

Abschlussbericht zum Vorhaben

„ Erweiterung der Anwendungsbereiche von
GESTIS-Stoffenmanager® und
Stoffenmanager® zur nicht-
messtechnischen Modellierung der
Expositionen gegenüber alveolengängigen
Stäuben (A-Staub)“ (FP459)

Laufzeit

01.01.2021 – 31.12.2023

Bericht vom 29.03.2024

Autoren

Henri Heussen & Hicham Zilaout
(Cosanta BV)

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung deutsch

Kurzfassung englisch

1. Problemstellung

2. Forschungszweck/-ziel

3. Methodik

4. Ergebnisse des Gesamtvorhabens

5. Auflistung der für das Vorhaben relevanten Veröffentlichungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte von nicht am Vorhaben beteiligten Forschungsstellen

6. Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungszwecks/-ziels, Schlussfolgerungen

7. Aktueller Umsetzungs- und Verwertungsplan

8. Anhang/Anhänge

Unterschriftenseite verpflichtend für Kooperationsprojekte

Kurzfassung deutsch

Ziele

Stoffenmanager® ist ein quantitatives Inhalations-Expositions-Tool für Arbeitsschutz und REACH, das (inter)national von lokalen Regierungen und der EU anerkannt ist. Es wurden drei neue generische Modelle zur quantitativen Vorhersage der Exposition gegenüber alveolengängigen Stäuben (A-Staub) und alveolengängigem Quarz entwickelt, um die Arbeitnehmer in der Chemischen, Metallverarbeitungs- und Bauindustrie vor den damit verbundenen Gesundheitsrisiken zu schützen.

Methoden

Expositionsdaten einschließlich umfassender Kontextinformationen wurden aus der IFA-Expositionsdatenbank MEGA extrahiert. Für die Messwerte wurden Stoffenmanager®-Scores berechnet. Für jedes quantitative Modell wurden die Expositionsdaten in Kalibrierungs- und Validierungsdatensätze aufgeteilt. Anschließend wurden ein Modell mit gemischten Effekten angewandt, um quantitative Regressionsgleichungen abzuleiten. Spearman-Korrelationskoeffizienten wurden berechnet, um die Beziehung zwischen den mit Hilfe der neuen Regressionsgleichungen geschätzten Konzentrationen und den gemessenen Expositionskonzentrationen zu untersuchen.

Ergebnisse

Für alle drei Modelle wurden insgesamt etwa 8000 hochwertige Expositionsmessungen extrahiert. Die Stoffenmanager®-Scores wurden mit den Expositionsmessungen verglichen und die berechneten Spearman-Koeffizienten zeigten eine positive Beziehung für alle Algorithmen. Die Korrelationen zwischen beobachteten und geschätzten Expositionen lagen zwischen $r=0,40$ und $r=0,71$. Der Anteil der Messungen über dem 50. und 90. Perzentil wurde als Maß für die Konservativität der Modelle berechnet. Sie schwankten um 50 % bzw. 10 %.

Diskussion

Die große Menge an Expositionsdaten, die gute Korrelation und der Grad der Konservativität deuten darauf hin, dass die drei innovativen Modelle ausreichen, um in GESTIS-Stoffenmanager® implementiert zu werden und dessen Anwendungsbereich zu erweitern. Die neuen Modelle dienen der Verbesserung der Gesundheit von Arbeitnehmern durch die Verringerung der beruflichen Exposition gegenüber lungengängigem Staub und Quarz.

Kurzfassung englisch

Goals

Stoffenmanager® is a quantitative inhalation exposure tool for OSH and REACH, (inter)nationally recognized by local governments and the EU. Three novel generic models to quantitatively predict exposure to respirable dust and respirable quartz were developed, aiming to protect workers from associated health risks within formulating, metal manufacturing and construction industries.

Methods

Exposure data including comprehensive contextual information were extracted from the IFA exposure database MEGA. Stoffenmanager® scores were calculated for the measurement values. For each quantitative model exposure data were segregated into calibration and validation datasets. Subsequently, mixed effect models were applied to derive quantitative regression equations. Spearman correlation coefficients were calculated to study the relation between concentrations estimated with use of new regression equations and measured exposure concentrations.

Results

A total of approximately 8000 good quality exposure measurements were extracted for all three models. Stoffenmanager® scores were compared with exposure measurements and the calculated spearman coefficients showed a positive relationship for all algorithms. Correlations between observed and estimated exposures ranged between $r=0.40$ and $r=0.71$. Proportions of measurements above the 50th and 90th percentile were calculated, as a measure for conservatism of the models. They varied around 50% and 10% respectively.

Discussion and conclusion

The substantial amount of exposure data, the good correlation and the level of conservatism indicate that the three innovative models are sufficient to be implemented in GESTIS-Stoffenmanager® to expand its applicability domain. The new models serve to improve workers' health by reducing occupational exposure to respirable dust and quartz.

1. Problemstellung

Betriebe sind nach Gefahrstoffverordnung verpflichtet, eine Gefährdungsbeurteilung am Arbeitsplatz zu gefährlichen chemischen Substanzen (Gefahrstoffen) durchzuführen und ihre Mitarbeitenden über die Ergebnisse und die daraus abgeleiteten Schutz- und Verhaltensmaßnahmen zu informieren. Hierbei sind insbesondere auch krebserzeugende Stoffe zu berücksichtigen, da Expositionen gegenüber diesen Gefahrstoffen besonders gravierende Langzeitfolgen für die Beschäftigten haben können. Zur Ermittlung der möglichen Belastung der Beschäftigten durch Gefahrstoffe muss deren Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 402 ermittelt werden. Nach Abschnitt 4.4 „Methoden zur Ermittlung der inhalativen Exposition“ der TRGS 402 sollen hierzu validierte messtechnische oder nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden eingesetzt werden.

Die Unfallversicherungsträger (UVT) unterstützen die Betriebe hierbei sowie bei der Auswahl und Umsetzung geeigneter Präventionsmaßnahmen. Die Ermittlung der Exposition gegenüber Gefahrstoffen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung erfolgt in der Regel durch die Messung der Gefahrstoffkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz. Solche Gefahrstoffmessungen sind aufwendig und die Ergebnisse der Analysen stehen den Akteuren in den Betrieben sowie den Aufsichtspersonen der UVT nicht sofort zur Beratung in den Betrieben zur Verfügung. Nichtmesstechnische Expositionsermittlungen können Messungen an Arbeitsplätzen ergänzen, bei deren Planung helfen oder sogar Messungen ersetzen. Zusätzlich bietet eine nichtmesstechnische Expositionsermittlung den UVT die Möglichkeit, bei der Bearbeitung von Berufskrankheiten-Verfahren frühere Expositionen, für die ggf. keine Messwerte vorliegen, abzuschätzen.

Eine Möglichkeit der nichtmesstechnischen Ermittlung der Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz sind gesetzlich anerkannte, validierte Expositionsmodelle. Ein Expositionsmodell kann dabei ein von Fachleuten entwickeltes und getestetes statistisches Regressionsmodell sein, das aufgrund bestimmter Arbeitsplatz- und Tätigkeitsparameter – z. B. Staubigkeit des verwendeten Produkts oder Dampfdruck von Flüssigkeiten aber auch Angaben zur Lüftung des Raums und zur Erfassung von Emissionen – die Exposition gegenüber einem Gefahrstoff am Arbeitsplatz abschätzt.

GESTIS-Stoffenmanager®, die deutsche Basisversion des Stoffenmanager®, die Betrieben seitens der DGUV und des IFA seit 2011 kostenlos zur Verfügung gestellt wird, ist ebenso wie Stoffenmanager® ein innovatives online-Gefahrstoffmanagementtool. Beide beinhalten derartige Expositionsmodelle, mit denen die Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz nichtmesstechnisch in mg/m^3 ermittelt werden kann. Die beiden Tools können bereits jetzt im Bereich der Verarbeitung flüssiger Gefahrstoffe, zur Abschätzung der einatembaren Staubfraktion beim Umgang mit Pulvern und Granulaten sowie bei der Bearbeitung von Holz und Stein eingesetzt werden. Diese Expositionsmodelle sind mit tausenden von Messungen wissenschaftlich kalibriert und validiert.

Krebserzeugende Stoffe werden im GESTIS-Stoffenmanager® hervorgehoben und explizit gekennzeichnet. Somit steht ein online-Tool bereit, mit dem Unternehmen im ersten Schritt krebserzeugende Stoffe in ihrem Betrieb identifizieren können. Im zweiten Schritt kann dann für flüssige krebserzeugende Stoffe, wie z. B. Benzol, Trichlorethylen oder Hydrazin im Tool direkt, ohne zu messen, die geforderte Expositionsermittlung durchgeführt werden.

GESTIS-Stoffenmanager® ist in der aktuellen Version allerdings nicht für alle Tätigkeitsbereiche mit Feststoffen, bei denen staubförmige krebserzeugende Gefahrstoffe verwendet werden oder entstehen können, anwendbar. Genau hier setzt das Projekt an und soll nun zum 10-jährigen Bestehen des Gefahrstoffmanagementtools 2021 den

Anwendungsbereich beider Tools erweitern. Leitmotiv bei der Auswahl der neuen Tätigkeitsbereiche ist das Ziel der aktuellen 3. Periode der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie Gefährdungen am Arbeitsplatz durch krebserzeugende Gefahrstoffe zu minimieren und möglichst zu verhindern. Da in der alveolengängigen Staubfraktion (A-Stäube) krebserzeugende Stoffe enthalten sind oder bei der spanenden Bearbeitung von Metallen und der Bearbeitung quarzhaltigen Materials entstehen können, wurden für dieses Projekt folgende Anwendungsbereiche ausgewählt:

1. Kalibrierung und Validierung eines Expositionsmodells zu A-Stäuben und zu Quarz in A-Stäuben bei Tätigkeiten mit staubenden Produkten,
2. Kalibrierung und Validierung eines Expositionsmodells zu A-Stäuben bei der spanenden Bearbeitung von Metallen,
3. Kalibrierung und Validierung eines Expositionsmodells zu Quarz in A-Stäuben bei der mechanischen Bearbeitung von Stein.

