NUMMER 3

schaden prisma

Zeitschrift für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlich-rechtlichen Versicherer

AUGUST 1987 16. JAHRGANG

Gefahrenabwehr bei Chemikalienbränden

Harald Herweg

1. Vorwort

Eine moderne leistungsfähige Chemie ist ohne brennbare, explosionsfähige, ätzende oder toxisch wirkende Stoffe nicht vorstellbar. Zur Herstellung erwünschter Produkte, z. B. der Farb- und Kunststoffe, Pflanzenschutz- und Arzneimittel, müssen Stoffe umgewandelt werden, wozu reaktionswillige Edukte benötigt werden. Nebenerscheinung dieser Reaktionswilligkeit sind häufig aber gefährliche Eigenschaften, wie z. B. die o. g. Brennbarkeit, Explosionsfähigkeit oder auch Gesundheitsschädlichkeit.

In der Bundesrepublik Deutschland werden ca. 60 000 verschiedene Chemikalien produziert, gelagert, transportiert, weiterverarbeitet und verbraucht.

Das Verhalten von Chemikalien ist trotz aller Erkenntnisse bezüglich ihrer Eigenschaften und des Umganges mit ihnen in vielen Fällen nicht vorhersehbar. Wenn sie außer Kontrolle geraten, können die Wirkungen verheerend sein.

Chemikalien können beispielsweise bei einem Schadenfeuer ein außergewöhnliches Gefahrenpotential darstellen.

Im folgenden Text sollen und können keine allgemein gültigen Regeln bezüglich der Bekämpfung von Chemikalienbränden und den aus diesem Ereignis resultierenden sonstigen Gefahren gegeben werden. Es sollen lediglich einzelne Problemkreise beleuchtet und angesprochen werden.

Das Problem der Gefahrenabwehr bei Chemikalienbränden wird im Rahmen dieses Artikels aus der Sicht eines Feuerwehrpraktikers betrachtet.

Ausgehend von der allgemeinen Schilderung der einzelnen Problemkreise wird jeweils eine Übertragung auf die speziellen Berliner Verhältnisse als konkretes Beispiel vorgenommen.

Anlaß für diesen Beitrag ist der Brand einer Lagerhalle des Schweizer Chemiekonzerns Sandoz AG in Basel.

Hierbei entwickelte sich ein Lagerhallenbrand zu einer Umweltkatastrophe ersten Ranges mit nur abschätzbaren ökologischen Auswirkungen.

2. Ortsbeschreibung

Berlin ist sicherlich nicht mit Chemiestandorten wie Ludwigshafen, Frankfurt/Höchst, Leverkusen u. ä. zu vergleichen, da keine Chemiewerke der dort vorhandenen Größenordnung in Berlin ansässig sind.

Dieser erste Eindruck ändert sich aber, wenn man genauer untersucht, wo Chemikalien in Berlin vorhanden sind.

Umweltgefährdende Betriebe:

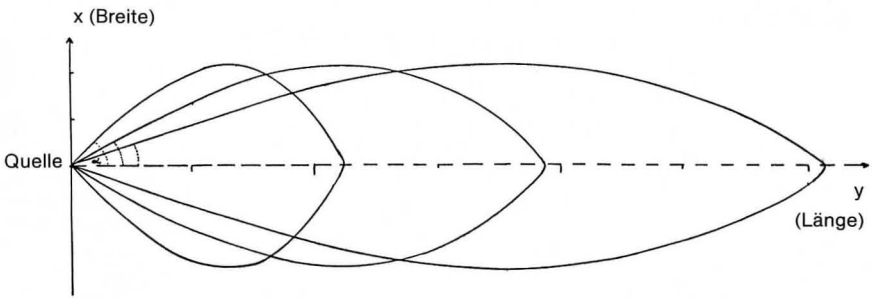
- **Flüssiggas-Speicheranlagen**
  $> 60\ m^3$ Rauminhalt
  (ca. 20 Betriebe)
  6–60 m^3 Rauminhalt
  (ca. 30 Betriebe)
- **Mineralölspeicheranlagen**
  $> 50\,000\ m^3$
  (ca. 10 Betriebe)
  10 000–50 000 m^3
  (ca. 6 Betriebe)
- **Betriebe, in denen Stoffe durch chemische Umwandlungen hergestellt werden**
  ca. 15 Betriebe
- **Anlagen zur Raffination von Erdöl oder Erdölerzeugnissen**
  2 Betriebe
- **Abfallbeseitigungsanlagen für Sonderabfälle**
  6 Betriebe
- **Sonstiges**
  - Apothekenlager
  - Chemikalienausgaben an Universitäten und Instituten
  - Farben- und Lacklager (Baumärkte)
  - Speditionslager
  - Materiallager

Brandrat z. A.
Dipl.-Chem. Harald Herweg,
Berliner Feuerwehr

In dieser Aufstellung sind sowohl Klein- und Mittelbetriebe als auch Chemiekonzerne internationaler Bedeutung vertreten.

Berlin ist, wie man aus dieser Aufstellung folgern kann, mit einem flächendeckenden Netz von Standorten überzogen, an denen Chemikalien in den unterschiedlichsten Erscheinungsformen und Mengen zu erwarten sind.

Die Lagermengen reichen dabei von einigen hundert Kilogramm bis zu den genannten Lagermengen bei Tanklagern.



