

Bitte Bild auswählen

©-<Keine überschneidende Verknüpfung>

RAINER DÖRR · MICHAEL FUTSCHER · PETER GEBOES · RALF HEINZMANN · OLAF PRETZSCH

Oximvernetzende Silikon-Dichtstoffe

Gefährdungen durch die Freisetzung von 2-Butanonoxim (MEKO) beim Verarbeiten in Innenräumen

In den letzten Jahrzehnten haben im Baugewerbe Silikon-Dichtstoffe eine breite Anwendung gefunden. Als Fugendichtstoffe und bisweilen auch als Haftklebstoffe werden sie meist aus Kartuschen oder Schlauchbeuteln verarbeitet. Insbesondere in Innenräumen werden sie für den Einbau von Fenster- und Türelementen sowie für die Abdichtung oder Verklebung von einzelnen Einbauteilen (Dusche, Wanne, Waschbecken, Küchenarbeitsplatten usw.) eingesetzt. Breite Anwendung findet auch die Abdichtung von Fugen in Feuchträumen (Sanitärräume, Küchen), da diese Dichtstoffe widerstandsfähig gegen Wasser sind und zugleich über einen langen Zeitraum hinweg elastisch bleiben.

In den Betrieben wird oft nur von Silikonen oder Silikonfugen gesprochen. Dabei handelt es bei den Silikon-Dichtstoffen um eine Produktgruppe mit deutlichen Unterschieden. Sie umfasst eine Vielzahl von Produkten mit verschiedenen Eigenschaften, Anwendungen und Rezepturen. Abgrenzungen erfolgen überwiegend anwendungsbezogen (z.B. Sanitärdichtstoff, Verglasungsdichtstoff) und nur selten inhaltsstoffbezogen. Andere Dichtstoffe, wie Silanmodifizierte Polymere (SMP, Hybrid-Polymere, MS-Polymere), Acrylate und Polyurethane werden in diesem Artikel nicht behandelt.

Aufgrund ihrer Inhaltsstoffe kann man Silikon-Dichtstoffe in verschiedene Systeme unterteilen, von denen folgende drei Systeme heute die größte Bedeutung besitzen:

- ▶ Acetat-Systeme (Essigsäure-vernetzend bzw. sauer- oder Acetat-vernetzend)
- ▶ Alkoxy-Systeme (neutral-vernetzend)
- ▶ Oxim-Systeme (neutral-vernetzend)

Der Hinweis „vernetzend“ bedeutet, dass diese Dichtstoffe nach der Verarbeitung abbinden. Erst nach der vollständigen Vernetzung ist ein Dichtstoff in einer Fuge voll belastbar. Nur zu Beginn der Vernetzung hat der Dichtstoff die Eigen-

schaften einer Paste und kann noch modelliert, geglättet und an die Fuge angepasst werden. Im Laufe der Vernetzungsreaktion verbinden sich die Inhaltsstoffe und es bildet sich ein mehr oder weniger elastisches Dichtungsmaterial.

Die Vernetzung ist eine chemische Reaktion. Bei bzw. nach dem Ausspritzen des Silikon-Dichtstoffes in eine Fuge reagiert der Dichtstoff mit Luftfeuchtigkeit, wodurch die chemische Reaktion in Gang kommt und bei der Reaktionsprodukte (Essigsäure, Alkohol, Oxime) freigesetzt werden. Die Reaktion läuft in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit und der Umgebungstemperatur mehr oder weniger rasch ab, dies kann Stunden oder auch Tage dauern. Entsprechend steigt die Freisetzung der abgespaltenen Reaktionsprodukte zunächst an und erreicht in Innenräumen erst nach einigen Stunden einen Höhepunkt, um dann über einen längeren Zeitraum wieder abzusinken. Daher sind die freigesetzten Stoffe, insbesondere bei der Verarbeitung in Innenräumen, in der Regel über mehrere Tage noch nachweisbar. So wurde in einer Schule bei Messungen auf 2-Butanonoxim erst zwei Wochen nach der Verarbeitung ein Wert von 1 mg/m³ unterschritten [Cyran 2004].