2. Forschungszweck/-ziel

Das Ziel dieses Projekts ist die Erweiterung der Möglichkeiten der nichtmesstechnischen Expositionsermittlung im GESTIS-Stoffenmanager® und Stoffenmanager® für die Unterstützung bei der Gefährdungsbeurteilung und zur Dokumentation, vor allem bei möglichen Expositionen gegenüber krebserzeugenden Gefahrstoffen. Diese Erweiterung der Möglichkeiten soll durch die Entwicklung neuer Modellgleichungen für die Abschätzung der Exposition gegenüber der alveolengängigen Staubfraktion (A-Staub) beim Umgang mit Pulvern und Granulaten – insbesondere auch quarzhaltigen – sowie bei der spanenden Bearbeitung von Metallen und der mechanischen Bearbeitung von quarzhaltigem Material erfolgen. Die neu entwickelten Modellgleichungen sollen in die Softwaretools GESTIS-Stoffenmanager® und Stoffenmanager® integriert werden. Außerdem werden sie auf nationalen und internationalen Tagungen präsentiert sowie national und international publiziert und damit der wissenschaftlichen Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Mit der Integration der neuen Expositionsmodelle in die Softwaretools sind sie sofort im Arbeitsschutz anwendbar. Aufsichtspersonen der Unfallversicherungsträger (UVT), Präventionsfachkräfte der Länder und auch Sicherheitsfachkräfte in den Betrieben können die Software verwenden, um Betriebe zu beraten. Zusätzlich können bei der Bearbeitung von Berufskrankheiten-Verfahren frühere Expositionen, für die ggf. keine Messwerte vorliegen, abgeschätzt werden. Hierdurch wird, gerade für die betroffenen UVT, der Einsatz des GESTIS-Stoffenmanager® auch für die Anwendung bei der BK-Ermittlung um wichtige Anwendungsgebiete erweitert.

3. Methodik

Das Projekt war ursprünglich für eine Laufzeit von zwei Jahren geplant und wurde um ein weiteres Jahr verlängert. Es gab keine weiteren Verzögerungen: alle Arbeitspakete wurden abgeschlossen. Das Projekt ist in 5 Arbeitspakete unterteilt, die weitgehend nacheinander abgearbeitet wurden. Die verschiedenen Arbeitspakete sind in Teilpakete unterteilt, die genauer definieren, welche Aufgabe in welchem Zeitraum zu erledigen ist.

WP1: Forschung, Stand des Wissens

WP2: Sammlung und Aufbereitung von Expositionsdaten und Kalibrierung der neuen Expositionsmodelle

WP3: Validierung der neuen Expositionsmodelle

WP4: Implementierung in die webbasierten Tools GESTIS-Stoffenmanager® und Stoffenmanager®.

WP5: Verbreitung der Ergebnisse, Veröffentlichung

WP6: Projektleitung

WP1: Forschung, Stand des Wissens

Für Algorithmus 1, 2 und 3 wurde eine umfassende Literaturrecherche in mehreren wissenschaftlichen Online-Datenbanken durchgeführt, darunter Pubmed, Scopus, Elsevier, SpringerLink, WileyOnlineLibrary und Google Scholar. Die Ergebnisse der Literaturrecherche führten zu mehreren Veröffentlichungen für alle Algorithmen und können daher als abgeschlossen und erfolgreich betrachtet werden.

WP2: Sammlung und Aufbereitung von Expositionsdaten und Kalibrierung der neuen Expositionsmodelle

2.1 Recherche in MEGA und Kodierung von Modellparametern

Dieses Arbeitspaket erforderte eine detaillierte Recherche in der IFA-Expositionsdatenbank MEGA. Zu den neuen Expositionsmodellen passende, in MEGA dokumentierte Expositionsdaten wurden ausgewählt und extrahiert. Die extrahierten Daten wurden einem der drei neuen Algorithmen zugeordnet. Die Datenextraktion wurde im IFA manuell durchgeführt, was einen erheblichen Zeitaufwand für diese Phase des Projekts bedeutete.

So müssen für die nichtmesstechnische Expositionsabschätzung in Stoffenmanager® Angaben zum eingesetzten Produkt, dem durchgeführten Arbeitsprozess und dem Arbeitsplatz gemacht werden. Diese Informationen können entweder direkt aus den in MEGA gespeicherten Variablen als Modellparameter übernommen werden oder es müssen mehrere Variablen zu Modellparametern kombiniert und verknüpft werden. Einige Informationen können auch nur mittels aufwändiger Textrecherche in Freitextfeldern eingeordnet und in Modellparameter transferiert werden. Der Quarzgehalt des eingesetzten Materials war z. B. entweder direkt in MEGA dokumentiert oder er musste über den Namen des Materials (z. B. Miltenberger Bundsandstein) im Internet oder im IFA-Handbuch recherchiert werden.

Nachdem die Daten extrahiert und gesammelt worden waren, wurden sie einer Qualitätskontrolle unterzogen, bevor sie für die Berechnung der Stoffenmanager Scores und die statistische Analyse verwendet wurden. Für jeden der drei Algorithmen wurden die Expositionsdaten im Verhältnis 60:40 zufällig in Kalibrierungs- und Validierungsdatensätze aufgeteilt.

2.2: Recherche nach weiteren Datenquellen, falls erforderlich

Neben MEGA als Datenquelle für die Erstellung neuer Berechnungsalgorithmen wurde nach weiteren Datenquellen recherchiert, um ein möglichst breites Spektrum an Messdaten zur Verfügung zu haben. Zusätzliche Datenquellen waren durch Kontakte zu Industrievertretern und Autoren wissenschaftlicher Veröffentlichungen verfügbar. Dabei

handelt es sich um Messdaten aus dem niederländischen Bausektor und um eine von einer kanadischen Forschungsgruppe zusammengestellte Messdatenbank, die ebenfalls Messdaten aus dem Bausektor enthält.

2.3: Implementierung der neuen Algorithmen in die Stoffenmanager® Forschungsplattform „Model Research & Validation“ (MRV)

Cosanta implementierte die neuen Algorithmen 1, 2 und 3 in der Stoffenmanager® Forschungsplattform (MRV). Mit der Hilfe der MRV-Modelle können dann in WP 2.4 Stoffenmanager® Scores auf der Basis der in WP 2.1 extrahierten Expositionsdaten berechnet werden.

2.4: Berechnung der "Stoffenmanager® Scores" auf der Forschungsplattform (MRV)

Für alle Algorithmen wird der Gesamtexpositionsscore mit Hilfe der MRV-Modelle berechnet. Der Gesamtscore ist die Summe der Scores für die Near- und Farfieldquellen sowie die diffuse Hintergrundbelastung, angepasst um einen Faktor für eine mögliche Abschirmung des Arbeitnehmers von der Quelle.

2.5: Kalibrierung der neuen Expositionsmodelle

Dies ist der letzte Schritt zur Ableitung der neuen Expositionsmodelle und beinhaltet die Regressionsanalyse zwischen den in WP 2.4 ermittelten Stoffenmanager®-Scores und den in WP 2.1 ermittelten Expositionsdaten. Mit Hilfe der ermittelten Regressionsgleichungen kann dann das Expositionsniveau in mg/m^3 für die neuen Arbeitstätigkeiten bestimmt werden.

Um Expositionskonzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze zu berücksichtigen, wurden Imputationsverfahren durchgeführt. Es stehen jedoch verschiedene Imputationsverfahren zur Verfügung, die unterschiedliche Ergebnisse liefern und zu Verzerrungen führen können. Um die beste Methode zu ermitteln, war eine Literaturrecherche erforderlich. Die aus der Literaturrecherche gewonnenen Imputationstechniken wurden verglichen und die beste Methode wurde angewandt. Das gewählte Verfahren zur Berücksichtigung von Messergebnissen unterhalb der Nachweisgrenze beinhaltet die Verwendung der Maximum-Likelihood-Methode (ML-Methode). Dabei wird derjenige Wert als Schätzung ausgewählt, gemäß dessen Verteilung die beobachtete Stichprobe am wahrscheinlichsten erscheint. Darüber hinaus hat es sich gezeigt, dass die ML-Methode weniger verzerrte Schätzungen, eine geringere Fehlerquote und zuverlässige deskriptive Statistiken liefert. Die Literaturrecherche zu den Imputationen und ihrer Anwendung hat einige Zeit in Anspruch genommen, zumal dies das erste Mal ist, dass solche Techniken eingesetzt werden, um bessere, ausgewogene Daten für die Entwicklung von Algorithmen für GESTIS-Stoffenmanager® und Stoffenmanager® zu liefern. Das Gleiche gilt für die Techniken zur Identifikation von Ausreißern. Um eventuelle Ausreißer zu finden, wurden in Bezug auf die Regression einflussreiche Punkte, sogenannte Hebelwerte, mittels des Cook-Abstands gesucht.

Regressionsmodelle mit gemischten Effekten wurden verwendet, um die Beziehung zwischen den neuen Stoffenmanager-Scores und den Expositionsmessungen weiter zu untersuchen. Der natürliche Logarithmus der Expositionsdaten wurde als abhängige Variable und der Logarithmus des Stoffenmanager-Scores und der bemessene Betrieb als unabhängige Variable verwendet. Dabei wurde der Stoffenmanager Score als fixer Effekt im Modell berücksichtigt, der bemessene Betrieb als zufälliger Effekt. Für alle Algorithmen wurden Kalibrierungen durch Berechnung des Achsenabschnitts und der Steigung durchgeführt. Die sich daraus ergebenden Regressionsgleichungen ermöglichen die Vorhersage des geometrischen Mittelwerts der Exposition und die Vorhersage beliebiger Perzentile der Verteilung für einen bestimmten Stoffenmanager-Score.

