

Brandgase

Vorkommen/Beschaffenheit:

Ein Brandopfer leidet u.a. an einer Vergiftung. Neben der unverbrannten ausgeströmten Ursprungschemikalie können bei Bränden in unbegrenzter Zahl Zersetzungsprodukte frei werden.

Die Zusammensetzung der Brandgase ist abhängig von der Art des verbrannten Materials, von der Sauerstoffzufuhr, von der Höhe der Feuertemperatur und der Dauer des Brandes. Von den heute bekannten etwa 5000 giftigen Bestandteilen eines Rauches sind für die akute Behandlung einer Rauchvergiftung folgende Noxen relevant:

- Kohlenmonoxid
- Blausäure
- Lungenreizstoffe vom Soforttyp oder mit Latenzzeit.

Insbesondere durch die Verwendung stickstoffhaltiger organischer Substanzen wie Wolle, Kunststoffe u.a. in Wohnungseinrichtungen, Büros, Fabriken, Autos oder Flugzeugen wird in zunehmendem Maße neben Kohlenmonoxid und Lungenreizstoffen Blausäure frei.

Tab. 1: Vorkommen und Toxikologie von Brandgasen

Gift	wird frei bei Verbrennung oder Verschwe- lung von	Vergiftungs- symptome	tödliche Kon- zentration in 10Min.[ppm]	Gegengift
Acrolein	Polyolefinen (Überhitzen von Speisefett) und Zellulose-Produkten unter niedrigen Temperaturen (< 300°C), wird wieder zerfällt (> 800°C)	Schleimhaut-Reizung, Schwindel, Benommenheit, Bewußtlosigkeit, Lungenödem	30-100	Auxiloson-Spray
Ammoniak	Wolle, Seide, Nylon, Kunstharz, Düngemittel, Konzentration bei häuslichen Bränden normalerweise gering	stechender, unerträglicher Geruch reizt Augen und Nasenschleimhäute, Lungenödem	1000	Auxiloson-Spray
Blausäure	Wolle, Seide, Polyacrylonitrile, Nylon, Polyurethan aus Matratzen, Polstermöbeln, Vorhängen, Teppichen, Autos, Flugzeugen und Papier in verschiedenen Ausmaßen.	schnell tödliches Atemgift	180	4-DMAP-Spray Natriumthiosulfat
Fluor-, Brom- Wasserstoff	Fluor-haltigen Harzen oder Filmen und einigen feuerfesten Materialien, die Brom enthalten	Atemstörungen, Lungenödem	HF 4000 COF ₂ 100	Auxiloson-Spray
Isozyanate	Isozyaniden, Polyurethanen	starkes Lungenreizgift	HR _r ² >500 100	Auxiloson-Spray
Kohlen- dioxid	bei allen offenen und Schwelbränden, vollständige Verbrennung aller organischen Substanzen (schwerer als Luft)	Schleimhaut-Reizung, Atemnot, Krämpfe, Atemstillstand	80000	Sauerstoff

Gift	wird frei bei Verbrennung oder Verschwe- lung von	Vergiftungs- symptome	tödliche Kon- zentration in 10 Min.-ppm	Gegengift
Kohlen- monoxid	vollständige Verbren- nung aller organischen Substanzen (leichter als Luft)	Blutgift, Übelkeit, Kopf- schmerzen, Bewußtlo- sigkeit, Atemstillstand	1000-2000	Sauerstoff
Nitrose Gase	in kleiner. Menge durch Textilien, in größerer durch Zellulosenitrat und Zelluloid, Dünge- mittel	starke Lungenreizung nach Latenzzeit, kann sofortigen Tod sowie auch Spätschäden ver- ursachen	>200	Auxiloson-Spray
Salzsäure	Kabel-Isolationsmateri- al wie PVC, chlorierten Acrylen und gehärteten Metallen	Augenverätzung, starke Lungenreizung, Vergif- tungsintensität der ge- bundenen Salzsäure größer als die entspre- chende Menge in gas- förmigem Zustand		
Schwefeldioxid	schwefelhaltigen Ver- bindungen und deren Oxydationsprodukten	starkes Reizgift, schon in viel kleineren als den letalen Dosen unerträg- lich	50-100	Auxiloson-Spray

Tab. 2: Zersetzungsprodukte einiger Kunststoffe

Chemische Bezeichnung	Markennamen	Zersetzungsprodukte
Celluloseacetat	Acetat-Seide	CO, Essigsäure
Harnstoffharze	Resopal, Kauritleim	Harnstoff, NH ₃ , Amine, HCN
Kautschuk		Schwefel- und Chlorverbindungen
Kunsthorn	Galalith, Berolith	
Nitrocellulose	Zelluloid, Zellhorn	CO, Nitrose Gase, Stickstoff
Phenolharze	Bekelite, Resiform	Phenol, Formaldehyd
Polyacrylnitril	Orlon, Dralon	HCN, NH ₃ , HCN
Polyamide	Nylon, Perlon, Illtramid	NH ₃ , Amine, Ameisensäure
Polyester	Trevira, Diolen	CO, CO ₂ , evtl. Chlor
Polyethylen	Hostalen, Lupolen	CO, CO
Polymethacrylsäureester	Plexiglas	CO, evtl. Chlor, Phosgen
Polyurethane	Moltopren, Desmodur	NH ₃ , HCN
Polyvinylchlorid (PVC)	Hostalit, Mipolam	Salzsäure, Benzol
Synth. Kautschuk	Buna	Butadien, Benzol, HCN, NH ₃ , Schwefel- und Chlorverbindungen

Giftgasmessungen am Brandherd

Von einer Feuerwehrbesatzung an verschiedenen Brandorten durchgeführte Messungen:

- Zimmerbrand, Wohnung ganz verraucht, Inhaber der Wohnung versucht, Habseligkeiten zu bergen, er erleidet Verbrennungen im Gesicht und an den Händen.
Bei Ankunft der Berufsfeuerwehr ist er bei vollem Bewußtsein. Es brannten Schrank, Wäsche, Beklei- dung, Sessel, Bett, Schaumgummimatratze, Gardinen.
Meßergebnis: 80 ppm HCN
- Brand in einer Küche
Brandgut: Pflanzenfett, Dunstabzugshaube aus Kunststoff

Vor unserer Ankunft hatte die NAW-Besatzung schon ca. 3 min gelüftet.

Meßergebnis: 1 ppm HCN

c) Ausgedehnter Zimmerbrand

Brandgut: Tisch, Sessel, Sofa, Lackfarbe, Bekleidungsstücke, ein alter Teppich

Meßergebnis: 100 ppm HCN, 500 ppm CO

d) Kellerbrand in einer KFZ-Werkstatt

Am Abend Keller mit Mittelschaum (leichter Schaum) geflutet. Am Morgen darauf Schaum wieder abgesaugt und Glutnester gelöscht.

Meßergebnis am Morgen: 0 ppm HCN, 10 ppm CO

Symptome:

In hoher Konzentration führen die Brandgase zur Erstickung, bei niedriger Konzentration oder kurzer Expositionszeit steht die Lungenreizwirkung im Vordergrund. Nach Eintritt der Bewußtlosigkeit ist noch die Hälfte dieser Zeit bis zum Eintritt des Herzstillstandes gegeben. Sowohl im Tierversuch (WETHERELL 1966) als auch beim Menschen (DAUNDERER 1979) wurde nachgewiesen, daß sofortige Todesfälle durch Brandgase – insbesondere bei Schwelbränden – durch die Komponente Blausäure verursacht werden können.