Der Verarbeiter nimmt diese Freisetzung von Stoffen in der Regel höchstens durch einen damit verbundenen Geruch wahr. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung muss aber ermittelt werden, welche Gefährdungen für den Verarbeiter und weitere Personen durch diese Freisetzung in Innenräumen bestehen können.

Acetat-Silikone (Essigsäure-vernetzend bzw. sauer- oder Acetat-vernetzend)

Sowohl im Profi- als auch im Heimwerkerbereich sind die sauer-vernetzenden Acetat-Silikone gut bekannt, sie spalten Essigsäure ab. Aufgrund ihrer guten Produkteigenschaften (hohe Beständigkeit gegen Hitze, Sonneneinstrahlung und Wasser, gute Haftung auf vielen Untergründen) können sie in vielen Bereichen vorwiegend im Innenbereich eingesetzt werden. Am bekanntesten ist die Verwendung im Sanitär- und Küchenbereich, in dem es vorrangig um die Beständigkeit gegen die Einwirkung von Feuchtigkeit geht.

Durch die freigesetzte Essigsäure ist die Vernetzungsreaktion gut verfolgbar, der charakteristische Geruch nach Essig tritt schon bei geringen Konzentrationen auf. Wenn der Dichtstoff vollständig vernetzt ist, ist auch kein Essiggeruch mehr feststellbar. Die Freisetzung der Essigsäure schränkt aber die Verwendung der Acetatssysteme ein. Bei blankem Eisen sowie Buntmetallen besteht die Gefahr der Korrosion, die sich durch Verfärbungen zeigt. Auch viele Natursteine, insbesondere Marmor, können durch die Essigsäure angegriffen werden. Auf zementären Untergründen und vielen Kunststoffen ist die Haftung oft nicht gegeben.

Neutral-vernetzende Silikone

Aufgrund dieser Einschränkungen der Acetat-Systeme haben die neutral vernetzenden Silikon-Dichtstoffe eine wichtige Bedeutung, hier gibt es mit den Alkoxy- und Oxim-Systemen zwei unterschiedliche Produktgruppen von Silikonen. Da diese Systeme keine sauren Stoffe freisetzen, können sie auch auf empfindlichen Oberflächen (z.B. Natursteine, korrosionsempfindliche Metalle, Kunststoffe) eingesetzt werden. Die Verwendung von Natursteinplatten im Küchenbau erfordert beispielsweise eine Abdichtung mit speziellen für Naturstein geeigneten neutral-vernetzenden Silikonen. Hervorzuheben ist die hervorragende Haftung auf einer Vielzahl bauüblicher Materialien. Die sehr gute Haftung auf unterschiedlichsten Untergründen und die damit verbundene universelle Einsetzbarkeit zeichnen die neutral-vernetzenden Silikone gegenüber den Acetat-Silikonen aus.

Alkoxy-Silikone (neutral-vernetzend)

Diese Systeme spalten Alkohole (Methanol, Ethanol) ab und sind weitgehend geruchlos. Empfindliche Oberflächen werden dadurch nicht angegriffen.

Oxim-Silikone (neutral-vernetzend)

In der Gruppe der Oxim-Silikone gibt es mehrere Untersysteme. Viele Oxim-Silikone spalten 2-Butanonoxim (Methyl-Ethyl-Keton-Oxim, MEKO) ab, einen Stoff, der einen charakteristischen Geruch aufweist und ebenfalls empfindliche Oberflächen nicht angreift.

Was bedeuten die bei der Vernetzung abgespaltenen Stoffe für den Arbeitsschutz?

