

# "Die neue Störfall-Verordnung und Brandgefahren"

*Dr. Hans-Joachim Uth, Berlin*

Die negativen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt durch spektakuläre Unfällen in chemischen Produktions- und Lageranlagen in den 1970-iger Jahren waren Anlass und Ausgangspunkt für rechtliche Regelungen zur Störfallprävention und Folgenbegrenzung. Diese rechtlichen Setzungen waren insbesondere mit den Störfall 1976 im italienischen Seveso<sup>1</sup> verknüpft, weil dieses Ereignis sich durch eine Besonderheit auszeichnete, die für die chemische Industrie von zentraler Bedeutung war: Die Gefahrstoffe, die zu den weitreichenden Auswirkungen auf die Umwelt und die Menschen in der Nachbarschaft führten, waren erst im Verlauf des Unfalls aus weniger gefährlichen Stoffen entstanden. Dieses Faktum setzte die rechtliche Behandlung unter erhebliche Schwierigkeiten. Bis dato konnten alle technischen Vorschriften auf genau bezeichnete Gefahrenmerkmale von Stoffen oder Verfahren bezogen werden, nunmehr mussten aber auch Zustände ex ante berücksichtigt und zu deren Beherrschung technische Maßnahmen vorgesehen werden. Weiterhin zeigte die Untersuchung des SEVESO-Ereignisses, dass die Ursachen in der komplexen Verschaltung des Verfahrensablaufs und den in diesen fehlerhaft eingeschlichenen Faktoren lag. Zur Prävention des Ereignisses hätte eine systematische Sicherheitsanalyse durchgeführt werden müssen, ein Vorgehen, welches zu dieser Zeit in der chemischen Verfahrenstechnik eher eine Ausnahme darstellte. Die EU-Kommission hat diese beiden Lehren aus Seveso und anderen Ereignissen, wie Feyzin 1966, Flixborough 1974 in die erste Fassung der Richtlinie (SEVESO I Richtlinie) 1982 aufgenommen. Es wurde für gefährliche Industrieanlagen die Anfertigung einer systematischen Sicherheitsanalyse vorgeschrieben und zur Bestimmung des Geltungsbereichs der RL, neben dem tatsächlichen Vorhandensein aufgelisteter Gefahrstoffe auch die Fälle eingeschlossen, in denen diese Stoffe erst *"anfallen"*, also auch aus nicht so gefährlichen Stoffen entstehen können. Letztere Vorschrift lief in der Praxis weitgehend ins Leere, denn die Beantwortung der Frage, ob Stoffe bei der Abweichung vom bestimmungsgemäßen Betrieb entstehen können, setzt eine systematische (Sicherheits-) Analyse voraus. Diese wurde aber in der Rechtsvorschrift erst gefordert für Anlagen, die der Richtlinie unterlagen. Dieser "Geburtsfehler" wurde weder mit der Präzisierung der SEVESO II Richtlinie 1996 noch durch die Fassung (SEVESO III) von 2012 endgültig behoben. Aber dennoch gab es einige Versuche dieses Paradoxon zu lösen. In der Störfall-Verordnung 2000 wurde das *"anfallen"* durch *"bei einem außer Kontrolle geratenen industriellen chemischen Verfahren anfallen..."* ersetzt. Die Präzisierung zielte auf den Ausschluss der Stoffentstehung durch Brände, ein Vorgang, der in der Vergangenheit bezeichnenderweise immer wieder zu Zweifelsfragen geführt hat. Mit der Umsetzung der SEVESO III Richtlinie in der Störfall-Verordnung 2017 wurden schließlich explizit die Brandgefahren, wenn auch nur in Lägern innerhalb eines Betriebsbereichs, wieder eingeschlossen. Nun sind Stoffe, bei denen *"... vernünftigerweise vorhersehbar ist, dass sie bei außer Kontrolle geratenen Prozessen, auch bei Lagerung in einer Anlage innerhalb des Betriebsbereichs, anfallen, und zwar in Mengen, die die in Anhang I genannten Mengenschwellen erreichen oder überschreiten"* zu berücksichtigen.

