

L. BREITENECKER (Wien): *Thermodifferentialanalyse zur Quarzbestimmung in Lungenaschen.* (Erscheint späterhin gesondert in dieser Zeitschrift.)

CORREL (München): *Röntgenfluorescensanalyse.*

W. BOLTZ und G. MACHATA (Wien): *Der Einfluß des Kohlendioxydes auf den Ablauf von Kohlenoxydvergiftungen.* (Mit 2 Textabbildungen.)

Die Bedingungen, unter denen eine Kohlenoxydvergiftung zustande kommt — Konzentration des Gases in der Atemluft, Dauer der Einwirkung, Affinität des CO zum Hämoglobin — sind variable Faktoren. Die Gesetzmäßigkeit des Vergiftungsablaufes ist aber so groß, daß er sich bei Kenntnis der Vorbedingungen rechnerisch auch dann voraussagen oder rekonstruieren läßt, wenn die CO-Konzentration der Atemluft nicht konstant ist (WEHRLT). Die kriminalistische Bedeutung dieser Berechnungsmöglichkeit steht außer Frage. Komplizierter wird das Problem dann, wenn auch noch die veränderliche Größe des Atemvolumens mit in Betracht gezogen wird. Die Abhängigkeit der Hämoglobinabsättigung in einer CO-Atmosphäre von der körperlichen Belastung und damit auch von dem in Zeiteinheit größeren Atemvolumen hat MAY graphisch dargestellt, dessen Zeichnung neuerdings von SCHWERD unter Berücksichtigung einer im Verhältnis zum Sauerstoff 210mal größeren Affinität des Kohlenoxydes zum Hämoglobin korrigiert wurde. Das Atemvolumen wird aber nicht allein durch körperliche Belastungen verändert, sondern auch in einem sehr wesentlichen Ausmaß von dem CO₂-Gehalt der Atemluft mitbestimmt. Nach HALDANE und PRIESTLEY bewirkt ein Gehalt der Raumluft von 2% CO₂ bereits eine Zunahme der Atmung um rund 150%, die mit weiter ansteigenden CO₂-Konzentrationen sehr erheblich zunimmt und bei 5,14% rund 500% gegenüber der Norm erreicht. Es ist naheliegend, daß eine so beträchtliche Beeinflussung der Atmung in einer CO₂-Atmosphäre von wesentlicher Bedeutung auf die Geschwindigkeit der Anreicherung des Hämoglobins mit Kohlenoxyd sein muß, wenn dieses gleichzeitig in relevanter Menge in der Atemluft enthalten ist. Wir haben in mehreren Fällen fehlerhafter Anlage oder unzuweckmäßiger Bedienung von Warmwasser-, Koch- und Heizvorrichtungen die Erfahrung gemacht, daß sich Kohlendioxyd unter verschiedenartigen Bedingungen der CO-Entstehung in nicht unbeträchtlicher Menge bildete und glauben, diesem Umstand einen Einfluß auf das Tempo des Vergiftungsablaufes zusprechen zu müssen. Hierfür zwei Beispiele:

Eines Morgens wurde eine 16jährige Hausgehilfin im Badezimmer der Wohnung ihres Dienstgebers in der mit Wasser gefüllten Badewanne, neben der ein Roman-