WP3: Validierung der neuen Expositionsmodelle

Nach der Kalibrierung der neuen Expositionsmodelle im Rahmen von WP2 dieses Projekts wurden die neuen Modelle mit Hilfe der Expositionsdaten aus der Datenbank MEGA validiert. Zu diesem Zweck wurden für die in WP 2.1 erstellten Validierungsdatensätze unter Verwendung der neuen Regressionsgleichungen Schätzungen in mg/m^3 berechnet. Anschließend wurden Spearman-Korrelationskoeffizienten berechnet, um die Beziehung zwischen den geschätzten Konzentrationen, die mit Hilfe der neuen Regressionsgleichungen berechnet wurden, und den gemessenen Expositionskonzentrationen aus dem Validierungsdatensatz zu untersuchen. Außerdem wurde zur Überprüfung der Konservativität der neuen Modelle der Anteil an Messwerten ermittelt der über dem abgeschätzten 50. und 90. Perzentil liegt. Für eine hinreichende Konservativität sollten diese Anteile höchstens 50% bzw. höchstens 10% betragen.

Wenn die Validierung in WP 3.2 eine unzureichende Korrelation zwischen den gemessenen Werten und den mit den neuen Stoffenmanager®-Algorithmen abgeschätzten Expositionshöhen oder eine unzureichende Konservativität für das Expositions-Tool zeigen würde, würden in WP 3.3 neue Regressionsanalysen durchgeführt, um die abgeleiteten Expositionsmodelle, die nicht ausreichend genau und/oder nicht konservativ genug sind, neu zu kalibrieren.

WP4: Implementierung in die webbasierten Tools GESTIS-Stoffenmanager® und Stoffenmanager®.

Die neuen Expositionsmodelle werden in den bestehenden Softwaretools GESTIS-Stoffenmanager® und Stoffenmanager® implementiert. In WP 4.1 werden die neuen Expositionsmodelle zunächst in drei geeignete IT-Modelle übersetzt. In AP 4.2 wird dann eine detaillierte Analyse für die notwendige Implementierung der neuen IT-Algorithmen in die bestehende Software durchgeführt (Vergleich der alten und neuen IT-Umgebung). Anschließend werden die bestehenden Modellparameterlisten in die Benutzeroberflächen übersetzt, wie sie im aktuellen GESTIS Stoffenmanager® und Stoffenmanager®⁹ verwendet werden. Im AP 4.3 werden Testszenarien für die neuen Benutzeroberflächen und Module aufgebaut, automatisierte Tests entwickelt, die Testumgebung erstellt und die verschiedenen neuen Module differenziert getestet.

WP5: Verbreitung der Ergebnisse, Veröffentlichung

Die Ziele und Ergebnisse des Projekts sollen im Rahmen von Vorträgen und Posterpräsentationen auf verschiedenen nationalen und internationalen, wissenschaftlichen und praxisorientierten Konferenzen und Kongressen vorgestellt werden, z. B. auf den Konferenzen AIRMON, IOHA, Inhaled particles und ISES. Darüber hinaus ist es geplant die Methodik und die Ergebnisse des Forschungsprojekts in nationalen und internationalen Fachzeitschriften zu veröffentlichen.

Zusätzliche Arbeiten:

Neukalibrierung bestehender E-Staub-Algorithmen zur Einbeziehung neuer lokaler Kontrollmaßnahmen

Zusätzlich zu den Arbeiten in den Arbeitspaketen WP 1 – WP 6 wurden parallel folgende Arbeiten durchgeführt. Mit den neuen Algorithmen für alveolengängige Stäube wurden zusätzliche lokale Expositions-minderungsmaßnahmen zu Stoffenmanager® hinzugefügt. Um diese auch für die bereits vor dem Projekt bestehenden Algorithmen für einatembare Stäube nutzen zu können, mussten die E-Staub-Algorithmen für das Baugewerbe (Algorithmus 3) und die Chemische Industrie (Algorithmus 1) neu kalibriert werden. Hierzu wurden zu den schon im Projekt verwendeten A-Staub-Messungen parallele Messungen zu einatembarem Staub aus der MEGA-Datenbank ausgewählt.

4. Ergebnisse des Gesamtvorhabens

WP1: Forschung, Stand des Wissens

Für Algorithmus 1, 2 und 3 wurde eine umfassende Literaturrecherche in mehreren wissenschaftlichen Online-Datenbanken durchgeführt, darunter Pubmed, Scopus, Elsevier, SpringerLink, WileyOnlineLibrary und Google Scholar. Bei allen Recherchen wurde das Veröffentlichungsdatum auf die letzten 20 Jahre beschränkt. Es gab keine Einschränkungen in Bezug auf die Sprache oder die Art der Manuskripte, obwohl alle Suchbegriffe auf Englisch waren. Nach Schlüsselwörtern wurde in Titeln, Zusammenfassungen und Volltexten gesucht. Bei der ersten Suche wurden mehr als 15.000 Artikel gefunden, allerdings waren die meisten Artikel medizinisch orientiert und nicht spezifisch genug. Bei der zweiten Suche, bei der spezifischere Schlüsselwörter und/oder Begriffskombinationen verwendet wurden, wurden insgesamt 206 Artikel nach nützlichen Inhalten durchsucht. Insgesamt wurden 48 Artikel für die Algorithmen 1 und 3 ausgewählt. Für Algorithmus 2 (Metallbearbeitung) war die Literatursuche dagegen weniger erfolgreich. Es war schwierig, relevante Literatur zu diesem Thema zu finden. Dank der wertvollen Rückmeldungen der deutschen Berufsgenossenschaften wurde eine Literaturrecherche für Emissionsraten durchgeführt, wobei unter Verwendung neuer Schlüsselwörter, die Werkzeuge und nicht nur Tätigkeiten berücksichtigten, erfolgreich relevante Literatur gefunden wurde. Schließlich wurden 29 Artikel, darunter auch Informationen zu 179 relevante Messungen, ausgewählt, die den Kriterien entsprachen. Die Informationen aus den Veröffentlichungen wurden verwendet, um Scores für die Tätigkeiten abzuleiten, die von den neuen Algorithmen abgedeckt werden.

WP2: Sammlung und Aufbereitung von Expositionsdaten und Kalibrierung der neuen Expositionsmodelle

2.1: Recherche in MEGA und Kodierung von Modellparametern:

Zunächst wurden nach einer umfassenden Suche aus der MEGA-Datenbank insgesamt etwa 57.000 Messdaten exportiert, darunter 23.943, 12.766 bzw. 20.173 Messdatensätze für Algorithmus 1, 2 bzw. 3. Für jeden neuen Algorithmus wurde ein Kodierungsprotokoll erstellt. In diesem wird beschrieben, wie Informationen aus der MEGA-Datenbank in Stoffenmanager®-Eingabeparameter übersetzt wurden.

2.2: Recherche nach weiteren Datenquellen, falls erforderlich

Neben der IFA Expositionsdatenbank MEGA als Datenquelle für die Entwicklung neuer Berechnungsalgorithmen wurde auch in anderen Datenquellen recherchiert, um ein möglichst breites Spektrum an Messdaten zur Verfügung zu haben. Aus der kanadischen Messdatenbank und aus niederländischen Berichten mit Messdaten aus dem Bausektor wurden Datensätze mit 253 und 148 Szenarien ausgewählt. Nach dem Kodierungsverfahren wurden die Scores manuell berechnet. Leider war die Korrelation zwischen den Stoffenmanager®-Scores und den ausgewählten Messdaten schlecht und nicht wie erhofft ausreichend. Es wurde beschlossen, diese Daten von der weiteren statistischen Analyse auszuschließen.

2.3: Implementierung der neuen Algorithmen in die Stoffenmanager® Forschungsplattform „Model Research & Validation“ (MRV)

Die IT-Abteilung von Cosanta hat die Forschungsplattform Stoffenmanager® Model Research & Validation (MRV) für die Score-Berechnung entwickelt. Die neuen Algorithmen 1, 2 und 3 sind in der Stoffenmanager® Research Plattform

(MRV) implementiert. Für jeden Algorithmus wurde ein funktionales Design für die Implementierung in MRV erstellt. Nach der Implementierung wurden alle Modelle getestet, um zu prüfen, ob die Ergebnisse von MRV korrekt sind und mit den Ergebnissen der manuellen Berechnungen übereinstimmen.

2.4: Berechnung der "Stoffenmanager® Scores" auf der Forschungsplattform:

Für Algorithmus 1 (A-Staub) wurden insgesamt 988 Messungen aus 350 verschiedenen Unternehmen ausgewählt und die entsprechenden Werte in MRV berechnet. Alle Szenarien deckten die für Stoffenmanager® benötigten Parameter ab, wie z.B. Produktinformationen (intrinsische Emission), durchgeführte Tätigkeit, Entfernung zur Emissionsquelle, Raumvolumen, allgemeine Belüftung, tägliche Reinigung und Inspektionen, Kontrollmaßnahmen (Erfassungseinrichtungen) und Schutz der Mitarbeiter. Das gleiche Verfahren wurde für die ausgewählten 2.032 (835 Unternehmen), 3.673 (324 Unternehmen) bzw. 3.044 (180 Unternehmen) Datensätze für Algorithmus 2, Algorithmus 3 (A-Staub) bzw. Algorithmus 3 (alveolengängiger Quarz) angewendet.

Wie bereits erwähnt, erfolgte die Berechnung manuell und war daher sehr zeitaufwändig. Um dieses Problem in der aktuellen Studie und in Zukunft zu überwinden, ist es der Stoffenmanager® IT-Abteilung gelungen, ein Tool zu entwickeln, das die Berechnung der Scores automatisiert.

