

# **Zusammenfassung zum Forschungsprojekt F1796 „Inhalative und dermale Exposition bei verschiedenen Schutzstufen – Teil 2: Erhebung des Umgangs mit besonders gefährlichen Stoffen in der betrieblichen Praxis als Grundlage für ein Schutzstufenkonzept“**

*Autoren: S. Hartwig, F. Binder; J.-H. Kim, A. Rupp, M. Sturm*

## **Einleitung**

Die Bedeutung und die Zahl der chemischen Verbindungen in unserer Industriegesellschaft hat während der letzten Jahrzehnte stark zugenommen. Man spricht von ca. 60.000 chemischen Stoffen. Zwar ist die Zahl der Gefahrstoffe, die in gewerblichen Betrieben der chemischen Industrie zum Einsatz kommt, deutlich geringer, trotzdem ist die geschätzte Zahl von 5.000 Gefahrstoffen, die industrietechnische Bedeutung haben, sehr hoch – insbesondere verglichen mit der Zahl von ca. 500 Gefahrstoffen, für die in der TRGS 900 Luftgrenzwerte angegeben sind. Das bedeutet, dass nur ca. 10% aller Gefahrstoffe einen Luftgrenzwert haben, mit dem dann eine hinreichende betriebliche Überwachung möglich ist.

Als Alternative zu dem grenzwertbasierenden Überwachungsansatz wurden Schutzstufenkonzepte entwickelt mit deren Hilfe auch für Stoffe ohne Luftgrenzwerte anhand generell zugänglicher Parameter entschieden werden sollte, welche Schutzmaßnahmen bei welcher Gefährdung nötig und hinreichend sind, um einen Arbeitsplatz mit Gefahrstoffen sicher zu gestalten.

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) hat im Rahmen eines Forschungsprojektes das Fachgebiet Gefährliche Stoffe, chemische Prozesse und Konsequenzanalyse des Fachbereiches Sicherheitstechnik an der Bergischen Universität Wuppertal beauftragt, den europäischen Entwicklungsstand hinsichtlich der Schutzstufenkonzepte und deren betriebliche Anwendung in Deutschland zu erheben und die hierbei auftretenden Probleme zu beurteilen.

## **Vorgehensweise**

Bei der Bearbeitung des Forschungsprojektes wurde wie im Folgenden dargestellt vorgegangen:

- Zusammenstellen bisher bekannt gewordener Schutzstufenmodelle,
- Untersuchung, welche Schutzstufenmodelle in der Industrie eingesetzt werden und
- messtechnische Untersuchung der Wirksamkeit dieser Schutzstufenmodelle in den Betrieben.
- Bewertung der Situation

Eine zentrale Aufgabe dieses vorliegenden Forschungsvorhabens, die auch am arbeitsaufwendigsten war, bestand in den praktischen Untersuchungen in den Betrieben. Das betraf einmal die Evaluation vorhandener Schutzstufen, aber auch die messtechnische Untersuchung der Wirksamkeit dieser Schutzstufen durch Gefahrstoffkonzentrationsmessungen am Arbeitsplatz an Hand von Praxisdaten.

## **Ergebnisse**

### **Literaturrecherche**

Im Rahmen der Literaturrecherche hat sich herausgestellt, dass lediglich über die vier folgenden Schutzstufenmodelle publiziert wurde:

- das Schutzstufenmodell der pharmazeutischen Industrie (erstellt durch die BG Chemie)
- das Schutzstufenmodell des Unfallverhütungsdienstes der allgemeinen Unfallversicherungsanstalt
- das Schutzstufenmodell der HSE (COSHH)
- das Schutzstufenmodell der Biostoffverordnung

Gemeinsames Ziel aller Vorlagen ist die Beurteilung von Arbeitsstoffen. Aufgrund dieser gemeinsamen Ausgangsvoraussetzungen folgen die Konzepte einem

gemeinsamen logischen Aufbau. Außerdem sind alle Konzeptionen pragmatisch und einfach in der Anwendung, benutzerfreundlich und dadurch der breiten Mehrheit potentieller Benutzer zugänglich.