heft lag, tot aufgefunden. Die Erhebungen ergaben, daß das Mädchen am vorangegangenen Abend das Badezimmer aufgesucht hatte, um ein Wannenbad zu nehmen. Bei der Auffindung der Leiche war angeblich leichter Leuchtgasgeruch im Raum zu spüren. Die Obduktion ergab eine Kohlenoxydvergiftung bei 74% COHb. Das zuständige Gaswerk nahm ein Gasbrechen infolge einer undichten Rohrverbindung und einen dadurch bedingten Leuchtgasunfall an. Bei einem von uns durchgeführten Lokalaugenschein zur Rekonstruktion des Unfalles wurde jedoch eine ganz andere Vergiftungsquelle aufgedeckt. Im Baderaum befand sich ein 10 Liter Gas-Durchlauf-Erhitizer, dessen Abzugsrohr in ein gemauertes Wanddeck oberhalb eines Kaminputztürchens eingeleitet war. Beim Ausleuchten des Wanddeckes durch dieses Türchen ergab sich, daß in seiner Höhe eine Verbindung zum Kamin bestand. Oberhalb dieser Öffnung war das Wanddeck jedoch horizontal abgemauert, so daß sich darüber ein toter Raum befand. In diesen wurde irrtümlich das Abzugsrohr des Durchlauferhitzers eingeleitet, so daß es bei dessen Betrieb zu einer Ansammlung und Rückstauung der Verbrennungsgase kam. Wenn man Wasser für ein normales Vollbad in die Wanne rinnen ließ, dann waren nach 20 min 0,01% CO, aber schon rund 3% CO₂ in der Atemluft nachweisbar. Die Flammen des Durchlauferhitzers brannten hierdurch schon schlecht und Zündhölzer konnten kaum noch entflammt werden. Nun war bekannt, daß das Mädchen die Gewohnheit hatte, sehr lange im Bad zu bleiben und in der Wanne zu lesen. Da dabei das Badewasser auskühlte, ließ sie von Zeit zu Zeit Warmwasser nachlaufen. Wenn man in gleicher Weise vorging, dann stieg die CO-Konzentration im Laufe von 50 min bei gleichbleibender CO₂-Konzentration auf 0,04%. Das Ansteigen der CO-Konzentration in dem Raum erfolgte daher verhältnismäßig langsam, so daß auch bei längerer Verweildauer in der Atmosphäre eine ernsthafte Vergiftung noch nicht zu erwarten gewesen wäre, wenn nicht gleichzeitig ein erheblicher Gehalt der Atemluft an CO₂ bestanden hätte. Die Gasleitung, die zunächst für den Unfall angeschuldigt wurde, erwies sich als intakt.

Eine weitere Beobachtung betrifft einen 17jährigen jungen Mann, der in einem kleinen Raum seiner elterlichen Wohnung mit entkleidetem Oberkörper in tief bewußtlosem Zustand aufgefunden wurde. Er starb noch vor seiner Einlieferung in das Krankenhaus. Die Obduktion ergab eine CO-Vergiftung bei 63% COHb. Das Zimmer, das ein Ausmaß von nur 2 × 3 m hatte, war in einer Höhe von 1,9 m zur Herstellung einer indirekten Beleuchtung durch eine Plastikdecke abgeteilt. In einer Ecke des Raumes befand sich ein 5 Liter-Durchlauf-Erhitizer über einer Waschmuschel. Da die Begrenzungsschraube des Anschlages zur Regulierung der Flammenhöhe fehlte, konnte der Hebel ganz umgelegt werden, wodurch sehr hohe Flammen entstanden. Bei einem Brennversuch von 10 min Dauer betrug der Gasverbrauch auf die Stunde umgerechnet 2,4 m³. Die Kohlenoxydkonzentration in dem Raum stieg in der gleichen Zeit auf rund 0,2 Vol.-% an. Der CO₂-Gehalt der Raumluft erreichte bei einer Versuchsdauer von 30 min rund 2%.

Drei weitere CO-Unfälle ereigneten sich beim Betrieb eines Erdgasofens mit zu kurzem Abzug; infolge einer klemmenden Abzugsplatte in einem Kamin sowie bei einer Raumbeheizung durch einen Gasbackofen. Bei der Rekonstruktion wurden neben CO-Konzentrationen von 0,15; 0,4 und 0,1% auch CO₂-Anreicherungen von 1,2; 4 und 2% nachgewiesen, die in den beiden letztgenannten Fällen schon innerhalb einer halben Stunde erreicht wurden.

Es entstehen daher unter verschiedenen Voraussetzungen bei einer Kohlenoxydentwicklung auch solche Mengen CO₂, die zumindest für

den Menschen nicht unwesentlich sind. Da ein Einfluß dieser CO_2 -Mengen auf den Ablauf einer CO -Intoxikation wegen ihrer Gefährlichkeit am Menschen experimentell nicht überprüfbar ist, wurde der vermutete Effekt im Tierversuch dargestellt, wobei allerdings eine gegenüber

