Schadstoffe bei Bränden

Bei Großbränden handelt es sich um medienwirksame Ereignisse, die fast immer die Fragen aufwerfen, ob der entstehende Brandrauch giftig ist und eine Gesundheitsgefahr für die Bevölkerung besteht. In vielen Fällen wird bei solchen Ereignissen gemeldet: „Die Feuerwehr hat Messungen durchgeführt. Es wurden keine Schadstoffe freigesetzt. Es bestand zu keinem Zeitpunkt eine Gefahr für die Bevölkerung." Angesichts der veröffentlichten Bilder bei Großbränden fällt es weiten Teilen der Bevölkerung schwer, derartigen Aussagen zu glauben. Dass die Feuerwehr Messungen vornahm und mit ihren zur Verfügung stehenden analytischen Mitteln keine Stoffe nachweisen konnte, darf nicht zur Schlussfolgerung führen, der Brandrauch enthalte keine Schadstoffe und weise daher keine Toxizität auf. Bei jedem Brandereignis entstehen gesundheitsschädliche Stoffe, wie im Folgenden näher erläutert wird.

Abb. 1: Rauchgaswolke bei einem Großbrand

Zusammensetzung von Brandrauch

Unter einem Brand versteht man einen Verbrennungsvorgang, bei dem in einer chemischen Reaktion ein brennbarer Stoff mit Sauerstoff unter Freisetzung von Wärmeenergie zu Verbrennungsprodukten reagiert. Dass diese Reaktion stattfindet, bedarf es der im Verbrennungsdreieck (Abb. 2) dargestellten stofflichen Voraussetzungen eines brennbaren Stoffs und Sauerstoff sowie der energetischen Voraussetzung einer Mindestzündenergie. Als vierte Voraussetzung eines Brandes ist das richtige Mischungsverhältnis zwischen brennbarem Stoff und Sauerstoff notwendig.

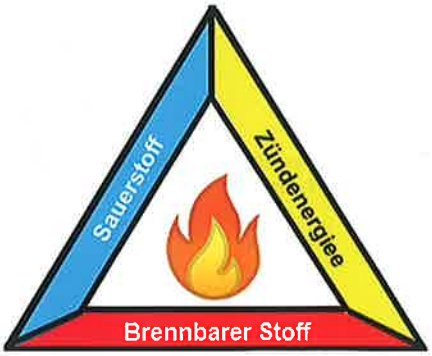

Abb. 2: Verbrennungsdreieck

Bei der vollständigen Verbrennung von reinen Kohlenstoffverbindungen entstehen im Idealfall Kohlendioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) als Verbrennungsprodukte. Im realen Brandfall gilt diese Annahme nicht. Die Brandlast besteht meist aus anorganischen und organischen Stoffen, die Heteroatome wie Stickstoff, Phosphor, Schwefel und Halogene enthalten. Dadurch entstehen zahlreiche Verbrennungsprodukte, die diese Heteroatome enthalten (vgl. Tabelle 1). Auch eine vollständige Verbrennung existiert im Realfall nicht. Durch Unterversorgung mit Sauerstoff entstehen Kohlenmonoxid (CO), Ruß und Pyrolyseprodukte[1] – alles Stoffe mit gefährlichen Eigenschaften. Ruß ist amorpher Kohlenstoff und wird auch als „Schadstoffsammler" bezeichnet,

[1] πυρ (griech., transskripiert: pyr) = Feuer

da Ruß ein hohes Adsorptionsvermögen für viele Stoffe besitzt. Bei einer inhalativen (über die Atemwege) oder dermalen (über die Haut) Aufnahme von Brandrauch werden diese Stoffe bioverfügbar und führen zu toxischen Erscheinungen.

Die Pyrolyseprodukte bilden sich bei einem realen Brand durch radikalische Reaktionen in einer sogenannten „de-novo-Synthese“ [2]. Diese Bildungsreaktionen sind temperaturabhängig und die Zusammensetzung der Pyrolyseprodukte hängt entscheidend vom Verhältnis des angebotenen zum stöchiometrischen Luftverhältnis ab. Bei einem ausgedehnten Vollbrand und in der Löschphase mit Wasser liegen unterschiedliche Verhältnisse und dadurch verschiedene Bildungsreaktionen vor. In der Löschphase ist mit einer stärkeren Schadstoffbelastung zu rechnen.