In der Fachpresse ist das britische Schutzstufenmodell der HSE auf Interesse gestoßen. Das britische Stufenmodell geht dabei so vor, dass Stoffe und Zubereitungen aufgrund ihrer Kennzeichnung (R-Sätze) Gefahrengruppen (A, B, C, D, E, S) zugeordnet werden.

Weil das Schutzstufenmodell der HSE am ausgereiftesten scheint, seine Wirksamkeit in der Praxis jedoch noch nicht überprüft wurde, wurde es anhand von in Betrieben durchgeführten Messungen sowie an über 18.000 Expositionsdaten aus einer Datenbank, die bei Messungen in chemischen Betrieben generiert wurden, überprüft.

### **Untersuchungen in der betrieblichen Praxis**

Weil in keinem der Betriebe, die in unser Untersuchungsprogramm einbezogen wurden, ein bekanntes Schutzstufenmodell umgesetzt war, wurden die Betriebe durch uns so ausgewählt, dass zumindest die einzelnen Schutzstufen des Expertenmodells der HSE überprüft werden konnten. Darüber hinaus sei an dieser Stelle festgehalten, dass auch bei über dieses Programm hinausgehenden betrieblichen Kontakten uns keine Betriebe bekannt geworden sind, die ein Schutzstufenmodell umgesetzt hätten.

Es wurden 7 Betriebe untersucht, die von A – G bezeichnet wurden.

In Bezug auf einzelne Schutzstufen des HSE-Modells lag im Betrieb B der Schwerpunkt der Messungen auf der Untersuchung der Effizienz der natürlichen Lüftung, der einfachsten Maßnahme bei COSHH.

In Betrieb G wurde die Wirksamkeit geschlossener System wie die Isolortechnologie untersucht. Diese Schutzstufe besitzt nach COSHH den höchsten Wirkungsgrad.

Durch die Messungen in den übrigen Betrieben wurden die unterschiedlichen Arten eingesetzter expositions-mindernder Verfahrenstechniken und deren Wirkungsgrad

untersucht. Diese entsprechen dem zweiten Niveau nach COSHH und repräsentieren in der Mehrzahl der Fälle Lüftungstechnischer Maßnahmen.

Im Verlauf der Untersuchungen hat es sich gezeigt, dass den organisatorischen Schutzmaßnahmen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden muss, weil die technischen Schutzmaßnahmen durch das menschliche Zutun erst entweder hochwirksam oder unbrauchbar werden (z. B. handnachgeführte Absaugeinrichtungen). Obwohl diesen Maßnahmen keine Kennzahlen zugeordnet werden können, wie das beispielsweise mit dem Dampfdruck beim Freisetzungsverhalten von Flüssigkeiten der Fall ist, wurden sie diskutiert.

An dieser Stelle sei auf den Betrieb D verwiesen, der für den Anwendungsfall von PSA, einer organisatorischen Schutzmaßnahme, ein gestuftes Modell entwickelt hat.

Das Konzept der freien Lüftung in Betrieb B hat sich wegen einer mangelhaften Auslegung als unwirksam herausgestellt. Ebenso wie die bereits durch einen Fachbetrieb installierte, noch nicht in Betrieb genommene Raumluftechnische Anlage. Die Betriebsbegehungen haben in mehreren Betrieben gezeigt, dass auf die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen, häufig auch ohne Kontrollmessungen vertraut wird. Gerade bei Lüftungstechnischen Maßnahmen haben wir darüber hinaus große Mängel, nicht selten sogar konstruktiver Art, festgestellt (Betrieb A).

Auch die Isolatorstechnologie, die neben Produktschutzgründen immer dem Personenschutz dient, hatte nicht den erhofften Wirkungsgrad gezeigt. Die in Betrieb G durch eigene Umbaumaßnahmen an betriebliche Belange angepassten Schutzmaßnahmen wie „laminar air flow“ und „down cross flow“ wurden durch die konstruktiven Änderungen unwirksam gemacht.