Der Seveso-Fall<sup>2</sup>, bei dem aus 1,2,4,5-Tetrachlorbenzol (Kein Stoff nach Anhang I) durch einen außer Kontrolle geratenen Prozess das hochgiftige TCDD<sup>3</sup> (Stoff nach Anhang I)

---

<sup>1</sup> Egmont R. Koch, Fritz Vahrenholt: Seveso ist überall – Die tödlichen Risiken der Chemie. Kiepenheuer & Witsch, Köln 1978, ISBN 3-462-01290-8.

<sup>2</sup> a.a.O.

<sup>3</sup> 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin CAS 1746-01-6

entstand, ist durch diese Vorschrift abgedeckt. Würde jedoch das TCDD in einer Menge von mehr als 1 kg bei einem Brand von z.B. PVC entstehen, würde das nur zur Anwendung der Störfall-Verordnung führen, wenn der Brand in einer Lageranlage in einem schon bestehenden Betriebsbereich stattfindet. Diese Einschränkung erscheint nicht sachgerecht. Brände gelten generell neben Explosionen und Freisetzung von toxischen und ökotoxischen Stoffen als wesentliche Ursachen für Störfälle, unabhängig davon ob sie innerhalb oder außerhalb von Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung stattfinden.

## **Brände und Störfall-Verordnung**

Bei der Betrachtung von Bränden in Verbindung mit der neuen Störfall-Verordnung sind zwei Aspekte zu unterscheiden. Einerseits kann die sachgerechte Prognose eines Brands ex ante zur Errichtung oder Upgrading eines Betriebsbereichs nach der Störfall-Verordnung führen, andererseits gelten Brände als wesentliche Ursachen von Störfällen, die verhindert und deren Auswirkungen begrenzt werden müssen.

### **Errichtung eines Betriebsbereichs, Upgrading**

Der erste Aspekt ist, wie dargelegt, in der neuen Störfall-Verordnung (2017) präzisiert worden. Die in diesem Zusammenhang eingeführten unbestimmten Rechtsbegriffe werden durch eine Empfehlung der Kommission für Anlagensicherheit (KAS) für die Praxis umsetzbar gemacht. Im Bericht KAS-43<sup>4</sup> *"Empfehlungen zur Ermittlung der Mengen gefährlicher Stoffe bei außer Kontrolle geratenen Prozessen"* wird die *"vernünftige Vorhersehbarkeit"* der Entstehung von Gefahrstoffen ex ante gleichbehandelt wie der *"vernünftige Ausschluss"* von Ereignissen, denen i.S. des § 3 Abs 2 Störfall-Verordnung nicht mehr vorgebeugt werden muss. Diese semantische Gleichbehandlung erscheint auf den ersten Blick plausibel, verdeckt aber einen wesentlichen Unterschied der Falllagen. Der *"vernünftige Ausschluss"* ist nur im System der Störfall-Verordnung definiert und teilt die Bereiche der noch zu berücksichtigender Störfallablaufszenerarien (*"Dennoch-Störfall"*) von den Ereignissen, die z.B. in einem Sicherheitsbericht nicht weiter betrachtet werden müssen<sup>5</sup>. Hierbei sind die störfallverhindernden und störfallbegrenzenden Maßnahmen zu berücksichtigen. Die *"vernünftige Vorhersehbarkeit"* der Entstehung von Gefahrstoffen ist ein analytischer Schritt im Vorfeld der Prüfung, ob die Störfall-Verordnung überhaupt anzuwenden ist oder bei bestehenden Betriebsbereichen ggf. ein Übergang von den Grund- zu der erweiterten Pflichten (upgrading) erforderlich ist. Dies erfordert, wie dargelegt, eine systematische Sicherheitsbetrachtung. Um den Aufwand dafür zu begrenzen schlägt die KAS eine pragmatische Vorgehensweise vor. In einer Positivliste werden 12 typische Anlagen (Bezeichnung nach dem Anhang der 4. BImSchV) ausgewählt, in denen ggf. eine erhebliche Mengen an Gefahrstoffen durch Brand oder Stoffverwechslung bei einem Unfall entstehen kann. Der Unfall kann aber vermieden, bzw. deren Auswirkungen wirksam begrenzt werden, wenn eine Reihe konkret benannter Sicherheitsmaßnahmen vorhanden sind. Dann ist *"vernünftigerweise vorhersehbar"*, dass es durch einen denkbaren Unfall nicht zur Bildung von Gefahrstoffen nach der Störfall-Verordnung in den erforderlichen Mengen kommen kann. Sind die von der KAS vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verhinderung von Stoffverwechslungen noch nachvollziehbar, bleiben Zweifel bei der Behandlung von Bränden und sonstige Pfade der Entstehung von Gefahrstoffen bei *"außer Kontrolle geratenen Prozessen"*. Ein Brandgeschehen kann sehr komplex sein, Art und Menge der entstehenden Brandprodukte sind von einer Fülle konkreter Bedingungen abhängig, deren