Acetat-Silikone (Essigsäure-vernetzend bzw. Acetat-vernetzend)

Essigsäure wirkt in Dampfform reizend auf Haut und Schleimhäute. Durch die niedrige Geruchsschwelle von etwa 1-2 mg/m³ und den stechenden Geruch besteht aber schon eine frühe Warnwirkung. In der Begründung zum Grenzwert wird dazu ausgeführt, dass trotz der häufigen Verwendung bisher nur wenige Berichte über Erkrankungen beim gewerblichen Umgang mit Essigsäure mitgeteilt wurden. In älteren Studien wird sogar vermutet, dass auch 2-3-fache Überschreitungen des Grenzwertes gefahrlos erträglich seien. Auch bei in neueren Studien beobachteten Effekten im Bereich des Grenzwertes soll es sich aufgrund des quantitativ niedrigen Niveaus der Geruchsbelästigung nicht um eine unangemessene Belästigung im Sinne der MAK-Wert-Definition handeln [DFG 2008].

DIE AUTOREN

Dipl.-Chem. Rainer Dörr
BG BAU; Prävention,
Bereich Gefahrstoffe,
Wuppertal

Dr. Michael Futscher
Tremco illbruck Produktion
GmbH; Technischer Direktor,
Traunreut

Dr. Peter Geboes
Soudal NV;
Manager R&D,
Turnhout (Belgien)

Dipl.-Ing. Ralf Heinzmann
Sika Services AG; Global
Technical Manager TM
Sealing & Bonding,
Bad Urach

Olaf Pretzsch
Dow Corning GmbH;
Application Engineer &
Technical Service,
Wiesbaden

Alkoxy-Silikone (neutral-vernetzend)

Da die Arbeitsplatzgrenzwerte mit 270 mg/m³ für Methanol und 960 mg/m³ für Ethanol relativ hoch liegen, ist eigentlich nicht zu erwarten, dass es bei der Verarbeitung unter Berücksichtigung von einfachen Lüftungsmaßnahmen zu Überschreitungen der AGWs kommen wird. Dies zeigen auch Erfahrungen bei der großflächigen Anwendung von Silan-modifizierten Polymeren (auch oft als SMP, Hybridpolymere oder MS-Polymere bezeichnet) als Klebstoffe im Bodenbereich. Bei Einsatz dieser SMP-Klebstoffe werden die Luftgrenzwerte eingehalten [TRGS 610].

Ethanol	960 mg/m ³
Methanol	270 mg/m ³
Essigsäure	25 mg/m ³
2-Butanonoxim	1 mg/m ³

Tab. 1: Arbeitsplatzgrenzwerte für Spaltprodukte, die bei der Vernetzung freigesetzt werden können

Oxim-Silikone (neutral-vernetzend, 2-Butanonoxim abspaltend)

2-Butanonoxim steht seit Jahren im Verdacht, Krebs zu erzeugen [DFG 1997]. Entsprechend wurde 2-Butanonoxim auf europäischer Ebene als krebserregend eingestuft.

Seit September 2013 gibt es für 2-Butanonoxim einen Arbeitsplatzgrenzwert von 1 mg/m³ [TRGS 900]. Da bisher nur wenige Erfahrungen zur Freisetzung von 2-Butanonoxim aus Dichtstoffen vorlagen, wurde die Gruppe der 2-Butanonoxim-vernetzenden Silikon-Dichtstoffe von der BG BAU näher untersucht. Schon bei ersten orientierenden Versuchen wurden deutliche Überschreitungen des Arbeitsplatzgrenzwertes festgestellt. In einem Raum (Volumen 49 m³) wurden 4 Kartuschen (je 310 ml Dichtstoff) eines nicht gekennzeichneten Oximprodukts auf Tapetenbahnen in Streifen aufgebracht (Streifenlänge 52 m). Personenbezogen wurde während der Verarbeitung ein Wert von 23 mg/m³ für 2-Butanonoxim gemessen. Bei einer zweiten Messung, bei der nur eine Kartusche verarbeitet wurde (Streifenlänge 14 m), wurde bei der Verarbeitung personenbezogen mit 4,2 mg/m³ immer noch eine deutliche Überschreitung des Arbeitsplatzgrenzwertes festgestellt.