Die bei einem Brand ablaufenden Reaktionen sind sehr komplex und es entstehen neben den in Tabelle 1 aufgelisteten Brandgasen eine Vielzahl organischer Verbrennungsprodukte wie Aldehyde, Carbonsäuren, aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Isocyanate sowie weitere organische Stoffe mit Heteroatomen.

Eine dominierende Rolle im Brandrauch spielt dabei Kohlenmonoxid (CO), das als Hauptursache für die bei einem Brand getöteten Personen gilt. CO weist eine 300-fach höhere Affinität gegenüber dem Hämoglobin im Blut auf als Sauerstoff. Bei einer CO-Vergiftung wird dabei der Sauerstofftransport im Blut beeinträchtigt. Eine weitere bedeutsame Rolle der gefährlichsten Brandgase nimmt Cyanwasserstoff (HCN) ein, der sich an eisenhaltige Enzyme im Blut bindet und somit die Verarbeitung des Sauerstoffs in den Zellen hemmt. Beide Gase werden in der englischsprachigen Literatur als „toxic twins“ (toxische Zwillinge) bezeichnet, da sich deren toxische Wirkung addiert.

Der bei Bränden gebildete Ruß enthält Stoffe, die von der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) in die Kategorie 1 (krebsauslösend für Menschen) eingestuft werden. Dazu zählen die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, deren Bildung durch sinkenden Sauerstoffgehalt begünstigt wird. Sobald eine Rußbildung vorliegt, ist vermehrt mit diesen Stoffen zu rechnen. Die Leitsubstanz dieser Stoffklasse ist das als cancerogen eingestufte Benzo(a)pyren mit einem

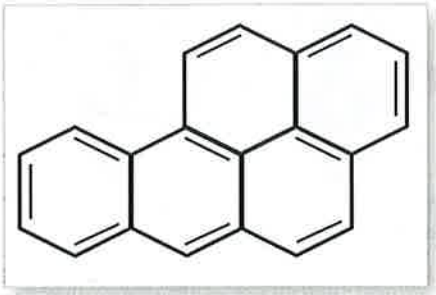

Abb. 3: Strukturformel von Benzo(a)pyren

TRK-Wert (Technische Richtkonzentration) von 2 µg/m³.

Besteht die Brandlast aus genügend großen Mengen chlor- und bromhaltiger Stoffe, ist die Entstehung von polychlorierten bzw. polybromierten Dibenzodioxinen und -furanen möglich. Diese Stoffe zählen zu den Ultragiften. Am 10. Juli 1976 kam es bei einem Störfall in einem Industriebetrieb in Seveso (Italien) zur Freisetzung von 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin [1], das als Leitsubstanz und giftigster Vertreter dieser Stoffgruppe gilt. Seither wird 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin als „Seveso-Gift“ bezeichnet.

Bei Bränden ist mit einer erhöhten Feinstaubbelastung zu rechnen. Die Ursache liegt in den im Brandrauch enthaltenen Asche- und Rußpartikeln, de-

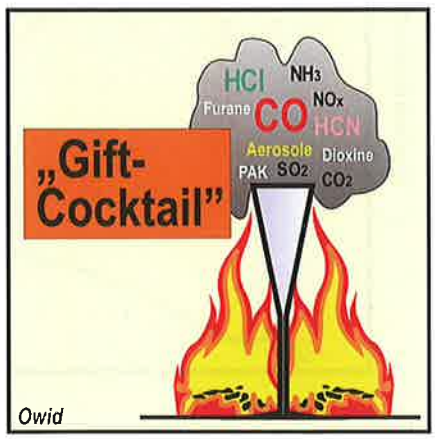

Abb.4: Bei modernen Bränden entsteht ein „Giftcocktail“ an gefährlichen Substanzen

ren Größe dabei eine große Rolle spielt. Kleine Partikel besitzen eine bessere Lungengängigkeit und damit eine stärkere Wirkung auf die menschliche Gesundheit. Der Ulmer Lungenfacharzt Dr. Michael Barczok sagte bei der Beurteilung eines Waldbrandes in Mecklenburg-Vorpommern, dass die Feinstaubbelastung nicht unterschätzt werden dürfe und eine Belastung für jede Lunge sei – vor allem für die von Älteren, Kindern und Menschen mit Lungenerkrankungen. [2]

Enthält das Brandobjekt Asbest, ist infolge thermischer und mechanischer Beanspruchung mit einer Freisetzung von Asbestfasern über den Luftpfad zu rechnen. Asbest ist ebenso wie die an Ruß adsorbierten Substanzen als cancerogener Stoff der Kategorie 1 eingestuft.

