

(Aus dem Universitätsinstitut für gerichtliche Medizin und naturwissenschaftliche Kriminalistik Breslau. — Direktor: Prof. Dr. G. Buhtz.)

Eine technische Rauchgasvergiftung¹.

Von

Dozent Dr. habil. W. Specht.

Mit 4 Textabbildungen.

I. Sachverhalt: Zum Zwecke der Austrocknung eines in einem Brauerkeller aufgestellten Eiswasserbehälters von $3 \times 5 \times 2$ m Größe, der von anhaftenden Rostbelägen sowie Wasserabsetzungen gereinigt und dann gestrichen werden sollte, hatten auf Veranlassung des Braumeisters zwei Dewag-Glühheizkohlenöfen gediend. Die Öfen waren am Nachmittag des Unglücksvortages in den Behälter eingestellt und am Morgen des Unglückstages gegen 7 Uhr von dem Brauer R. und dem Lehrling A. entfernt worden. Einer der beiden Öfen war zu dieser Zeit bereits erloschen. Hierauf war R. mit einer brennenden Kerze in das Innere des Behälters gestiegen und hatte eine auf dem Boden des Behälters noch befindliche Wasserpfütze aufgetrocknet. Nunmehr bestieg der Malermeister K. mit den Lehrlingen A. und Z. durch die geräumige Deckelöffnung den Behälter und sie begannen, den Rost von den Innenwandungen desselben abzuklopfen und abzuschaben. Gegen 7,30 Uhr bekam A. von seinem Meister den Auftrag, in einer naheliegenden Schmiede Werkzeuge schärfen zu lassen. Spätestens 8,05 Uhr war A. von dort an die Arbeitsstelle zurückgekehrt, worauf nun auch der Meister K. den Behälter verließ, um mit A. zusammen eine andere Arbeit im Gärkeller zu verrichten, während Z. allein im Behälter blieb. Zu Beginn der Arbeitspause (9 Uhr) veranlaßte der Meister den Lehrling A., den Z. zu holen. Er fand diesen indessen nicht an seinem Arbeitsplatz vor; auf dem Wasserbehälter lag die brennende Handlampe, die Z. zu seinen Arbeiten benötigt hatte. Obwohl A. den ganzen Behälter ausgeleuchtet und auch den Namen des Z. gerufen hatte, sah und hörte er nichts von seinem Arbeitskameraden.

Nach der Frühstückspause (9,30 Uhr) ging A. erneut in den Keller, um nach Z. zu sehen. Jetzt stellte er fest, daß die Handlampe aus der Steckdose herausgezogen war. Er stellte die elektrische Verbindung wieder her, leuchtete den Behälter abermals aus und sah Z. auf dem Boden des Behälters liegen; dieser habe laute Schnarchtöne von sich gegeben. Umgehend benachrichtigte A. den Meister K. und holte noch einen weiteren Arbeiter zu Hilfe, die Z. aus dem Wasserbehälter bargen.

¹ In Anlehnung an einen Vortrag, gehalten auf der 29. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Gerichtliche Medizin und Kriminalistik in Innsbruck 1940.

Wiederbelebungsversuche, die mit dem Verunglückten sofort auf dem Hofe vorgenommen wurden, waren indessen erfolglos geblieben.

Z. sollte am Unfalltage zu spät zur Arbeitsstätte gekommen und abgehetzt gewesen sein. Dies rechtfertigte die Vermutung, daß er vielleicht unvollkommen gefrühstückt hatte. Ferner wird andererseits wiederholt betont, daß Z. (offenbar gegen 9 Uhr, als er im Wasserbehälter nicht aufzufinden war) erbrochen hätte. Während der Arbeitsverrichtungen im Behälter sollte Z. seinem Meister gegenüber nicht über Beschwerden geklagt haben.

Die am Folgetage vorgenommene Leichenöffnung ergab *Erstickung* als wahrscheinliche Todesursache. Dem Blut fehlte die Gerinnungsfähigkeit, die Brustmuskulatur war lebhaft rot, die Schilddrüse mit cystischer Entartung vergrößert.

Durch zwei unabhängig voneinander durchgeführte Untersuchungen war in dem Leichenblut *reichlich Kohlenoxydhämoglobin* nachgewiesen worden. Die quantitative Bestimmung war indessen unterblieben.

Gestützt auf ein technisches Gutachten, aus dem hervorging, daß unter günstigen Umständen eine völlige Verbrennung von Kohlenoxyd zu Kohlendioxyd in den Dewag-Glühöfen möglich gewesen wäre, und unter Berücksichtigung der Tatsache, daß weder R. noch A. und K., die sich ebenfalls — wenn auch nur kürzere Zeit als Z. — in dem Behälter aufgehalten hatten, keinerlei Symptome einer Vergiftung verspürt hatten, und daß schließlich etwa doch entstandenes Kohlenoxyd infolge Wärmearuftriebes aus der oberen Behälteröffnung in den Keller-raum und von da aus in den nahegelegenen Entlüftungsschacht, andererseits aber auch durch zwei kleinere Öffnungen im Boden des Behälters hätte abziehen bzw. abfließen können, beurteilte einer der sezierenden Ärzte den von ihm im Blut des Verunglückten erhobenen Kohlenoxydbefund recht vorsichtig und erwog, daß bei Betäubungsfällen durch unvollständige Oxydation im Stoffwechsel des Organismus Kohlenoxyd in solchen — leider nicht quantitativ bestimmten — Mengen frei werden könne, wie diese in der Leiche nachweisbar gewesen seien.