In Abstimmung mit den, im Fachausschuss 7 „Baudichtstoffe“ der Deutschen Bauchemie organisierten Herstellern, wurden daraufhin Messungen in einem Innenraum mit einer größeren Anzahl der 2-Butanonoxim abspaltenden Silikone durchgeführt. Für diese Messungen wurden Verarbeitungsbedingungen und -mengen festgelegt, die den realistischen Verwendungsbedingungen möglichst nahe kommen. Kernpunkt

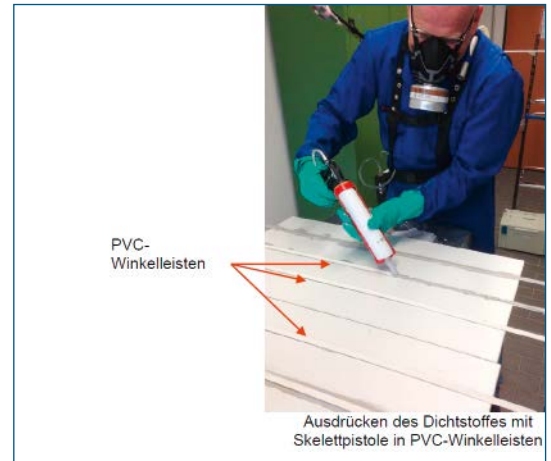


Abb. 1: Verarbeitung eines Dichtstoffes zu Beginn der Messung, Ausdrücken des Dichtstoffes mit Skelettpistole in PVC-Winkelleisten

der Abstimmung war die Raumbeladung von 0,007 m²/m³ (Modellraum gemäß CEN/TS 16516). Mit dem Volumen des Raumes von 47,5 m³ ergibt das eine Fläche von 0,333 m². Der Dichtstoff wurde dabei in Winkelleisten ausgebracht, mit einer Fugenbreite von 12 mm, hieraus resultiert die Fugenlänge von 28 m (28 m * 0,012 m = 0,336 m²) (Abb. 1).

Bei allen vier untersuchten Produkten wurden trotz guter Lüftungsbedingungen Überschreitungen des Arbeitsplatzgrenzwertes ermittelt (Abb. 2). Die Lüftungsverhältnisse waren deutlich besser als bei natürlicher Lüftung, nur durch offene Türen und Fenster kann ein vergleichbarer guter Luftwechsel in der Regel nicht erreicht werden. Während der Verarbeitung wurde der AGW von 1 mg/m³ um das Drei- bis Fünffache überschritten, in der folgenden Stunde war ein weiterer Anstieg zu beobachten und erst danach begannen die Werte zu sinken. Der AGW wurde aber auch 6 Stunden nach Verarbeitung noch nicht wieder unterschritten. Die Lüftung war während dieser Stunden weiterhin ständig im Betrieb.

Auf Baustellen sind in Innenräumen vergleichbare gute Lüftungsbedingungen in der Regel nur durch den Einsatz zusätzlicher technischer Lüftungsanlagen erreichbar. Daher ist in der Praxis davon auszugehen, dass der Arbeitsplatzgrenzwert sehr häufig überschritten wird.

Wie kann man 2-Butanonoxim-Systeme erkennen?

Der Anwender steht häufig vor dem Problem, dass die Hersteller von Dichtstoffen die Produkteigenschaften und die Anwendungsbereiche (z. B. Sanitär silikon) bewerben, zum Teil aber nur wenige oder, weil klein geschrieben, auf den ersten Blick schwer ersichtliche Angaben zum Vernetzungssystem und den frei werdenden Spaltprodukten machen. In der Regel sind Acetatsys-