Tab. 3: Symptome verschiedener Brandgase

Gift	Luftkonzentration ppm	Symptome
Acetaldehyd	0,07-0,21	Geruchsschwelle
	25-50	Vorübergehende Augenreizung nach 15 Min
	100	TLV
	134	Schwache Atemreizung nach 30 Min.
	50	MAK
	200	Nasen- und Rachenreizung
Acrolein	0,1	Tränenfluß, Schleimhautreizung
	0,805	
	1,0	Sofort erkennbar, Reizung
	5,5	Starke Reizung
	10	Kurzfristig tödlich
Ammoniak	24	Unerträglich, Lungenödem
	1-50	Erkennbarer Geruch
	25	TLV
	50	MAK
	57-72	Keine signifikante Änderung der Atmung
	96	Leichte Nasen-, Rachen- und Augenreizung
	100	Arbeit durch Anpassung möglich
	200	Schleimhautreizung
500-1000	Starke Reizung der oberen Atemwege	
Butylacetat	2000	Tödlich
	200	Reizung der oberen Atemwege, Nase, Augen und Rachen
	300	Starkes Reizgefühl
	900	Starke Reizung, Auftreten von narkotischen Effekten mit Schwindelgefühlen.
Chlorwasserstoff HCl	1-5	Unter der Geruchsschwelle
	5	TLV und MAK-Wert
	5-10	Leichte Schleimhautreizung
	35	Kratzen im Rachen bei kurzer Exposition
	50-100	Unerträglicher Geruch
	1000	Gefahr des Lungenödems schon nach kurzer Exposition

Gift	Luftkonzentration ppm	Symptome
Essigsäure	10	Nicht störend
	20-30	Ohne Gefahr für Arbeiter für 7-12 Jahre
	60	Arbeiter zeigten schwache Reizung des Respirationstrakts, Magens und der Haut.
	800-1200	Kann nicht länger als 3 Min. ertragen werden
Ethylacetat	16000	Minimale tödliche Dosis für Ratten
	0,2	Grenze der Geruchswahrnehmung
	200	Starker Geruch wird wahrgenommen
	350	Nasen-, Augenreizung und Reizung der Atemwege nach 5 Min.
	700	Narkotische Wirkung ohne Ohnmacht
	3800	Narkose mit Bewußtseinstrübung und deutliche Reizung
Fluorwasserstoff (HF)	3	MAK
	3-5	Hautrötung, Brennen in Nase und Augen nach 1 Woche Exposition
	32	Brennen in Nase und Augen
	60	Hautbrennen, und im Resorptionstrakt nach 1 Min.
	120	Conjunctial- und Reizung des Resorptionstraktes nur für 1 Min. erträglich
	50-100	Lebensgefährlich nach einigen Minuten
Formaldehyd	0,05-1,0	Geruchsschwelle
	0,25-1,6	Beginn der Augenreizung
	0,08-1,6	Schwache Reizung von Mund und Augen
	0,5	Beginn der Rachenreizung
	1,0	MAK
	2,0	TLV
	10	Conjunctivitis, rhinitis und hanrygitis in wenigen Minuten
	10-15	Atemnot, Husten, Pneumonie, Bronchitis
>50	Schleimhautnekrosen	
Kohlendioxid	250-350	Laryngospasmus, Lungenödem
	900-5000	Normale Luftkonzentration
	5000	Ohne Wirkung
	18 000	TLV- und MAK-Wert
	25 000	Verstärkte Atmung mind. 50%
	30000	Verstärkte Atmung mind. 100%
	40000	Schwach narkotisch, Hörschärfe nimmt ab, Blutdruck- und Pulsanstieg
	50000	Atmung um 300% verstärkt, Kopfschmerz, Schwäche
	80000	Vergiftungssymptome nach 30 Min., Kopfschmerz, Schwindel, Schweißausbrüche
	90000	Schwindel, Bewußtseinstrübung
Kohlenmonoxid	120000	Deutliche Dyspnoe, Blutdruckabfall, Kongestion, innerhalb 4 Std. tödlich
	200000	Plötzliche Bewußtlosigkeit, Tod in Minuten
	25	Plötzliche Bewußtlosigkeit, Erstickungstod
	30	TLV in strengen Laborbedingungen, bei hohen Temperaturen und schlechter Belüftung MAK-Wert

Gift	Luftkonzentration ppm	Symptome
	100	Auch nach längerer Zeit keine Vergiftungssymptome
	200	Kopfschmerz nach 2-3 Std.
	300	Vergiftungszeichen nach 2-3 Std.
	400	Vergiftungszeichen nach 1-2 Std.
	500	Halluzinationen nach 30-120 Min.
	1000	Gangstörung, Tod nach 2 Std.
	1500	Tod nach 1 stündiger Inhalation
	3000	Tödlich nach 30 Min.
	8000 und höher	Plötzlicher Erstickungstod
Carboxy-Hämoglobin	0-10	Keine
	10-20	Spannungskopfschmerz, geweitete Hautgefäße
	20-30	Kopfschmerz, Pulsationen in den Schläfen
	30-40	
	40-50	Stärkste Kopfschmerzen, Langeweile, Schwindel, Sehstörungen
	50-60	Übelkeit, Erbrechen, Erschöpfung
	60-70	
	70-80	S.o. und Bewußtseinstrübung, Krämpfe, Cheye-Stokes-Atmung
	80-90	Verlangsamung und Atemstillstand innerhalb von Stunden Tod in weniger als 1 Std.
	90-100	Tod in wenigen Minuten
Schwefeldioxid (SO ₂)	3-5	Geruchsschwelle
	5	MAK
	8-12	Schwache Augen- und Rachenreizung, Fremdkörpergefühl in den Lungenwegen
	20	Husten und Augenreizung
	30	Plötzliche starke Reizung, bleibt äußerst unangenehm
	100-250	Lebensgefährlich
	600-800	Tod in wenigen Minuten
Schwefelwasserstoff	10	MAK-Wert
	20-30	Konjunktivitis
	50	Nach 4 Std. Lichtempfindlichkeit, Tränenfluß
	150-200	Lichtempfindlichkeit, Schleimhautreizung, Kopfschmerzen
	200-400	Nach einigen Stunden leichte Vergiftungserscheinungen
	250-600	Lungenödem und Poranchnopneumonie nach längerer Exposition
	500-1000	Schmerzhafte Augenreizung, Erbrechen
	1000	Plötzliche akute Vergiftung
	1000-2000	Tödlich nach 30-60 Min.
	>2000	Akuter plötzlicher Tod
Stickstoffdioxid (NO ₂)	5	TLV - MAK
	5	Riechschwelle
	10-20	Schwache Reizung an Augen, Nase und oberen Atemwegen
	25-38	Keine nachteilige Wirkung für Arbeiter bei jeweiliger Exposition

	Luftkonzentration ppm	Symptome
Toluendiisocyanat	50	Schwache Reizung
	80	Enge in der Brust nach 3-5 Min.
	90	Lungenödem nach 30 Min.
	100-200	Gefährlich nach 30-60 Min.
	250	Tod innerhalb weniger Minuten
	0,01	Keine Reizung und Geruch bis zu 30 Min.
	0,018-0,02	Geruchsschwelle
	0,01	TLV - MAK
	0,05	Schwache Augenreizung
	0,1	Erträgliche Reizung von Augen, Rachen und Nase
	0,5	Schwere Reizung von Augen, Rachen und Nase
1,3	Starke Reizung, Husten, Bronchospasmus, Trachitis, die nach der Exposition anhält	

Nachweis:

Zur Diagnostik sollte ein Schnelltest in den Brandgasen oder ein Schnelltest in der Ausatemluft oder im Blut mit dem Gasspürgerät und den entsprechenden Prüfröhrchen durchgeführt werden, da nach Antidottherapie oft ein Nachweis nicht mehr möglich ist. Kohlenmonoxid und Blausäure haben klinisch die gleichen Symptome und können bei Spontanatmung mit einem Gasspürröhrchen, das auf eine Ansaug-Handpumpe (zum Beispiel Dräger) aufgesetzt wird, leicht quantitativ gemessen werden. Bei Atemstillstand kann eine therapiebedürftige Blausäurevergiftung am Unfallort mittels Schnelltest nachgewiesen werden:

- Etwa 1 ml Blut wird mit ca. 1 ml 10% H_2SO_4 in einem kleinen Röhrchen gemischt und die entweichende Luft sofort durch ein darübergehaltenes Gasspürröhrchen für Blausäure gepumpt (DAUNDERER, WEGER 1978).

Die Lungenreizstoffe werden mit dem entsprechenden Gasspürröhrchen im Giftmilieu am Brandherd selbst nachgewiesen.