Die Messungen in einem Technikum zeigten gute Ergebnisse für das Probenahmesystem und die Dosierer.

Als erstes und sehr wichtiges Resultat dieses Untersuchungsprogramms hat sich gezeigt, dass diese Schutzbarrieren, gleichgültig, ob sie von Fremdfirmen oder im Eigenbau hergestellt wurden, oft nicht genügend wirksam waren, ohne, dass dieser

Sachverhalt den Betrieben bewusst wurde. Hieraus ergaben sich erhebliche durch Gefahrstoffe verursachte Risiken.

Ein ganz bedeutender Faktor, der immer wieder aufgefallen ist, ist die Unterbewertung der organisatorischen Komponente und des menschlichen Faktors beim Betreiben von Schutzeinrichtungen. Selbst die besten technischen Schutzeinrichtungen können in ihrem Schutzwert beeinträchtigt oder vollkommen außer Kraft gesetzt werden, wenn die organisatorischen Strukturen und das menschliche Verhalten nicht in Ordnung sind.

### **Untersuchung des HSE – Modells**

Das HSE-Modell wurde mit den Messergebnissen aus einer Expositionsdatenbank validiert. Die Datenbank enthielt über 18000 Einzelmessungen. Die Validierung hat gezeigt, dass bei 2 % der betrachteten Messstellen eine unzureichende Wirkung der Schutzmaßnahmen vorlag. Die Ergebnisse der Gefahrstoffmessungen bei der Datenbank unterstreichen dies, denn in 13 % der Fälle wurde auch der Grenzwert überschritten.

Bei technischen Schutzstufen, welche intakt erschienen, kam es bei 4 % der offenen Erfassungseinrichtungen zu Grenzwertüberschreitungen und bei 5 % der halboffenen Erfassungseinrichtungen. Die vorgefundenen geschlossenen verfahrenstechnischen Schutzstufen waren in allen Fällen ausreichend dimensioniert.

Die Grenzwertüberschreitungen hatten die höchsten Anteile (zwischen 5,5 % und 6,6 %) bei der Verarbeitung von Stoffen der Gefahrenklassen D und E. Die Auswertung der Daten bezüglich der verarbeiteten Menge sowie dem Freisetzungverhalten ergaben, dass bei Stäuben mit einer Verarbeitungsmenge zwischen Kilogramm und Tonnen und hohem Staubungsverhalten die Grenzwertüberschreitungen zwischen 8 % und 10 %, während bei Flüssigkeiten die Grenzwertüberschreitungen bei allen Mengen und verschiedenen Freisetzungverhalten unter 1 % lagen.

Ferner wurde an den vorgefundenen Messstellen nach der COSHH-Methode die zu installierende Schutzstufe abgeschätzt. Das Ergebnis der Abschätzung wurde dann mit der vorgefundenen Schutzstufe verglichen. Nach der Abschätzung sind ungefähr 35 % der vorgefundenen Schutzstufen unzureichend.

Die Untersuchung ergab auch, dass gerade bei den Stoffen der Gefahrenklasse D und E die Schutzstufen in allen Fällen unterdimensioniert waren. Dieser Sachverhalt spricht für das Modell, denn der Anteil der Grenzwertüberschreitungen in diesen Fällen ist am höchsten.

Um genauer zu betrachten, inwieweit sich eine Abschätzung der Schutzstufen und deren Installation nach dem Modell tatsächlich positiv auswirken, wurden die 59 Fälle betrachtet, an denen es zu Grenzwertüberschreitungen kam. Hier waren die vorgefundenen Schutzstufen zu 46 % unterdimensioniert. Die Installation der Schutzstufen gemäß der Abschätzung nach dem Modell würde die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen demnach um 46 % reduzieren.

Zur Beurteilung des Modells wurden 1359 Messwerte herangezogen. Je nach Schutzstufe, Menge und Freisetzungverhalten befinden sich die Messwerte zwischen 15 % und 57 % oberhalb des vorhergesagten Konzentrationsbereiches. Dies bedeutet, dass die vorhergesagte Konzentration in diesen Fällen mit der verwendeten Technik nicht immer erreicht werden kann, was zum Teil nicht in der Technik selbst begründet liegt, sondern in deren Umsetzung und Installation.