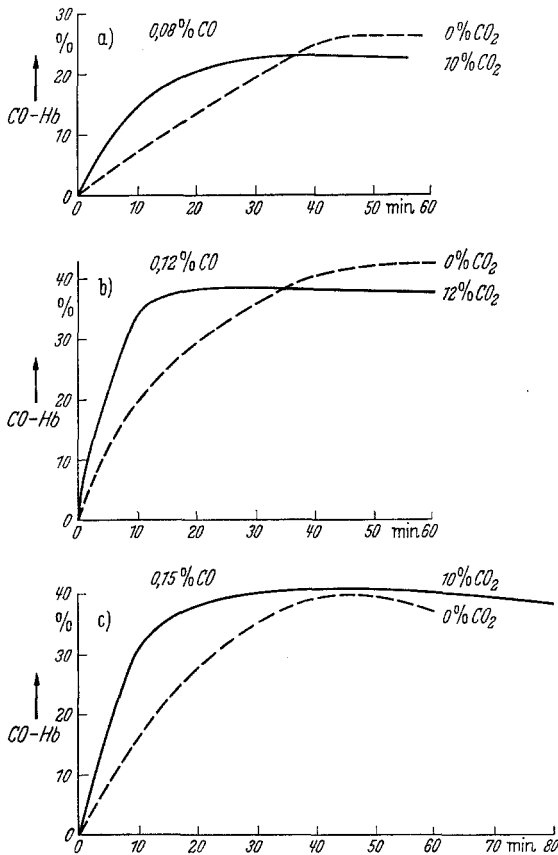


Abb. 1. Hb-Sättigung mit CO unter Einfluß von CO_2 (—) und ohne CO_2 (---) bei konstanten Konzentrationen

welche jeweils ein Ohr des Tieres zur Blutentnahme herausgeleitet und mit einer Gummimanschette abgedichtet wurde. Die Belastungen erfolgten mit CO -Konzentrationen von 0,08 bis 0,15% ohne und mit Beimischung von CO_2 zur Atemluft, dessen Konzentration zwischen 9 und 12% gewählt wurde, da sich in Vorversuchen ergeben hatte, daß die Atmung der Tiere erst bei diesen CO_2 -Mengen wesentlich vertieft wurde, wobei aber die Frequenz um etwa ein Drittel absank. Für eine gute Durchmischung der Atemluft mit den eingeleiteten Gasen sorgte ein kleiner, elektrisch angetriebener Ventilator. Die Blutentnahmen erfolgten in Abständen von 5–10 min. Die Bestimmung des COHb -Gehaltes wurde nach An-

dem Menschen abweichende Empfindlichkeit gegen Kohlenoxyd und -dioxyd zu berücksichtigen ist, was den Experimenten nur den Charakter eines Modellversuches verleiht. Als Versuchstiere wurden Kaninchen verwendet, deren Hämoglobin nicht nur eine geringere Affinität zum CO hat als menschliches (SCHWERD), sondern die auch atmungsphysiologisch erst auf solche CO_2 -Konzentrationen merklich reagieren, die für den Menschen bereits tödlich sind (FLURY u. ZERNIK).

Die Versuchstiere wurden in einen dicht schließenden Behälter aus Plexiglas mit einem Rauminhalt von rund 150 Liter eingebracht, der verschließbare Öffnungen für den Einlaß der Gase und ihre Kontrolle, sowie weitere Öffnungen aufwies, durch

legen einer Eichgeraden für das Kaninchen-Hb spektrophotometrisch vorgenommen. Am Ende der Versuche war die CO_2 -Konzentration in dem Behälter, bedingt durch die Atmung der Versuchstiere, bis zu einem Prozent höher, als dem Einlaß entsprach, was aber bei der großen CO_2 -Toleranz der Kaninchen vernachlässigt werden kann.

Die erzielten Ergebnisse bestätigten die theoretische Erwartung. Die Anreicherung des Hämoglobins mit CO erfolgte, besonders bei den höheren Konzentrationen, unter dem Einfluß von CO_2 wesentlich rascher, wie ohne diesen (Abb. 1). Dadurch wurde auch die dem CO-Gehalt der Atemluft entsprechende Absättigung des Blutfarbstoffes nahezu doppelt so rasch erreicht. Dies bedeutet aber, daß Personen

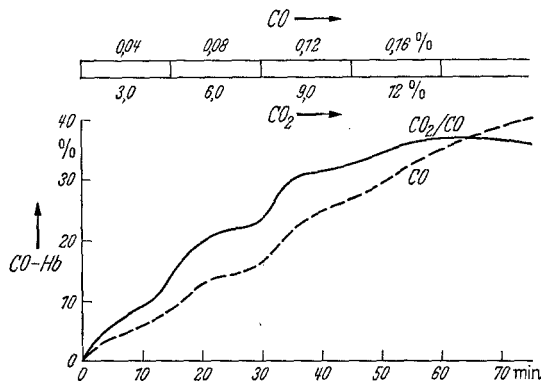


Abb. 2. Hb-Sättigung mit CO unter Einfluß von CO_2 bei steigenden Konzentrationen

