geltenden BAT-Werte. Dennoch muss angesichts des Vorhandenseins verschiedener Lösemittel die Exposition gegenüber der Mischung von Substanzen berücksichtigt werden. Denn wenn die betreffenden Lösemittel sich auf das gleiche Organ auswirken, erhält man einen additiven Effekt. Das bedeutet, dass die Mischräume, auch wenn keine beunruhigenden Konzentrationen an Lösemitteln vorhanden sind, ein Ort bleiben, der angesichts der Anzahl der gehandhabten Lösemittel nicht zu vernachlässigen ist. Wenn diese Räumlichkeiten ausreichend belüftet sind, dürfte die untere Explosionsgrenze (UEG) nicht erreicht werden (UEG von Xylol = 44 000 mg/m³).

5.4. *Ergebnisse der Urinalysen*

Das Biomonitoring wurde vom Arbeitgeber und den Arbeitnehmern insgesamt mit gutem Interesse aufgenommen (9 von 10 Arbeitnehmern haben eine Urinprobe abgegeben).

Durch die Messung von HDA im Urin kann man einen grösseren Überblick über die Exposition gegenüber Isocyanaten erhalten, da auch Hautkontakt, Verschlucken und Einatmen berücksichtigt werden.

Bei 40 % der Personen liegt der HDA-Wert im Urin über den Werten der nicht exponierten allgemeinen Bevölkerung, bei 47 % war er leicht erhöht, lag jedoch auch unterhalb des BAT-Werts. 55 % weisen jedoch einen Wert auf, der weit über dem BAT-Wert liegt, was zumindest auf eine massive punktuelle Exposition hinweist. Diese relativ niedrigen Werte

lassen sich zum Teil auch durch die kurze Dauer der Exposition gegenüber Isocyanaten zum Zeitpunkt unserer Messungen erklären (Expositionen von 15 bis 20 Minuten).

Obwohl die Werte im Urin insgesamt unterhalb des BAT-Werts liegen, sollte daraus dennoch die Lehre gezogen werden, dass eine permanente Wachsamkeit erforderlich ist, um das Niveau der Exposition gegenüber Isocyanaten – sowohl in Bezug auf das Einatmen als auch auf den Hautkontakt – auf ein möglichst geringes Mass zu reduzieren.

Ungefähr die Hälfte der im Karosseriebetrieb anwesenden Arbeitnehmer hat einen HDA-Wert im Urin zwischen 0,7µg/g Kreatinin und 15µg/g Kreatinin, davon überschreiten 7 % die Hälfte des BAT-Wertes.

Das zeigt, dass in Bezug auf die Gefahren im Zusammenhang mit Isocyanaten eine Sensibilisierung der gesamten Belegschaft im Karosseriebereich erfolgen muss, nicht nur der Lackierer. Dies bestätigt die Ergebnisse der Untersuchung von Pronk, bei der HDA auch im Urin von Arbeitnehmern von Karosseriebetrieben entdeckt wurde, die keine Spritzlackierarbeiten durchführen.

Abschliessend lässt sich sagen, dass bei den im Rahmen dieser Untersuchung befragten Arbeitnehmern insgesamt nur ein geringes Bewusstsein über die Auswirkungen von Isocyanaten auf die Gesundheit vorhanden ist. Eine Sensibilisierung für dieses Thema muss nicht nur bei den Lackierern erfolgen, sondern auch bei den Arbeitnehmern, die in der Karosseriewerkstatt arbeiten und nicht direkt wie die Lackierer mit Isocyanaten in Kontakt kommen.

6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Im Anschluss an dieses Projekt konnten offensichtliche und klare Empfehlungen formuliert und an Experten weitergeleitet werden, um eine bessere Prävention im Rahmen der in Karosseriebetrieben durchgeführten Kontrollen zu erreichen.

Unsere Ausgangsannahme, die besagte, dass unter realen Bedingungen am Arbeitsplatz die Art des Atemschutzes nicht geeignet ist, da es zu viele Expositions determinanten gibt, die die Exposition von Karosseriearbeitern gegenüber Isocyanaten am Arbeitsplatz beeinflussen können, konnte durch unsere Beobachtungen und die Ergebnisse, die während der Messungen in diesen 31 Karosseriebetrieben zwischen August 2016 und Mai 2017 ermittelt wurden, bestätigt werden.