2.5: Kalibrierung der neuen Expositionsmodelle

In jedem Datensatz wurde die Methode der Imputation verwendet, um Expositionskonzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze zu schätzen. Diese Methode wurde zum ersten Mal durchgeführt, um bessere Modelle für GESTIS-Stoffenmanager® und Stoffenmanager® zu entwickeln. Insgesamt mussten 38 %, 51 %, 38 % bzw. 42 % der Datenpunkte für Algorithmus 1, Algorithmus 2, Algorithmus 3 (A-Staub) bzw. Algorithmus 3 (alveolengängiger Quarz) imputiert werden. Nach der Imputation scheinen die Datenpunkte gleichmäßiger über die Regressionslinie verteilt und stärker entlang dieser Linie konzentriert zu sein.

Mittels des Cook-Abstands wurden 43, 202 bzw. 165 potenzielle Hebelwerte (Cooks-Distanz > 0,004) für Algorithmus 1, 2 bzw. 3 (A-Staub) ermittelt. Anschließend wurden für alle Algorithmen Spearman-Korrelationskoeffizienten berechnet, um den Zusammenhang zwischen den Stoffenmanager®-Scores und den gemessenen Expositionskonzentrationen zu untersuchen. Zunächst zeigten die Ergebnisse positive Trends für Algorithmus 1, aber die Korrelation war nicht ausreichend, um mit den nächsten Schritten fortzufahren. Darüber hinaus wurde bei der Auftragung der Konzentrationen gegenüber den Stoffenmanager®-Scores eine hohe Variabilität beobachtet.

Das IFA-Forschungsteam und Cosanta beschlossen, die Daten aus MEGA zu überprüfen und falls nötig zu überarbeiten, insbesondere Szenarien mit bestimmten Angaben zu lokalen Expositionskontrollmaßnahmen, wie z. B. „(teilweise) Einhausung mit LEV“. Außerdem wurden die Scores für die Tätigkeit, das Raumvolumen und die Belüftung überarbeitet. Die identifizierten potenziellen Hebelpunkte für Algorithmus 1 wurden manuell neu bewertet, und bei 16 Werten wurden Unstimmigkeiten in der Kodierung festgestellt, so dass diese Werte nicht für die Kalibrierung und Validierung verwendet wurden. Für Algorithmus 3 (A-Staub) wurden 148 Werte als inkonsistent in der Kodierung identifiziert. Nach der Überarbeitung wurden alle Datenpunkte für die weitere statistische Analyse verwendet. Das gleiche Verfahren der Neubewertung wurde für Algorithmus 2 und 3 (alveolengängiger Quarz) angewandt, bei denen 17 bzw. 202 potenzielle Hebelpunkte identifiziert wurden. Eine Überarbeitung wurde für 39 (Alg. 2) und 1 (Alg. 3 (Quarz)) Datenwerte durchgeführt. Dadurch konnten diese Werte für weitere Analyseschritte verwendet werden.

Anschließend wurden die Scores in MRV für alle Algorithmen einschließlich der überarbeiteten Datensätze neu berechnet und zusätzlich die Spearman-Korrelationsanalysen durchgeführt. Die neuen Ergebnisse zeigten stärkere Korrelationen zwischen den log-transformierten Stoffenmanager-Scores und den log-transformierten Expositionskonzentrationen als zuvor berechnet. Die Spearman Korrelationskoeffizienten liegen bei 0,47; 0,38; 0,38 bzw. 0,53 für Algorithmus 1, Algorithmus 2, Algorithmus 3 (A-Staub) bzw. Algorithmus 3 (alveolengängiger Quarz) .

Zur Ableitung der neuen Modelle wurden Regressionsmodelle mit gemischten Effekten verwendet. Dabei wurde der Stoffenmanager Score als fixer Effekt im Modell berücksichtigt, der bemessene Betrieb als zufälliger Effekt. Für alle Algorithmen wurden Kalibrierungen durch Berechnung des Achsenabschnitts und der Steigung durchgeführt. Die sich daraus ergebenden Regressionsgleichungen ermöglichen die Vorhersage des geometrischen Mittelwerts der Exposition und die Vorhersage beliebiger Perzentile der Verteilung für einen bestimmten Stoffenmanager-Score. Details zu den Ergebnissen können den im Anhang (8.6) eingefügten Folien aus einem Vortrag beim Workshop der International Society of Exposure Science (ISES) im März diesen Jahres entnommen werden.

WP3: Validierung der neuen Expositionsmodelle

Die Ergebnisse zeigten einen positiven Trend zwischen den geschätzten und den gemessenen Expositionskonzentrationen für alle Szenarien für alle Algorithmen, die zwischen $r = 0,40$ und $r = 0,71$ lagen. Der Grad der Konservativität der Algorithmen wird durch Berechnung des Anteils der Messungen, die das 50. und 90. Perzentil der Expositionsschätzungen der vorhergesagten Expositionsverteilung überschreiten, getestet. Sie schwankten um 50 % bzw. 10 %. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Modelle angemessen konservativ sind (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Anzahl Messwerte, Spearman-Korrelationskoeffizienten sowie die Anteile der Messwerte aus den Validierungsdatensätzen, die oberhalb der abgeschätzten 50. und 90. Perzentile der neuen Algorithmen liegen.

Algorithmus	Anzahl Messwerte	Spearman-Korrelation	Anteil Messwerte über dem geschätzten 50. Perzentil	Anteil Messwerte über dem geschätzten 90. Perzentil
Algorithmus 1 (A-Staub)	988	0,40	51 %	9 %
Algorithmus 1 (Quarz)	100	0,71	31 %	5 %
Algorithmus 2	2.032	0,40	47 %	9 %
Algorithmus 3 (A-Staub)	3.673	0,40	54 %	11 %
Algorithmus 3 (Quarz)	3.044	0,55	53 %	10 %

WP4: Implementierung in die webbasierten Tools GESTIS-Stoffenmanager® und Stoffenmanager®.

Die drei neuen DGUV-Modelle wurden in die Test-Umgebung von GESTIS-Stoffenmanager®9 und Stoffenmanager®9 implementiert (Screenshots vgl. Anhang 8.8). Es wurde ein Prüfprotokoll erstellt, in dem das Prüfverfahren der DGUV-Modelle beschrieben werden. Damit war es möglich die mit Hilfe der Excel-Tabelle generierten Ergebnissen mit den von der IT-Test-Umgebung automatisch erzeugten Ergebnissen zu vergleichen. Bislang waren die erzielten Ergebnisse vergleichbar. Einige kleinere Probleme wurden jedoch aufgeworfen und gelöst, wie z. B. Rundungsprobleme.

Anschließend wurden die drei neuen DGUV-Expositionsmodelle in der Testumgebung von GESTIS-Stoffenmanager® Version 9 und Stoffenmanager® Version 9 implementiert.

Testszenarien für die DGUV-Algorithmen wurden erstellt, kompatible Excel-Tabellen werden von der IT geliefert, automatisierte Tests wurden entwickelt und die Test-Umgebung erstellt. Daraufhin wurden die neuen DGUV-Modelle differenziert getestet. In den Testphasen wurden zunächst die relevanten Testparameter ermittelt und anschließend die Ergebnisse mit den ausgewählten Testszenarien in der Excel-Tabelle berechnet. Identische Testszenarien werden dann automatisch in der Testumgebung ausgeführt. Bisher waren die mit Excel und die in der Testumgebung erzielten Ergebnisse vergleichbar. Einige kleinere Probleme wie z. B. Rundungsprobleme wurden gelöst. Abbildung 1 veranschaulicht das Flussschema des Verfahrens, das zum Testen der DGUV-Modelle angewandt wurde. Es wurden alle Messwerte in verschiedenen Expositionsszenarien getestet: 988 Szenarien wurden für den Test von Algorithmus 1 (A-Staub) verwendet, 100 für Algorithmus 1 (Quarz), 2.032 für Algorithmus 2, 3.673 für Algorithmus 3 (A-Staub) und 3044 für Algorithmus 3 (Quarz) (vgl. Tabelle 1).