Prinzipielle Grenzlinienform der Schadstoffwolkenausbreitung (Gefahrenbereich) bei unterschiedlichen Ausbreitungswinkeln

Abbildung 1

2.1 Beispiel

Bei einem Einsatz der Berliner Feuerwehr am 30. 09. 1986, bei dem ein Großfeuer in einer Lagerhalle für Chemikalien und brennbare Flüssigkeiten, in unmittelbarer Nähe eines Oberflächenwassers, bekämpft wurde, traten die gleichen Probleme auf, wie einen Monat später bei der Firma Sandoz:

Erschwerende Randbedingungen der Brandbekämpfung:

- Abfließen von verunreinigtem Löschwasser
- Freiwerden toxischer Gase und Dämpfe

In diesem Fall konnte durch massives und zugleich sehr gezieltes Eingreifen der Berliner Feuerwehr Schlimmeres verhindert werden. Dieses Beispiel zeigt aber, daß Vorfälle wie bei Sandoz prinzipiell ebenfalls in Berlin denkbar sind.

Im folgenden Text sollen vier Einzelbereiche näher betrachtet werden:

- Schadstoffwolken
- Abwasser
- Brandbekämpfung
- Vorbeugende Maßnahmen

3. Einzelbereiche

3.1 Schadstoffwolken

Seit den Ergebnissen der Giftgaseinsätze im 1. Weltkrieg haben sich Militärs und Zivilschützer mit den komplizierten Ausbreitungsmechanismen von Gasen, Dämpfen und Aerosolen beschäftigt. Nicht um derartige Stofffreisetzungen beherrschbar zu machen – eine einmal ausgetretene Schadstoffwolke ist durch nichts „beherrschbar" –, sondern um sie bestenfalls „berechenbar oder besser einschätzbar" zu machen.

Ziel der Ausbreitungsmodelle ist es, der Einsatzleitung konkrete Entscheidungshilfen zu geben, für

1. Festlegung von Absperrgrenzen,
2. Festlegung von Räumungsbereichen.

Sind diese Modelle aber für den praktischen Einsatz geeignet? Diese Ausbreitungsmechanismen sind nur durch äußerst komplizierte Berechnungsmodelle beschreibbar, wobei für diese Berechnungen eine Vielzahl von Parametern erforderlich sind.

Erforderliche Parameter für Modellrechnungen:

- Art der Quelle
- Quellstärke
- Windgeschwindigkeit
- klimatische Gegebenheiten
  - Sonneneinstrahlung
  - Bewölkung
  - Regen
  - Schnee
  - Temperatur
  - Stabilitätsgrad der Atmosphäre, d. h. der horizontalen Schichtung der Atmosphäre
- Stoffspezifische Angaben
  - Toxizität
  - Partikelgröße
- Topographie

Es handelt sich um eine Vielzahl von zu ermittelnden Größen, die teilweise kaum genau bekannt sein dürften.

So ist die Toxizität eines bestimmten reinen Stoffes sicherlich in Nachschlagewerken nachlesbar, wie ist die Situation aber bei Schadenfeuern? Eine Vielzahl von unterschiedlichen und in der Regel nicht bekannten Stoffen reagiert, verbrennt, pyrolysiert unkontrolliert und unter unbekannten Bedingungen. Mathematische Modellrechnungen zur Ausbreitung von Schadstoffwolken können im konkreten Einzelfall also kaum in angemessener Zeit zur genauen Festlegung von Absperrgrenzen oder Räumungsbereichen beitragen, da der erforderliche Datensatz vor Ort nicht vorhanden ist.

Praktische Abhilfe können Meßtrupps schaffen, die mit geeigneten Meßapparaturen die Schadstoffwolke meßtechnisch erfassen.

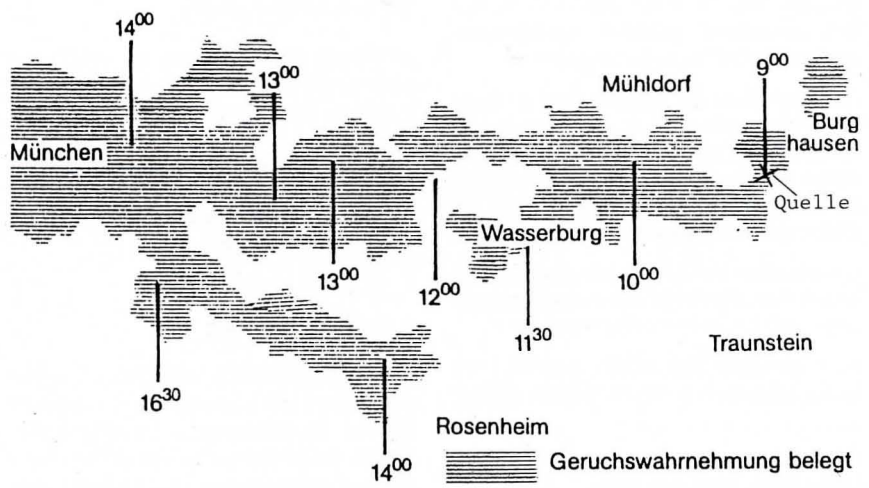


Abbildung 2

Probleme dabei:
1. Wahl des geeigneten Meßinstruments
2. Diese Methode ist äußerst personalintensiv.

Die Abbildung 1 soll die prinzipielle theoretisch berechnete Form der Schadstoff-Wolkenausbreitung verdeutlichen.

