

# ÜBER DIE BEDEUTUNG DER MAXIMALEN ARBEITSPLATZKONZENTRATIONEN (M.A.K.-WERTE) GESUNDHEITSSCHÄDLICHER ARBEITSTOFFE UND IHRE ANALYTISCHE ERFASSUNG

G. A. HUNOLD

*Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin-Dahlem,  
Deutschland*

In der modernen Technik hat die Weiterentwicklung chemischer Arbeitsverfahren und die Erzeugung neuartiger Arbeitsstoffe die nähere Umgebung des tätigen Menschen ständig verändert und somit wechselnde Lebensbedingungen am Arbeitsplatz und im Arbeitsraum hervorgerufen. Um hierbei den Gefahren, die durch gesundheitsschädliche Luftverunreinigungen hervorgerufen werden, wirksam begegnen zu können, haben Arbeitshygieniker aus verschiedenen Ländern sich bemüht, Richtwerte für unbedenklich erscheinende Konzentrationen schädlicher Stoffe in der Raumluft aufzustellen. Die in England und Amerika als "Maximum Allowable Concentration" (M.A.C.) gebräuchliche Bezeichnung, die in Deutschland "Maximale Arbeitsplatzkonzentration" (M.A.K.) genannt wird, besagt, dass von den angegebenen Konzentrationen nach der bisherigen Erfahrung beim Umgang mit solchen Stoffen oder/und auf Grund von langdauernden Tierversuchen angenommen werden kann, dass sie selbst bei täglich achtstündiger Einwirkung im allgemeinen keine Schädigung der Gesundheit bewirken. Die Zahlen bedeuten: Kubikzentimeter des Gases oder Dampfes bzw. Milligramm des Schwebstoffes je Kubikmeter Luft von 20°C (Druck 760 mm Hg) am Arbeitsplatz. Die angegebenen Werte gelten nur für reine Stoffe; technische Produkte können durch die in ihnen enthaltenen Begleitstoffe erfahrungsgemäss bereits in niedrigeren Konzentrationen zu Schädigungen führen. Eine niedrigere Konzentration der Einzelstoffe ist auch dann anzusetzen, wenn mehrere der angeführten Arbeitsstoffe nebeneinander einwirken. Die Zahlen sind Näherungswerte, die vor allen Dingen anregen sollen, die am Arbeitsplatz vorhandene Luftverunreinigung chemisch oder physikalisch zu bestimmen und ihre Auswirkung auf den Gesundheitszustand der arbeitenden Menschen kritisch zu werten. Hierbei darf nicht vergessen werden, dass die M.A.K.-Werte immer nur richtungweisend sind. Es ist stets anzustreben, dass die Luft am Arbeitsplatz immer möglichst wenig störende oder schädliche Arbeitsstoffe enthält, d.h. dass ihre Konzentration *unter* dem angeführten Wert bleibt. Durch zweckmässige Lüftung am Arbeitsplatz oder andere technische Massnahmen lässt sich dieses bei den meisten Stoffen erreichen.

Was nun die Bestimmung der Konzentration eines Fremdstoffes in der Raumluft betrifft, so muss gesagt werden, dass verschiedene analytische Methoden nicht immer zu dem gleichen Ergebnis führen. Deshalb ist es zweckmässig, für die einzelnen Stoffe Standardmethoden auszuarbeiten und bekanntzugeben.

Welche Forderungen müssen nun an die Methoden gestellt werden, die sich zur Bestimmung höchstzulässiger Grenzkonzentrationen gesundheitsschädlicher Stoffe in der Luft eignen?

### **DIE ANALYSENVERFAHREN MÜSSEN IN ANGEMESSENER ZEIT ZU EINEM EINWANDFREIEN ERGEBNIS FÜHREN**

Es ist notwendig, dass die Durchführung einer Methode nicht zuviel Zeit erfordert, weil mehrere Bestimmungen während einer Arbeitsschicht vorgenommen werden müssen, um einen sicheren Mittelwert zu erhalten. Länger dauernde Analysenverfahren können sich zuweilen aber auch als brauchbar erwiesen, wenn sie eine hohe Genauigkeit besitzen und somit zur Eichung nahezu quantitativ verlaufender Schnellmethoden (Feldmethoden) benutzt werden können. So diene z.B. das in unserem Laboratorium erprobte, sehr genaue Verfahren zur Bestimmung von Kohlenoxyd mittels Jodpentoxyd nach Tausz und Jungmann<sup>1</sup> dazu, die vom Drägerwerk in Lübeck hergestellten Prüfröhrchen für Kohlenoxyd auf ihre Zuverlässigkeit zu prüfen. Auf Grund des guten Prüfungsergebnisses wird das Dräger-Gasspürgerät häufig für Untersuchungen der Luft auf Kohlenoxyd benutzt.