---

<sup>4</sup> Kommission für Anlagensicherheit, KAS-43 Empfehlungen zur Ermittlung der Mengen gefährlicher Stoffe bei außer Kontrolle geratenen Prozessen i.d.F. v. 23.11.2017, [http://www.sfk-taa.de/publikationen/kas\\_pub.htm](http://www.sfk-taa.de/publikationen/kas_pub.htm)

<sup>5</sup> Näheres im: SFK-Bericht "Schadensbegrenzung bei Dennoch-Störfällen. Empfehlungen für Kriterien zur Abgrenzung von Dennoch-Störfällen und für Vorkehrungen zur Begrenzung ihrer Auswirkungen" (SFK-GS-26) 1999, [http://www.sfk-taa.de/publikationen/kas\\_pub.htm](http://www.sfk-taa.de/publikationen/kas_pub.htm)

Zusammenwirken eine systematische Analyse des Einzelfalls erfordern. KAS-43 enthält hierfür wertvolle Basisinformationen, ersetzt aber eine detaillierte Analyse nicht. Kann durch die systematische Analyse die Entstehung von Stoffen nach Anhang 1 der Störfall-Verordnung in den dort angegebenen Mengen nicht ausgeschlossen werden, kommt es zur Errichtung eines Betriebsbereichs und in Folge dessen zur Anwendung der Verordnung mit allen Pflichten. Ggf. müssen neben den im Unfall erst entstehenden Gefahrstoffen auch noch unterhalb der Mengenschwelle des Anhang 1 vorhandene weitere Gefahrstoffe in Anwendung der Summationsregel berücksichtigt werden.

### **Brände in bestehenden Betriebsbereichen**

Für die Betrachtung von Bränden in bereits bestehenden Betriebsbereichen ist maßgeblich, ob durch den Brand ein Störfall ausgelöst werden kann. Danach richten sich die Anforderungen an technische und organisatorische Maßnahmen zur Verhinderung der Entstehung des Brandes und der Begrenzung seiner Auswirkungen.

Ein Störfall liegt nach der Legaldefinition vor, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Entstehen von **Sachschäden** mit >2 Millionen € innerhalb des Betriebsbereichs oder >0,5 Millionen € außerhalb des Betriebsbereichs;
2. Entstehen einer ernste **Gefahr** i.S. des § 2 Nr. 8 Störfall-Verordnung, bei der
  - a) das Leben von Menschen bedroht wird oder schwerwiegende Gesundheitsbeeinträchtigungen von Menschen zu befürchten sind;
  - b) die Gesundheit einer großen Zahl von Menschen beeinträchtigt werden kann;
  - c) die Umwelt, insbesondere Tiere und Pflanzen, der Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- oder sonstige Sachgüter geschädigt werden können, falls durch eine Veränderung ihres Bestandes oder ihrer Nutzbarkeit das Gemeinwohl beeinträchtigt würde;

Während im ersteren Fall Schäden entstanden sein müssen reicht im letzteren Fall die drohende Gefahr aus um den Tatbestand eines Störfalls zu begründen. Hinsichtlich der Beurteilung des Tatbestandes der Schwere einer Gesundheitsbeeinträchtigung besteht ein gewisser Ermessensspielraum. Üblicherweise wird dies i.d.R. anzunehmen sein wenn bestimmte Immissionswerte überschritten werden.