die mit schweren CO-Vergiftungen noch lebend geborgen werden, sich länger in dem bedrohlichen Zustand der Hypoxämie befanden, wenn sie gleichzeitig mit dem Kohlenoxyd auch CO_2 in wirksamer Menge einatmeten. Hierdurch steigt die Gefahr von cerebralen Spätschäden, besonders der symmetrischen Linsenkerneweichung, da diese im wesentlichen von der Dauer der schweren Intoxikation abhängt und nicht von der Zeit des Überlebens (BREITENECKER). Die Bedeutung des Kohlendioxydes kommt aber auch dann zum Ausdruck, wenn die CO— CO_2 -Konzentrationen in der Atemluft nicht konstant gehalten werden, sondern während der Versuchsdauer ansteigen, was in praxi fast immer zu erwarten sein wird. So wurden auch bei fraktioniertem Einlaß der Gase, die mit Unterbrechungen von je 15 min bis zu einer CO-Konzentration von 0,16 und einer CO_2 -Konzentration von 12% vorgenommen wurden, gleiche Unterschiede im Vergiftungsablauf nachgewiesen, wie bei einmaliger Gasbeimengung zur Atemluft, woraus hervorgeht, daß auch schon verhältnismäßig kleine CO_2 -Mengen, wie sie bei Versuchs-

beginn vorlagen, nicht ohne Einfluß auf die Geschwindigkeit der Hämoglobinanreicherung mit CO sind (Abb. 2). Der Vergiftungsablauf unter CO₂-Einfluß ähnelt daher jenen Intoxikationen, die unter Einwirkung einer körperlichen Betätigung in einer CO-Atmosphäre entstehen. Bei graphischer Darstellung der Versuchsergebnisse überschneiden sich die Kurven zum Teil in ihren Endabschnitten, was sich aus dem zeitlichen Abstand zwischen den einzelnen Untersuchungen und den daher nicht völlig gleich zu haltenden Bedingungen erklärt.

Die Entstehung von CO₂ bei gleichzeitiger CO-Anreicherung der Atemluft ist daher ein Faktor, der nicht vernachlässigt werden darf. Bei der Rekonstruktion der Umstände einer Kohlenoxydvergiftung sollte somit auch auf eine CO-Entstehung Bedacht genommen werden. Dies wird besonders dann von kriminalistischem Interesse sein, wenn mehrere Personen im gleichen Raum oder in benachbarten Räumen vergiftet wurden, aber verschiedenartige Vergiftungsabläufe zeigten, oder wenn eine strengere zeitliche Abgrenzung, etwa zur Überprüfung eines Alibis, erforderlich ist und in allen jenen Fällen, in denen an sich mit einer erheblicheren CO₂-Entstehung zu rechnen ist, wie bei der Bildung von Rauch- und Auspuffgasen.

Literatur

- BREITENECKER, L.: Zur Frage der Entstehung der Linsenkerneerweichungen bei CO-Vergiftung. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **30**, 299 (1938).
- FLURY, R., u. F. ZERNIK: Schädliche Gase. Berlin: Springer 1931.
- HALDANE, J. S., u. J. G. PRIESTLEY: Zit. nach F. HAUSCHILD: Pharmakologie und Grundlagen der Toxikologie, 2. Aufl. Leipzig: Georg Thieme 1960.
- MAY, J.: Beziehungen zwischen Kohlenoxyd-Konzentration der Luft und Kohlenoxyd-Hämoglobin-Gehalt des Blutes. Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg. **10**, 97 (1941).
- SCHWERD, W.: Der rote Blutfarbstoff und seine wichtigsten Derivate. Lübeck: Schmidt-Römhild 1962.
- WEHRLI, S.: Läßt sich der Verlauf einer Gasvergiftung vorausberechnen? Festschr. HEINRICH ZANGGER, Teil I. Zürich, Leipzig u. Stuttgart: Rascher & Cie. A.-G. 1935.

Dr. W. BOLTZ und Doz. Dr. G. MACHATA, Wien IX, Sensengasse 2
Institut für gerichtliche Medizin

Leitthema: Leichenerscheinungen

St. BERG (München): Physiologisch-chemische Befunde im Leichenblut als Ausdruck des Todesgeschehens. (Der Vortrag erscheint späterhin in dieser Z.)