Man erkennt aus obigen Betrachtungen, dass Brandrauch aus einer Vielzahl gefährlicher Stoffe zusammengesetzt ist. In der vfdb-Richtlinie 10/03 [3] sind die Schadstoffe aufgelistet, die bei Bränden in Abhängigkeit von der Brandstoffgruppe und den verschiedenen Brandphasen entstehen. Eine Klassifizierung der bei einem Brand entstehenden Stoffe lassen sich fast alle in die Liste der gefährlichen Stoffe gem. Gefahrstoffverordnung einordnen. Bei einem Brand ist natürlich keine Kennzeichnung vorhanden. Eine Einstufung nach GHS (Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien, englisch: *Globally Harmonized System of Classification, Labelling and Packaging of Chemicals*) würde so wie in Abbildung 5 dargestellt aussehen.

Einsatzhygiene

Unmittelbar am Brandobjekt sind die größten Schadstoffkonzentrationen zu erwarten. Die Feuerwehr schützt sich vor einer Exposition gegenüber diesen Gefahrstoffen durch Schutzkleidung und umluftunabhängigen Atemschutz. Dennoch kann es zu einer Schadstoffbelastung über die Haut kommen. Die PSA (persönliche Schutzausrüstung) bietet viel Sicherheit gegenüber Flammen, Ruß und anderen Gefahrstoffen, aber sie schließt den Körper nicht hermetisch ab.

[2] de novo (lat.) = von Neuem

Abb. 5: Brandrauch wäre nach Gefahrstoffverordnung mit diesen GHS-Symbolen zu kennzeichnen

Auf Hygienemaßnahmen und Kontaminationsvermeidung an der Einsatzstelle ist zu achten. Risiken, die von mangelnder Hygiene und einer damit verbundenen Kontamination ausgehen, werden oft unterschätzt. Beim Betreten der „kalten" Brandstelle und bei Nachlöscharbeiten ist das Überziehen von Einwegschutzanzügen ein probates Mittel. Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) veröffentlichte zu diesem Thema eine Informationsbroschüre, die auf der Homepage der DGUV heruntergeladen werden kann oder als gedruckte Version bei der DGUV bestellbar ist [4]:

https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3730

Der Anhang 3 dieser Broschüre enthält eine Auflistung des Landesfeuerwehrarztes Dr. Andreas Häcker mit Tipps zur Reduzierung der individuellen Belastung im Allgemeinen, während und nach der Brandbekämpfung sowie nach dem Einsatz.

Ausbreitung von Brandrauch

Mit zunehmender Entfernung zum Brandobjekt nehmen die Schadstoffkonzentrationen ab. Sie werden von der Entfernung zum Brandobjekt, von den Brandstoffen, der Abbrandgeschwindigkeit und den herrschenden meteorologischen Bedingungen geprägt. Durch die große Wärmefreisetzung bei Bränden kommt es zu einem Aufstieg des Brandrauchs und somit zur Verdünnung der Schadstoffe in Bodennähe. Durch den Wind sind jedoch in Abhängigkeit der Topographie und der Bebauung bodennahe Verdriftungen über größere Entfernungen möglich. Das Löschen mit Wasser bewirkt eine Abnahme der Thermik und dadurch einen höheren Schadstoffgehalt in Bodennähe. Eine Schutzmaßnahme im Anwohnerbereich ist die zeitnah zu erfolgende Warnmeldung, Türen und Fenster zu schließen sowie Lüftungsanlagen abzuschalten. Abbildung 6 zeigt am Konzentrationsverlauf die Schutzwirkung in Häusern. Wer warnt, muss auch entwarnen. Eine Entwarnung soll am Punkt ② erfolgen, wenn die Schadstoffbelastung in Häusern größer wird als im Freien.

Messstrategie bei Bränden

Die GW-Mess (Gerätewagen Messtechnik) der Feuerwehr sind mit Prüfröhrchen zur Messung verschiedener Stoffe in der Luft ausgestattet. Prüfröhrchen bestehen aus Glasröhrchen mit einer Füllschicht, die ein chemisches Reagenz enthält. Beim Durchsaugen der Luftprobe mit einer Handpumpe tritt beim Vorhandensein des zu messenden Stoffs eine Verfärbung ein. Anhand der Länge der Verfärbung lässt sich eine quantitative Aussage machen. Gemäß FwDV 500 [5] sind Prüfröhrchen mindestens für die Stoffe nach der vfdb-Richtlinie 10/01 [6] vorzuhalten. Es handelt sich dabei um 44 Stoffe, für die ein ETW (Einsatztoleranzwert) festgelegt wurde. Bei den ETW wird zwischen einstündiger (ETW-1) und vierstündiger Exposition (ETW-4) unterschieden. Bei normalen Bränden sind nach der vfdb-Richtlinie 10/01 [6] folgende Leitsubstanzen zu messen:

1) Kohlenmonoxid (CO)
2) Cyanwasserstoff (HCN)
3) Chlorwasserstoff (HCl)
4) Formaldehyd (CH_2O)

Bei Sonderbränden wie Düngemittel- und Gefahrstofflager oder Industrie-

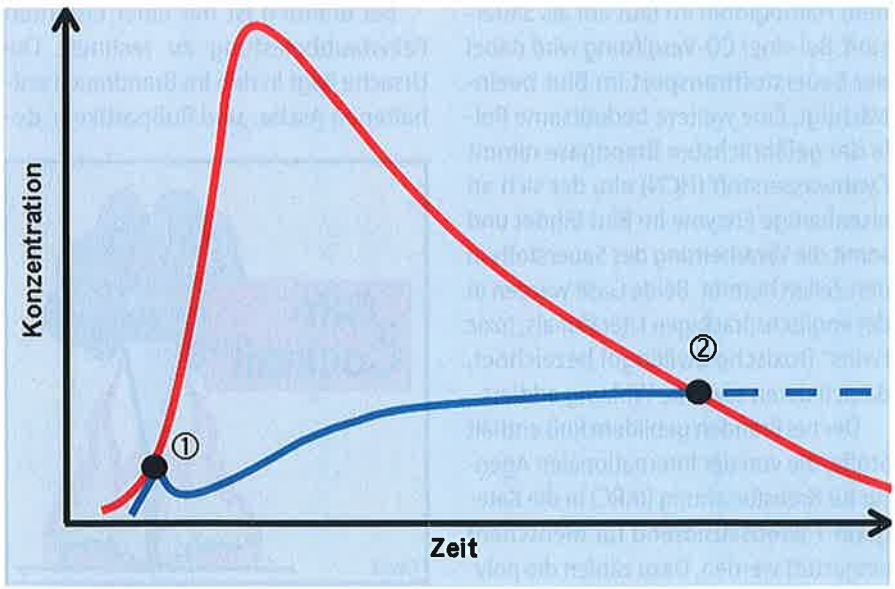

Abb. 6: Verlauf der Konzentrationskurve im Freien (rote Kurve) und in Häusern (blaue Kurve).
① Aufsuchen von Häusern, ② Verlassen bzw. Lüften von Häusern

anlagen sind weitere Messungen mit Prüfröhrchen in Betracht zu ziehen. Auf dem Markt gibt es Prüfröhrchen, die mit einem Messvorgang das Messen mehrerer Stoffe erlauben. Entweder sind dabei mehrere Röhrchen parallel angeordnet oder ein Röhrchen besteht aus einer Füllschicht mit mehreren Zonen für die verschiedenen Stoffe. Tabelle 1 zeigt eine Auswahl an häufig entstehenden Brand- und Zersetzungsgasen, die mit dieser Technik gemessen werden können. Der Vorteil dabei ist, dass durch die Verkürzung der Messzeit eine rasche qualitative bzw. halbquantitative Aussage über den Nachweis dieser Stoffe vorliegt. Es muss auf jeden Fall mit einem Einzelröhrchen nachgemessen werden, um zu einer quantitativen Aussage zu gelangen.

Der Vorteil der Prüfröhrchenanalytik liegt in der einfachen Bedienung und dem geringen Wartungsaufwand. Der Nachteil ist die begrenzte Anzahl an Stoffen, die gemessen werden können. Außerdem ist ein besonderes Augenmerk auf die Querempfindlichkeit zu richten. Die Beipackzettel der Prüfröhrchen und die vfdb-Richtlinie 10/05 [7] weisen darauf hin.

Für einige der mit Prüfröhrchen messbaren Stoffe gibt es auch elektrochemische Messgeräte, deren Eigenschaften wie Vor- und Nachteile sowie Querempfindlichkeit mit denen von Prüfröhrchen vergleichbar sind.