Bei Bränden kommen dafür praktisch Wirkungen durch Wärmestrahlung und toxische Wirkungen der Brandprodukte in Betracht.

Für die Analyse, ob Brände Störfälle auslösen können ist das Wirkungsspektrum zu untersuchen und einzuschätzen.

### **Gefahren durch Brände**

#### **a) Physikalische Wirkungen**

Das wesentliche Wirkungsspektrum von Bränden ist die Wärmestrahlung. Dabei sind die Emissionen wesentlich vom Brandverlauf abhängig. Extreme Erscheinungsformen sind der Feuerball als maximale Emissionssituation und der stark rußende Flüssigkeitsbrand, bei dem die Flammenerscheinung kaum mehr wahrnehmbar ist. Bei ersterem können Verbrennungen 2. Grades noch in Entfernungen von Hunderten von Metern ausgelöst werden, bei letzteren sind die Wärmestrahlungswirkungen noch am Rand des Brandgeschehens unkritisch. Die Toleranzwerte für Wärmestrahlung sind gut dokumentiert<sup>6</sup>. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht.

---

<sup>6</sup> UBA- FE 10409428 „Ermittlung und Berechnung von Störfallszenarien nach der 3. Störfall-Verwaltungsvorschrift“, TÜV Berlin Brandenburg, Berlin 2000.

Bei ausreichender Intensität und Dauer kann es bei brennbaren Stoffen zur Erwärmung der Oberflächen und in der Folge zur Selbstentzündung und zu Folgebränden kommen.

Wirkung/Entzündung	Bestrahlungsstärke (kW/m <sup>2</sup> )	Einwirkungsdauer (s)
Maximale Sonneneinstrahlung	1,3	-
Platzen von Fensterscheiben	5,0	6
Kunstfaser	7,0	sofort
Papier	8,0	5
	13,0	8
Schmieröl an Maschinen	9,2	-
Anstrichfarbe an Anlagenteilen	12,2	-
Baumwollgewebe	24,0	900
Ungestrichene Holzfaserplatte	25,0	900
Ungestrichenes Holz	32,0	900
Stahlkonstruktionen versagen	42,0	900
Duroplastischer Kunststoff	84,0	900

Tabelle 1 Selbstentzündungsbedingungen ohne Schutzmaßnahmen und andere Effekte

Die Zulässigkeit kritischen Bestrahlungsstärken beliebiger Dauer sind in Tabelle 2 angegeben.

Zu schützendes Objekt	Kritische Bestrahlungsstärke (kW/m <sup>2</sup> )
Grenze für nachteilige Wirkungen	1,6
Empfindliche Gebäude: Krankenhäuser, Altenheime, Schulen, Wohnhäuser	2,0
Öffentliche Straßen	4,5
<b>Grenze für wahrscheinliche Feuerübertragung</b>	<b>8,0</b>
Ungekühlte Lagertanks	10,0
Fabrikgebäude: Leitwarten, Werkstätten	12,6
Gekühlte Lagertanks	37,8

Tabelle 2 Kritische Bestrahlungsstärken

Bei Explosionen liegt die Dauer der Einwirkung der Strahlung im Bereich von 0,5 bis 15 s. Falls die ungeschützte menschliche Haut betroffen ist, können unterschiedlich schwere Verletzungen (Verbrennungen) bis zum Tod bewirkt werden.