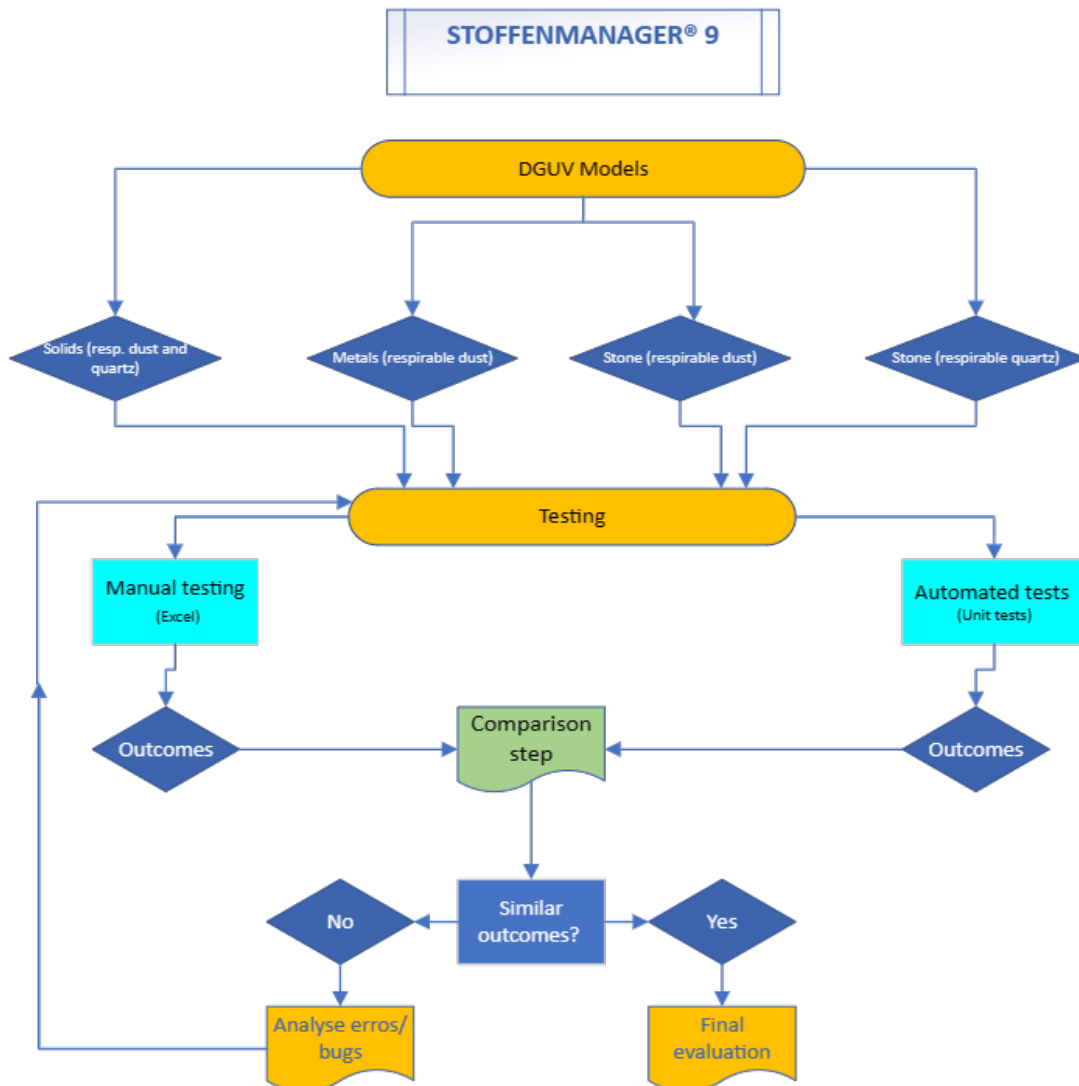


Abbildung 1: Flussdiagramm zum Testprozess für die im DGUV-Projekt entwickelten Modelle

WP5: Verbreitung der Ergebnisse, Veröffentlichung

Die Ziele und Ergebnisse des Projekts wurden auf den folgenden nationalen und internationalen, wissenschaftlichen und praxisorientierten Konferenzen und Kongressen vorgestellt (siehe die Abstracts in 8. Anhang):

1. ISES 2022, Lisbon, Vortrag Hicham Zilaout: Development of three novel Stoffenmanager® algorithms for quantitative estimation of occupational exposure to respirable dust and quartz in the construction, formulating and metal manufacturing industry.
2. DGUV Forum Forschung 2022, Nümbrecht, Poster Mario Arnone: Erweiterung von Stoffenmanager® zur nichtmesstechnischen Abschätzung der Exposition gegenüber A-Stäuben (Forschungsprojekt FP459)
3. Airmon 2022, Bristol, Vortrag Hicham Zilaout: Novel Stoffenmanager® algorithms for quantitative estimation of exposure to respirable dust and quartz in construction, formulating and metal manufacturing industry.
4. NanOEH Conference 2023, Manchester, Vortrag Hicham Zilaout: Novel Stoffenmanager® algorithms for quantitative estimation of exposure to respirable dust and quartz in construction, formulating and metal manufacturing industry.
5. NVvA 2024, Zeist, Vortrag Hicham Zilaout: 'Turbulente ontwikkelingen: nieuwe modellen voor het schatten van de inhalatoire blootstelling aan biologische agentia, respirabel stof, respirabel kwarts en Nanomaterialen'
6. ISES, 2024, Berlin Vortrag Hicham Zilaout: Generic quantitative models for prediction of occupational exposure to respirable dust and respirable quartz within the formulating, metal manufacturing and construction industries.
7. IOHA, 2024, Dublin, Vortrag angenommen Hicham Zilaout: *Quantitative models for prediction of occupational exposure to respirable dust and quartz within the formulating, metal manufacturing and construction industries*

Zusätzliche Ergebnisse:

Neukalibrierung bestehender E-Staub-Algorithmen zur Einbeziehung neuer lokaler Kontrollmaßnahmen

Die Recherche nach parallelen E-Staub-Messungen zu den schon im Projekt verwendeten A-Staub-Messungen in der MEGA-Datenbank ergab 959 (Algorithmus 1) bzw. 2071 (Algorithmus 3) E-Staub-Messungen. Während der Rekalibrierungsanalyse wurde deutlich, dass einige Neuuzuordnungen für die A-Staub Datensätze erforderlich waren. Mehrere Parameter wurden daraufhin überprüft und die entsprechenden Datensätze angepasst. Auf der Grundlage der überarbeiteten Datensätze wurden erneut Kalibrierungs- und Validierungsanalysen durchgeführt, die zu vergleichbaren Korrelationen führten, nun aber auf der Grundlage des überarbeiteten und korrekten Kodierungsverfahrens. Das bedeutet, dass insgesamt 6 (statt 4) neue Algorithmen entwickelt und in GESTIS-Stoffenmanager® implementiert wurden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die beträchtliche Menge an qualitativ hochwertigen Expositionsdaten, die gute Korrelation und der Grad der Konservativität zeigen, dass die Qualität der drei neu entwickelten Modelle ausreichend ist, um in GESTIS-Stoffenmanager® implementiert zu werden und dessen Anwendungsbereich zu erweitern. Die neuen Modelle dienen dazu, die Gesundheit der Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen zu verbessern, indem sie die berufsbedingte Exposition gegenüber alveolengängigem Staub und Quarz, die bekanntermaßen gesundheitsgefährdend sind, verringern.

5. Auflistung der für das Vorhaben relevanten Veröffentlichungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte von nicht am Vorhaben beteiligten Forschungsstellen

Seit Beginn des Projekts wurden keine relevanten Publikationen zum Forschungsthema veröffentlicht. Es ist jedoch festzustellen, dass die kontaktierten Personen aus Industrie und Forschung sowie die Teilnehmer an internationalen Konferenzen und wissenschaftlichen Veranstaltungen sehr an dem Projekt und den daraus resultierenden Ergebnissen interessiert sind. Soweit wir wissen, wurde bisher keine Forschung durchgeführt, um ähnliche Expositionsmodelle zu entwickeln. Daher können wir uns im Vergleich zu unseren Mitbewerbern als führend auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung bei der Implementierung von Algorithmen zur quantitativen Abschätzung der Exposition gegenüber alveolengängigem Staub und Quarz in der Bau-, der Chemischen- und der Metallverarbeitungsindustrie betrachten.

6. Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungszwecks/-ziels, Schlussfolgerungen

Die validierten Expositionsmodelle sind in die Softwareumgebung der Tools GESTIS-Stoffenmanager® und Stoffenmanager® implementiert und damit den Nutzenden anwenderfreundlich zur Expositionsermittlung im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zur Verfügung gestellt. Diese können dann zur Gefährdungsbeurteilung nach TRGS 400 und 402 durch die Betriebe oder die Aufsichtspersonen der UVT direkt mit entsprechenden Arbeitsplatzgrenzwerten aus der TRGS 900 bzw. Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen aus der TRGS 910 verglichen werden und im Falle krebserzeugender und keimzellmutagener Gefahrstoffe von den Betrieben zur Dokumentation in einem Expositionsverzeichnis, z. B. in der ZED, verwendet werden. Die Anwendung der neuen Modelle wird nach der Integration in die Softwaretools durch zielgruppengerechte Seminare, Onlineschulungen oder Workshops durch das IFA und Cosanta den Aufsichtspersonen der UVT, den Sicherheitsfachkräften und weiteren Zielgruppen im Arbeitsschutz vermittelt werden. Eine erste Schulung durch das IFA ist für den 13./14. November geplant.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Projekt durch die Entwicklung der neuen Modellalgorithmen für die Abschätzung der Exposition gegenüber A-Stäuben bei Tätigkeiten mit staubenden Produkten sowie der Bearbeitung von Metallen und dem alveolengängigen Quarzanteil bei der Steinbearbeitung die Einsatzmöglichkeiten von GESTIS-Stoffenmanager® für Aufsichtspersonen und andere Präventionsfachkräfte deutlich erweitert wurde. Da es sich bei Quarz-A-Staub und bei vielen Metallen um krebserzeugende Stoffe handelt, werden die Aktivitäten der UVT im Rahmen der 3. Periode der GDA mit dem Ziel Gefährdungen am Arbeitsplatz durch krebserzeugende Gefahrstoffe zu minimieren und möglichst zu verhindern unterstützt.

7. Aktueller Umsetzungs- und Verwertungsplan

GESTIS-Stoffenmanager®, die deutsche Basisversion des Stoffenmanager®, die Betrieben seitens der DGUV und des IFA seit 2011 kostenlos zur Verfügung gestellt wird, ist ebenso wie Stoffenmanager® ein innovatives online-Gefahrstoffmanagementtool. Die Umsetzung der Projektergebnisse erfolgt durch die Erweiterung des Tools um die

neuen Algorithmen. Die Finanzierung der Kosten für die GESTIS-Stoffenmanager-Plattform (Hosting) wird durch einen separaten Vertrag mit Cosanta BV abgedeckt. Dieser Vertrag läuft bis zum 31. Dezember 2025.

Die Methodik und die Ergebnisse des Forschungsprojekts sollen in nationalen und internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht werden.

Nationale Fachzeitschriften:

- Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft
- Betriebliche Prävention
- Veröffentlichung der UVT für Betriebe

Internationale Fachzeitschriften:

Geplant ist hier eine Artikelserie von 4 Publikationen zum Projekt, die nicht nur die Ergebnisse, sondern auch die Methoden beschreibt.