Dem gegenübergestellt soll die Abbildung 2 den tatsächlichen Verlauf einer Schadstoffausbreitung zeigen. Die Gegenüberstellung zeigt, wie eingeschränkt gültig die auf mathematischem Wege erhaltenen Ausbreitungsbilder sind.

Weiterhin besonders bemerkenswert ist die Tatsache, daß bei gleicher Schadstoffmenge, gleichem Ort, gleicher Freisetzungsart und -zeit nur aufgrund der Stabilität oder Labilität der Schichtung innerhalb der Atmosphäre extreme Unterschiede bei der Ausbreitung auftreten können (Bild 3).

3.1.1 Beispiel zur Ausbreitung von Schadstoffwolken

Ein einfaches und in einigen Bereichen wirklich auch praktiziertes Modell zur Entscheidungsunterstützung ist folgendes: Es wird eine kreisförmige Schadensfläche, hier 500 m Radius und ein Öffnungswinkel, durch Windzugrichtung und -geschwindigkeit, hier 20°, angenommen (Bild 4).

Bei dieser Größenordnung des Gefahrenbereiches befindet man sich bei den Erstmaßnahmen wahrscheinlich auf der sicheren Seite. Im weiteren Verlauf eines Einsatzes ist dieser vorläufige Gefahrenbereich aber kritisch zu überprüfen und ggf. eine Vergrößerung oder auch eine Verkleinerung des endgültigen Gefahrenbereiches vorzunehmen.

Vor welche einsatztaktischen und -technischen Probleme die Rettungsmannschaften bei einem wie oben beschriebenen Gefahrenbereich gestellt werden können, soll die umseitige Abbildung 5 aufzeigen:

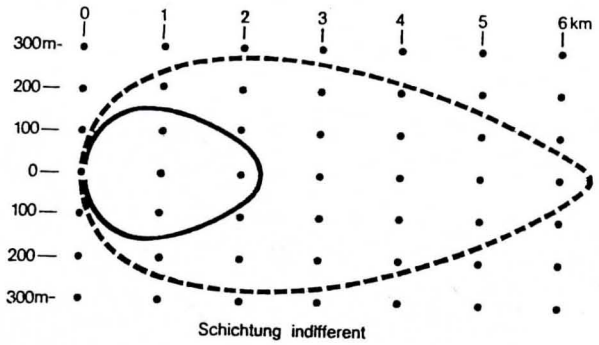
Auf der Basis der Bevölkerungszahl und der Fläche Berlins ergeben sich durchschnittliche Bevölkerungsdichten von 4100–6200 Personen/km^2 (hohe Zahl bei Abzug von Grün- und Wasserflächen).

Bei 4100 Pers./km^2 sind hier ca. 12 000 Personen betroffen.
Bei 6200 Pers./km^2 sind ca. 18 000 Personen betroffen.

Kernbereiche: 3200 Personen
4900 Personen

Diese Anzahl der betroffenen Personen stellt die Rettungsmannschaften vor kurzfristig unlösbare Aufgaben, so daß eine Evakuierung nur in einem sehr begrenzten örtlichen Bereich überhaupt möglich sein wird. Ist eine Evakuierung aber überhaupt sinnvoll?

Auswirkung unterschiedlicher Stabilitätsgrade:



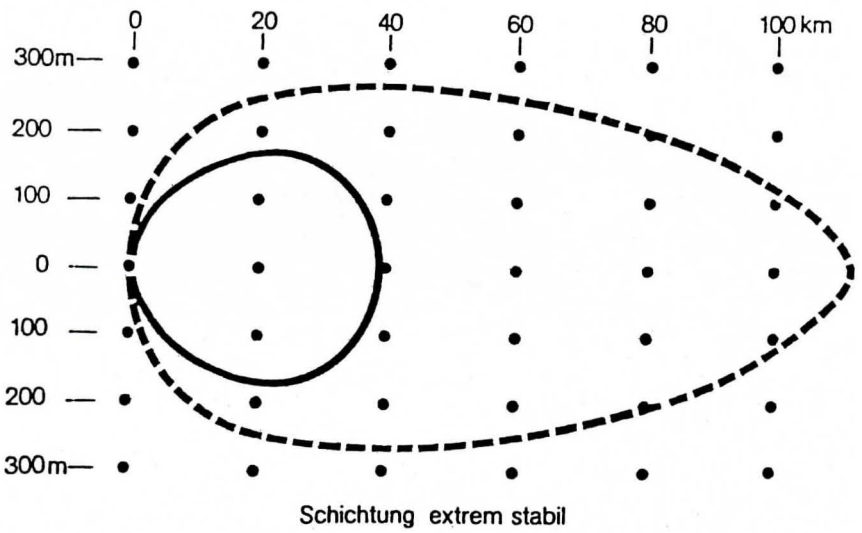


Bild 3

Festlegung des vorläufigen Gefahrenbereiches:

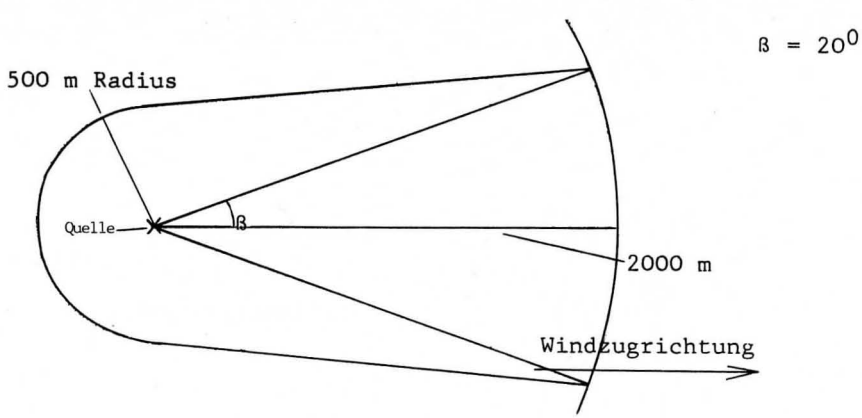
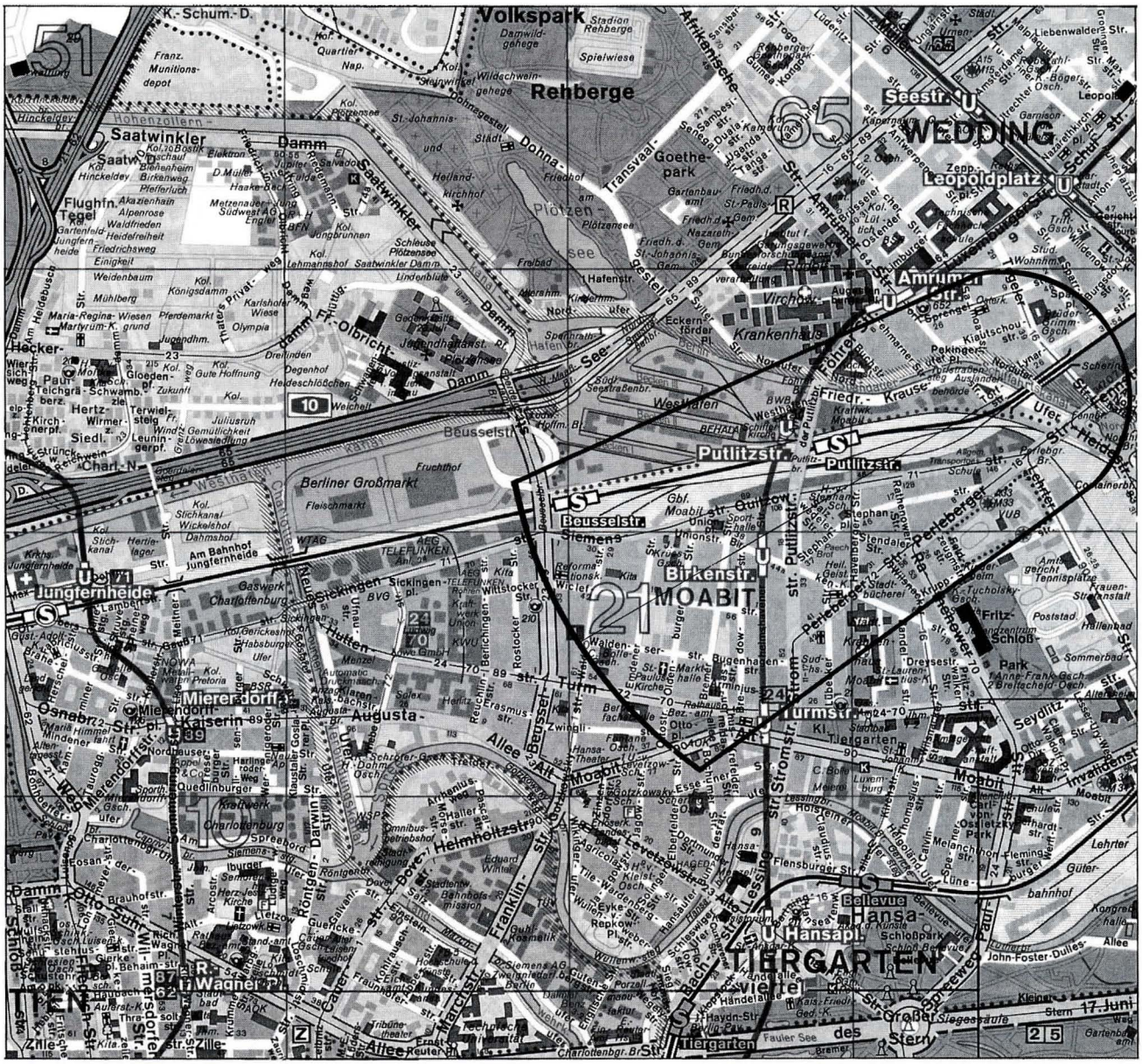


Bild 4



4100 Pers./km^2	3200 Pers. im Kernbereich	12000 Pers. insges.
6200 Pers./km^2	4900 Pers. im Kernbereich	18000 Pers. insges.

Abbildung 5

Die Bilder 6 und 7 geben schematische Entscheidungshilfen wieder.

Aus diesen Graphiken kann abgeleitet werden, welche Folgen eine etwaige Evakuierung haben würde, denn im Falle einer Evakuierung würden hier die betroffenen Personen genau in der Phase ansteigender Konzentration ins Freie geführt. Das Schließen von Türen und Fenstern und der Aufenthalt in normalen Wohn- und Geschäftshäusern kann einen ausreichenden Schutz für eine begrenzte Zeit bieten. Eine Evakuierung kann nur nach sorgfältiger Abwägung der vorliegenden Gegebenheiten erfolgen und wird sich auf einen begrenzten Bereich beschränken müssen.