## **Zusammenfassung und Ausblick**

Damit Schutzstufenmodelle einfach zu verstehen und anzuwenden sind, müssen in Bezug auf die Wirklichkeit selbst sehr viele Vereinfachungen vorgenommen werden. Dadurch besteht eine erhöhte Gefahr, dass Fehleinschätzungen der wirklichen Gefährdung auftreten.

Fasst man die recht umfangreichen Erfahrungen, die wir innerhalb dieses Projektes sammeln konnten, zusammen, so ergeben sich doch erhebliche Zweifel, ob mit der Entwicklung von theoretischen Schutzstufenmodellen die eingangs beschriebene Problematik hinreichend gut und praxisorientiert bewältigt werden kann. Zwar scheint es nicht so, aber trotzdem ist zum Erzielen einer hinreichend großen Risikominderung ein erheblicher sicherheitstechnischer Sachverstand wichtig und nötig. Trotz allen Bemühens und guten Willens, der den meisten Betrieben unterstellt werden muss und unterstellt werden kann, ist dieser Sachverstand nicht vorhanden. Zusätzlich wird in vielen Betrieben, besonders unter der Last des Zeitdrucks und den Produktionsanforderungen auch gar nicht erkannt, dass dieser Sachverstand, notfalls

durch Externe, hinzugezogen werden muss. Es sei denn, es sind schon wirkliche Gefahrstoffprobleme nicht nur aufgetreten sondern auch nachgewiesen, beispielsweise durch erhöhte Gefahrstoffkonzentrationen in Körperflüssigkeiten (Blut, Urin usw.) oder durch eingetretene Gesundheitseffekte oder Störfälle.

Da durch zunehmend hochautomatisierte Anlagen oft immer größere Mengen von Gefahrstoffen in immer kürzeren Zeiten umgesetzt werden und da ein immer größeres Vorschussvertrauen in die Automatik der Anlagen gesetzt wird, wird dieses sicherheitstechnische Wissen immer wichtiger. Übrigens wird dieses benötigte sicherheitstechnische Wissen entgegen den üblichen Erwartungen gerade bei komplexen automatisierten Anlagen selbst auch immer komplexer. Von vielen Betreibern wird allerdings, so unsere Erfahrung, immer mehr das Gefühl gepflegt, dass man sich voll auf die Technik und Automatik verlassen kann. Deswegen wird die Notwendigkeit für dieses Wissen immer geringer eingeschätzt.

So stark es auch allgemein widerstrebt, sich von der Schönheit geschlossener Modelle abzuwenden, muss man sich möglicherweise mit dem Gedanken vertraut machen, dass es für die große Vielzahl von Betrieben, für die große Vielzahl von verschiedenartigen Situationen und für die große Vielzahl von menschlich organisatorischen Abläufen nicht möglich ist, einheitliche Modelle und Vorgehensweisen zu entwickeln. Wir schätzen die damit verbundene Gefahr und Risiken als groß ein. Möglicherweise liegt die Antwort für diese Situation in der Entwicklung von großen katalogisierten Hilfen, die aufgelistet und den Betrieben zur Verfügung gestellt werden, die aber letztendlich sicherheitstechnisch bewertet werden müssen, eine Aufgabe, die die meisten Betriebe nur schwer ohne äußeren Sachverstand leisten können.

Wir sehen, dass durch die sich jetzt entwickelnde Situation ein langfristiges Problem entsteht, dass durch die generellen industriepolitischen Entwicklungen verstärkt wird. Ein Zeichen allgemeiner Lösungsansätze ist, sollen sie sicherheitstechnisch viele Eigenheiten abdecken, dass sie sehr umfangreich, teuer und aufwendig sind. Sollen sie einfach und kostengünstig sein, werden viele Sonderfälle nicht abgedeckt.