1. Selektion der Daten aus der Expositionsdatenbank MEGA und Kodierung der Daten
2. Kalibrierung der Algorithmen und Implementierung in der Software (inkl. methodische Diskussion der Imputationsmethode und der Ausreißeranalyse)
3. Validierung der neu entwickelten Modelle
4. Anwendungsbeispiele für die Praxis

8. Anhang/Anhänge

8.1: ISES 2022, Lisbon Vortrag: Development of three novel Stoffenmanager® algorithms for quantitative estimation of occupational exposure to respirable dust and quartz in the construction, formulating and metal manufacturing industry.

Hicham Zilaout¹, Dorothea Koppisch², Mario Arnone², Henri Heussen¹

¹Stoffenmanager®, Amsterdam, Netherlands. ²Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA), Sankt Augustin, Germany

Stoffenmanager® is a well-established and widely accepted tool that is applied for regulatory risk assessments (e.g. REACH). This online-tool enables companies to identify hazardous chemicals, chemical risks and to control exposure to hazardous substances at the workplace. In the current version, however, Stoffenmanager® is not applicable to all areas of activity with solids in which dusty hazardous substances are used or may arise. Therefore, the aim of this project is to expand the applicability domain of Stoffenmanager® by developing three innovative algorithms: 1) respirable dust and quartz for tasks with dusty products, 2) respirable dust for metal-cutting manufacturing and 3) respirable dust and quartz for the mechanical processing of stone.

To derive new quantitative regression models calibration and validation measurement datasets on hazardous substances are required. In this project, comprehensive contextual information were selected and extracted from the IFA Exposure database MEGA and converted into Stoffenmanager® variables. Subsequently, the variables were divided into classes with scores on a logarithmic scale. Spearman correlation coefficients were calculated to study the relation between the calculated Stoffenmanager® scores and measured exposure concentrations. Statistical regression analysis between the Stoffenmanager® scores and the exposure data were performed to further explore the relation between scores and exposure measurements. After the development of the new algorithms, exposure models will be validated against exposure data from the MEGA database. Our preliminary findings will be presented.

The new algorithms serve to improve workers' health by reducing occupational exposure to respirable dust and quartz which are known to be human carcinogens.

8.2: DGV Forum Forschung 2022, Nümbrecht, Poster: Erweiterung von Stoffenmanager® zur nichtmesstechnischen Abschätzung der Exposition gegenüber A-Stäuben (Forschungsprojekt FP459)

Erweiterung von Stoffenmanager® zur nichtmesstechnischen Abschätzung der Exposition gegenüber A-Stäuben (Forschungsprojekt FP459)



Dr. Mario Arnone, Dr. Dorothea Koppisch (IFA) | Hicham Zilaout, Dr. Henri Heussen, Dr. Carlota Colomo (Cosanta BV) | mario.arnone@dguv.de | <https://gestis.stoffenmanager.com/>

Problemstellung und Motivation

- Betriebe müssen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung die Expositionshöhe gegenüber Gefahrstoffen ermitteln.
- Stoffenmanager® und GESTIS-Stoffenmanager® unterstützen durch nichtmesstechnische Expositionsabschätzung.
- Für möglicherweise krebserzeugende A-Stäube existieren noch keine passenden Expositionsmodelle.

Ziel des Forschungsprojekts

Erweiterung der Anwendungsbereiche von Stoffenmanager® und GESTIS-Stoffenmanager® zur nichtmesstechnischen Abschätzung der Expositionen gegenüber alveolengängigen Stäuben (A-Staub).



A-Staub und Quarz im A-Staub bei Tätigkeiten mit staubenden Produkten



A-Staub bei der spanenden Bearbeitung von Metallen



Quarz im A-Staub bei der mechanischen Bearbeitung von Stein

Stoffenmanager® Expositionsmodelle - Emissionsquelle-Empfänger-Ansatz

Cherrie u. Schneider (1999)



$$C = \left(\underbrace{E \cdot H \cdot \eta_{lc_nf} \cdot \eta_{gv_nf}}_{\text{Near-Field-Exposition}} \right) + \left(\underbrace{E \cdot H \cdot \eta_{lc_ff} \cdot \eta_{gv_ff}}_{\text{Far-Field-Exposition}} \right) + (E \cdot A) \cdot \eta_{imm}$$

Der Score **C** wird mit Hilfe von Regressionsgleichungen in eine Exposition in mg/m³ umgerechnet.

Entwicklung neuer Expositionsmodelle – Kalibrierung und Validierung

Datensatz zur Kalibrierung und Validierung mit Messwerten

- Recherche nach geeigneten Messwerten in MEGA
- Kodierung der MEGA-Variablen in Modell-Variablen
- Aufteilung in einen Kalibrierungs- und einen Validierungsdatensatz

Kalibrierung der neuen Algorithmen

- Berechnung des Scores **C**
- Korrelation der Scores mit den Messwerten aus MEGA
- Berechnung einer Regressionsgleichung zur Abschätzung der Exposition in mg/m³

Validierung der neuen Algorithmen

- Abschätzung der Expositionshöhen mittels der neuen Algorithmen
- Korrelation der abgeschätzten Expositionshöhen mit den Messwerten
- Berechnung statistischer Gütemaße

8.3: Airmon 2022, Bristol, Vortrag: Novel Stoffenmanager® algorithms for quantitative estimation of exposure to respirable dust and quartz in construction, formulating and metal manufacturing industry.

Hicham Zilaout¹, Dorothea Koppisch², Mario Arnone², Henri Heussen¹

¹Stoffenmanager®, Amsterdam, Netherlands. ²Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA), Sankt Augustin, Germany

Stoffenmanager® is a well-established and widely accepted tool that is applied for regulatory risk assessments (e.g. REACH). This online-tool enables companies to identify hazardous chemicals, chemical risks and to control exposure to hazardous substances at the workplace. In the current version, however, Stoffenmanager® is not applicable to all areas of activity with solids in which dusty hazardous substances are used or may arise. Therefore, the aim of this project is to expand the applicability domain of Stoffenmanager® by developing three innovative algorithms: 1) respirable dust and quartz for tasks with dusty products, 2) respirable dust for metal-cutting manufacturing and 3) respirable dust and quartz for the mechanical processing of stone.

To derive new quantitative regression models calibration and validation measurement datasets on hazardous substances are required. In this project, a total of approximately 6000 data points including comprehensive contextual information were extracted from the IFA Exposure database MEGA and MEGA variables were converted into Stoffenmanager® variables. Subsequently, the variables were divided into classes with scores on a logarithmic scale. Spearman correlation coefficients were calculated, and in case of significant positive relationship between the Stoffenmanager® scores and the measurements statistical regression analyses were performed to calculate the regression equations. After the development of the new algorithms, exposure models were validated against exposure data from the MEGA database. Scatter plots and regression equations will be presented.

The new algorithms serve to improve workers' health by reducing occupational exposure to respirable dust and quartz which are known to be human carcinogens.

8.4: NanOEH Conference 2023, Manchester, Vortrag Hicham Zilaout: Novel Stoffenmanager® algorithms for quantitative estimation of exposure to respirable dust and quartz in construction, formulating and metal manufacturing industry

Hicham Zilaout¹, Dorothea Koppisch², Carlota Alejandre Colomo¹, Mario Arnone², Henri Heussen¹

¹Cosanta BV - Stoffenmanager®

² Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA)

Stoffenmanager® is a well-established and widely accepted tool that is applied for regulatory risk assessments (e.g. REACH). This online-tool enables companies to identify hazardous chemicals, chemical risks and to control exposure to hazardous substances at the workplace. In the current version, however, Stoffenmanager® is not applicable to all areas of activity with solids in which dusty hazardous substances are used or may arise. Therefore, the aim of this project is to expand the applicability domain of Stoffenmanager® by developing three innovative algorithms: 1) respirable dust and quartz for tasks with dusty products, 2) respirable dust for metal-cutting manufacturing and 3) respirable dust and quartz for the mechanical processing of stone.

To derive new quantitative regression models calibration and validation measurement datasets on hazardous substances are required. In this project, a total of approximately 6000 data points including comprehensive contextual information were extracted from the IFA Exposure database MEGA and MEGA

variables were converted into Stoffenmanager® variables. Subsequently, the variables were divided into classes with scores on a logarithmic scale. Spearman correlation coefficients were calculated, and in case of significant positive relationship between the Stoffenmanager® scores and the measurements statistical regression analyses were performed to calculate the regression equations. After the development of the new algorithms, exposure models were validated against exposure data from the MEGA database. Scatter plots and derived regression equations will be presented.

The new algorithms serve to improve workers' health by reducing occupational exposure to respirable dust and quartz which are known to be human carcinogens.

8.5: **NVvA 2024, Zeist, Vortrag Hicham Zilaout: 'Turbulente ontwikkelingen: nieuwe modellen voor het schatten van de inhalatoire blootstelling aan biologische agentia, respirabel stof, respirabel kwarts en Nanomaterialen**

Hicham Zilaout¹, Dorothea Koppisch², Carlota Alejandre Colomo¹, Mario Arnone², Henri Heussen¹

¹ Cosanta BV - Stoffenmanager®

² Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA)

Dutch version:

Inleiding

In deze workshop worden als voorbeeld van publiek-private samenwerking drie nieuwe wetenschappelijke ontwikkelingen toegelicht:

Generieke kwantitatieve modellen voor het schatten van beroepsmatige blootstelling aan respirabel stof en respirabel kwarts binnen de formuleerders-, metaalbewerking- en bouwsector;

De verschillende stadia van modelontwikkeling en praktijktesten zullen worden uitgelegd en bediscussieerd.