3.1.2 Zusammenfassung

- Schadstoffwolken sind bezüglich ihrer Ausbreitung kaum einzuschätzen.
- Konzentrationswerte für die Festlegung von Absperrgrenzen und Evakuierungsbereichen sind nur durch sehr personalintensive Maßnahmen zu ermitteln.
- Evakuierungsmaßnahmen sind äußerst problematisch in ihrer Durchführung.

3.2 Abwasser
Abfließen von verschmutztem Löschwasser

Die eigentlichen Umweltschäden im Rhein haben die mit dem Löschwasser eingeschwemmten wasserlöslichen Chemikalien im Falle Lagerhalle Sandoz AG verursacht.

3.2.1 Kanalisation

Ein Abfließen des verschmutzten Löschwassers in Kanalisation oder Oberflächengewässer wird nicht in jedem Fall zu vermeiden sein.

Eine irgendwie geartete Abschottung müßte aber doch auf dem u. U. langen Weg durch die Kanalisation bis zu den Oberflächengewässern möglich sein. Dazu soll der prinzipielle Aufbau des Berliner Abwassersystems, das grundsätzlich, von regionalen Unterschieden abgesehen, dem anderer Städte der Bundesrepublik Deutschland entspricht, kurz erläutert werden.

Das Kanalnetz der Berliner Entwässerungswerke hat eine Länge von über 5000 km mit ca. 100 000 Einsteigeschächten.

Man unterscheidet zwischen
1. Trennsystem und
2. Mischsystem

Das Trennsystem besteht aus Schmutzwasserkanälen und davon getrennten Regenwasserkanälen.

K_i: Schadstoffkonzentration im Raum
K_a: Schadstoffkonzentration im Freien

Je kleiner die Luftwechselzahl W ist (≙ geschlossene und dichte Fenster und Türen), desto langsamer steigt die Schadstoffkonzentration im Raum an und um so größer ist die für Aktionen der Rettungsmannschaften zur Verfügung stehende Zeit.

Qualitativer Verlauf der Schadstoffkonzentration der Raumluft in Abhängigkeit von der Zeit bei unterschiedlichen Luftwechselzahlen:

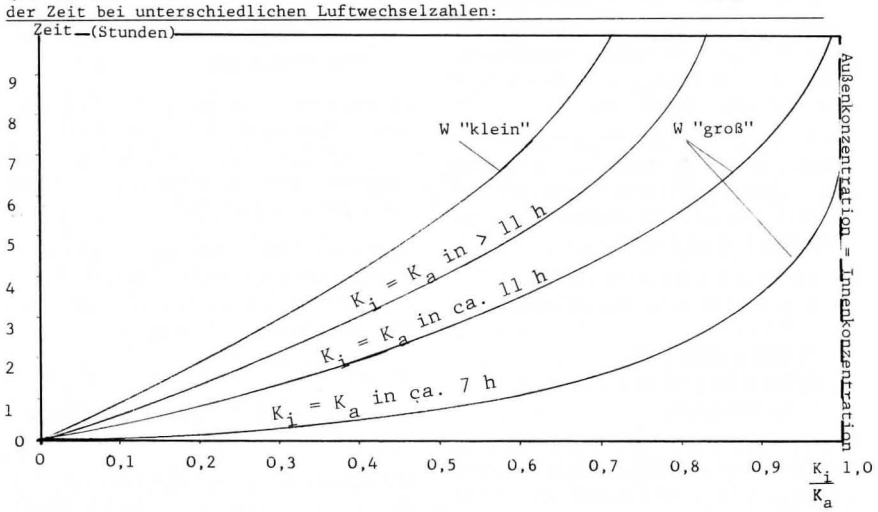


Bild 6

Qualitativer Konzentrationsverlauf an einem Ort in Abhängigkeit von der Zeit bei Freisetzung eines Schadstoffes

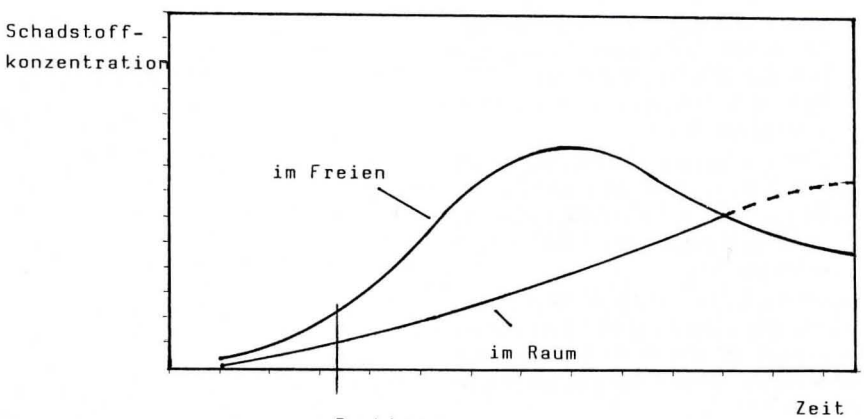


Bild 7

In den Schmutzwasserkanälen werden
- häusliches
- gewerbliches
- industrielles

Abwasser zu den Pumpwerken geleitet, die das Abwasser über ein Druckrohrsystem zu den Klärwerken oder den Rieselfeldern befördern. Die Regenwasserkanäle nehmen die Niederschläge, die auf Straße, Dächer und Höfe fallen, auf; auch Kühlwasser aus Betrieben und Wasser aus Entwässerungsgräben.