Das Nichtvorhandensein von einigen wenigen Leitsubstanzen darf nicht zur

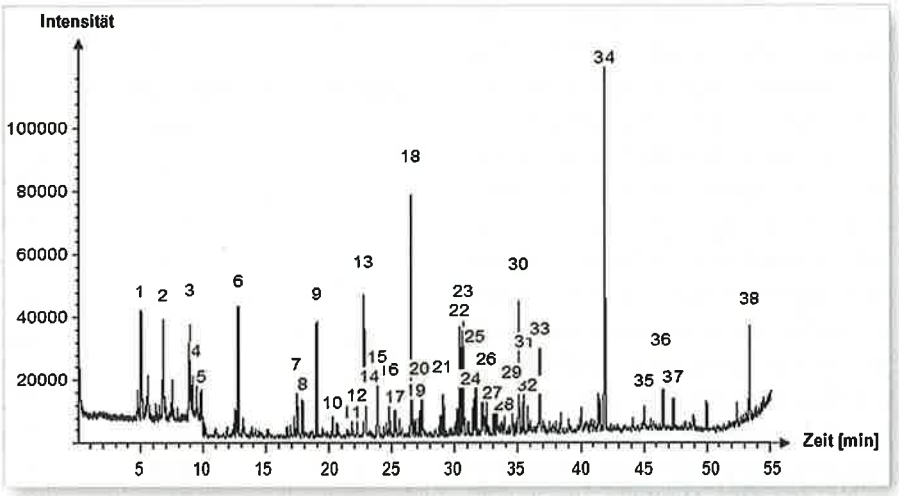

Abb. 7: Chromatogramm einer Luftprobe bei einem Brandereignis

Schlussfolgerung führen, der Brandrauch sei ungefährlich. Beim Brand in einer Ölraffinerie in Richmond im US-Bundesstaat Kalifornien wurde die Toxizität der Rauchwolke durch Messungen von Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff und 34 Kohlenwasserstoffen beurteilt. Lediglich Schwefeldioxid konnte bei den Messungen nachgewiesen werden – jedoch deutlich unterhalb des Grenzwertes. 1700 Personen klagten dennoch über Atemwegsreizungen und begaben sich in ärztliche Behandlung [8].

Das analytische Fenster kann durch Probenahme von Luftproben mit Tenax®-Röhrchen, einem Probenahme-Set für luftgetragene Stoffe, und anschließender Analytik mittels GC-MS (Gaschromatographie–Massenspektrometrie) deutlich vergrößert werden. Damit lassen sich in einer Luftprobe alle anorganischen und organischen Stoffe nachweisen, die sich unzersetzt verdampfen lassen. Aufgrund der hohen Kosten kann diese Technik nicht flächendeckend vorgehalten werden. Nur wenige Feuerwehren mit entsprechend qualifiziertem Personal sind an ihrem Standort damit ausgestattet. Die Messfahrzeuge der Feuerwehren Ludwigsburg und Backnang verfügen über Tenax®-Röhrchen zur Probenahme luftgetragener Schadstoffe, die zur weiteren Analytik ins nahe gelegene Institut Dr. Lörcher nach Ludwigsburg gebracht werden können. Die Probenahmeausstattung der CBRN-Erkundungskraftwagen beinhaltet ebenfalls Tenax®-Röhrchen, die mit der Analytikausstattung der ATF (Analytical Task Force) kompatibel sind.

Tenax® ist der Handelsname für ein organisches Polymer mit der chemischen Bezeichnung Poly-p-2,6-Diphenylphenylenoxid, das ein hohes Adsorptionsvermögen für organische Stoffe besitzt. Bei der Probenahme wird ein bestimmtes Volumen Luft mit einer Handpumpe durch das Tenax®-Röhrchen gesaugt. Im Labor erfolgt eine thermische Desorption der auf dem Trägermaterial adsorbierten Stoffe und anschließend eine Aufgabe in einen Gaschromatographen. Die Gaschromatographie ist ein Verfahren zur Auftrennung eines zu untersuchenden Stoffgemisches gas-

Tabelle 1: Häufige Brand- und Zersetzungsgase (n.f. = nicht festgelegt)

Stoff	Summenformel	ETW-1 [ppm]	ETW-4 [ppm]
Ammoniak	NH_3	160	110
Chlor	Cl_2	2	1
Chlorwasserstoff	HCl	22	11
Cyanwasserstoff	HCN	7,1	3,5
Kohlendioxid	CO_2	n.f.	10000
Kohlenmonoxid	CO	83	33
Phosgen	$COCl_2$	0,30	0,08
Schwefeldioxid	SO_2	0,75	0,75
Schwefelwasserstoff	H_2S	27	20
Stickstoffdioxid	NO_2	12	8,2