Tab. 4: Diagnose in der Ausatemluft

Leitsymptom	Gift	Drägerröhrchen	Durchführung
Bewußtlosigkeit + hellrotes Gesicht	Alkohol	Alcotest (oder Methanol 50/a)	qualitativ: passiv mit Gasspürgerät am Mund ansaugen quantitativ: in einem Atemzug Tüte vollblasen, weißes Stück am Mund 0,8 %o = bis zum grünen Rand Formaldehydnachweis mit Gummischlauch aus Kohlenmonoxid-Päckchen vor Alcotest: beides positiv = Methylalkohol (Formaldehyd: rosa; Alkohol: grün)
Brandgase	Blausäure	Blausäure 2/a	5 Hübe rot (gleiche Menge Blut und Salzsäure, mit Pumpe entweichendes Gas messen)
	Phosgen	Phosgen 0,05/a	1 Hub blaugrün
(anfängs Zyanose) Brandgase	Kohlenmonoxid	Atem CO 2/a	aktiv: Trockenröhrchen vor Tüte 10 Hübe schwarz
	Lösungsmittel	Kohlenstoffmonoxid 2/a	passiv: braungrün
Erregung		Aceton 100/b	10 Hübe gelb
		Benzol 0,05	2-20 Hübe hellbraun
		Kohlenwasserstoff 100/a	3-15 Hübe braungrau
		Methylbromid 5/b	5 Hübe braun
		Schwefelkohlenstoff 0,04	1-15 Hübe gelbgrün
		Tetrachlorkohlenstoff 1/a	Säureampulle brechen, senkrecht halten, 5 Hübe blau (grün-negativ!)
		Toluol 5/a	5 Hübe braun
		Trichlorethan 50/b	(+ 3 Desorptionshübe) 2 Hübe braunrot
Zyanose + Bewußtlosigkeit	Schwefelwasserstoff, Kohlenmonoxid	Schwefelwasserstoff 1/c Atem CO 0,2/a	1-8 Hübe hellbraun 10 Hübe schwarz
enge Pupillen - Speichel- + Schweißflut	Alkylphosphate (E 605)	Systox 1/a	20 Hübe orange-rot

Tab. 5: Diagnose im Giftgasmilieu (mit Atemschutz durchführen)

Geruch	Gift	Dräger- röhrchen	Hübe/Farbe
süßlich	Aceton	100/b	10/gelb
	Alkohol	100/a	1 O/grün
	Anilin	5/a	25/rot
	Arsenwasserstoff	0,05/a	20/schwach grauviolett
	Benzol	0,05	2 O/braun
	Ethylacetat	200/a	2 O/braungrün
Bittermandel	Blausäure	2/a	5/rot
	Chloropren	5/a	3/gelbbraun
	Hydrazin	0,25	1 O/blau
	Ozon	0,05/a	1 O/weiß
	Perchloraethylen	10/b	3/orange
	Tetrachlorkohlenstoff	5/a	5/blaugrün
	Toluol	5/a	5/braun
	Trichlorethan	50/d	2/braunrot
	Trichlorethylen	10/a	5/orange
	Vinylchlorid	100/a	184/hellbraun
Triethylamin	5/a	5/blau	
stechend	Ammoniak	50/a	1 O/dunkelblau
	Brom	0,2/a	1 O/orange
	Chlor	0,2/a	1 O/orange
	Chlorcyan	0,25/a	204/rosa
	Fluor	0,2/a	1 O/orange
	Fluorwasserstoff	1,5/b	2 O/schwachrosa
	Formaldehyd	0,2/a	2 O/rosa
	Mercaptan	2/a	1 O/gelbbraun
	Methylbromid (Chloroform)	5/b	5/braun
	Nickeltetracarbonyl	0,1/a	2 O/rosa
	Nitrose Gase	0,5/a	5/blaugrün
	Phenol	5/a	1 O/blauviolett
	Phosgen	0,05/a	33/blaugrün
	Phosphorwasserstoff	0,1/a	10/schwach grauviolett
	Salzsäure	1/a	10/gelb
	Schwefelkohlenstoff	0,04	15/gelbgrün
	Schwefelwasserstoff	1/c	1 O/hellbraun
Stickstoffdioxid	0,5/c	5/blaugrau	
geruchlos	Kohlenstoffdioxid	0,1/a	5/blauviolett
	Kohlenstoffmonoxid	10/b	1 O/blaugrün
	Kohlenwasserstoff	2	24-3/braun
	Kohlenwasserstoff	0,1/b	15/braungrau
	Olefine	0,05/a	2 O/hellbraun
	Polytest		5/braungrün
	Quecksilberdampf	0,1/b	2 O/gelborange
	Sauerstoff	5/a	1/hellgrau
	Wasserstoff	0,5/a	5/rosa
	Ozon	0,5/a	1 O/wasserblau
Kampfstoffe, Schädigung an			
	– Auge	BBC, Bromaceton	Chlor
		Brommethylethylether, Chloracetophenon	0,2/a

Geruch	Gift	Dräger- röhrchen	Hübe/Farbe
– Blut	Arsenwasserstoff	0,5/a	2 0/graiviolett
	Blausäure	2/a	50/rot
	Chlorcyan	0,25/a	
– Haut	Eisenpentacarbonyl, Nickeltetracarbonyl	0,1 /a	20/rosa
	Acetylarsindichlorid		
	Lewisit, Methalarsin- dichlorid, Phenylarsin- dichlorid, Arsen- wasserstoff	0,05/a	2 0/graiviolett
– Lunge	Schwefellost, Stickstofflost	1/65	
	Diphosgen, Phosgen, Triphosgen	s. Chlor 0,2/a	10/orange
– Nerven	DFP, Sarin, Soman	Systox 1/a	20/orangerot
	Tabun VX	Tabun/Sarin 1	2 0/braunrot

Therapie:

Tab. 6: Therapieschema einer Brandgasvergiftung

Kohlenmonoxid	Lungenreizstoffe	Blausäure
Diagnostik: Schnellnachweis mit dem Gasspürgerät und einem entsprechenden Einsatz		
in der Ausatemluft	im Giftmilieu	in der Ausatemluft

Therapie

Sauerstoff	Dexamethason-Spray-Inhalation (z.B. Auxilison-Dosier-Aerosol, 5 Hübe alle 10 min dreimal oder bis Beschwerden weg)	sofort 1,5 mg/kg KG 4-DMAP i.v. (175mg=½Ampulle beim Erwachsenen), später 100 mg/kg KG Natriumthiosulfatlösung i.v. (z.B. 100 ml der 10%igen Lösung)
------------	--	---

Antidot	Dosierung	70 kg Patient
Dimethylaminophenol	1,5 mg/kg KG	2,5 ml i.v.
Natriumthiosulfat	50mg/kg KG	50 ml 10% ig

Ersttherapie bei fehlenden Giftnachweisen:

Gift	Therapie	Dosierung
Stickgase	Sauerstoff	Überdruck (Intubation)
Stickgase mit »Innerer Erstickung«	Natriumthiosulfat	50 ml i.v.
Lungenreizstoffe	Dexamethason-Spray	5 Hübe

Ein positiver Bluttest auf Blausäure muß unbedingt eine Antidottherapie zur Folge haben (Ansprechbare: Natriumthiosulfat; Bewußtlose: Dimethylaminophenol).

Eine Reanimation ist in diesen Fällen nur dann erfolversprechend, wenn bei einer Reanimation zusätzlich zur Sauerstoffgabe das Antidot 4-DMAP verabreicht wird (DAUNDERER et al. 1974, DAUNDERER 1980, 1984).

Im Katastrophenfall (zum Beispiel Schwelbrand in einem Flugzeug oder in einem Theater) kann 4-DMAP auch in der gleichen Dosis intramuskulär oder noch Ansprechbaren in dreifacher Dosierung oral verabreicht werden (DAUNDERER 1981).

Ein lokal appliziertes Dexamethason (Auxilison-Dosier-Aerosol) verhindert und therapiert ein toxisches Lungenödem durch Lungenreizstoffe (DAUNDERER 1980).

Eine Wiederholung der Gabe von Natriumthiosulfat sollte bei erhöhten Konzentrationen des Metaboliten Rhodanid erfolgen.

Eine gezielte Antidottherapie einer Metallsalzvergiftung kann erst erfolgen, wenn ein positiver Giftnachweis vorliegt. Es empfiehlt sich hier, eine atomspektrometrische Untersuchung des nach der Giftexposition asservierten 24-Stunden-Urins. Nur im Falle einer gewerblich bedingten und daher bekannten Freisetzung von Brandprodukten mit Arsen, Quecksilber, Cadmium, Kupfer, Eisen u.ä. ist die prophylaktische Gabe von DMPS (3 Kapseln à 100 mg oder 1 Amp. à 250 mg i.m. oder i.v.) gerechtfertigt.

Nicht erkannte und nicht behandelte Brandgasvergiftete, die auch an einer Metaldampfvergiftung leiden, sterben in der Spätphase meist an schockbedingten Organveränderungen im Anschluß an eine Gastroenteritis oder ein Nierenversagen.