Der zur Sache gehörte gerichtsmmedizinische Sachverständige schloß völlig mit Recht die Möglichkeit einer physiologischen Kohlenoxydentstehung aus, sah in dem Vorgang als solchem nichts Unerklärliches und wies einerseits darauf hin, daß die Möglichkeit einer Entstehung von Kohlenoxyd im vorliegenden Falle überaus reichlich gegeben gewesen sei, daß weiterhin verschiedene Personen auf Kohlenoxyd in verschiedener Art reagieren könnten und daß andererseits der verunfallte Z. etwa 90 Minuten länger in dem Wasserbehälter gearbeitet habe, während sich A. und K. erheblich kürzere Zeit (15 bzw. 30 Minuten) im Behälter befunden hätten. Schon ein Gehalt von 0,4% Kohlenoxyd in der Atmungsluft genüge, einen Menschen nach einer Zeit von 20 bis

30 Minuten tödlich zu vergiften. Die anfangs auch in Erwägung gezogene Todesursache durch elektrischen Strom (Handlampe) war auf Grund der Befunde auszuschließen gewesen.

II. Untersuchungen: Die Frage nach der Herkunft des Kohlenoxyds bzw. der Erschließung einer unter Umständen latent vorhanden gewesenen Kohlenoxydquelle war bis dahin von keiner Seite mit der wünschenswerten Intensität behandelt, geschweige denn mit Sicherheit beantwortet worden.

Ausgeprägter Geruch nach Kohlendgasen oder Rauch seien weder in dem Wasserbehälter noch im Kellerraum festzustellen gewesen.

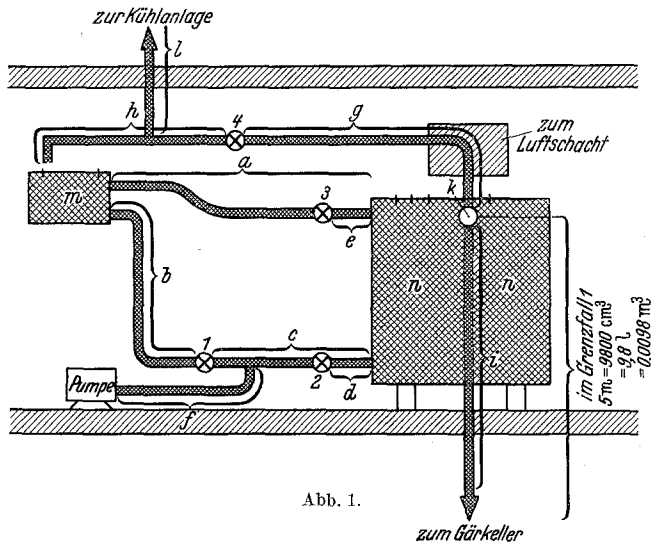


Abb. 1.

Der Zeuge A. wollte lediglich einen „dumpfen Geruch“ und den „Geruch, daß Öfen im Behälter gebrannt hätten“, bemerkt haben. Bei der Inaugenscheinnahme der Örtlichkeit wurden im wesentlichen die gleichen technischen Verhältnisse angetroffen, wie sie am Unfalltag geherrscht haben sollten (Abb. 1).

Der Behälter, in dem Z. durch Kohlenoxyd vergiftet worden war, lag in einem Kellerraum mittlerer Größe, der sich über dem Gärkeller und zwischen den Eiskellereien der Brauerei befand. Der Behälter bestand aus Eisenblech, hatte in seiner Decke eine rechteckige größere Einsteigeöffnung und daneben ein kleineres Mannloch. Im Boden waren zwei am Unfalltage offene Abflußlöcher von je etwa 30 mm Durchmesser vorhanden. Von der Seite führten zwei dem Ein- und Abfluß von Wasser dienende Rohre zu dem im selben Raum erhöht angebrachten Eiskasten von 1 cbm Inhalt. Auch der Eiskasten war seinerzeit geleert gewesen. Das eine der beiden Rohre verband den Behälter mit einem

größeren Rohrsystem, das in den Gärkeller und in die über dem Raum liegenden Kühlanlagen reichte. Oberhalb des Behälters mündete ein Luftschacht ein, der in den Hof des Brauereigeländes führte (Abb. 2 u. 3).

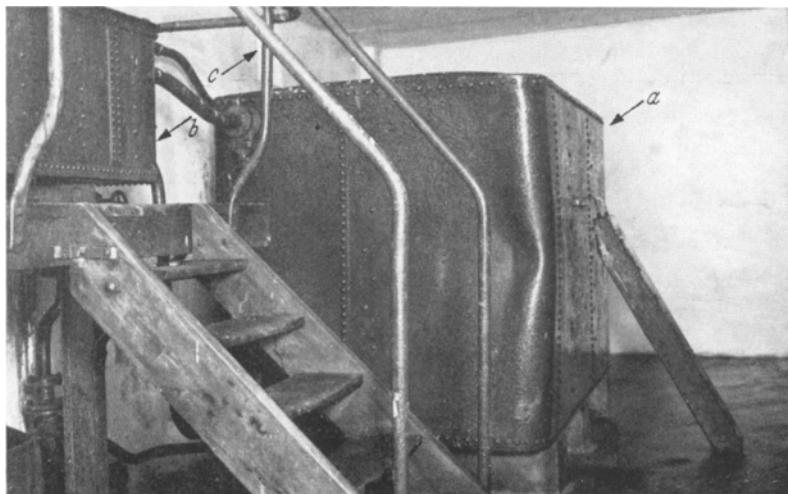


Abb. 2. *a* = Wasserbehälter; *b* = Eiskasten; *c* = Mündung des Luftschachtes.