förmiger oder verdampfbarer Stoffe. Ein Massenspektrometer, der mit dem Gaschromatographen gekoppelt ist, dient zur Identifizierung und gegebenenfalls auch Quantifizierung der einzelnen Komponenten. Die Identifizierung der detektierten Substanzpeaks erfolgt mit Hilfe einer Spektrenbibliothek. Diese Spektren werden mit den im Probenchromatogramm auftretenden Massenspektren verglichen und auf Übereinstimmung geprüft. Man spricht bei diesem Messverfahren von Gaschromatographie–Massenspektrometrie (GC-MS). Abbildung 7 zeigt ein Chromatogramm einer Luftprobe bei einem Gebäudebrand. Ein Chromatogramm ist eine graphische Darstellung des Ergebnisses der Chromatographie. Jede Spitze, „Peak" genannt, entspricht einer nachgewiesenen Substanz. Bei dem Analyseverfahren GC-MS wird an jedem Peakmaximum ein Massenspektrum aufgenommen und wie oben beschrieben der zugehörige Stoff identifiziert. Auf der horizontalen Achse ist die Retentionszeit dargestellt. Das ist vereinfacht ausgedrückt die Zeit, die ein Stoff zum Durchlaufen des gaschromatographischen Systems benötigt. Die vertikale Achse ist ein Maß für den Gehalt der Stoffe in dem Probengemisch. [9]

Die bei besagtem Brandereignis identifizierten Hauptkomponenten sind in Tabelle 2 aufgelistet. Mit dieser Methode lassen sich eine Vielzahl leichtflüchtiger Stoffe messtechnisch erfassen. Zum Nachweis schwererflüchtiger, organischer Stoffe wie die oben beschriebenen polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe sowie die polychlorierten und -bromierten Dibenzodioxine und -furane bedarf es einer umfangreicheren und zeitaufwändigeren Probenahme und Analytik. Abgesehen von den Kosten ist eine Bestimmung aller im Brandrauch vorhandenen Komponenten mit einem vertretbaren Zeitaufwand nicht möglich. Die meisten Analyseergebnisse stünden aufgrund der zeitlichen Verzögerung des Vorliegens von Messergebnissen für taktische Maßnahmen im Einsatz nicht zur Verfügung. Die Analytik wird sich in den meisten Fällen auf Prüfröhrchen beschränken. Eine GC-MS-Analytik ist durchaus sinnvoll bei Bränden unter massiver Beteiligung von Sonderbrandstoffen.

Tabelle 2: Hauptkomponenten der in der Luftprobe nachgewiesenen Stoffe

Peak Nr.	Retentionszeit [min]	Substanz
1	5,02	Formaldehyd
2	6,79	Aceton
3	8,92	Essigsäure
4	9,45	2-Butanon
5	9,83	Methylfuran
6	12,78	Benzol
7	17,41	Pyridin
8	17,87	Azol (Pyrrol)
9	19,00	Toluol
10	20,26	Cyclopentanon
11	21,80	Methylpyridin
12	22,20	Methylpyrazin
13	22,75	Furfural
14	22,85	2-Cyclopenten-1-on
15	23,84	Furanmethanol
16	24,77	Ethylbenzol
17	25,23	m,p-Xylol
18	26,50	Styrol
19	26,66	o-Xylol
20	27,17	2-Methyl-2-cyclopenten-1-on
21	29,08	α-Pinen
22	30,40	Benzaldehyd
23	30,62	Phenol
24	31,46	α-Methylstyrol
25	31,61	Benzonitril
26	32,50	Benzofuran
27	33,07	3-Caren
28	33,91	Limonen
29	34,54	ein Kresol
30	35,05	Inden
31	35,42	ein Kresol
32	35,78	Acetophenon
33	36,74	4-Methoxyphenol
34	41,89	Naphthalin
35	45,03	4-Ethyl-2-methoxy-phenol
36	46,53	2-Methylnaphthalin
37	47,34	1-Methylnaphthalin
38	53,40	Acenaphthylen

Ausbreitungsmodelle

Eine der ersten Maßnahmen bei einer Schadstofffreisetzung ist gem. vfdb-Richtlinie 10/05 [7] eine Prognose mithilfe eines Ausbreitungsmodells wie der „Halpaap'schen Keule" [10] oder der MET-Ausbreitungsschablone [11]. Das Messkonzept wird an die Ausbreitungsergebnisse angepasst.