Respirabel stof en respirabel kwarts

Voor de modelontwikkeling werden persoonlijke blootstellingsgegevens inclusief uitgebreide contextuele informatie uit de IFA blootstellingsdatabase MEGA gehaald. Stoffenmanager® scores werden berekend voor de gemeten waarden. Voor elk kwantitatief model werden de blootstellingsgegevens gescheiden in kalibratie- en validatiedatasets. Vervolgens werden mixed effect modellen gebruikt om kwantitatieve regressievergelijkingen af te leiden. In totaal werden ongeveer 8000 persoonlijke blootstellingsmetingen van goede kwaliteit geëxtraheerd voor alle drie modellen. Stoffenmanager® scores werden vergeleken met blootstellingsmetingen en de berekende Spearman coëfficiënten toonden een positieve relatie voor alle algoritmen. Correlaties tussen waargenomen en geschatte blootstellingen varieerden tussen $r=0,40$ en $r=0,71$. Properties van metingen boven het 50e en 90e percentiel werden berekend als maat voor het conservatisme van de modellen. Deze varieerden respectievelijk rond 50% en 10%. De aanzienlijke hoeveelheid persoonlijke blootstellingsgegevens, de goede correlatie en de mate van conservatisme geven aan dat de modellen voldoende robuust zijn om de blootstelling kwantitatief te schatten.

Opzet workshop & leerdoelen

Tijdens de informatieve workshop worden nieuwe wetenschappelijke ontwikkelingen op het gebied van arbeidshygiëne belicht. De workshop is gestructureerd als een mix van presentaties en vragen en antwoorden. Deelnemers krijgen waardevolle inzichten in de verschillende stadia van modelontwikkeling, gerelateerde state-of-the-art wetenschappelijke processen en de vertaling van onderzoek naar de dagelijkse praktijk van arbeidshygiëne.

English version:

Introduction

This informative workshop highlights three new scientific developments as examples of public-private partnerships:

Generic quantitative models for predicting occupational exposure to respirable dust and respirable quartz within the formulating, metalworking and construction industries

The different stages of model development and field testing will be explained and discussed.

Respirable dust and respirable quartz

To develop the models personal exposure data including extensive contextual information were extracted from the IFA exposure database MEGA. Stoffenmanager® scores were calculated for the measured values. For each quantitative model, exposure data were separated into calibration and validation datasets. Mixed-effect models were then used to derive quantitative regression equations. In total, about 8000 good-quality personal exposure measurements were extracted for all three models. Stoffenmanager® scores were compared with exposure measurements and the calculated Spearman coefficients showed a positive relationship for all algorithms. Correlations between observed and estimated exposures ranged between $r=0.40$ and $r=0.71$. Proportions of measurements above the 50th and 90th percentiles were calculated as measures of model conservatism. These ranged around 50% and 10%, respectively. The substantial amount of personal exposure data, the good correlation and the level of conservatism indicate that the models are sufficiently robust to quantitatively estimate exposure.

Workshop design & learning objectives

During the informative workshop new scientific developments in the field of occupational hygiene will be highlighted. The workshop is structured as a mix of presentations and Q&A. Participants will gain valuable insights into the different stages of model development, related state-of-the-art scientific processes and the translation of research into daily OHS practice.

8.6: ISES, 2024, Berlin Vortrag Hicham Zilaout: Generic quantitative models for prediction of occupational exposure to respirable dust and respirable quartz within the formulating, metal manufacturing and construction industries.

Hicham Zilaout¹, Dorothea Koppisch², Carlota Alejandre Colomo¹, Mario Arnone², Henri Heussen¹

¹ Cosanta BV - Stoffenmanager®

² Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA)

Introduction

Stoffenmanager® is a quantitative inhalation exposure tool for OSH and REACH, (inter)nationally recognized by local governments and the EU. Three novel generic models to quantitatively predict exposure to respirable dust and respirable quartz are developed, aiming to protect workers from associated health risks within formulating, metal manufacturing and construction industries.

Methods

Personal exposure data including comprehensive contextual information were extracted from the IFA exposure database. MEGA. Stoffenmanager® scores were calculated for the measurement values. For each quantitative model exposure data were segregated into calibration and validation datasets. Subsequently, mixed effect models were performed to derive quantitative regression equations. Spearman correlation coefficients were calculated to study the relation between concentrations estimated with use of new regression equations and measured exposure concentrations.

Results

A total of approximately 8000 good quality personal exposure measurements were extracted for all three models. Stoffenmanager® scores were compared with exposure measurements and the calculated spearman coefficients showed a positive relationship for all algorithms. Correlations between observed and estimated exposures ranged between $r=0.40$ and $r=0.71$. Proportion of measurements above 50th and 90th percentile were calculated, as a measure for conservatism of the models, varied around 50% and 10% respectively.

Discussion and conclusion

The substantial amount of personal exposure data, the good correlation and the level of conservatism indicate that the three innovative models are sufficient to be implemented in Stoffenmanager® and to expand its applicability domain. The new models serve to improve workers' health by reducing occupational exposure to respirable dust and quartz which are known to be hazardous to human health.

Generic quantitative models for prediction of occupational exposure to respirable dust and respirable quartz within the formulating, metal manufacturing and construction industries

Hicham Zilaout, Dorothea Koppisch, Mario Arnone,
Carlota Alejandre Colomo, Henri Heussen



Exposure Modelling: development of new quantitative algorithms

A close collaboration between Stoffenmanager® and IFA / DGUV

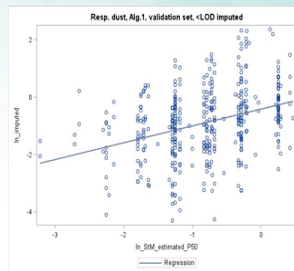


- Tasks with dusty products for respirable dust and respirable quartz (Alg. 1)
- Respirable dust for metal-cutting manufacturing (Alg.2)
- Mechanical processing of stone for respirable dust and respirable quartz (Alg. 3)



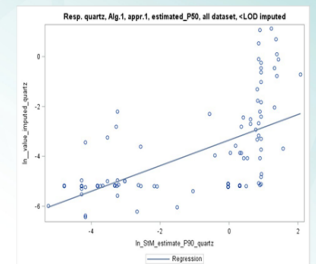
Results: Tasks with dusty products for respirable dust (Alg. 1)

- A total of 988 personal measurements were selected
- 350 companies
- 988 exposure estimates calculated with Stoffenmanager® MRV
- 38% of data points are below limit of detection (LOD) > imputations were applied
- 43 potential leverage points (Cooks distance > 0,004) were identified:
 - for 16 values inconsistencies in the coding were identified → data points were excluded from the calibration and validation analyses
- **Spearman correlation:**
 - Calibration dataset: 0,47
 - Validation dataset: 0,40
- **Validation dataset:**
 - Proportion of measurements > 50th = 51%



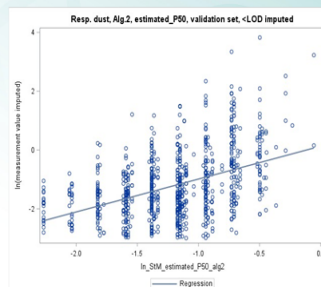
Results: Tasks with dusty products for respirable quartz (Alg. 1)

- A total of 100 personal measurements were selected
- 59 companies
- 100 exposure estimates calculated with Stoffenmanager® MRV
- 38% of data points are below limit of detection (LOD) > imputations were applied
- **Spearman correlation:**
 - ⑩ Calibration dataset: 0,47
 - ⑩ Validation dataset: 0,71
- **Validation dataset:**
 - Proportion measurements > 50th = 31%
 - Proportions measurements > P90th = 5%



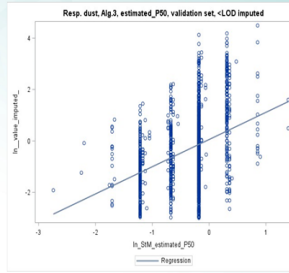
Results: Respirable dust for metal-cutting manufacturing (Alg.2)

- A total of 2.032 personal measurements were selected
- 835 companies
- 2.032 exposure estimates calculated with Stoffenmanager MRV
- 51% of data points are below limit of detection (LOD) > imputations were applied
- 202 potential leverage points (Cooks distance > 0,004) were identified:
 - for 39 values inconsistencies in the coding were identified → after revision, data point was used for the calibration and validation analyses
- **Spearman correlation:**
 - Calibration dataset: 0,38
 - Validation dataset: 0,40
- **Validation dataset:**
 - Proportion of measurements > 50th = 47%
 - Proportions of measurements > P90th = 9 %



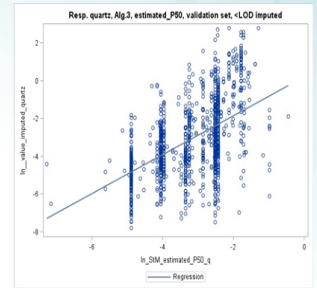
Results: Mechanical processing of stone for respirable dust (Alg. 3)

- A total of 3.673 personal measurements were selected
- 324 companies
- 3.673 exposure estimates calculated with Stoffenmanager MRV
- 38% of data points are below limit of detection (LOD) -> imputations were applied
- 165 potential leverage points (Cooks distance > 0,004) were identified:
 - for 148 values inconsistencies in the coding were identified → after revision, data points were used for the calibration and validation analyses
- Spearman correlation:
 - Calibration dataset: 0,38
 - Validation dataset: 0,40
- Validation dataset:
 - Proportion of measurements > 50th = 54%
 - Proportions of measurements > P90th = 11%



Results: Mechanical processing of stone for respirable quartz (Alg. 3)

- A total of 3.044 personal measurements were selected
- 180 companies
- 3.044 exposure estimates calculated with Stoffenmanager MRV
- 42% of data points are below limit of detection (LOD) > imputations were applied
- 17 potential leverage points (Cooks distance > 0,004) were identified:
 - for 1 value inconsistencies in the coding were identified → after revision, data point was used for the calibration and validation analyses
- Spearman correlation:
 - Calibration dataset: 0,53
 - Validation dataset: 0,55
- Validation dataset:
 - Proportion of measurements > 50th = 53%
 - Proportions of measurements > P90th = 10%