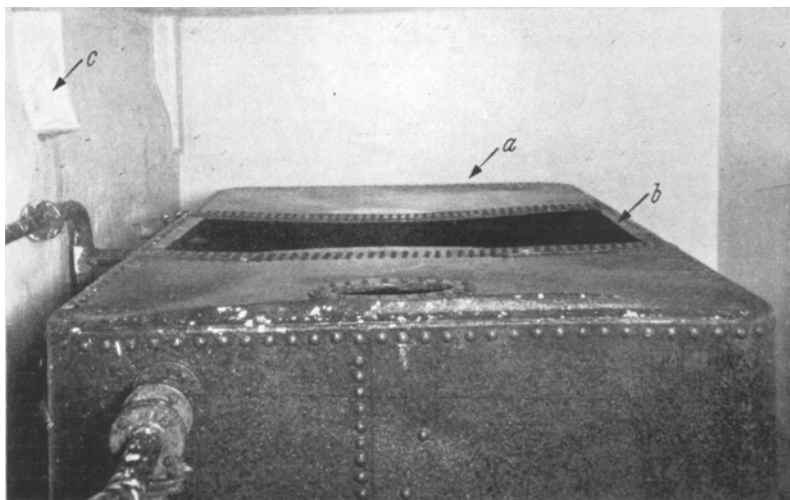


Abb. 3. *a* = Wasserbehälter; *b* = Einsteigeöffnung; *c* = Mündung des Luftschachtes.

Bis zur Schlußverhandlung, die 1939 vor dem Oberlandesgericht in Jena stattfand, hatten die Verklagten (Brauerei und Braumeister) u. a. bestritten, daß der Luftschacht am Unfalltage verschlossen gewesen sei!

Unter Zugrundelegung der bis zur Zeit der Untersuchung gegebenen Darstellungen der Prozeßbeteiligten und des Ergebnisses der Besichtigung der Örtlichkeit waren folgende Möglichkeiten für die Erschließung von Kohlenoxydquellen zu beachten gewesen:

Vorausgeschickt sei, daß sich nach Beseitigung der Öfen in dem Behälterraum eine kohlenoxydgeschwängerte, also sogleich *hochwirksame* Atmosphäre unter Berücksichtigung medizinischer und physikalischer Ableitungen nicht mehr befunden haben konnte.

1. Die zunächst in Erwägung gezogene Möglichkeit, daß Rauchgas von den bis 0,5 cm starken Wandbelägen des Behälters, die aus Eisenoxyd, -hydroxyd, Calcium- und Magnesiumverbindungen bestanden, ad- oder absorbiert und durch das Abschaben sowie durch die Wirkung der auftreffenden Atmungsluft des Z. wieder in Freiheit gesetzt worden sein könnte, ließ sich auf Grund der Ergebnisse zahlreicher Versuchsreihen experimentell nicht bestätigen. Auch eine Carbonylbildung schloß aus. Es ließ sich aber nachweisen, daß man mit einer gewissen — wenn auch geringen — mechanischen Einlagerung von Verbrennungsgasen in Hohlräumen, Rissen und Poren des Belages rechnen mußte. Eine Oxydation des Kohlenoxyds zu Kohlendioxyd durch den Eisen- gehalt des Belages trat unter den gegebenen Bedingungen nicht ein. Eine solche Oxydation findet bei gewöhnlicher Temperatur durch Luft- sauerstoff nur an geeigneten Mischungen von Mangansuperoxyd und Kupfer-, Silber-, Kobaltoxyden statt („Hopkalit“ in CO-Gasmasken).

2. Demgegenüber traten die Gutachter des Klägers der weiterhin erwogenen Möglichkeit bei, daß das Rauchgas aus den Zu- und Abfluß- rohrleitungen des Behälters wie dem Eiskasten gestammt haben könnte. Als wesentlich und verantwortlich für den Ablauf des Gasrücktritts wurden die starken Temperaturschwankungen und -unterschiede im System wie zwischen der Kellerraum- und Außentemperatur an- gesehen.

3. Die nun folgenden Ableitungen stützen sich vorwiegend auf das Ergebnis rechnerisch an Hand der Raum-, Rohr- und Behältermaße durchgeführten Untersuchungen und Überlegungen. Die beigelegte schematische Skizze, die keinen Anspruch auf genaue Raummaße er- heben kann, soll lediglich der Orientierung über die Rohr- und Behälter- volumina dienen und die in den späteren Ausführungen gewählten Kurz- bezeichnungen für Rohrabschnitte usw. erläutern.

a) Folgende *Volumina der Rohre* wurden bestimmt:

a =	3360 ccm	=	0,00336 cbm	=	3,36 l,
b =	2980 „	=	0,00298 „	=	2,98 l,
c =	930 „	=	0,00093 „	=	0,93 l,
d =	170 „	=	0,00017 „	=	0,17 l,
e =	240 „	=	0,00024 „	=	0,24 l,
f =	1900 „	=	0,0019 „	=	1,9 l,

$$\begin{aligned}
 g &= 4500 \text{ ccm} = 0,0045 \text{ cbm} = 4,5 \text{ l}, \\
 h &= 7100 \text{ ,,} = 0,0071 \text{ ,,} = 7,1 \text{ l}, \\
 i &= 78000 \text{ ,,} = 0,078 \text{ ,,} = 78,0 \text{ l}, \\
 k &= 1120 \text{ ,,} = 0,00112 \text{ ,,} = 1,12 \text{ l}, \\
 l &= 32000 \text{ ,,} = 0,032 \text{ ,,} = 32,0 \text{ l}.
 \end{aligned}$$

b) *Volumen des Unglücksbehälters:*

$$n = 12000000 \text{ ccm} = 12 \text{ cbm} = 12000 \text{ l}.$$

c) *Volumen des Eiskastens:*

$$m = 1060000 \text{ ccm} = 1,06 \text{ cbm} = 1060 \text{ l}.$$

Unter weitgehender Berücksichtigung der festgestellten Raummaße können bei der Beurteilung des Vorganges als Kohlenoxydquellen nurmehr solche Räume in Frage kommen, die in der Lage waren, größere Luft- und Gasmengen aufzuspeichern, und zwar Gase, die ihrerseits einen nennenswerten Kohlenoxydgehalt besessen haben müssen. — Da zu folgern ist, daß aus dem Wandbelag des Behälters wohl geringe Kohlenoxydanteile entbunden worden sein mochten, denen wegen ihrer Geringfügigkeit allerdings bei Abschätzung der Bedeutung der nunmehr erschlossenen Kohlenoxydquellen praktisch keine Bedeutung mehr beizumessen ist, so stehen nur noch die zum Behälter führenden Rohrleitungen, der Eiskasten und der Luftschaft als Gasräume mit größerer Ausdehnung der Bewertung zur Verfügung.