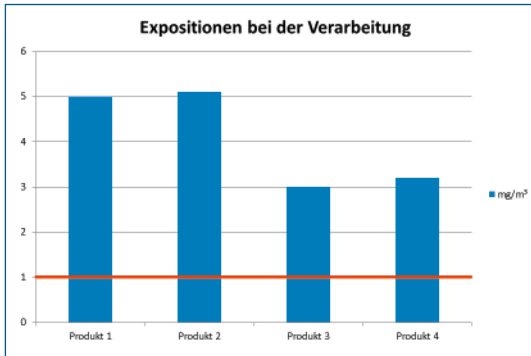


Abb. 2: Expositionen von 2-Butanonoxim bei der Verarbeitung, personenbezogene Messung, Raumluftechnische Anlage ständig im Betrieb, Luftwechsel ca. 5/h

teme am typischen Geruch gut erkennbar und werden meistens auch eindeutig ausgelobt. Im Zweifelsfall sind im Abschnitt 8 des Sicherheitsdatenblatts Hinweise auf die Essigsäure zu finden. Dagegen ist bei den neutral vernetzenden Systemen auf den ersten Blick nicht immer deutlich zu erkennen, ob Alkohole, 2-Butanonoxim oder andere Oxime frei werden. Bei 2-Butanonoxim- vernetzenden Silikonen hat der Hersteller den vorgeschriebenen Hinweis aufgrund der sensibilisierenden Wirkung auf das Produkt zu schreiben (Abb. 3). Bei anderen Silikonen, bei denen die Angabe des Spaltproduktes auf dem Produkt nicht zwingend ist, sollten die Spaltprodukte im Sicherheitsdatenblatt in Abschnitt 8 angegeben werden.

Bei den von der BG BAU untersuchten Produkten handelte es sich laut Herstellerangaben um kennzeichnungsfreie, sogenannte „low-MEKO-Produkte“. Da in diesen Produkten vor der Verarbeitung weniger als 1% freies 2-Butanonoxim enthalten ist, müssen die Dichtstoff-Gebinde nicht mit Gefahrensymbolen gekennzeichnet werden. In der Regel wird dieser niedrige Gehalt dadurch erreicht, dass ein Teil des 2-Butanonoxim absplittenden Vernetzers durch andere Vernetzer ersetzt wird, welche andere Oxime¹ absplitten.

Auf der Verpackung sind Hinweise wie „Enthält Butan-2-on-O,O',O''-(vinylylsilylidyn)trioxim“ zu finden (Abb. 3). Der Anwender bekommt dadurch keine ausreichenden Hinweise, dass bei der Verarbeitung der Arbeitsplatzgrenzwert von 2-Butanonoxim deutlich überschritten wird und Atemschutz getragen werden muss. Dem Anwender von Dichtstoffen (und anderen Produkten) kann daher nur empfohlen werden, das Sicherheitsdatenblatt sorgsam zu lesen, denn in den Abschnitten 3, 8 und 11 sind wichtige Hinweise zu finden.

¹ 2-Propanonoxim (Acetonoxim, Di-Methyl-Keton-Oxim, DMKO), 2-Pentanonoxim (Methyl-Propyl-Keton-Oxim, MPKO) oder 4-Methyl-2-Pentanonoxim (Methyl-Isobutyl-Keton-Oxim, MIBKO)

Erforderliche Arbeitsschutzmaßnahmen

Bei der Gefährdungsbeurteilung ist das STOP-Prinzip zu berücksichtigen, d.h. es muss zuerst eine Substitutionsprüfung durchgeführt werden. Dabei ist zu prüfen, ob die Verwendung von 2-Butanonoxim-Systemen überhaupt notwendig ist. In vielen, allerdings nicht in allen Anwendungen können diese Oxim-Silikone durch Alkoxy-Silikone ersetzt werden. Bisweilen eignen sich als Ersatz auch Acetat-Silikone oder andere Dichtstoffsysteme (z.B. Hybrid-/SMP-Dichtstoffe), dies hängt jedoch von den genauen Details der Anwendung ab. Aufgrund der Gefährdungen durch 2-Butanonoxim sollte, wenn technisch möglich, auf 2-Butanonoxim-absplittende Silikone verzichtet werden.