Das in den Regenwasserkanälen gesammelte Wasser wird direkt in den nächsten Vorfluter, also in den nächsten Fluß, Kanal, Teich, See usw. geleitet.

Beim Mischsystem, das besonders in den älteren Kernbereichen Berlins (z. B. Charlottenburg, Schöneberg, Friedenau, Wilmersdorf und Neukölln) existiert, werden Schmutzwasser und Regenwasser gemeinsam in einem Kanal gesammelt und zum Pumpwerk geleitet.

Wenn das Abwasser den Weg in eines dieser Abwassernetze gefunden hat, scheint es kontrolliert abzufließen mit anschließender Reinigung. Das ist aber nur bedingt richtig.

Bei sehr starkem Anfall von Abwasser (z. B. bei Starkregen) kann die Kapazität des Mischsystems überschritten werden, das ungeklärte, aber verdünnte Schmutzwasser fließt dann über sog. Regenüberläufe in den nächsten Vorfluter.

Gleiches gilt für die Pumpwerke, bei denen über Notausläufe ebenfalls Schmutzwasser direkt in Gewässer abgeleitet werden kann. Am Beispiel des Landwehrkanals soll dies kurz belegt werden:

Der Landwehrkanal verfügt über
- 63 Mischwassereinläufe (Regenüberläufe),
- 6 Notauslässe,
- 22 Regenwassereinläufe der Trennkanalisation.

Eine Absperrung einzelner Bereiche der Kanalisation ist grundsätzlich möglich, z. B. durch das Einbringen von Dichtkissen. Diese Maßnahme erfordert vergleichsweise viel Zeit.

Was passiert aber in diesem Fall mit dem Abwasser?

Das anfallende Abwasser staut sich an und tritt aus den Straßeneinläufen aus und fließt von dort aus ebenfalls unkontrolliert weiter.

3.2.1.1 Folgerungen

- Das Abwassersystem ist ein offenes System mit vielfältigen Ein- und Auslaufmöglichkeiten und damit vielfältigen Verbindungen zu den Oberflächengewässern.
- Eine provisorische Abdichtung der Kanaleinsteigeschächte und Ufer im Bereich von Einsatzstellen wird nur ein unbefriedigendes Abdichtungsergebnis liefern.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Sofern das verschmutzte Löschwasser den unmittelbaren Bereich der Einsatzstelle verläßt, ist mit ökologischen Folgen zu rechnen.

Die damit zusammenhängenden Probleme beim Grundwasser sollen hier nicht gesondert behandelt werden (Berlin bezieht sein Trinkwasser ausschließlich aus dem Grundwasser).

3.2.1.2 Anmerkung

Selbst wenn eine Welle mit toxischem Löschwasser an den Regenwasserkanälen vorbei in das Schmutzwasser- oder Mischsystem einfließen sollte, so könnten mit der biologischen Klärstufe die im Abwasser enthaltenen Stoffe im Regelfall nicht entfernt werden, die Entwässerungswerke müßten sogar durch Umleitungen dafür sorgen, daß die biologische Klärstufe in funktionsfähigem Zustand für die nachfolgenden normalen Abwässer erhalten bliebe.

3.2.2 Oberflächengewässer

Wenn verschmutztes Löschwasser über Überläufe, Notausläufe oder direkt in Oberflächengewässer einfließen sollte, herrscht folgende Situation:
Flüsse (z. B. Havel oder die Spree) als fließende Gewässer sind sicherlich nicht absperrbar (Ausnahme bei Mineralöl und Mineralölprodukten).

Kanäle könnten an einzelnen Schleusenbereichen abgeschottet werden, um eine Ausbreitung des verschmutzten Löschwassers zu vermeiden. Dieser Gedanke ist naheliegend.

Betrachtet man aber die Jahresabflußmengen der einzelnen Kanäle, so erkennt man, daß es sich bei den örtlichen Kanälen um fließende Gewässer

(ca. 0,2–0,5 $\frac{km}{h}$, je nach jahreszeitlichem und wetterbedingtem Wasserstand) handelt, vgl. hierzu Bild 8.

Die Schleusen eines Kanals ermöglichen also lediglich, die für die Schiffahrt notwendigen Wasserstände zu gewährleisten. Eine Abschottung einzelner Schleusenbereiche ist nicht möglich. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch der Vermischungsgrad des Oberflächenwassers, wie er in der Abbildung 9 an einzelnen konkreten Beispielen belegt wird.

3.2.2.1 Folgerungen

1. Das Kanalsystem der Entwässerungswerke ist ein offenes, kaum absperrbares System, das zahlreiche Verbindungen zu den Oberflächengewässern besitzt.
2. Die Oberflächengewässer stellen ebenfalls ein vernetztes und nicht unterteilbares System dar.
3. Die Ausbreitung von mit wasserlöslichen Chemikalien verunreinigtem Löschwasser ist praktisch nicht zu verhindern, wenn eine Eingrenzung auf den unmittelbaren Schadenort nicht möglich ist.

3.3 Brandbekämpfung Reduzierung der Löschwassermenge

Ein hoher Prozentsatz des eingesetzten Löschwassers läuft in der Regel löschunwirksam ab und kann sich z. B. mit Chemikalien anreichern. Eine Studie, bei der unter festgelegten Bedingungen Löschversuche vorgenommen wurden, hat ergeben, daß ca. 30–70 % des Löschwassers nicht löschwirksam werden. Abhilfe kann prinzipiell durch eine gezieltere Anwendung des Löschmittels Wasser geschaffen werden oder durch die Anwendung anderer Löschmittel.