Ehe aber zur Betrachtung dieser Möglichkeiten übergegangen wird, soll überlegt werden, welche Mengen Kohlenoxyd in Vol.-% überhaupt in dem Luftgemisch als Voraussetzung für dessen Wirksamkeit hätten vorhanden sein müssen.

Im Schrifttum werden über die zum Tode führenden Kohlenoxydmengen keine exakt einheitlichen Angaben gemacht. Nach der von *Haber* angegebenen Tödlichkeitszahl $W = c \cdot t$ wurden die folgenden Berechnungen und Überlegungen angestellt:

In der Formel $W = c \cdot t$ bedeuten

W = Tödlichkeitszahl.

c = mg des giftigen Gases in 1 cbm Luft.

t = Dauer des Einatmens dieser Luft in Minuten.

D. h. sind in 1 cbm Luft c mg Giftgas vorhanden und tritt nach t Minuten Einatmung der Tod ein, so ist $W = c \cdot t$ die Tödlichkeitszahl. Je kleiner sie ist, um so giftiger ist das Gas. Die Tödlichkeitszahl für Kohlenoxyd ist mit $W = 70000$ angegeben.

Für den vorliegenden Fall ergab sich nun eine Aufenthaltsdauer des Z. im Unglücksbehälter von etwa 2 Stunden = 120 Minuten. Setzt man diesen Wert in die obige Formel ein, so wird für $W = 70000$ (CO)

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{70000}{120} = 580 \text{ (abgerundet)}, \\
 &= 580 \text{ mg CO in 1 cbm Luft.}
 \end{aligned}$$

Die Luft hätte also nach der *Haberschen* Tödlichkeitszahl 580 mg CO pro 1 cbm Luft enthalten müssen, um innerhalb von 2 Stunden Aufenthaltsdauer eine zum Tode führende Angiftung zu setzen. In Vol.-% ausgedrückt ergibt sich bei einem Gewicht von

$$1000 \text{ ccm CO} = 1,250 \text{ g} = 1250 \text{ mg}$$

eine Menge von $\frac{1000 \cdot 580}{1250} = 470 \text{ ccm CO}$ (abgerundet); dies sind aber 0,47 l in 1 cbm = 0,047 Vol.-%.

Nach den Angaben von *Henderson-Haggard* atmet ein Mensch im Ruhezustand etwa 7,5 l Luft in der Minute ein, während der Arbeit jedoch ein größeres Quantum, das zu etwa 15 l für die gleiche Zeitspanne angegeben wird.

Nimmt man nun an, daß Z., der „abgehetzt“ zur Arbeit gekommen sein sollte, 15 l Luft pro Minute einatmete, so errechnen sich 900 l Luft für 1 Stunde und 1800 l für 2 Stunden, d. i. die Aufenthaltsdauer im Unglücksbehälter. Da jedoch bei der Atmung nicht diese gesamte Luftmenge verbraucht wird, sondern nur etwa 66%, so muß man für 2 Stunden etwa 1200 l Luft rechnen. Enthielt nun 1 cbm = 1000 l Luft 0,047 Vol.-% Kohlenoxyd = 470 ccm Kohlenoxyd, so nahm Z. in den 2 Stunden

$$\frac{470 \cdot 1200}{1000} = 560 \text{ ccm Kohlenoxyd (abgerundet)}$$

in sich auf.

Rechnet man auf einen erwachsenen Menschen 5 l Blut, die imstande sind, 1 l Kohlenoxyd (oder Sauerstoff) zu binden, so wurden bei Z. in 2 Stunden rund 40—50% Kohlenoxydhämoglobin gebildet.

Eine Übersicht (*J. Schmidt*) gibt in diesem Zusammenhang wie folgt Aufschluß:

Kohlenoxyd-hämoglobingehalt %	Wirkung
10	Keine wahrnehmbare Wirkung außer Kurzatmigkeit bei stärkerer Anstrengung.
20	Ebenso, Kurzatmigkeit schon bei leichter Anstrengung, manchmal leichter Kopfschmerz.
30	Ausgesprochener Kopfschmerz, Reizbarkeit, leichte Ermüdbarkeit, Urteilskraft getrübt.
40—50	Kopfschmerz, Verwirrung, bei Anstrengung Kollaps und Ohnmacht.
60—70	Bewußtlosigkeit, bei langer Einwirkung Atemstillstand, im Enderfolg oft tödlich.
80	Rasch tödlich.
über 80	Sofort tödlich.

Die Vergiftungserscheinungen sind sonach eine Beurteilungsgrundlage für das Maß der Kohlenoxydaufnahme.

Unter Zugrundelegung der in der Übersicht angegebenen Daten wirken 50% Kohlenoxydhämoglobin noch nicht unbedingt tödlich, es tritt vielmehr bei dem betroffenen Menschen Kopfschmerz, Verwirrung und bei Anstrengung Kollaps und Ohnmacht ein.

Dieses Bild zeigte sich bei Z. — Offenbar war ihm „schlecht geworden“ und er hatte gegen 9 Uhr den Unglücksbehälter verlassen, um sich zum Abort zu begeben. Infolge Geruchlosigkeit des Giftgases hatte er auf die beginnende Schädigung nicht zu achten brauchen, er wurde durch äußerlich merkbare Anzeichen nicht gewarnt. Bei seiner Rückkehr hat das Einsteigen für ihn in seinem Zustand zweifellos eine Anstrengung bedeutet. Durch diese Anstrengung, der wahrscheinlich auch die Arbeitswiederaufnahme im Behälter sogleich folgte, trat große Atemnot und anschließend Ohnmacht ein. Diese Annahme wird durch die Aussage des A. gestützt, der Z. laut „schnarchend“ im Behälter vorfand.