Bei MET (Modelle für Effekte mit toxischen und brennbaren Gasen) handelt es sich um ein rechnergestütztes Ausbreitungsprogramm von toxischen Stoffen. Am Beispiel eines Reifenbrandes soll die Anwendung von MET näher erläutert werden. Zur Eingabe sind nur wenige, leicht zugängliche Daten erforderlich (siehe Tabelle 3). Der Schutz von empfindlichen Personen in der Bevölkerung wird von dem Modell berücksichtigt. Noch bevor ein erster Messwert vorliegt, errechnet das Modell ein Gebiet in Windrichtung, innerhalb dessen mit einer Toxizität bei Personen zu rechnen ist (Abbildung 8). Die dadurch gewonnene Erkenntnis kann unmittelbar in die taktischen Maßnahmen des Einsatzleiters einfließen.

Abbildung 8 zeigt die auf einer Karte dargestellte Fläche, innerhalb derer eine toxische Gefährdung durch Brandrauch vorliegt. Dabei ist auch der durch das Modell errechnete Aufschlagspunkt zu berücksichtigen; d. h., die Brandgase steigen mit der Thermik an der Quelle auf und werden vom Wind wegverfrachtet. In einer gewissen Distanz von der Quelle sinken die Gase, die schwerer als Luft sind, wieder auf den Boden. Liegt der Aufschlagspunkt innerhalb der Gefährdungszone, ist ab dort mit einer akut toxischen Gefährdung zu rechnen. Es sollen sich keine Personen in der Gefährdungszone im Freien aufhalten. Der Aufschlagspunkt wird durch die Windgeschwindigkeit und Faktoren, die einen Einfluss auf die Thermik ausüben, bestimmt. Wird der Brand gelöscht, wird die Thermik vermindert, und damit rückt der Aufschlagspunkt näher an die Quelle. Der Schutz durch Häuser (Türen und Fenster schließen, Lüftungsanlagen abstellen) ist berücksichtigt.

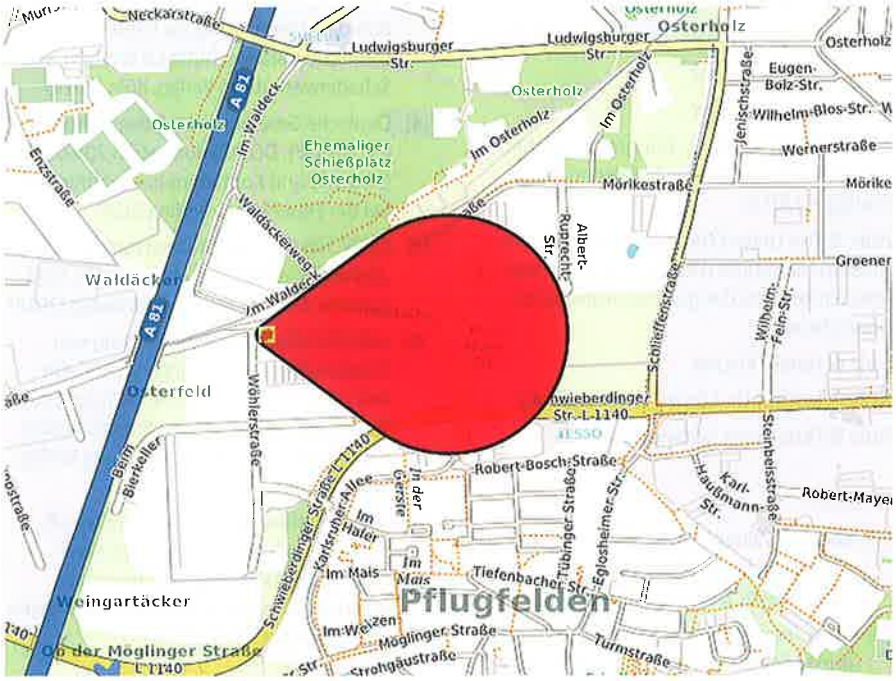

Abb. 8: Ausbreitung nach MET bei einem Reifenbrand

Für eine Gemischbewertung von mehreren tausend Stoffen wie bei Bränden ist das Dosiskonzept der Beurteilung anhand von Konzentrationen vorzuziehen. D. h., nicht nur die Konzentration c, sondern auch die Expositionsdauer t spielt dabei eine Rolle. Das Produkt ergibt die Dosis:

$$D = c \cdot t$$

MET berücksichtigt bei der Berechnung der Ausbreitungsdistanzen die Dosis. Das Modell verwendet nicht nur wenige Leitsubstanzen zur Bewertung der Toxizität, sondern berücksichtigt die Gesamtheit der bei einem Brand entstehenden Stoffe.