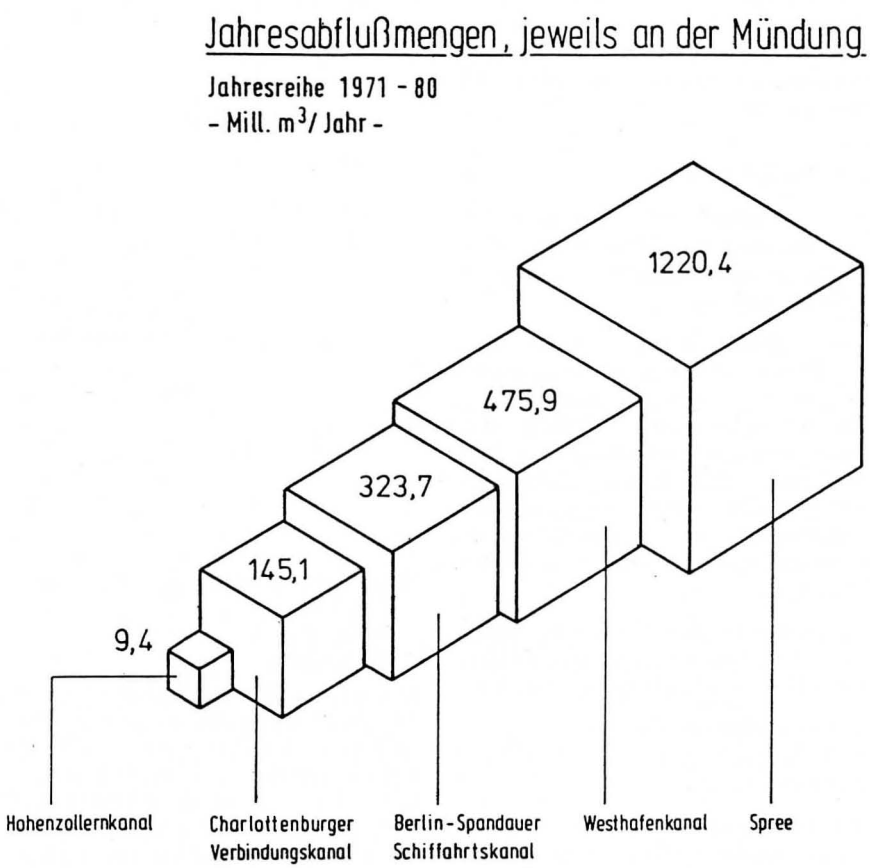


Bild 8

Einer wirksameren Anwendung des Löschwassers stehen einige Schwierigkeiten entgegen: Zur Gewährleistung des Schutzes der Einsatzkräfte müssen Mindestabstände eingehalten werden, damit sich die Einsatzkräfte außerhalb des Trümmerschattens aufhalten können, die Wirkung der Wärmestrahlung gemindert werden kann und um z. B. Deckung bei eventuellen Druckbehälterzerknallen zu haben.

Diese einsatztaktische Ausnutzung des weitreichenden Wasserstrahles verringert natürlich die gezielte Aufbringung des Löschwassers.

Zu einer erheblichen Reduzierung der Wassermenge kommt man bei der Anwendung von Löschschaum. Je nach Verschäumung kann der Wasseranteil bis auf ca. 1 Liter pro m^3 Löschschaum reduziert werden. Der Einsatz von Löschschaum verändert aber erheblich die einsatztaktischen Möglichkeiten.

Bei Löschschaum reduziert sich die Wurfweite drastisch, und die Beeinflussung des Löschmittels durch die Brandthermik steigt erheblich an, so daß Löschschaum nicht für jede Brandbekämpfungsaufgabe geeignet ist.

Andere Löschmittel, wie CO_2 und Halone sind effektiv nur in geschlossenen Räumen einsetzbar und können von einer gewissen Größe eines Schadenfeuers an nicht mehr sinnvoll eingesetzt werden.

4. Vorbeugende Maßnahmen

Aus der Sicht der Feuerwehrpraxis ergeben sich neben Maßnahmen des repressiven Brandschutzes auch besonders Ansatzpunkte zur Verringerung des Risikos der Chemikalienlagerung im Bereich des präventiven Brandschutzes.

Besondere Bedeutung erfahren dabei folgende ausgewählte Punkte:

- Brandabschnittsgröße
- Feuermeldeanlagen
- Feuerlöschanlagen (ortsfest und selbsttätig)
- Beschränkung der Stoffmenge entsprechend der Giftigkeit und sonstigen Gefahren des jeweiligen Stoffes, unabhängig von der Brandabschnittsgröße

5. Schlußwort

Wenn sich ein Schadenfeuer in einem Chemiebetrieb oder einer Lagerstätte für Chemieprodukte zu einem Vollbrand entwickelt hat, ist mit unmittelbarer Gefährdung der Umwelt zu rechnen. Eine Vermeidung bzw. Begrenzung von Umweltgefahren ist nur möglich, wenn ein Feuer auf den Ort seiner Entstehung begrenzt werden kann.

Zu diesem Zweck muß ein umfassendes und sorgfältig aufeinander abgestimmtes Konzept aus baulichem und betrieblichem vorbeugenden Brandschutz sowie abwehrendem Brandschutz verwirklicht sein.