Z. war jedoch keinesfalls schon tot, als man ihn aus dem Behälter herausschaffte.

Obwohl — wie die Ausführungen haben erkennen lassen — die nach der *Haberschen* Tödlichkeitszahl des Kohlenoxyds berechnete Menge von 0,047 Vol.-% nicht unbedingt ausgereicht hat, um Z. in der gegebenen Zeitspanne zu töten¹, soll diese Menge als günstigster Fall (niedrigst mögliche Kohlenoxydmenge) folgenden Betrachtungen zugrunde gelegt werden:

Auf die oben angegebenen Volumina wird verwiesen.

Grenzfall 1. Nimmt man an, daß alle Schieber an den Rohrleitungen geschlossen waren, so ergibt sich das Volumen der noch mit dem Behälter in unmittelbarer Verbindung stehenden Rohrteile zu

$$d + e + g + k + 9,8 = 15,8 \text{ l Gasraum}$$

(ohne Behälter und Eiskasten).

Nimmt man weiterhin an, daß dieser Raum von 15,8 l völlig mit Gasgemisch angefüllt war und daß dieses Gasgemisch quantitativ in den Behälter zurücktrat, so hätten die Rohre im Raum von 15,8 l 7000 mg Kohlenoxyd = 35 Vol.-% enthalten müssen, um bei Abgabe des Kohlenoxyds an den Behälter dort die zugrunde gelegte Kohlenoxydkonzentration von 0,047 Vol.-% zu erreichen. Es hätte also in diesem Grenzfall während des Brennens der Öfen ein Gasgemisch im Behälter entstehen müssen, das 35 Vol.-% Kohlenoxyd enthielt. Der-

¹ Auf die Ausführungen *Breiteneckers* in „Entstehung von Linsenkernerweichungen bei Kohlenoxydvergiftung“, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **30**, H. 6, 299—305 (1939), wird in der Zusammenfassung eingegangen.

artige Kohlenoxydmengen können aber bei einer solchen Verbrennung, wie sie in den Öfen stattfand, ausgeschlossen werden; sie treten mit Sicherheit nicht auf.

Grenzfall 2. Angenommen, alle Schieber seien geöffnet gewesen: Vorauszuschicken ist, daß dieser Sachverhalt der wahrscheinliche ist, denn um die in den Rohrsystemen befindlichen Wassermengen möglichst vollständig zu entfernen (Vermeidung der Gefahr des Wasser-rücktritts in den Behälter, der in trockenem Zustand angestrichen werden mußte), mußten die Hähne, Schieber und Ventile offen stehen.

Für diesen Fall steht folgendes Volumen zur Verfügung:

$$a + b + c + f + g + h + i + k + l = 131,9 \text{ l Gasraum}$$

(ohne Behälter und Eiskasten).

War dieser Raum wieder völlig mit Gas angefüllt und trat diese Gasmenge wieder quantitativ in den Unglücksbehälter zurück, so hätte diese ebenfalls 7000 mg Kohlenoxyd enthalten müssen, um im Behälter nach dem Zurücktreten die Kohlenoxydkonzentration von 0,047 Vol.-% herzustellen.

Auf 131,9 l entsprechen 7000 mg Kohlenoxyd = 4,25 Vol.-%. In diesem Grenzfall treten nun aber keineswegs die gesamten Gasmengen quantitativ in den Behälter zurück, da das Rohrsystem mehrere Öffnungen besitzt, durch die wenigstens $\frac{2}{3}$ des Gasgemisches nach außen austreten. Daß dies wirklich der Fall ist, wurde in einem Laboratoriums-versuch bewiesen. Günstigstenfalls konnte also nur $\frac{1}{3}$ des Gases aus den Rohren in den Behälter zurücktreten. Um nun wieder auf 0,047 Vol.-% im Behälter zu kommen, müßten 7000 mg Kohlenoxyd in $\frac{131,9}{3}$ l Gasraum vorhanden gewesen sein.

Dies entspricht 5600 ccm Kohlenoxyd auf 44 l = 12,8 Vol.-%. Auch ein solcher Kohlenoxydgehalt kann während der Verbrennung im Behälter nicht geherrscht haben; er ist infolge seiner Höhe jedenfalls im höchsten Maße unwahrscheinlich.

Die aufgezeigten Grenzfälle wurden für einen ideal geschlossenen Behälter annähernd berechnet.

Wesentlich erscheint jedoch, daß der Unglücksbehälter oben einige *große* Öffnungen und im Boden zwei kleine Abflußlöcher besaß und auch der Eiskasten oben völlig offen war und im Boden drei 43 mm große Abflußlöcher aufwies, so daß hierdurch zweifellos ein Luftaustausch hatte stattfinden können. Im engsten Zusammenhang mit diesen Vorgängen steht immer eine Verringerung des Kohlenoxydgehaltes, wenn als dessen einzige Quelle das in den Rohren befindliche kohlenoxydhaltige Gasgemisch in Frage käme.

Der Gehalt an Kohlenoxyd in der Atmosphäre der Rohrleitungen hätte demnach ein noch wesentlich höherer gewesen sein müssen, als

dieser berechnet worden ist, wenn die tödliche Menge Kohlenoxyd im Behälter aufrechterhalten werden sollte.

Bedenkt man außerdem, daß der Wert von 0,047 Vol.-% noch zu niedrig gewesen sein dürfte, um zum Tode zu führen, so mußte der Kohlenoxydgehalt in den Rohren praktisch noch *höher* angenommen werden. Die dazu nötigen Kohlenoxydkonzentrationen treten jedoch bei der Verbrennung in den in Frage kommenden Öfen unter den gegebenen Bedingungen nicht auf.

Aus den Berechnungen leitete sich als weitere Folgerung ab, daß auch den angeschlossenen Rohrsystemen als Kohlenoxydquelle nicht die maßgebliche Bedeutung zukommen konnte, wie dies bislang angenommen wurde.