Kohlenmonoxid (CO):

Bei CO-Hb-Spiegeln bis 10% haben Gesunde noch keine Symptome; liegen sie zwischen 10% und 30%, stellen sich Kopfschmerz, Belastungsdyspnoe und Konzentrationsschwäche ein. Noch höhere Werte führen zu Schwindel, Erbrechen, Seh- und Denkstörungen, schließlich auch zu Kollaps und Krämpfen. Ab 60% ist mit Koma zu rechnen, aus dem oft ein Patient nicht wieder erweckbar ist.

Zur Therapie muß der Patient natürlich als erstes aus der CO-haltigen Umgebung entfernt werden. Doch in normaler Luft beträgt die Halbwertszeit des CO-Hb über fünf Stunden. Wenn man reinen Sauerstoff atmen läßt, sinkt sie immerhin schon auf 80 Minuten. Hat man darüber hinaus noch eine Überdruckkammer mit 3000 mbar zur Verfügung, beträgt die CO-Hb-Halbwertszeit nur noch 23 min. Zudem: Die hyperbare Oxygenation hilft nicht nur, das Kohlenmonoxid am Hämoglobin zu verdrängen; sie sorgt auch dafür, daß praktisch sofort so viel Sauerstoff im Plasma gelöst wird, daß die Lebensvorgänge selbst dann aufrechterhalten bleiben, wenn keine Erythrozyten vorhanden wären.

Ist eine Überdruckkammer in der Nähe, wird sie eingesetzt, wenn der Patient Symptome aufweist oder der CO-Hb-Spiegel über 25% liegt. Sind die Wege weiter, gelten Beschwerden oder ein CO-Hb-Wert über 40% als Anlaß für hyperbare Oxygenation.

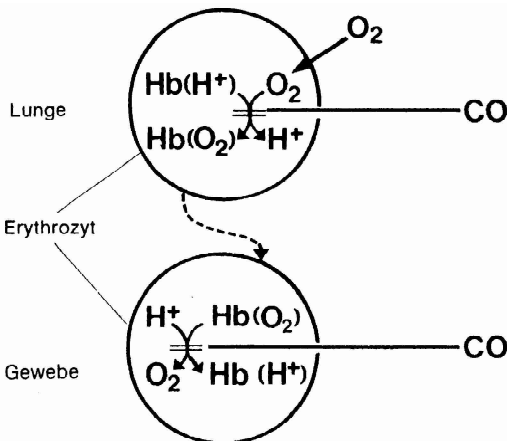


Abb. 1: CO vermindert die Gesamt-O₂-Aufnahme ins Hämoglobin sowie die O₂-Abgabe ins Gewebe (nach J

Typender Überdruckkammern:

Hyperbare Oxygenation heißt intermittierende Inhalation reinen Sauerstoffs unter erhöhtem Druck. Wie viele Sitzungen in welchen Abständen unter welchen Drucken angebracht sind, richtet sich nach der zu behandelnden Erkrankung, dem Zielorgan und einigen anderen Faktoren, namentlich Begleitkrankheiten und Medikamenten. Bei Gasbrand beispielsweise empfiehlt die *Undersea and Hyperbaric Medical Society*, am ersten Tag dreimal, in den folgenden Tagen zweimal pro Tag jeweils 90 min lang Sauerstoff bei 3000 mbar einzuatmen, später richtet sich die Dosierung nach dem klinischen Bild.

Zwei Kammertypen stehen zur Verfügung. Die *Einmannkammer* enthält reinen Sauerstoff, der bis maximal 3000 mbar komprimiert werden kann. Die Explosions- bzw. Feuergefahr erfordert strikte Sicherheitsmaßnahmen. Weiterer Nachteil: Der Patient ist abgeschlossen für sich allein in einem engen Gefäß, wengleich über entsprechende Anschlüsse Infusionen, künstliche Beatmung und intensivmedizinische Überwachung möglich sind. Der Vorteil: Die Geräte sind relativ billig.

In der *Mehrpersonenkammer* können mehrere Patienten gleichzeitig behandelt werden und sich dabei frei bewegen; sie sind also nicht allein, und es geht auch nicht so eng zu. Ein Arzt kann ständig mit dabei sein oder jederzeit über eine Schleuse hinzukommen. Die Atmosphäre in der Hauptkammer besteht – das ist der entscheidende technische Unterschied – aus komprimierter Luft; ihr Sauerstoffgehalt wird elektronisch so geregelt, daß niemals 21% überschritten werden. Das erlaubt, Leitungen für mit Schwachstrom betriebene elektrische Geräte, etwa EKG-Elektroden, anzuschließen. Die Luft wird über eine Atemmaske oder ein (durchsichtige) Haube eingeatmet.

An Mehrpersonenammern lassen sich Spezialkammern anflanschen, in denen die Kranken, etwa nach Tauchunfällen, am Unfallort und während des Transports mit Überdruck behandelt werden.

Die Mehrpersonenammern sind vergleichsweise teuer. Hinzu kommen die Betriebskosten: Rund um die Uhr müssen für den Fall eines Falles ein speziell eingearbeiteter Techniker und ein kompetenter Arzt bereitstehen.

Tod durch Kohlenmonoxid:

Der Tod einer sechsköpfigen Familie im unterfränkischen Zell am Main (Landkreis Würzburg) ist auf eine Kohlenmonoxidvergiftung zurückzuführen. Das hochgiftige Gas trat aus einer stark verunreinigten und teilweise verstopften Gastherme aus, die in der Wohnung an einer schlecht belüfteten Stelle zwischen Küche und Bad angebracht war. Ein Gewaltverbrechen oder ein Selbstmord scheidet nach Angaben der Polizei aus.

Angehörige hatten die Toten am vergangenen Samstag in der Zweieinhalb-Zimmer-Wohnung gefunden: den Vater, die im vierten Monat schwangere Mutter (beide 26 Jahre alt) sowie die Kinder, zwei Buben im Alter von zwei und drei Jahren und zwei Mädchen, ein und sechs Jahre alt. Der Tod trat bereits einige Tage vorher, in der Nacht von Dienstag auf Mittwoch, ein, vermutet die Polizei. Die Leichen der Eltern und eines Kindes wurden im Wohnzimmer gefunden, wo noch der Fernseher lief. Die drei anderen Kinder lagen in ihren Betten. Die Obduktion ergab CO-Gehalte im Blut von bis zu 63 Prozent. 50 Prozent gelten als tödlich. Die Polizei geht von einer schleichenden Vergiftung aus. Schon lange vor der Tragödie habe es Anzeichen für Unwohlsein bei den Familienmitgliedern gegeben. Die ersten Symptome seien bereits am 29. Februar aufgetreten. Die sechsjährige Tochter war deshalb seit Aschermittwoch nicht mehr zur Schule gegangen. Auch der Vater war in ärztlicher Behandlung, doch wurde ein Virus im Magen-Darm-Trakt diagnostiziert. Den Verdacht gemeinsamen Selbstmordes aus Verzweiflung schloß die Polizei aus. Zwar sei der Familie die Wohnung gekündigt worden, doch habe eine Frist bis Mitte Mai bestanden. Der Vater habe zudem erst vor kurzem eine neue Arbeitsstelle angetreten.

Die Staatsanwaltschaft ermittelt noch wegen fahrlässiger Tötung. Sie untersucht, ob beispielsweise das Heizgerät falsch angeschlossen war, ob die Wartung vernachlässigt wurde und wer dafür zuständig war. Für eine »schuldhaft Pflichtwidrigkeit Dritter« spreche aber nicht viel. Im April 1991 sei die Gastherme geprüft worden, damals habe es keine Auffälligkeiten gegeben. (SZ 18.3.92)

Höhlenabenteuer mit neun Toten:

Die Suche nach dem Abenteuer in einem alten Stollensystem der deutschen Wehrmacht nahm am Donnerstag für drei französische Jugendliche und ihre Retter ein tragisches Ende. Insgesamt neun Menschen kamen dabei in Monterolier bei Buchy (Nordfrankreich) ums Leben, darunter die drei Jugendlichen im Alter von 13 und 14 Jahren. Die Opfer starben an einer ungewöhnlich hohen Konzentration von Kohlenmonoxid, die zunächst irrtümlich auf ein von den Jugendlichen entfachtes Feuer zurückgeführt

wurde. Später wurde mitgeteilt, es seien keine Feuerspuren entdeckt worden. Woher die ungewöhnlich hohe Gas-Konzentration kam, war ungewiß. Das Höhlensystem war von den deutschen Besatzern auf über tausend Meter Länge für die Lagerung ihrer V-1-Flugbomben ausgebaut worden.