Die Abhängigkeit der Zeitdauer  $t_{Sch}$  bis zum Erreichen der Schmerzgrenze von der Bestrahlungsstärke ist in der folgenden Tabelle enthalten.

kW/m <sup>2</sup>	1,7	2,3	2,9	4,7	6,9	9,5	11,7	19,9
$t_{Sch}$ in s	60	40	30	16	9	6	4	2

Bei einer Bestrahlungsstärke von 10,5 kW/m<sup>2</sup> kommt es nach 10 bis 12 s zur Blasenbildung auf der Haut. Der Tod tritt bei dieser Bestrahlungsstärke nach etwa 40 s ein.

Bis zu einer Bestrahlungsstärke von 5 kW/m<sup>2</sup> ist ein kurzfristiger Feuerwehreinsatz möglich. In besonderen Schutzanzügen sind auch noch Belastungen mit 8 kW/m<sup>2</sup> zulässig.

Für Menschen kann ein Bestrahlungsstärke von **1,6 kW/m<sup>2</sup>** als Grenze für nachteilige Wirkungen<sup>7</sup> betrachtet werden.

## **b) Toxische Brandprodukte**

Die Behandlung von toxischen Brandprodukten ist wesentlich komplizierter, da Art und Umfang der bei einem Brand entstehenden Stoffe insbesondere abhängig sind von:

- den am Brand beteiligten Stoffe
- der Sauerstoff/Oxidationsmittelzufuhr
- den Brandbedingungen und der Brandumgebung;

In der wissenschaftlichen Literatur sind über 8300 Brandprodukte in realen Bränden und bei Simulationsversuchen identifiziert und beschrieben worden<sup>8</sup>. Diese Stoffe kommen in ca. 300 typischen Rauchgasmischungen vor. Eine große Anzahl der Stoffe haben toxische Wirkungspotentiale. Um aus der Fülle der Stoffkombinationen, die bei Bränden entstehen, Abschätzungen über die toxischen Wirkungen der Gefahrstoff-Mischung abzuleiten sind Modellansätze über die Definition von „Leitsubstanzen“ gemacht worden. Dabei werden Modelle mit je 61, 30 und 18 typischen Brandgaszusammensetzungen verwendet. Je differenzierte diese sind ein umso genaueres Bild der toxischen Wirkung erhält man<sup>9</sup>, der messtechnische Aufwand ist aber sehr unterschiedlich.

Sind einmal die entstehenden Stoffe qualitativ und quantitativ identifiziert, ist das Vorliegen einer „ernsten Gefahr“ i.S.d. Störfall-Verordnung anhand einer Expositionsanalyse zu ermitteln. Hierzu sind i.d.R. Störfallablaufszenarien erforderlich. Nach allgemeiner Auffassung und einer Empfehlung der Störfallkommission<sup>10</sup> kann eine solche Gefahr nicht mehr ausgeschlossen werden, wenn folgende Immissionstoleranzwerte überschritten werden:

- AEGL-3 Wert<sup>11</sup>/(ERPG-3)<sup>12</sup> für einen einzelnen Menschen;
- AEGL-2 Wert / (ERPG-2) für eine größere Anzahl von Menschen;

Hinsichtlich der allgemeinen Beurteilung von Gesundheitsgefahren durch toxische Brandprodukte außerhalb des rechtlichen Rahmens der Störfall-Verordnung ist auf die verschiedenen Aktivitäten, z.B. der Feuerwehren<sup>13</sup> hinzuweisen, die vielfältige Empfehlungen zum Schutz von Einsatzkräften, aber auch der Bevölkerung erarbeitet haben. Infolge des großen Einflusses der Brandbedingungen auf die Entstehung von Art und Umfang von Gefahrstoffen sind zur Analyse unterschiedliche Szenarien erforderlich. Dazu sind eine Fülle von Fallstudien<sup>14</sup> durchgeführt und veröffentlicht worden.

Aus vielen Untersuchungen normaler Brände haben sich als die häufigsten toxischen Brandprodukte die in Tabelle 3 beschriebenen herausgestellt. Bei Bränden mit Gefahrstoffen sind stets auch diese selbst mit in die Betrachtung einzubeziehen.