4. Die Hauptmenge des Kohlenoxyds mußte aus einer anderen Quelle stammen. Als einzig noch mögliche kam unter Zugrundelegung des seinerzeitigen Sachverhaltes hierfür nur noch der *Luftschacht* in Frage, zumal die Feststellungen ergeben hatten, daß dieser Schacht tatsächlich in der Lage gewesen war, die nötigen Mengen Gas stagnierend zu halten und wieder abzugeben.

Die Tiefe des Luftschachtes ohne Aufsatzstück wurde vom unteren Öffnungsrand oben bis zur Mündung in den Eiskeller zu 1,30 m gemessen. Er stand mit einer 27 × 27 cm großen seitlichen Öffnung mit einer *Luftmischkammer* erheblichen räumlichen Ausmaßes in ständiger offener Verbindung.

Während der Unfallstellenbesichtigung herrschte eine Außentemperatur von -10° , während in dem betreffenden Eiskeller nur 0° gemessen wurden. Auf Grund dieses Temperaturunterschiedes konnte man von vornherein annehmen, daß unter Berücksichtigung seines baulichen Zustandes einer genügenden Zugwirkung des Luftschachtes nichts im Wege stand. Dies ließ sich durch Versuche bestätigen. Mit Hilfe einer künstlichen Rauchentwicklung (Bergermischung) konnte eine einwandfreie Zug- und Saugkraftwirkung des Luftschachtes festgestellt werden.

Welche Verhältnisse hatten nun diesbezüglich am Unglückstag und besonders in der diesem vorausgegangenen Nacht bestanden? Für die Jahreszeit, in der sich der Unglücksfall vollzogen hatte, kann man eine Nachttemperatur von etwa $10-15^{\circ}$ annehmen, die sich wohl auch bis zum Vormittag des Unglückstages gegen 10 Uhr nicht wesentlich geändert haben mag (genaue Angaben für die damals herrschende Außentemperatur sind allerdings nicht bekannt).

Dagegen ist anzunehmen, daß im Unglücksraum (Keller) während der fraglichen Nacht infolge Beheizung des Behälters durch 2 Öfen allgemein wenigstens eine Temperatur von 25° geherrscht hat, während die Temperatur im Behälter selbst nach Angabe des Braumeisters

derart gewesen sei, daß man den Behälter gerade noch hatte anfassen können. Dies entspricht etwa einer Temperatur von 45—50°. Sonach bestand in der dem Unglückstag vorausgegangenen Nacht zwischen der Außenluft und dem Kellerraum ein Temperaturunterschied von 10 bis 30°.

Man darf daher schließen, daß der Rauchabzug (Luftschacht) während der Nacht gut gezogen hat. Es mußte also eine Luftströmung von der offenen Kellertür zum Luftschacht hin aufgetreten sein. Hierbei wurde

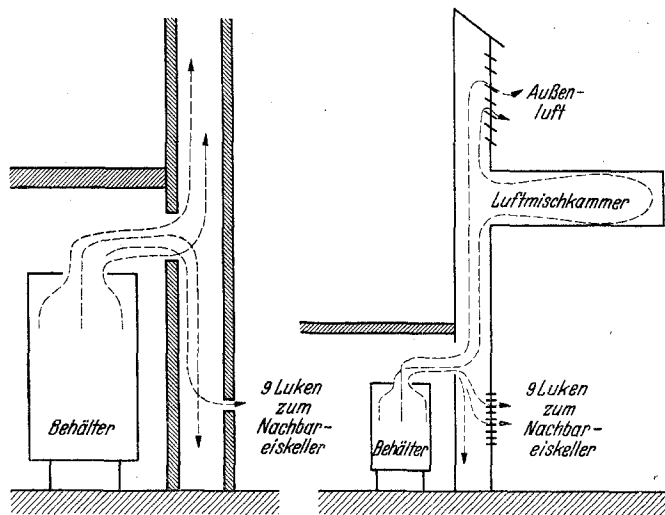


Abb. 4.

jedoch das Behälterinnere möglicherweise von der erörterten Luftströmung nicht stark erfaßt, da die Hauptöffnung des Behälters in Richtung des Stromes lag. Durch diese verhältnismäßig geringe Frischluftzufuhr hatten sich die Verbrennungsgase der beiden Öfen im Behälter mit Kohlenoxyd anreichern können (evtl. 0,5—1%).

Diese Verbrennungsgase traten nun vorwiegend aus den beiden oberen großen Öffnungen dem eigenen Auftrieb folgend und im Maße der Luftzufuhr aus dem Behälter aus und wurden sogleich mit in den Abzug fortgeführt.

Der Luftschacht wies ein ganz beträchtliches Volumen auf. Wie die beiden Skizzen erkennen lassen, stand der Schacht einmal durch 9 Entlüftungsöffnungen mit einem neben dem Unglücksraum befindlichen Eiskeller in Verbindung und setzte sich auch nach unten hin noch fort. Nach oben führte der Luftschacht zu der oben bereits erwähnten Luftmischkammer (etwa 60 cbm großer Raum) (Abb. 4).

Der Rauminhalt des Eiskellers war nicht zu bestimmen, da dieser Keller am Tage der Untersuchungen voll Eis gelagert war. In dem

Luftschacht trat eine Verteilung der eingesaugten, sich abkühlenden Gase ein. Teile werden sich in dem seinerzeit leeren Eiskeller, andere in der Luftmischkammer abgelagert haben. Diese Ablagerung dürfte sich im wesentlichen erst während der letzten Stunden vollzogen haben, als einer der beiden im Behälter abgestellten Öfen erlosch und somit eine Abkühlung schon im Kellerraum selbst eintrat.