Als die Jugendlichen am späten Mittwochabend von ihrem Ausflug nicht zurückkehrten, machte sich der Vater eines der Kinder auf die Suche. Da auch er nicht zurückkehrte, rückte ein Rettungstrupp der Feuerwehr gegen Mitternacht an. Seine Mitglieder bemerkten das geruchlose und rasch wirkende tödliche Gas jedoch offenbar zu spät. Ein Notarzt, drei Feuerwehrleute sowie ein hilfsbereiter Ortskundiger aus der Region brachen zusammen, der Rest rettete sich Hals über Kopf ins Freie. (SZ 23.6.95)

Ein weiterer Fall:

Vergiftungspatienten sollte man auch nach erfolgreicher Akutbehandlung nicht so rasch aus den Augen lassen. Trotz subjektiver Beschwerdefreiheit können erhebliche Gefahren für den Patienten weiterbestehen. Daß dies insbesondere für Kohlenmonoxid-Vergiftungen gilt, hat ein kürzlich in der Zeitschrift »Versicherungsmedizin« geschilderter Spätodesfall eindringlich demonstriert.

Nach einem Selbsttötungsversuch mit Gas aus dem Durchlauferhitzer wurde der 57jährige Patient in komatösem Zustand im Reanimationszentrum eingeliefert. Er reagierte nicht auf Schmerzreize und zeigte Streckmechanismen, die auf eine Hirnstammschädigung hindeuteten. Im EEG bestanden schwere Allgemeinveränderungen und fokale Störungen. Nach erfolgreicher Behandlung und Stabilisierung des Allgemeinzustandes wurde der Patient gegen den Rat des hinzugezogenen Psychiaters dennoch auf eigenen Wunsch bereits nach 3 Tagen entlassen.

Nur 4 Tage später mußte er wegen schwerer Depressionen erneut aufgenommen werden. Er klagte über Appetitlosigkeit und starke Kopfschmerzen, war aber wach und bewußtseinsklar, voll orientiert und ohne Gedächtnisstörungen. Auch Denk- und Wahrnehmungsvermögen sowie Antrieb und Psychomotorik waren unauffällig.

Da sich der Zustand des Patienten im Krankenhaus besserte, durfte er 9 Tage später zu einem Belastungsurlaub über Weihnachten erneut nach Hause. Am 27.12. brachte ihn die Polizei zurück: weder zum Ort noch zur Situation orientiert, nicht in der Lage, ein Gespräch zu führen. Im EEG fanden sich jetzt mittelschweren Allgemeinveränderungen und Zeichen erhöhter zerebraler Anfallbereitschaft.

Die klinische Symptomatik verschlechterte sich kontinuierlich. Wegen medikamentös nicht mehr zu beherrschender Krampfanfälle mußte der inzwischen auch nicht mehr ansprechbare Patient schließlich auf die Intensivstation verlegt werden, das Computertomogramm zeigte ein mäßiges Marklagerödem. Alle therapeutischen Bemühungen blieben erfolglos.

4 Wochen später starb der Patient an einer fulminanten Lungenembolie bei Beinvenenthrombose.

Aufgrund des Obduktionsbefundes konnte die versicherungsrechtlich wichtige Frage nach dem Kausalzusammenhang zwischen der Kohlenmonoxidvergiftung und dem 2 Monate später eingetretenen Tod bejaht werden: Beinvenenthrombose und resultierende Embolien seien Folge des »mehrwöchigen Krankenzustandes«, hieß es in einem Gutachten. Für den Mediziner hat der beschriebene Fall hingegen noch eine weitere Bedeutung: Die Tatsache, daß die Erkrankung durch Kohlenmonoxidvergiftung protrahiert mit freiem Intervall verlaufen kann, sollte den Arzt dazu veranlassen, gerade bei Vergiftungen mit prognostischen Aussagen gegenüber Angehörigen äußerst vorsichtig zu sein. Denn bestätigt sich die gute Prognose nicht, so hat er sich schnell den Vorwurf eingehandelt, er habe den Patienten nicht richtig therapiert.

Quelle: Prof. Dr. V. Schneider und Dr. U. Rossel, Landesinstitut für gerichtliche und soziale Medizin, Berlin; Versicherungsmedizin, 43. Jg., Heft 2 (1991), S. 34-37

Blausäure:

Todesfälle bei Hausbränden sind bislang nur wenig untersucht worden. Es war lange Zeit ungeklärt, welchen Gasen die tödliche Wirkung bei Rauchvergiftungen zuzuschreiben ist. Die Untersuchungen der französischen Arbeitsgruppe um F.J. Baud bestätigten, daß Cyanide (Blausäure) wesentlich beteiligt sind. Blausäure, die bei der thermischen Zersetzung bzw. Verbrennung von stickstoffhaltigen organischen Materialien entstehen kann, wird neben Kohlenmonoxid als potentielle Ursache tödlicher Rauchvergiftungen diskutiert. Ein Beweis konnte allerdings bisher nicht geführt werden, da Blausäure rasch aus dem Blut eliminiert wird und sich so dem Nachweis entzieht.

In der vorliegenden Untersuchung wurden bei 109 Hausbrandopfern sofort nach der Bergung Blutproben entnommen. Die Blausäure-Konzentrationen waren bei den verstorbenen bzw. überlebenden Brandopfern mit 116,4 bzw. 26,1 $\mu\text{mol/l}$ hochsignifikant höher als bei Kontrollpersonen (5 $\mu\text{mol/l}$).

Die Laktat-Spiegel im Plasma waren enger mit den Blausäure- als mit den Kohlenmonoxid-Konzentrationen korreliert. Laktat-Spiegel von mehr als 10 mmol/l erwiesen sich als zuverlässige Indikatoren für ein Blausäure-Vergiftung (Anstieg des Blausäure-Spiegels über 40 mmol/l). Die Messung des Laktat-Spiegels könnte bei der Eingangsuntersuchung von Brandopfern ohne schwere Verbrennungen deshalb einen nützlichen Test darstellen.

(Quelle: BAUD F.J. et al.: Elevated blood cyanide concentrations in victims of smoke inhalation. N. Engl. J. Med. 325, 1761-176 (1991))

Die wichtigsten Stichworte für den Noteinsatz:

Anamnese:

- Betriebsunfall in Galvanisierbetrieb?
- Entwesung (= Beseitigung von Schädlingen, Ungeziefer usw.) geschlossener Räume, z.B. von Getreidesilos, mit Blausäure?
- Selbstmord, z.B. im chemisch-pharmazeutischen Umfeld?
- Rauchgasvergiftung bei Verbrennung von Kunststoffen?

Symptome:

- Bittermandelgeruch (Cave: 30 Prozent der Menschen sind genetisch bedingt nicht in der Lage, diesen Geruch wahrzunehmen!)
- Dyspnoe bei rosiger Hautfarbe
- pektanginöse Zustände
- Bewußtlosigkeit
- Krämpfe
- terminal: Apnoe, Areflexie, Kreislaufstillstand

Diagnose:

- Bittermandelgeruch
- (Fremd-)Anamnese
- wenn möglich, Raum- bzw. Atemluftanalyse, z.B. mit Dräger-Röhrchen der Feuerwehr
- In jedem Fall Klinikeinweisung!

Therapie:

- Sicherung der Vitalfunktionen: Beatmung (wenn vorhanden, mit reinem Sauerstoff), Kontamination vermeiden (Schutztücher bei Atemspende, besser Intubation und Beutelbeatmung)
- Bei Krämpfen 5 bis 10 mg Diazepam i.v.
- Klinikeinweisung

Bei schwereren Vergiftungen mit Bewußtseinstörung:

- 3 bis 4 mg/kg Körpergewicht 4-DMAP (4-Dimethyl-amino-phenol-HCl) als Antidot (bei Erwachsenen 1 Amp. = 250 mg bei Injektion mit Blut in Spritze mischen);
- anschließend 10 ml einer 10%igen Natriumthiosulfatlösung;
- in der Klinik: nach oraler Intoxikation Magenspülung und Installation von Kaliumpermanganatlösung (300 ml KMnO₄, 1:5000) zur Oxidation des restlichen Zyanids, Hirnödemprophylaxe.