Bei allen anderen Oxim-Silikonen ist es aus präventiven Gründen empfehlenswert, vergleichbare Arbeitsschutzmaßnahmen wie bei 2-Butanonoxim absplittenden Silikon-Dichtstoffen zu ergreifen. Wie bei allen chemischen Bauprodukten ist es empfehlenswert, das Sicherheitsdatenblatt des Produktes zu lesen und die empfohlenen Arbeitsschutzmaßnahmen des entsprechenden Produktes beim Verarbeiten zu berücksichtigen. Der Arbeitgeber muss nach § 6 Abs. 1 der Gefahrstoffverordnung Art und Ausmaß der Exposition der Beschäftigten vor Aufnahme der Tätigkeiten ermitteln. Dies kann durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere geeignete Methoden zur Ermittlung der Exposition erfolgen (GefStoffV § 7 Abs. 8 und 9). Ist die Exposition nicht bekannt, ist eine hinreichende Gefährdungsbeurteilung nicht möglich. Daher sind präventiv Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Hinzu kommt dabei noch § 6 Abs. 14: Wenn für Stoffe oder Gemische keine Prüfdaten oder entsprechende aussagekräftige Informationen beispielsweise zur hautsensibilisierenden Wirkung vorliegen, sind die Stoffe oder Gemische bei der Gefährdungsbeurteilung wie Gefahrstoffe mit entsprechenden Wirkungen zu behandeln. Fehlende Daten können daher nicht zu Aufweichungen bei den Schutzmaßnahmen führen.

Nur wenn andere Dichtstoffe aus technischen Gründen keine Alternative darstellen, kann der Einsatz von 2-Butanonoxim-absplittenden Oxim-Silikonen noch infrage kommen. In diesen

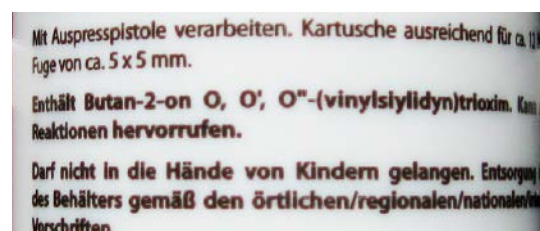


Abb. 3: Hinweis auf einer Kartusche auf die Freisetzung von Oximen: Enthält Butan-2-on-O,O',O''-(vinylylsilylidyn)trioxim. Kann allergische Reaktionen hervorrufen.

seltenen Fällen müssen dann die erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen sorgfältig geplant werden.

Im Sinne der Maßnahmenhierarchie haben technische Maßnahmen Vorrang, wenn die Substitution nicht möglich ist. Bei der Verwendung von 2-Butanonoxim-absplattenden Silikonem in Innenräumen kann die Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes aber nicht immer durch technische Lüftungsmaßnahmen gewährleistet werden. Deshalb muss hier Atemschutz (Gasfilter A, Kennfarbe braun) getragen werden. Auch das Tragen von Schutzhandschuhen (z.B. Chemikalienschutzhandschuhe aus Nitril) ist erforderlich, da 2-Butanonoxim über die Haut aufgenommen werden kann und außerdem als hautsensibilisierend eingestuft ist. Das Glätten von Fugen sollte mit Hilfe eines Glättwerkzeuges oder eines Holzspatels erfolgen. Da dadurch ein Hautkontakt verringert werden kann, erscheint es möglich Einmalhandschuhe aus Nitril-Kautschuk für kurze Zeiträume einzusetzen.

Weiterhin muss der Arbeitsbereich zusätzlich gesichert werden. Da die Freisetzung von 2-Butanonoxim etwa 2 bis 4 Stunden nach Beginn der Arbeiten den Höhepunkt erreicht und über mehrere Tage andauern kann, muss der betroffene Bereich für andere Gewerke auch nach der Verarbeitung gut gelüftet werden und für mehrere Tage gesperrt werden. Erst danach kann davon ausgegangen werden, dass der Arbeitsplatzgrenzwert wieder eingehalten wird.