Als nun am Morgen des Unglückstages die Öfen aus dem Behälter entfernt worden waren, kühlte sich der Keller sehr schnell wieder auf seine frühere Temperatur von etwa 2—3° infolge der von den Nebenräumen (Eiskeller) her bedingten Kältestrahlung ab. Dadurch trat zwangsläufig eine Umkehrung des zwischen der Außenatmosphäre und dem Unglückskeller bestehenden Temperaturunterschiedes ein, der wiederum etwa 10° betragen haben mag. Da am Unglückstag die Kellertür offen stand und auch eine Öffnung in der der Luftschachtwand des Eiskellers gegenüberliegenden Mauer (nach einem weiteren Eiskeller zu) unverschlossen war, mußte sich infolge des Temperaturunterschiedes nach und nach eine Luftströmung vom Luftschacht aus zur Kellertür und zu der Maueröffnung hin einstellen. Aus den Gasablagerungen in der Luftmischkammer, aus dem Luftschacht selbst und dem an diesen angrenzenden Kellerraum traten dieser Strömung folgend die Kohlenoxyd-haltigen Gase nunmehr zurück. Und zwar hatten die Gase die Möglichkeit, auf ihrem Rücktrittsweg zum großen Teil unmittelbar in den Unglücksbehälter einzufließen, da sich dessen Einsteigeöffnung (1,6 qm) dicht unterhalb der Luftschachtöffnung in einer nur 60 cm betragenden Entfernung befand.

Die Erträglichkeitsgrenzen an Kohlenoxyd für den Menschen ergeben sich aus folgender Übersicht:

Kohlenoxyd Vol.-%	mg/l (Luft)	Wirkung
0,1—0,12	1,1—1,4	Nach 1stündiger Einwirkung unangenehm, aber keine gefährlichen Symptome.
0,15—0,2	1,7—2,3	Nach 1stündiger Einwirkung gefährlich.
0,5	5,7	In 5—6 Minuten tödlich.

Nimmt man nun an, daß die aus dem Luftschacht zurücktretenden Gase einen Gehalt von 0,5% Kohlenoxyd aufwiesen, so wurde nach Ablauf einer Stunde bestimmt die tödliche Dosis von Kohlenoxyd im Behälter erreicht. Die Kohlenoxydmenge konnte sogar noch geringer gewesen sein (0,1—0,5%), um sich doch im zeitlichen Ablauf der Reaktion verhängnisvoll auswirken zu können.

Wahrscheinlich aber trat die Vergiftung schon innerhalb von 30 Minuten ein, da eine Luftströmung der vorbezeichneten Art nicht stundenlang Kohlenoxyd in größerer Menge enthält.

Die beschriebenen Luftströmungen dürften jedoch nun keineswegs nur durch die Temperaturunterschiede, vielmehr auch durch Windzugverhältnisse mit bewirkt worden sein. Die Temperaturunterschiede leiten diese Strömungen ein und unterstützen sie in ihrer Auswirkung. Es wird zur Vergleichung an die sog. Lockflammen in Abzügen erinnert. Ähnliche Verhältnisse lassen häufig auch Öfen im Haushalt erkennen. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß in ausgedehnten Kellereien, wie sie diese Brauerei aufwies, immer bestimmte Zugverhältnisse herrschen, die von äußeren Faktoren abhängig sind — Türen, die ständig offen oder geschlossen sind, Türen, die nachts geschlossen und tagsüber während der Arbeitsverrichtungen geöffnet werden usw.

Schließlich bestanden zwischen dem Unglückskeller und dem darunter befindlichen Gärkeller unmittelbare Verbindungen durch Fußbodenöffnungen. Ein solcher Durchlaß wurde dicht hinter dem Unglücksbehälter an der Durchführung von 2 Kühlwasserrohren in den Gärkeller festgestellt. Daß auch diese Öffnungen die Entstehung von Luftströmungen und somit den Ablauf eines Gasaustausches begünstigen, steht außer Zweifel und sei der Vollständigkeit halber erwähnt.

Den das Kohlenoxyd hier begleitenden Gasen, vor allem dem Kohlendioxyd (CO_2), wird im Schrifttum bei der Beurteilung der toxikologischen Wirkung einerseits Bedeutung beigemessen; andererseits aber fanden *Stadie* und *Martin* [J. klin. Invest. 2, 77 (1925)], daß das im Blut gelöste Kohlendioxyd die Kohlenoxydhämoglobinbildung auf Grund der durch das Kohlendioxyd bedingten niedrigen H-Ionen-Konzentration des Blutes hemmen soll. Gegebenenfalls mußte man demnach mit einem verhältnismäßig hohen Kohlenoxydgehalt des aus dem Luftschacht zurückgetretenen Gasgemisches rechnen. Es ist aber auch darauf hinzuweisen, daß sich bereits im Schacht eine aus den spezifischen Gewichten der Komponenten ableitende mechanische Entmischung des Kohlenoxyd-Kohlendioxyd- usw. Gemisches vollzogen haben mag, wobei sich das spezifisch schwerere Kohlendioxyd in den tiefer gelegenen Teilen des Schachtes und im angrenzenden Kellerraum ablagerte, während eine mit Kohlenoxyd angereicherte Atmosphäre etwa in der Luftmischkammer stagnierend blieb und schließlich zur Auswirkung kam.

Es war sonach anzunehmen, daß sich während des Arbeitsganges des Z. unerwartete, gemeinhin nicht vorauszusehende Kohlenoxydquellen erschlossen hatten.

5. Aus dem Zusammenwirken unglücklicher und in ihren Konsequenzen nicht ohne weiteres übersehbarer Umstände hätte ein Verschulden des verklagten Braumeisters an dem Tod des Z. nicht sicher nachgewiesen werden können.