(Quelle: H.H. MAURER, K. PFLEGER (Institut für Pharmakologie und Toxikologie, Universität des Saarlandes, Homburg/Saar): Der Notfall: Blausäure-Intoxikation. Saarländ. Ärztebl. 3/1992, 129-130)

Blausäure-Nachweis:

Ansprechbare:

- | | |
|---------------|--|
| Voraussetzung | am Set Alkotest, Atemsack, Klemme
Blausäure-Prüfröhrchen 2a
Handpumpe |
| Durchführung | <ol style="list-style-type: none"> 1. Der Patient atmet in den Ausatembeutel des Alkotests (1 Liter Luft); Verschließen mit einer Klemme 2. Abbrechen der Glasenden des Prüfröhrchens durch Stecken in die obere Öse der Handpumpe. 3. Prüfröhrchen mit Pfeilrichtung zur Pumpe auf Pumpe aufsetzen, anderes Ende auf den Atemsack aufsetzen, Klemme lösen 4. 10 Hübe, bis Sack leer |

Ergebnis	Blausäure positiv, wenn Anzeigeschicht von orange in weinrot verfärbt. Bittermandelgeruch. Dräger-Röhrchen 2/a für Blausäure in der Ausatemluft. Schnellnachweis im Blut: 1 ml 10%ige H_2SO_4 + 1 ml Blut im Reagenzglas. Dabei entstehendes Blausäuregas mit Dräger-Röhrchen 2/a nachweisen (Rotfärbung nach 10 Hüben)
Bewußtlose:	
Voraussetzung	Glasröhrchen mind. 5 ml mit Gummistopfen, in dem zwei Schläuchlein stecken, ca 1 ml 10% H_2SO_4 darin Blausäure Prüfröhrchen 2a Handpumpe Dräger
Durchführung	1. ca. 1 ml Blut mit aufgesetzter Kanüle vom Patienten venös entnehmen 2. Prüfröhrchen durch Stecken in die obere Öse der Handpumpe aufbrechen 3. Prüfröhrchen mit Pfeilrichtung in die Pumpe stecken, anderes Ende auf die eine Öffnung des Glasröhrchens aufsetzen. 4. Blut mit der Kanüle in die andere Öffnung des Glasröhrchens spritzen, Finger darauf, mischen, Handpumpe betätigen
Ergebnis	Positiv, wenn einige Körnchen der Anzeigeschicht rot werden.
Konsequenz	Schnelles Antidot 4-DMAP 3 mg/kg i.v.

Prophylaxe:

Da sich 80 Prozent der Schwelbrände in den Nachtstunden ereignen, ist das Anbringen eines optoelektronischen Rauch-Warngerätes in gefährdeten Zimmern (Kinderzimmer, Küche, Altenheim usw.) dringend zu empfehlen.

Maßnahmen bei Giftalarm:

Wegen der Vielzahl von möglichen Giftstoffen ist bei ungenauer Kenntnis der eingesetzten Gifte eine gezielte Schutzmaßnahme sehr schwierig.

Für einige wenige ist nach Alarmierung das Anlegen eines ABC-Anzuges mit Atemschutzmaske und Gasfilter der beste Schutz. Bei Lost müßte der Gummianzug allerdings nach 30minütiger Exposition ausgetauscht werden. Da die Kosten jedoch bei über 1000 DM liegen, ist dies kaum durchführbar. Unsere Erfahrungen in Bhopal zeigten, daß Primitivschutzmaßnahmen durchaus ebenbürtig in ihrer Effizienz sein können: Inmitten von Hunderten von Leichen war ein ganzer Familienclan wohlbehalten geblieben. Der Vorstand, ein Arbeiter von Union Carbide, hatte aufgrund vorausgegangener Unfälle allen ein Verhaltenskonzept zurechtgelegt, das in der Unfallnacht erfolgreich praktiziert wurde:

- Bei geringstem Anhalt auf Giftgaseinwirkung sofort alarmieren.
- Alte Personen suchen sofort die nächsten Häuser auf bzw. bleiben in ihren Häusern.
- Sofort werden Tücher (Textilien) feucht gemacht (zur Not mit eigenem Urin) und vor Augen, Nase und Mund gehalten.
- Fenster- und Türritzen ebenfalls mit feuchten Tüchern abdichten.
- Regungslos sitzen bleiben, bis die Giftwolke sich verzogen hat (mindestens 30 Minuten!).
- Danach die gesamte Kleidung ablegen und mit Wasser und Seife abspülen, Ersatzkleidung anlegen. Zumindest tödlichen Konzentrationen kann man somit entgehen. Da diese Maßnahme auch für moderne Chemieunfälle und Brandgaskatastrophen gelten, muß man sie für Reisende noch um eine weitere Primitivschutz-Empfehlung ergänzen:
- Reisende tragen eine durchsichtige Plastiktragetüte mit sich. Diese stülpen sie sich im Verdachtsfall sofort über den Kopf und atmen durch die evtl. angefeuchteten Textilien der Oberbekleidung. Mit diesem Schutz sofort aus der Giftatmosphäre fliehen und feste Behausungen aufsuchen. Weiter wie oben.

Von allen möglichen Gegengiften ist die Vorbeugung einer Lungenschädigung durch eine Reizgasvergiftung (Typ Phosgen) für Laien am einfachsten:

- In jedem Verdachtsfall sofort Auxilison-Spray inhalieren: 5 Hübe prophylaktisch (ein Spray reicht für 30 Personen).

Anmerkung:

Sinnvoll erscheint das ausreichende Mitführen von Auxiloson-Notfallpäckchen*

- am chemiegefährdeten Arbeitsplatz,
- in Einsatz- und Rettungsfahrzeugen,
- an der Person (Jackentasche etc.) beim besonders Gefährdeten.

* Das Auxiloson-Notfallpäckchen ist eine auf Entnahme kontrollierbare einsatz- und therapierelevante Verpackungsversion des Auxiloson-Dosier-Aerosols in druck- und wasserfester Verpackung.

Besonderheiten:

Brände an Bord von Seeschiffen:

Bei der Analyse von Schiffsbränden muß unterschieden werden, ob sie auf See oder im Hafen stattfanden. Für die Brandbekämpfung, die Ausbildung und die medizinische Notfallversorgung ergeben sich unterschiedliche Ansatzpunkte.

Schiffsbrände ereignen sich entweder in der Ladung oder im Schiffsbetrieb, d.h. im Wohnbereich und Maschinenanlage.

Hieraus lassen sich die unterschiedlichsten Gefährdungen ableiten:

1. Gefahr des Totalverlustes des Schiffes, d.h. Seenotfall
2. Ausfall der Antriebsanlage, d.h. Manövrierunfähigkeit des Schiffes
3. Zerstörung des Wohnbereiches und der Kommandobrücke
4. Unmöglichkeit des Löschens eines Brandes in annehmbarer Zeit, z.B. bei entsprechender Ladung
5. Gefährdung der Besatzung durch Brandgase

In der Primärphase stehen bei der Brandbekämpfung an Bord zunächst die Schadenseingrenzung, d.h. die Erhaltung der Schwimmfähigkeit und die Stabilität im Vordergrund, die Funktion der Antriebsanlage sowie die Rettung von Personen.

In der Sekundärphase liegt der Schwerpunkt in der Behandlung der Verletzten und der Aufrechterhaltung des Schiffsbetriebes, d.h. der Erhaltung der Manövrierfähigkeit des Schiffes z.B. bei Seegang.

10 bis 15% der Ladung z.B. bei Containerschiffen ist Gefahrgut gemäß IMDG-Code. Hiervon geht eine weitere Gefährdung aus, wenn diese Stoffe in ihren Eigenschaften aktiv werden.

Die Ausdehnung der Rauchgase und Branddämpfe ist das eigentliche Problem, da man an Bord nicht ausweichen kann und laufend die Brandgase einatmet, auch wenn das Schiff noch entsprechend wind- und seegangsgerecht gelegt wird. Die präklinische Phase dauert an Bord oft bis zu drei Tagen.

Ein Brand an Bord bedeutet noch keinen Seenotfall. Das Verlassen des Schiffes ist die allerletzte Maßnahme im Seenotfall. Ein völlig ausgebranntes Schiff bietet immer noch eine bessere »Lebensplattform« als ein vollgestopftes Rettungsboot.

Die meisten Brände auf See ereignen sich im Bereich des Schiffsbetriebes, d.h. in der Maschinenanlage, dem Wirtschafts-, Aufenthalts- und Wohnbereich. Ursachen sind meist menschliches Fehlverhalten und Wartungsmängel.

Vorschriften über den baulichen Brandschutz von Seeschiffen findet man in der SOLAS (Übereinkommen zum Schutz des menschlichen Lebens auf See – Safety of life at Sea 1974/83 –) und der Schiffsicherheitsverordnung.