Wir können daraus ableiten, dass die Einhaltung der MAK-Werte/KZGW für Isocyanate in Spritzkabine von zahlreichen Faktoren abhängt, z. B.

- von der einwandfreien Funktionsweise der Spritzkabine (die verhindert, dass die HDI-Konzentration während der Arbeit zu stark ansteigt);
- von der Einhaltung der Wartezeit nach dem Spritzlackieren (wobei die Nichteinhaltung einer direkten Exposition ohne Schutz entspricht);
- von der Dauer des Spritzlackierens;
- von der Wirksamkeit und dem korrekten Tragen der PSA (für Masken mit Filterpatronen sind die Häufigkeit des Austauschs der Filter, der Bartwuchs, der Austausch der Maske Faktoren, die sich erheblich auf die Wirksamkeit auswirken).

Darüber hinaus darf man nicht vergessen, dass Isocyanate Sensibilisatoren sind und dass eine Person bei Konzentrationen, die deutlich unter dem MAK-Wert/KZGW liegen, eine Sensibilität gegen diese Substanzen entwickeln kann.

Infolgedessen sind die drei wichtigen Botschaften, die sich für betroffene Unternehmen und Arbeitnehmer aus diesem Projekt ergeben:

- Spritzlackieren in der Kabine nur mit einer isolierenden Atemschutzgerät oder mit einem Gebläsefiltergerät – Masken mit Filterpatronen oder Halbmasken müssen verboten werden: Die Variabilität der gemessenen HDI-Konzentrationen in der Luft ist zu gross, um die Einhaltung der MAK-Werte/KZGW mit einer Halbmaske mit Filter sicherzustellen (Schutzfaktor = das 10-Fache des MAK-Werts); das Tragen eines Atemschutzes gemäss der Suva-Empfehlung Nr. 44054 entspricht dem aktuellen Kenntnisstand und dem aktuellen Stand der Technik; Gleiches gilt für das Einhalten einer Mindestwartezeit (10 Minuten – abhängig von der einwandfreien Funktionsweise der Kabine) vor jeder Aktivität ohne Atemschutz in der Kabine (einschliesslich des Abnehmen des Helms für die Durchführung der Qualitätskontrolle während des Spritzlackierens); die Wartezeit wird an der Zugangstür zur Kabine angezeigt.
- Der Schutz der Haut beim Einsatz von isocyanathaltigen Produkten ist ein zentrales Thema, da wenige Karosseriebetriebe ein Konzept für den Hautschutz eingerichtet haben; dies betrifft insbesondere das Tragen von Handschuhen, von langärmeliger Kleidung und von Schutzbrillen während der Spritzlackierarbeiten (im Falle der Nutzung von Halbmasken);
- Grundierungsarbeiten mit der Spritzpistole in der Werkstatt sind im Hinblick auf die Gesundheit der Arbeitnehmer nicht tolerierbar. Es ist daher erforderlich, Karosseriebetriebe davon abzubringen, diese Art der Aktivitäten fortzusetzen, sofern sie nicht über einen Vorbereitungsbereich oder eine andere Einrichtung zur Absaugung von Schadstoffen verfügen.

Und schliesslich sollten für Mischräume die nachfolgenden Mindestempfehlungen eingehalten und umgesetzt werden, um eine minimale Exposition gegenüber vorhandenen Lösemitteln sicherzustellen:

- natürliche oder künstliche Lüftung gemäss EKAS Richtlinie 1825;
- im Wesentlichen Ex-geschützter Raum (die Waage und der Computer, die zur Zubereitung dienen, können toleriert werden);
- höher gelegte Leuchten (und Wandsteckdosen) (ausserhalb des Ex-Bereichs) mit Trennschalter aussen;
- geschlossene Reinigungsbecken, die in einiger Entfernung von elektrischen Geräten aufgestellt sind;

- ordnungsgemäss an die Lüftung/Absaugung angeschlossene Reinigungsgeräte (lokale Absaugung);
- automatischer Türschliesser für die Tür zum Vorbereitungsraum;
- Tragen geeigneter Schutzhandschuhe (z. B. Nitrilhandschuhe) für die Handhabung/Vorbereitung der Produkte;
- Tragen von Handschuhen und Brille (gemäss Herstellerangaben) für die Reinigung der Werkzeuge mit den zu diesem Zweck vorgesehenen Geräten;
- Bereitstellung des Suva-Dokuments Nr. 44054 und einer Zusammenfassung der Sicherheitsdatenblätter der am häufigsten genutzten Produkte für die gesamte Belegschaft;
- Tragen des vorgeschriebenen Atemschutzes während der Vorbereitungsarbeiten und vor allem während der Reinigung der Werkzeuge.