Nach Abschluß der notwendig umfassend durchgeführten Untersuchungen wurde indessen durch ein Geständnis des Verklagten die *Beurteilungsgrundlage des Vorganges grundsätzlich* zu seinen Ungunsten *verschoben*. Während der 6 Jahre lang laufenden behördlichen Ermittlungen hatte der Verklagte verschwiegen, daß der *Luftschacht verschlossen* und *in dem Eiskasten zur Zeit des Unfalles ein weiterer brennender Heizofen abgestellt* gewesen war. Wie bereits ausgeführt, stand der Eiskasten mit dem Wasserbehälter durch verschiedene Rohre in unmittelbarer Verbindung, so daß die Gase ungehindert kontinuierlich in den Arbeitsbereich des Z. vordringen konnten. Der Verunfallte ging somit gleichsam unvermeidlich dem Kohlenoxydod entgegen.

III. Zusammengefaßt: 1. Der Vorgang zeigt, welch grundsätzliche Bedeutung einer alsbald nach dem Geschehen durchzuführenden, erschöpfenden und vor allem sachverständigen Tatortuntersuchung beizumessen ist. Im vorliegenden Falle wurde die Erhebung gerade der für die Klärung der Verschuldensfrage wichtigsten Befunde verabsäumt, so daß seinerzeit das strafrechtliche Ermittlungsverfahren eingestellt wurde und letztlich der berechnigte Anspruch des Klägers erst in den letzten Phasen des Prozesses klar in Erscheinung trat. Im übrigen umreißt der Vorgang die Vielzahl wissenschaftlicher Fragestellungen, die bei der Bearbeitung technischer Rauchgasvergiftungen auftauchen können und zeigt Wege, wie man der Problematik solcher Untersuchungen gerecht werden kann.

2. In Fällen, bei denen Frischluftnachschieb mangelnd und mit einem ständigen Eindringen von Kohlenoxyd zu rechnen ist, kann der Auffassung, die *Habersche Formel* sei als nicht voll anwendbar zu betrachten, nicht ohne weiteres zugestimmt werden. Die Feststellung, daß zur Zeit der Arbeitsverrichtungen des Z. und seines Unfalles in dem Eiskasten ein Glühheizkohlenofen gebrannt hatte, somit ein ständiger Nachschub von kohlenoxydhaltigen Gasen gewährleistet war, rechtfertigt die Zugrundelegung der *Haberschen Formel* im vorliegenden Falle.

Breitenecker sagt: „Die *Habersche Formel*, daß die Giftwirkung gleich dem Produkt von Konzentration und Zeit sei, ist für die Kohlenoxydvergiftung nicht voll anwendbar, da bei längerer Einwirkung geringer Konzentration die Wirkung vor allem auf das Zentralnervensystem zweifellos eine größere ist als bei kurz dauernder höherer Konzentration.“ — Offenbar beziehen sich diese Ausführungen auf solche Fälle, in denen die Kohlenoxydkonzentration in geschlossenen Räumen langsam abnimmt. Für alle die Vorgänge aber, in denen mit einem ständigen Gasnachschieb gerechnet werden muß, dürfte die Anwendung der *Haberschen Formel* nach wie vor zulässig sein.

3. Die Austrocknung entsprechender Behälter geschieht meistens mittels Holzkohlen-, Koksöfen oder durch elektrische Heizgeräte.

Während der Dauer der Beheizung mit Holzkohlen- und Koksöfen dürfen die Behälter nur mit geeigneten Atemschutzgeräten bestiegen werden. Unmittelbar nach der Entfernung der Öfen sollten — den Vorschriften entsprechend — vor der Arbeitsaufnahme jeweils gründliche Durchlüftungen der Behälter durch Ventilation oder Durchblasen von Luft vorgenommen werden.

Eine natürliche Lüftung genügt dann, wenn der Behälter erst längere Zeit nach Entfernung der Brennöfen betreten zu werden braucht und dieser genügend große Öffnungen aufweist, die einen ausreichenden Luftwechsel in der Umgebung des Behälters gewährleisten.

In den Fällen, bei denen mit einem unkontrollierbaren Gasrücktritt in den Arbeitsbereich zu rechnen ist, bediene man sich *geeigneter* Atemschutzgeräte, Auermasken mit Spezialfiltereinsätzen, die das Kohlenoxyd flammenlos zu Kohlendioxyd verbrennen und es dadurch unschädlich machen.

Zur Prüfung auf Kohlenoxyd (auch während der Arbeitsverrichtungen) sollte man sich in der Praxis in stärkerem Maße als bisher des bequem zu handhabenden Degea-Kohlenoxydanzeigers oder des Dräger-Kohlenoxydmessers bedienen, Apparate, die mit hinreichender technischer Sicherheit selbst kleinste Kohlenoxydmengen anzeigen.

Da die Probe auf Kohlenoxyd mittels Palladiumchlorürpapier nicht eindeutig ist und somit nur von einem vorgebildeten Fachmann vorgenommen werden kann, dürfte sie für die Praxis bedeutungslos sein. Desgleichen wird man auf den Tierversuch (weiße Maus) zum Nachweis von Kohlenoxyd verzichten können, wenn vor Arbeitsbeginn für gründliche Durchlüftungen der Behälter gesorgt wurde und von den Arbeitern Atemschutzgeräte angelegt werden.

Literaturverzeichnis.

- Breitenecker, L.*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **30**, H. 6, 299—305 (1939). — *Hofmann, K. A.*, Lehrbuch der anorganischen Chemie. Braunschweig: Fr. Vieweg u. Sohn 1924. — *Jürgen-Schmidt*, Das Kohlenoxyd. Leipzig: Akadem. Verlagsgesellschaft. S. 214. — *Steinitz, E. W.*, Z. Die Gasmaske **8**, H. 5/6 (1936). — *Ullmann, Fr.*, Enzyklopädie der technischen Chemie **6**, 424. Berlin u. Wien.

Aussprache zum Vortrag Specht über Rauchgasvergiftung.

Herr *Breitenecker*-Wien hebt hervor, daß eine quantitative CO-Bestimmung im Leichenblut des von *Specht* geschilderten Vergiftungsfalles alarmierend gewirkt und so vielleicht eine gründlichere Untersuchung gleich im Anfang veranlaßt hätte.