Tabelle 3: Angaben und Eingabewerte für MET bei einem Reifenbrand (Fallbeispiel)

Angaben für MET	Eingabewert
Nebel ja / nein	nein
Bedeckung des Himmels	weniger als 50%
Lufttemperatur	18 °C
Brandgröße	mittlerer Brand
Tag / Nacht	Tag
relative Luftfeuchte	76 %
Luftdruck	1006 hPa
Windgeschwindigkeit	4 km/h
Wind aus Richtung	W
Brandrauch von	Reifen
Masse	50 t
Freisetzung	kontinuierlich

Fazit

Bei einem Brand entstehen in den verschiedenen Brandphasen eine Vielzahl von freien sowie an Partikel gebundenen festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen, die in ihrer Gesamtheit das toxische Wirkpotential einer Brandrauchwolke bestimmen. Üblicherweise liegen die Konzentrationen der Leitgase im Anwohnerbereich unter den Grenzwerten. Gleichwohl ergibt sich durch die sehr große Anzahl der gebildeten Stoffe eine synergetische Wirkung. Es ist davon auszugehen, dass Brandrauch toxisch ist. Die wirksamste Methode zum Schutz der Bevölkerung ist der Aufenthalt in Häusern, verbunden mit einer entsprechenden Warnung, die grundsätzlich als Erstes vorgenommen werden muss – bevor Messergebnisse und Ausbreitungsprognosen vorliegen. Eine Ausbreitungsprognose legt das durch die Schadstoffwolke betroffene Gebiet fest, in dem eine Gefährdung von Personen im Freien möglich ist.

Bildnachweis

Abb. 1: Carola Vahldiek, www.lichtgedicht.de

Abb. 2: Harald Fischer

Abb. 3: Harald Fischer

Abb. 4: Widetschek, O.: Der große Gefahrgut-Helfer. Leopold-Stocker-Verlag, Graz Stuttgart (2012)

Abb. 5: The United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) / http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/pictograms.html

Abb. 6: Harald Fischer

Abb. 7: Institut Dr. Lörcher, Ludwigsburg

Abb. 8: Feuerwehr Ludwigsburg

Literatur

[1] Koch, E., Vahrenholt, F.: Seveso ist überall – die tödlichen Risiken der Chemie. Verlag Kiepenheuer & Witsch, Köln (1978)

[2] https://www.pharmazeutische-zeitung.de/grosse-feinstaubbelastung-durch-waldbrand/

[3] vfdb-Richtlinie 10/03: Schadstoffe bei Bränden. Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb), VdS Schadenverhütung Verlag, Köln (2014)

[4] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV): DGUV Information 205-035 (Hygiene und Kontaminationsvermeidung bei der Feuerwehr), Berlin (2020)

[5] FwDV 500 (Feuerwehrdienstvorschrift 500), „Einheiten im ABC-Einsatz", Verlag W. Kohlhammer, Deutscher Gemeindeverlag (2012)

[6] vfdb-Richtlinie 10/01: Bewertung von Schadstoffkonzentrationen im ABC-Einsatz mit C-Gefahrstoffen. Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb), VdS Schadenverhütung Verlag, Köln (2016)

[7] vfdb-Richtlinie 10/05: ABC-Gefahrstoffnachweis im Feuerwehreinsatz. Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb), VdS Schadenverhütung Verlag, Köln (2016)

[8] https://www.eastbaytimes.com/2012/08/08/tests-reveal-safe-toxics-levels-near-chevron-refinery-fire-but-airborne-particulates-data-not-available/

[9] Fischer, H.: Probenahme luftgetragener Schadstoffe mit Tenax-Röhrchen. Brandhilfe Baden-Württemberg, Ausgabe 10/2014, Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen (2014)

[10] Halpaap, W.: Ausbreitung, Messung und Bewertung von Gaswolken – Stand der Erkenntnisse und Folgerungen für die Gefahrenabwehr. Drägerheft 353, Lübeck (1992)

[11] Bützer, P., Naef, H.: Modell für Effekte mit toxischen Gasen (MET), Swiss Chem 14, Nr. 1, 7 (1992)

Dipl-Ing. (FH) Harald Fischer
Fachberater Chemie in den Landkreisen Ludwigsburg und Rems-Murr

Hinweis:

Die Serie Rechenaufgaben mit Lösungen im ABC-Einsatz von Harald Fischer setzen wir in der Dezember-Ausgabe der Brandhilfe mit Teil 7 fort. Dort finden Sie auch die Lösungen der Aufgaben aus Heft 9.