Position der Hersteller von Dichtstoffen

Die innerhalb der Deutschen Bauchemie im „Fachausschuss 7“ und die im Industrieverband Dichtstoffe (IVD) organisierten Hersteller von Baudichtstoffen haben über ihre Verbände der BG BAU mitgeteilt, aufgrund der skizzierten Situation 2-Butanonoxim-absplattende Silikon-Dichtstoffe zu substituieren. Aus technischen Gründen ist für diese Umstellung mit einem Zeitbedarf von etwa 2 Jahren zu rechnen.

Nach dieser Frist sollten in Deutschland kaum noch 2-Butanonoxim-absplattende Silikon-Dichtstoffe für die Anwendung im Innenraum zu finden sein. Um zu gewährleisten, dass in der Phase der Rezepturumstellung eine sichere Verwendung der 2-Butanonoxim-absplattenden Silikon-Dichtstoffe gewährleistet ist, werden die Hersteller ihre Kunden über die in diesem Artikel beschriebenen Arbeitsschutzmaßnahmen informieren. Parallel werden die Hersteller aktiv mitverfolgen, wie sich die Diskussion um die gesundheitliche Bewertung alternativer Oxim-Silikone entwickelt.

Ausblick

Die BG BAU wird für Dichtstoffe Empfehlungen entwickeln, um das Erkennen von problematischen Produkten zu erleichtern. Bis dahin kann man dem Anwender nur raten, bei den neutral-vernetzenden Silikon-Dichtstoffen genau hinzusehen, das Sicherheitsdatenblatt aufmerksam zu lesen und gegebenenfalls beim Hersteller nachzufragen, welche Stoffe bei der Verarbeitung freigesetzt werden. Ein Hinweis auf die Freisetzung von Alkoholen weist auf ein Alkoxy-System hin, das bei der Verarbeitung unproblematisch ist.

Diese Ermittlung der Freisetzungserzeugnisse sollte sehr sorgfältig erfolgen, wie es ein Vorfall im Rheinland zeigt. Im September 2013 sollte in Hürth bei Köln eine neue Kindertagesstätte eröffnet werden. Bei einer Raumluftmessung wurde festgestellt, dass aus Bodenfugen 2-Butanonoxim freigesetzt wurde. Bereits die Einstufung von 2-Butanonoxim als krebserregend führte dazu, dass die Räume gesperrt wurden. Die Stadt gab dann die komplette Entfernung der Verfüugung in Auftrag [KStA 2013]. Durch eine sorgfältige Planung und die Durchsicht der Sicherheitsdatenblätter vor der Auswahl des Dichtstoffes hätte dieser Vorfall vermieden werden können.

LITERATUR

- [Cyran 2004] Cyran, Elisabeth, *Butanonoxim in einem Schulgebäude*, in: Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Umed Info 15 Innenraumhygiene, Mai 2004
- [DFG 1997] Deutsche Forschungsgemeinschaft, *Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Begründung zur Einstufung von Butanonoxim, MAK- und BAT-Werte-Liste*, 24. Lieferung 1997, siehe „MAK-Collection“: http://www.dfg.de/dfg_profil/gremien/senat/gesundheitschaedliche_arbeitsstoffe/
- [DFG 2008] Deutsche Forschungsgemeinschaft, *Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Begründung zur Einstufung von Essigsäure, MAK- und BAT-Werte-Liste*, 44. Lieferung 2008
- [KStA 2013] *Kölner Stadt-Anzeiger*, www.ksta.de, Artikel vom 27.09.2013: *Butanonoxim in Hürth, Gift im neuen Kindergarten*
- [TRGS 610] TRGS 610 *Ersatzstoffe und Ersatzverfahren für stark lösemittelhaltige Vorstriche und Klebstoffe für den Bodenbereich*, siehe: <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS.html>
- [TRGS 900] TRGS 900 *Arbeitsplatzgrenzwerte*