Trotz unbrennbarer Materialien sind Schiffsbrände nicht auszuschließen. Die Ursachen sind meist sehr banal (Friteusenbrand, Rauchen in der Koje, Brand in der Wäschekammer, geborstene Brennstoffdruckrohre, Kurzschlüsse in elektrischen Anlagen usw.)

Die Gefährdung der Besatzung erfolgt dann meist durch Rauch- und Brandgase. Brandgasvergiftungen müssen dann mit Bordmitteln aus dem Hospital (Ausrüstung nach Krankenfürsorgeverordnung 1987) behandelt werden.

Bis zum Anlaufen von Nothäfen sind Zeitdifferenzen von bis zu 3 Tagen keine Seltenheit.

Im Bereich des Atemschutzes stehen der Besatzung für die Brandbekämpfung sowie bei Chemikalienunfällen auf Frachtern über 4000 BRZ mindestens 3 Atemschutzgeräte (Preßluftatmer) mit je 9600 Liter Luft (incl. Reservefüllung) zur Verfügung. Kompressoren zur Wiederbefüllung sind nicht an Bord (SOLAS Regel 17-SchSV § 38 ff). D.h., bei einem Atemminutenvolumen von 20–40 l/min liegt hier ein Gesamtverrat von 8–4 Std. umluftunabhängiger Atemluft vor.

Bei der Gefährdung der Besatzung mit Rauch- und Brandgasen muß auch noch ein weiterer Bereich toxischer Gase betrachtet werden:

Für die Aufrechterhaltung des Schiffsbetriebes sind eine Reihe von Betriebs- und Arbeitsstoffen notwendig, die als Gefahrstoffe klassifiziert sind. Hierunter sind Brennstoffe, Öle, Kühlwasserchemikalien, Kesselwasserzusätze, Tankreinigungskemikalien, Rostumwandler usw. zu verstehen.

Bei einer Analyse von 548 Gefahrstoff-Unfällen ergibt sich folgendes Bild:

- 127 Intoxikationen CO-Vergiftungen (davon 45 Schiffsbrände, 40 Abgase, 16 tödlich)
- 421 Arbeits- und Betriebsstoffe (4/5 davon Reinigungs- und Konservierungsstoffe)

Im Hinblick auf die langen Transportwege von Geschädigten, insbesondere dem langen Weg zum Nothafen bzw. Küstennähe für Hubschraubertransport ist der Entwicklung des toxischen Lungenödems besondere Beachtung zu schenken, d.h., eine entsprechende Prophylaxe muß schon bordseitig erfolgen. Ausrüstung und Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Unfällen an Bord richten sich nach der Krankenfürsorgeverordnung an Bord von Kauffahrteischiffen, dem *Medical First Aid Guide* (RM 003-Leitfaden bei Unfällen mit gefährlichen Gütern an Bord) und den Gruppenunfallmerkblättern (*Emergency Procedures for Ships* – Ems RM 002).

Problem: Menge und Art der Notfall-Ausrüstung.

Für ein Großcontainerschiff (Ladepazität 3000 Container, Länge ca. 300 m, Besatzung 20 Mann) ist z.B. nur ein (!) Dosieraerosol Dexamethason (Auxiloson), d.h. 7,5 ml, vorgeschrieben.

Fallbeispiele (Auszüge aus den Jahresberichten der SEE-BG):

- Fährschiff MS »Tor Scandinavia«: 25.9.89 Nordsee (Brand in Wäschekammer, 2 Tote, mehrere Rauchgasvergiftungen, an Bord 685 Personen)
- Zerstörer D 186 »Mölders«: 15.12.87 Mittelmeer (Friteusenbrand, 2 Rauchgasvergiftungen, Großbrand, 337 Mann Besatzung)
- Fahrgastschiff »Queen Elizabeth«: 30.10.84 Nordatlantik (Brand in elektrischer Anlage, 2 Verletzte, 1400 Passagiere an Bord)
- Fahrgastschiff »Prinsendam«: 4.10.80 Golf von Alaska (Brand im Maschinenraum, mehrere Rauchgasverletzte, 510 Personen an Bord)
- Frachter MS »Taveta«: 16.9.75 Nordatlantik (Brand in Messe, 2 Tote, 2 Vermißte, Schiff wurde abgegeben, 30 Personen an Bord, Rauchgasvergiftungen)
- Frachter MS »Brigitte Jacob«: 8.9.85 Südatlantik (Kammerbrand)
- Fährschiff »St. Columbia«: 31.1.90 Irland-Wales (Maschinenraumbrand, 285 Personen an Bord, Feuerwehr wird eingeflogen, Windstärke 10, Schiff manövrierunfähig, Schlepperhilfe)
- Fährschiff »Nordic«: 13.5.88 Engl. Kanal (Felixstow) (Brand im Generatorenraum, 348 Personen an Bord)

Brände an Bord von Flugzeugen:

Bei der Analyse von Bränden in Flugzeugen ist zu unterscheiden, ob sie während des Fluges oder am Boden z.B. nach einer Bruchlandung entstehen.

Im Hinblick auf die Maßnahmen der Besatzung und des Rettungspersonals ergeben sich unterschiedliche Ansatzpunkte.

Im Hinblick auf die Prophylaxe bei Brandgasvergiftungen und den dabei bedeutsamen Zeitfaktor im Sinne der präklinischen Phase ist daher in diesem Zusammenhang die Problematik von Bränden während des Fluges interessant.

Die meisten Brände an Bord von Flugzeugen entstehen durch menschliches Fehlverhalten und Mißachtung von Sicherheitshinweisen.

Die überwiegende Anzahl von Bränden sind Entstehungsbrände mit Schwelbrandcharakteristik. Hierbei werden toxische Brandgase frei, welche die Atmungsorgane schädigen.

Heißlaufende Toilettenspilmotoren, fehlerhafte Thermoalter in der Galley oder gar Polsterbrände durch Zigarettenglut, ebenso Papierkorbbrände in der Toilette durch Glutreste.

Die Cockpit- und Cabinencrew wird in speziellen Emergency-Trainings hierauf speziell vorbereitet. Das Cabinenpersonal kontrolliert während des Fluges laufend die gefährdeten Bereiche und Thermoanzeiger. Das Löschen von Bränden wird intensiv trainiert.

Trotz aller Präventivmaßnahmen liegt das Problem im Einatmen von Brandgasen und bei der Entstehung eines toxischen Lungenödems.

Bei der Entstehung und dem Wirksamwerden von Rauch- und Brandgasen steht der Faktor Zeit im Mittelpunkt. Interessant scheint die Frage zu sein, wenn man Zeitvergleiche zwischen Kontinental- und Interkontinental-Flügen anstellt, im Hinblick darauf, wann eine Notlandung erfolgen kann.

Mag auch der Entstehungsbrand erfolgreich bekämpft worden sein, so sind die Rauchgase dennoch wirksam. Eine frühzeitige Prophylaxe erscheint hier sinnvoll, da die präklinische Phase auch hier erheblich verzögert wird.

Die Passagiersauerstoffmasken (Anwendungsfall – plötzlicher Druckabfall in der Kabine) sind an eine stationäre Sauerstoffanlage angeschlossen, die einen Zeitraum von 15 bis 20 Minuten überbrücken kann.

Ein Notsinkflug aus maximal zulässiger Flughöhe (z.B. 12000 m) dauert ca. 5 Minuten.

Die Cockpitbesatzung kann über eine eigene stationäre Sauerstoffanlage mit einer Vollschutz-Rauchmaske mit 100% Sauerstoff versorgt werden (Quick Donning Mask).

Im Falle der Entwicklung von Brandgasen und Rauch ist die Passagier-Sauerstoffmaske jedoch nicht geeignet, da durch die Maske ein Gemisch von Umluft und Sauerstoff eingeatmet wird.

Für Notfälle stehen der Cockpitbesatzung und dem Kabinenpersonal Voll-Gesicht-Rauchschutzmasken mit 100% Sauerstoff zur Verfügung, die über tragbare Sauerstoffflaschen gespeist werden und zusätzliche Anschlüsse für weitere Masken haben, z.B. Hilfe für einen Passagier.

Die Frage nach Einführung von Rauchschutzhauben für die Passagiere, die einen Schutz von ca. 20 Minuten geben sollen, wird wieder diskutiert.