Aus medizinischer Sicht können wir folgern, dass:

- die befragten Arbeitnehmer sich insgesamt der Auswirkungen der Isocyanate auf ihre Gesundheit wenig bewusst sind;
- die HDA-Werte im Urin, die bei Arbeitsende eine Bewertung der Intensität der Exposition am Tag ermöglichen, zu 50 % über den Werten der nicht exponierten allgemeinen Bevölkerung liegen;
- ca. einer von fünf Arbeitnehmern über HNO-Symptome oder Hautreizungen klagt, die im zeitlichen Zusammenhang mit der Arbeit stehen.

Die Literatur und epidemiologische Untersuchungen bestätigen, dass durch Isocyanate ausgelöstes Asthma Realität ist und dass eine Früherkennung von grösster Wichtigkeit ist.

Daher müssten sich Arbeitnehmer, die Isocyanaten ausgesetzt sind, regelmässigen medizinischen Untersuchungen unterziehen, um eine möglichst frühe Diagnose zu ermöglichen. Diese medizinische Überwachung muss umfassend sein. Zurzeit existieren keine zuverlässigen Tests, um gefährdete Arbeitnehmer ausmachen zu können. Die Arbeitnehmer müssen daher sorgfältig auf das Auftreten jeglicher Atem- oder Hautprobleme achten.

Folglich muss bei Lackierern sowie bei den Arbeitnehmern, die sich in der Karosseriewerkstatt aufhalten und nicht direkt wie die Lackierer mit den isocyanathaltigen Produkten in Kontakt kommen, ein Bewusstsein für die Auswirkungen von Isocyanaten auf die Atemwege und die Haut geschaffen werden. Hierdurch muss es den Arbeitnehmern möglich werden, klinische Anzeichen schnell zu erkennen, um gegebenenfalls einen Arzt zu konsultieren

Durch eine Änderung des Verhaltens und der Arbeitsweise kann die Gefahr von:

- Hautreizungen durch das Tragen von geeigneten und angemessenen Handschuhen gemindert werden, wobei man nicht vergessen darf, sich nach dem Umgang mit Lacken und vor dem Trinken, Essen oder Rauchen die Hände zu waschen;
- Problemen mit den Atemwegen durch das Tragen von geeigneten Masken gemindert werden.

Schliesslich muss man auch die so genannten empfindlichen Arbeitnehmer berücksichtigen, die potenziell in den Karosseriebetrieben anwesend sein können. Denn:

- Substanzen auf der Basis von Isocyanaten, die in Härtern enthalten sind, sowie Lösemittel, die für die Vorbereitung und Reinigung verwendet werden, sind Substanzen, die für eine Schwangere und/oder das ungeborene Kind gefährlich sein können. Die Mutterschutzverordnung, genauer gesagt Artikel 13, verlangt, dass sichergestellt sein muss, dass die Exposition gegenüber Gefahrstoffen zu keinen Schädigungen für Mutter und Kind führt und dass insbesondere die in der Grenzwertliste der SUVA festgelegten Expositionsgrenzwerte einzuhalten sind.
- Die Exposition gegenüber Substanzen auf der Basis von Isocyanaten, die in Härtern enthalten sind, sowie die Verwendung von Produkten für die Vorbereitung und Reinigung stellen gefährliche Arbeiten dar. Es ist untersagt, junge Auszubildende unter 18 Jahren für diese Arbeiten einzustellen (Art. 4 Abs. 1 der Verordnung 5 zum Arbeitsgesetz (Jugendarbeitsschutzverordnung – ArGV5 – SR 822.115). Im Rahmen der beruflichen Ausbildung müssen begleitende Massnahmen, die für den Auszubildenden in Anhang 2 zum Ausbildungsplan vorgesehen sind, unbedingt ab dem ersten Ausbildungsjahr umgesetzt werden. Diese Schutzmassnahmen fallen zum grössten Teil mit den oben genannten Schutzmassnahmen zusammen.

Peseux, Januar 2018