Adaptations of the local controls

Stoffenmanager® Current category
No control measures at the source
Use of a product that reduces the emission
Containment of the source
Local exhaust ventilation
Containment of the source with local exhaust ventilation



Stoffenmanager® New category
No control measures at the source
Wetting at the point of release
Enclosure or containment
Partial enclosure of the source
Full containment of the source
Local exhaust ventilation
General purpose receiving and movable capturing hoods
Specifically designed and maintained local exhaust ventilation systems
Fixed capturing hoods, on-tool extraction
Local exhaust ventilation and enclosure
(Partial) enclosure of the source with local exhaust ventilation
Fume cupboard
Glove boxes/bags/isolators

8.7: IOHA, 2024, Dublin, Vortrag angenommen Hicham Zilaout: Quantitative models for prediction of occupational exposure to respirable dust and quartz within the formulating, metal manufacturing and construction industries

Hicham Zilaout¹, Dorothea Koppisch², Carlota Alejandre Colomo¹, Mario Arnone², Henri Heussen¹

¹ Cosanta BV - Stoffenmanager®

² Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA)

Introduction

Stoffenmanager® is a quantitative inhalation exposure tool for OSH and REACH, (inter)nationally recognized by local governments and the EU. Three novel generic models to quantitatively predict exposure to respirable dust and respirable quartz are developed, aiming to protect workers from associated health risks within formulating, metal manufacturing and construction industries.

Methods

Personal exposure data including comprehensive contextual information were extracted from the IFA exposure database. MEGA. Stoffenmanager® scores were calculated for the measurement values. For each quantitative model exposure data were segregated into calibration and validation datasets. Subsequently, mixed effect models were performed to derive quantitative regression equations. Spearman correlation coefficients were calculated to study the relation between concentrations estimated with use of new regression equations and measured exposure concentrations.

Results

A total of approximately 8000 good quality personal exposure measurements were extracted for all three models. Stoffenmanager® scores were compared with exposure measurements and the calculated spearman coefficients showed a positive relationship for all algorithms. Correlations between observed and estimated exposures ranged between $r=0.40$ and $r=0.71$. Proportion of measurements above 50th and 90th percentile were calculated, as a measure for conservatism of the models, varied around 50% and 10% respectively.

Discussion and conclusion

The substantial amount of personal exposure data, the good correlation and the level of conservatism indicate that the three innovative models are sufficient to be implemented in Stoffenmanager® and to expand its applicability domain. The new models serve to improve workers' health by reducing occupational exposure to respirable dust and quartz which are known to be hazardous to human health.

8.8: Gestis-Stoffenmanager®9 screenshots

Gestis Stoffenmanager® 9 Dashboard*:

Welcome to Stoffenmanager® 9
Das Online-Tool für die Verwaltung Ihrer Gefahrstoffe und biologischen Arbeitsstoffe am Arbeitsplatz. Auch für Ihre KMR-Stoffe. Gemeinsam mit Ihnen arbeiten wir an einem sicheren und gesunden Arbeitsumfeld!

Über Ihren Plan				
Die folgenden Zahlen enthalten nur Elemente, die auf Ihre Lizenz angerechnet werden.				
125	41 / 1000	73 / 1000	-	-
Inhaltsstoffe	Produkte	Scenarios	KMR-Inhaltsstoffe	KMR-Produkte

Auf einen Blick

- 55%** von Szenarien sind unter Kontrolle.
- 26%** der Szenarien erfordern Maßnahmen.

GESTIS-Stoffdatenbank
In enger Zusammenarbeit mit dem IFA bieten wir unseren Nutzern Zugang zur GESTIS-Stoffdatenbank. [Duis tempus accumsan sodales.](#)

Video-Tour
Holen Sie sich einen Eindruck von Stoffenmanager® 9. In diesem Video führen wir Sie durch das neue Tool. Sie erfahren, wie Sie ein Produkt importieren, wie Sie eine Risikobeurteilung durchführen und schließlich Ihre Betriebsanweisung erstellen. Drücken Sie auf "Play" für die Videotour. [Curabitur nec elementum est.](#)

Stoffenmanager® Akademie
Erweitern Sie Ihr Wissen über Stoffenmanager® 9, Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe. Die Akademie bietet Schulungen für Anfänger und Fortgeschrittene an. Werfen Sie einen Blick auf unser Programm und wer weiß, vielleicht sehen wir Sie bald in einem unserer (virtuellen) Kurse! [Ut quis dui ante.](#)

Research Button 1
Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. [Duis tempus accumsan sodales.](#)

Research Button 2
Pellentesque tempus ligula nisi, in dictum mi congue id. Etiam at porta odio. Aenean a ipsum nisi. Aenean feugiat sem eu lobortis faucibus. Proin id lacinia tortor, a sagittis neque. Duis mattis congue tellus vel, laoreet. Maecenas finibus urna eu elit rhoncus accumsan. [Curabitur nec elementum est.](#)

Helpdesk
Haben Sie technische Fragen zur Nutzung von Stoffenmanager®9? Unsere Helpdesk-Berater helfen Ihnen gerne weiter! Möglicherweise ist Ihre Frage bereits in den FAQ enthalten. Ist Ihre Antwort nicht dabei? Schreiben Sie eine E-Mail an unseren Helpdesk über die Schaltfläche. [Ut quis dui ante.](#)

*Please be aware that some translations are still in constuction

Gestis Stoffenmanager® 9 scenario properties interface:

DGVU

Prozessbedingter Gefahrstoff | Abteilung | Respiratory Protection Equipment | Version New

Scenario properties

Location * **Berufsbezeichnungen**

Duration of task * **Häufigkeit der Tätigkeit ***

minutes per working day

Scenario Type *
 Product Process Generated Contaminant

Prozessbedingter Gefahrstoff *

- Treffen Sie eine Auswahl
- Treffen Sie eine Auswahl
- Generic stone
- Generic metal
- Generic wood

Gestis Stoffenmanager® 9 Exposure scenario interface:

The screenshot shows the 'Exposure Scenarios' section for 'DGUV Powder'. The interface includes a sidebar with navigation options like Dashboard, Inventory, and Assessments. The main content area displays the following details:

- Product:** Powder
- Department:** Berlijn
- Respiratory Protection Equipment:** Kein Schutz
- Version:** -

Scenario properties:

- Location *:** Berlijn x
- Berufsbezeichnungen:** Berufsbezeichnungen suchen...
- Duration of task *:** 60 minutes per working day
- Häufigkeit der Tätigkeit *:** 4 - 5 Tage pro Woche

Eigenschaften des Produkts:

- Wird persönliche Atemschutzausrüstung verwendet? *:** Kein Schutz
- Intrinsische Emission (Staubigkeit) *:** Objects

Gestis Stoffenmanager® 9 risk assessment interface (including inhalable and respirable powders):

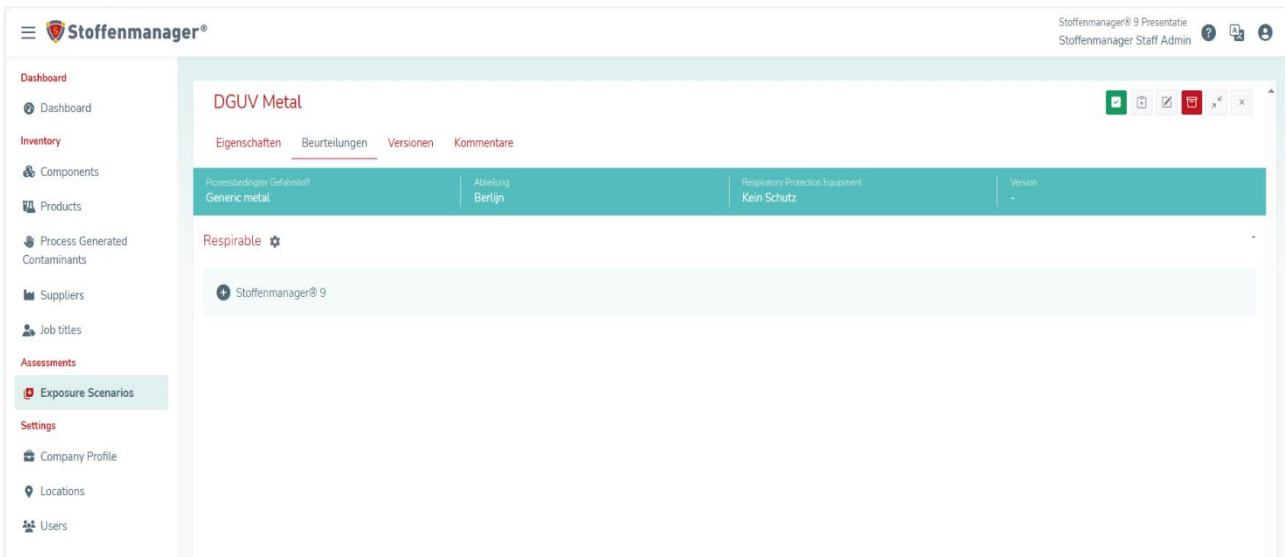
The screenshot shows the 'Risk Assessment' section for 'DGUV Powder'. The interface includes a sidebar with navigation options like Dashboard, Inventory, and Assessments. The main content area displays the following details:

- Product:** Powder
- Department:** Berlijn
- Respiratory Protection Equipment:** Kein Schutz
- Version:** -

Risk Assessment:

- Inhalable:** Stoffenmanager® 9
- Respirable:** Stoffenmanager® 9

Gestis Stoffenmanager® 9 risk assessment interface (including respirable Metals):



Gestis Stoffenmanager® 9 risk assessment interface (including inhalable and respirable Stone):