---

<sup>7</sup> Vergl. auch: KAS 18 Leitfaden Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung — Umsetzung § 50 BImSchG

<sup>8</sup> s. Datenbank Phlogiston der FHG Umsicht, Oberhausen 1999

<sup>9</sup> H. Greim et.al. Toxikologische Bewertung der Schadstoffanalysen bei Bränden und Störfällen, München 2001

<sup>10</sup> SFK-GS-02 »Kriterien zur Beurteilung akzeptabler Schadstoffkonzentrationen«, Dezember 1993

<sup>11</sup> [www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals](http://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals)

<sup>12</sup> Die ERPG-Werte sind ab 1996 in den AEGL-Werten weiterentwickelt worden.

<sup>13</sup> Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes - vfdb, z.B. vfdb-Richtlinien 10/02(2014); 10/03(2015)

<sup>14</sup> z.B. „Brand in einem Pflanzenschutzmittellager“ TÜV-Bayern e.V., UBA-Texte 39/90

Stoff	AEGL-2/3 (30 min) [ppm]	Bemerkung
Kohlenmonoxyd	150 / 600	Allgemeine Brände o. besondere Gefahrstoffe
Cyanwasserstoff	10 / 21	
Chlorwasserstoff	43 / 210	
Formaldehyd	14 / 70	
Schwefeldioxyd	0,75 / 30	z.B. Brand von Wolle
Schwefelwasserstoff	32 / 59	z.B. Brand von Kunststoffen
Ammoniak	220 / 1600	z.B. Brand bei Kunststoff- und Düngemittellagern
Acrolein	0,18 / 2,5	z.B. Brand von Baumwolle
Benzol	1100 / 5600	z.B. Brand von Kunststoffen
Stickstoffdioxyd	15 / 25	z.B. Brand von Zelluloid und vielen Kunststoffen
Fluorwasserstoff	34 / 62	z.B. Brand von PTFE Kunststoffen
Toluylendiisocyanate (TDI)	0,17 / 0,65	z.B. Brand von Polstermöbeln mit Polyurethan - Schaumstoffen
Benzo(a)pyren		z.B. Brand von Altöl
PCDD/PCDF		z.B. Brand von PVC

Tabelle 3 Häufigste Brandprodukte

Hinsichtlich der entstehenden Mengen lassen sich keine sicheren Prognosen machen, da diese sehr stark von den Brandbedingungen abhängen. Mittlere Schätzwerte liefert das Verfahren, welches in KAS-43 beschrieben ist. Dabei wird aus der Elementarzusammensetzung des Brandguts über stöchiometrische Faktoren die Bildungsmengen der häufigsten Brandprodukte abgeschätzt. Es sind aber in der Regel eher geringe Mengen, die nach Ausbreitung (u.U. mit erheblichen Thermiken beim Quellterm) zu geringen Immissionskonzentrationen führen. Im praktischen Brandgeschehen<sup>15</sup> sind die Brandopfer fast ausschließlich durch Rauchgasvergiftungen (CO) im Nahbereich des Brandes oder geschlossenen Räumen zu Schaden gekommen. Zur Situation im Nahbereich s. Tabelle 4.

Brandgas	Häufigkeit des Auftretens (%)	Konzentration (ppm)	ETW-4 <sup>16</sup> (-4h) (ppm)	AEGL-2/3 (4h) (ppm)
Aceton		15–50	500	1400 / 2500
Acrolein	50	0,3–15	0,1	0,1 / 0,48
Benzol	85	bis 250	20	400 / 2000
Chlorbenzol	25	nachgewiesen	150	150 / 400
Chlorwasserstoff	9–53	1–280	11	11 / 26
Cyanwasserstoff	12–75	5–75	3,5	3,5 / 8,6
Ethanol	25	nachgewiesen	3000	./.
Fluorwasserstoff	34	bis 7,5	12	12 / 22
Formaldehyd	30–100	bis 15	1	14 / 35
n-Hexan	30	nachgewiesen	2900	./.
Kohlendioxid	100	bis 50 000	10 000	./.
Kohlenmonoxid	100	bis 7 500	33	33 / 150
Schwefeldioxid	15–50	0,2–41	0,75	0,75 / 19
Stickstoffdioxid	9–17	10	8,2	8,2 / 14
Styrol	5–80	bis 25	40	130 / 340
Tetrachlorethan	5–60	bis 0,14	120	./.
Toluol	80	15–25	310	310 / 1800
1,1,1-Trichlorethan		nachgewiesen	380	./.
1,1,2-Trichlorethan		nachgewiesen	25	./.
Trichlorethen	40	0,2	100	270 / 1500