Fallbeispiel:

Im März 1983 landet eine DC 9 in Not auf dem Flughafen von Cincinnati (USA), nachdem vor 20 Minuten in einer Flughöhe von 11000 m auf einer Toilette ein Brand ausgebrochen war. Ursache war ein heißgelaufener Toilettenspülmotor.

Die Kabinencrew sagte später aus, daß ca. 5 bis 7 Minuten nach dem Brand die Kabine voll Rauch war.

- LH B 737: Kabelschwelbrand im Flug im Heckbereich, Notlandung 04.11.88 in München Riem, 25 Personen Rauchvergiftungen
- LH B 747: Rauchentwicklung im Frachtraum im Flug
- Pan AM: Brandgefahr in Frachtraum bei US Jumbos, Seattle 14.4.88

Kasuistik:

Daß es »wie beim Stellungskrieg vor Verdun« aussehe, fanden auch Reporter, die das Dorf Hagersville (2500 Einwohner) im Farmland zwischen Erie- und Ontariosee aufsuchten. Ihre Frontberichte über Luftbombardements und Bodenattacken galten den Bemühungen von Kanadas professioneller Waldbrand-Feuerwehr, die im matschigen Feld, ein paar Kilometer außerhalb von Hagersville, 17 Tage lang einen hartnäckigen Feind bekämpfte: 14 Millionen lichterloh brennende alte Autoreifen.

Am Donnerstag letzter Woche wurde die – vermutlich durch Brandstiftung entstandene – Feuersbrunst endlich für gelöscht erklärt. Fast drei Wochen lang hatte Hagersville unter der tiefschwarzen Rauchwolke gelegen, die von dem sieben Hektar großen, bis zu zehn Meter hohen Reifenstapel gen Himmel stieg. Je nach Windrichtung waren zeitweilig bis zu 1700 Bauern aus der Umgebung vor der hochgiftigen Qualmwolke evakuiert worden: Krebs erzeugende Chemikalien wie zum Beispiel Benzol, aber auch Toluol und Xylole sowie andere gefährliche Schadstoffe verteilten sich mit den rußigen Rauchschwaden in der Gegend.

Zum Erfolg kamen die Brandbekämpfer, nachdem selbst Löschflugzeuge versagt hatten, schließlich mit dem knochenerschütternden Bemühen, mit Hilfe von Bulldozern und Traktoren den kokelnden Reifenstapel in kleinere Häufchen zu zerteilen. Doch der Umweltnotstand im Gefolge des größten bisher registrierten Reifenbrandes war zu diesem Zeitpunkt schon nicht mehr abzuwenden.

Die Belastung der Atemluft mit Giftstoffen war nur die eine Seite des Desasters. Als folgenschwerer noch betrachteten Umweltschützer, was bei der Feuersbrunst ins Erdreich sickerte: Die in der Hitze schmelzenden Reifen verflüssigten sich zu Öl. Jeder Reifen, so berechneten Experten, setzt beim Schmelzen vier bis sieben Liter Öl frei – in Hagersville konnte die heiße, dünnflüssige Brühe durch den felsigen, spaltenreichen Untergrund ungehindert ins Grundwasser vordringen.

Binnen weniger Tage war ein Bach verseucht. An die Bauern erging Warnung, ihre Brunnen nicht zu benutzen und das Vieh nicht mit Oberflächenwasser zu tränken. Der lokale Reifenladen (»Canadian Tire«) von Hagersville freute sich über das Geschäft mit abgefülltem Trinkwasser.

Ob die Gefahren für die Gesundheit mehr aus der Luft oder mehr aus dem Boden zu gewärtigen seien, konnten die Experten der empörten Bevölkerung nicht mitteilen. Sie rätselten selbst noch über die Vielfalt des chemischen Fallouts mit »500 bis 600 verschiedenen Verbindungen«, wie Brian McCarry, Experte für organische Chemie an der McMaster University, mitteilte. McCarry unternahm täglich zwei Messungen

vor Ort: »Wir beobachten eine Menge neuer und ungewöhnlicher Dinge, die wir nie zuvor gesehen haben.« Daß die Stichproben auch krebserzeugende Substanzen enthielten, darunter polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Dioxine, wurde bei Labortests bestätigt.

Als ein spezifisch nordamerikanisches Problem sei diese »massive Umweltkatastrophe« anzusehen, erläuterte unterdessen Greenpeace-Sprecherin Joyce McLean: »Wir häufen unsere alten Reifen auf Halden, statt entsprechende Recycling-Programme zu realisieren.«

Jedes Jahr werfen die Kanadier 25 Millionen gebrauchte Autoreifen weg, gerade soviel, wie das Land einwohner hat. 200 Millionen Altreifen sind bereits angesammelt, in den Vereinigten Staaten sollen es gar drei Milliarden sein.

Das Problem tritt in Nordamerika offenbar verschärft auf, weil an runderneuernten Second-Hand-Reifen niemand recht Gefallen findet. Andere Recycling-Ideen wie etwa die Wiederverwendung von Altreifen als Straßenasphalt sowie für Turnhallenböden und Sportschuhe haben sich nicht durchgesetzt. Gegen die Verwendung als Kohleersatz bei der Zementherstellung oder – wie in Kalifornien praktiziert – als Brennstoff bei der Stromproduktion laufen die Umweltschützer Sturm: Sie mißtrauen den Versicherungen der Industrie, das Zeug lasse sich rückstandsfrei verbrennen.

So bleiben die Kanadier weiterhin auf ihren potentiellen Ölpest-Quellen in Gestalt riesiger Altreifenlager sitzen. Ein warnendes Beispiel hatte es schon 1983/84 im US-Bundesstaat Virginia gegeben: Acht Monate lang brannten dort über sieben Millionen Reifen, ebenfalls nach einer Brandstiftung; Millionen Liter Öl wurden freigesetzt. Die Lehre, die Bezirksadministrator John Riley daraus zog: »Nie wieder so viele Reife an einem Platz, denn wenn es brennt, ist verdammt nichts mehr zu machen.«

Das mußten die Feuerbekämpfer auch in den Catskill Hills im US-Bundesstaat New York erfahren, wo vor gut einem Jahr ein Lager von zwei Millionen Reifen zu brennen anfang. Um den Brandherd von der Sauerstoffzufuhr abzuschneiden, bedeckten die Amerikaner kurzerhand die lodernde Halde mit einer dicken Schicht aus Zement.

Sieben Monate später entdeckten die amerikanischen Brandwächter ein Phänomen, mit dem sich auch die erfolgreichen Feuerwehren im kanadischen Hagersville einstweilen noch herumschlagen: Infrarot-Sensoren spürten in der Tiefe Glutnester (»hot spots«) auf – das umweltzerstörende Gummifeuer schwelt unter der Zementabdeckung weiter.

(Quelle: Der Spiegel 10/1990)

Literatur:

- BOWES, P.C.: Smoke and toxicity hazards of plastics in fire. *Ann. Occup. Hyg.* 17 (1974) 143.
 SAUNDERER, M., THEML, H., WEGER, N.: Behandlung der Blausäurevergiftung mit 4-Dimethylaminophenol (4 DMAP). Bericht über einen Vergiftungsfall am Menschen. *Med. Klin.* 69 (1974) 1926.
 DAUNDERER, M.: Tödliche Rauchvergiftung mit Blausäure durch Schmelbrände. *Fortschr. Med.* 97 (1979) 1401.
 DAUNDERER, M.: Akute Intoxikationen. 3. Aufl. Urban & Schwarzenberg, München/Wien/Baltimore (1984).
 DAUNDERER, M.: Klinische Toxikologie. ecomed verlagsgesellschaft Landsberg (1984).
 DAUNDERER, M.: Gasvergiftung. *Fortschr. Med.* 98 (1980) 613.
 DAUNDERER, M.: Vergiftungstherapie – Antidote, Dexamethason-Spray. *Fortschr. Med.* 98 (1980) 201–203.
 DAUNDERER, M.: Das Antidot 4-DMAP. *Fortschr. Med.* 99 (1981) 1590–1597.
 DAUNDERER, M., WEGER, N.: Vergiftungen. Erste-Hilfe-Maßnahmen des behandelnden Arztes. Springer, 2. Aufl., Berlin/Heidelberg/New York (1978).
 TERRILL, J.B., MONTGOMERY, R.R., REINHARDT, C.F.: Toxic gases from fires. *Science* 200 (1978) 1343.
 WETHERELL, H.R.: The occurrence of cyanide in the blood of fire victims. *J. Forens. Sci.* 11 (1966) 167.