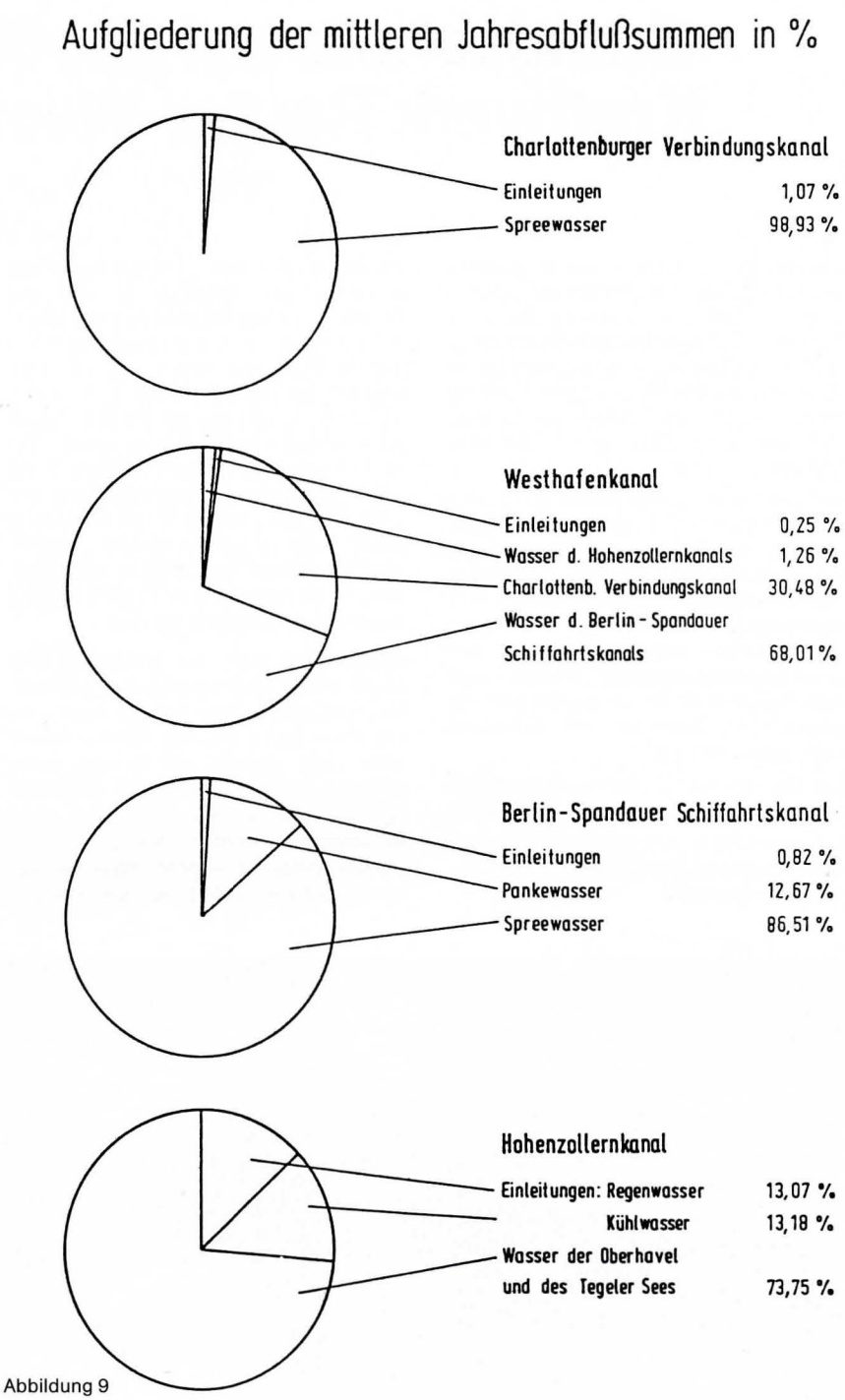


Abbildung 9

Literaturverzeichnis:

Peter Fuchs, Dipl.-Ing., Forschungsbericht 31, Forschungsstelle für Brandschutztechnik an der Universität Karlsruhe (TH), 1977

Dieter Haupt, Dr. rer. nat., Berufsfeuerwehr Bremen, Ultragifte: „Vorbeugende sowie einsatztaktische Maßnahmen der Feuerwehren und ihre Begründung"

Abschnittsarbeit 1983, Berufsfeuerwehr Oldenburg

Koch/Vahrebholt, Im Ernstfall hilflos? Katastrophenschutz bei Atem- und Chemieunfällen, Fischer Taschenbuch-Verlag, 1982

Frank Habermaier, Meßtechnische Erkundung: Ausbreitung und Konzentration von Giftgaswolken, brandschutz – Deutsche Feuerwehr-Zeitung 10/1986

Informationsmaterial des Senators für Stadtentwicklung und Umweltschutz und des Senators für Bau- und Wohnungswesen Berlin

Informationsmaterial der Berliner Entwässerungswerke, – Berliner Wasser – alles klar –, Berliner Wasserwerke/Öffentlichkeitsarbeit 1985

Werner Halpaap, „Ein klares Konzept kann ein zusätzliches Gefühl der Sicherheit darstellen" – Gefahrenabwehrmaßnahmen bei der Freisetzung toxischer Gase – Grundlagen und Beschreibung eines Konzepts, Zivilschutzmagazin 7–8/86