<sup>15</sup> z.B. Auswertung der Störfalldatenbank der ZEMA am Umweltbundesamt

<sup>16</sup> Vfdb - Richtlinie zur Bewertung von Schadstoffkonzentrationen im ABC-Einsatz mit C-Gefahrstoffen, März 2015

Tabelle 4: Vergleich der bei Gebäude- und Wohnungsbränden gemessenen Brandgase mit den Einsatztoleranzwerten<sup>17</sup>

Die Tabelle 4 zeigt, dass bei Gebäude- und Wohnungsbränden die Konzentration vieler Stoffe den Einsatztoleranz (ETW bis 4h)- bzw. der AEGL-Wert (4h) schon in geringer Entfernung vom Brandherd nicht mehr erreichen, andere aber diesen Wert deutlich überschreiten können. **Chlorwasserstoff, Cyanwasserstoff, Formaldehyd und Kohlenmonoxid** werden häufig nachgewiesen, die hohen Konzentrationen am Brandort verleihen diesen Stoffen die größte toxikologische Bedeutung. In Sonderfällen wurden auch Acrolein, Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid in höheren Konzentrationen am Brandort gemessen, wobei in diesen Literaturbeispielen die hohen Werte eher als „Ausreißer“ anzusehen sind. Für größere Distanzen vom Brandort, etwa in 50–100 m Entfernung, ist abzusehen, dass infolge des Ausbreitungsverhaltens der Stoffe in der Luft die Konzentrationen aller Brandgase unter den jeweiligen Einsatztoleranz- bzw. der AEGL-Werten verdünnt werden.

### **Facit**

Brandgefahren sind integrativer Bestandteil der Gefährdungsbetrachtungen in Betriebsbereichen, die der Störfall-Verordnung unterliegen. Dabei gehen offensichtliche Gefährdungen von Beschäftigten im Nahbereich durch Wärmestrahlung und toxische Brandprodukte aus. Letztere sind insbesondere dann zu beachten, wenn die Rauchgase durch Umgebungsbedingungen nicht abziehen können. Die Fernwirkung scheint auf wenige Spezialfälle beschränkt zu sein. Hier kommen insbesondere Gefahrstoffe mit langfristigem Wirkungspotential z.B. PCDD/PCDF, Benzo(a)pyren in Frage. Die Toleranzkonzentrationen für Menschen werden im Fernbereich nur im Ausnahmefall erreicht.

Bei der Errichtung bzw. dem upgrading von Betriebsbereichen durch Stoffe, die erst im Unfall entstehen können, sind aufgrund der rechtlichen Konstruktion die quantitativen Verhältnisse maßgebend. In Focus stehen hierbei Verfahren, bei deren Abweichung insbesondere Stoffe nach Anhang I der Störfall-Verordnung mit kleinen Mengenschwellen entstehen können oder die entstehenden Mengen im Rahmen der Summationsregel mit anderen schon vorhandenen Gefahrstoffen wirksam werden. Je nach Falllage können hierbei schon geringe Mengen, wie sie beispielsweise eher bei Bränden entstehen, ausschlaggebend sein. In jedem Fall setzt dies eine detaillierte Einzelfallbetrachtung voraus.

---

<sup>17</sup> aktualisiert, nach Buff, K. und Greim, H.: Entwicklung von Verfahren zur Abschätzung von gesundheitlichen Folgen von Großbränden. Forschungsvorhaben 4b/92 des Bundesamtes für Zivilschutz, Bonn, Juni 1995.