### **DIE ANALYSENVERFAHREN SOLLEN, WENN IRGEND MÖGLICH, FÜR DEN ZU ERMITTELNDEN STOFF SPEZIFISCH SEIN UND DIE MÖGLICHKEIT BIETEN, ANDERE DIE ANALYSE STÖRENDE VERBINDUNGEN, DIE ALS BEIMENGENUNGEN IN DER LUFT ENTHALTEN SEIN KÖNNEN, ABZUTRENNEN**

Bei den Fällen, wo ein Reagenz mit mehreren Verbindungen reagiert, muss die Überlegung angestellt werden, ob in den industriellen Betrieben, in denen eine Raumluft-Untersuchung vorgenommen werden soll, diese Stoffe gleichzeitig auftreten können. Ist das nicht der Fall, so ist die Spezifität des Reagenzes für den zu bestimmenden Stoff nicht erforderlich. Dasselbe kann auch gelten, wenn der gesuchte Stoff und die Begleitsubstanz nahezu die gleiche chronische Giftigkeit, d.h. denselben M.A.K.-Wert haben. So kann zum Beispiel die Fujiwara-Reaktion<sup>2,3</sup> sowohl für Chloroform als auch für Trichloräthylen angewendet werden. Auch die Bestimmung von Arsenwasserstoff nach der Testfleckenmethode (Reduktion von Silbernitrat zu metallischem Silber), die von uns mit Erfolg angewendet wird und die neben anderen auch Massmann<sup>4</sup> ausführlich beschrieben hat, bietet ein Beispiel dafür, wie die an eine Standardmethode zu stellenden Forderungen auf Spezifität und Möglichkeit der Abtrennung störender Verbindungen erfüllt werden können.

Nach Massmann sind Chlorwasserstoff und Kohlenmonoxyd praktisch ohne Einfluss auf die Analyse, und Schwefeldioxyd und Schwefeltrioxyd

können erst über 5,000 p.p.m. störend wirken. Dagegen beeinflusst Ammoniak schon in kleinsten Mengen das Ergebnis. Man leitet daher die zu prüfende Luft durch die mit Salzsäure gefüllten Gaswäscher, in denen Ammoniak bis zu etwa 10,000 p.p.m. absorbiert wird. Auch Cyanwasserstoff wirkt auf die Testflecken im Sinne einer Abschwächung; durch Bleiacetatlösung wird dieses störende Gas bis zu 5,000 p.p.m. zurückgehalten. Spuren von Schwefelwasserstoff stören gleichfalls die Bestimmung; auch hier erfolgt die Abscheidung mit Bleiacetatlösung bis zu 10,000 p.p.m. Für die eventuell vorkommenden Gase Phosphorwasserstoff und Antimonwasserstoff, die ebenfalls eine Verfärbung des Silbernitratpapiere verursachen, ist kein Absorptionsmittel vorgesehen, da die Giftigkeit von Phosphorwasserstoff und Antimonwasserstoff in der gleichen Grössenordnung liegt wie die von Arsenwasserstoff und diesen Gasen eine gleiche arbeitsmedizinische Bedeutung beigemessen wird.

**DIE ANALYSENVERFAHREN MÜSSEN EINFACH  
DURCHFÜHRBAR UND PRAKTISCH SEIN UND SOLLEN  
MÖGLICHT KEINE KOSTSPIELIGEN APPARATE ERFORDERN**

Diese Forderungen werden als notwendig angesehen, damit die Kontrolle der Betriebsluft ohne allzu hohe Kosten auch von Industrieunternehmen mit mittelmässigen finanziellen Möglichkeiten durchgeführt werden kann.

Es ist sinnvoll, während der achtstündigen Arbeitsschicht in der nächsten Nähe des Atemweges der Beschäftigten häufig Luftentnahmen vorzunehmen und Analysen durchzuführen, weil nur so ein charakteristisches Bild der Gesamtexposition erhalten werden kann.

Die "achtstündige Arbeitsplatzkonzentration" ist somit stets ein Mittelwert vieler Einzelwerte, und die Streuung der Einzelwerte ist für die Beurteilung des Achtstundenwertes grundsätzlich wichtig, weil bei einigen Arbeitsstoffen eine kurzdauernde Überschreitung des M.A.K.-Wertes ungefährlich sein, bei anderen Stoffen schon eine Vergiftungsgefahr bedeuten kann.

In geeigneten Fällen wird es als zweckmässig angesehen, noch zusätzlich *klinisch-chemische Untersuchungen* durchzuführen, um festzustellen, ob eine unbemerkte Exposition stattgefunden hat, weil niemals mit Sicherheit gesagt werden kann, ob nicht im Laufe des Arbeitsganges unvorhergesehenerweise, wenn auch nur für kurze Zeit, die Konzentration eines Arbeitsstoffes in der Luft am Arbeitsplatz wesentlich überschritten wurde oder ob nicht eine andersartige Aufnahme als durch Einatmen, z.B. durch Resorption über die Haut, stattfand. So können z.B., um eine *Bleiaufnahme* durch den menschlichen Organismus rechtzeitig zu erkennen und eine drohende Bleikrankheit zu verhüten, die Porphyrin- und die Blutbleibestimmung als Frühdiagnostika in Frage kommen. Die Bestimmung von Koproporphyrin im Harn lässt sich verhältnismässig schnell durchführen, so dass häufige Wiederholungen auch die wesentliche Fehlerquelle, nämlich das Schwanken der Porphyrinausscheidung, beheben und ein Gesamtbild abgeben können. Da nach mehrfachen Feststellungen eine gute Parallelität zwischen der Porphyrinausscheidung und dem Blutbleigehalt besteht, ist es zweckmässig, erst nach einer eindeutigen Erhöhung der Porphyrinausscheidung Blutanalysen vorzunehmen, da diese mit der Entnahme verhältnismässig grosser

Blutproben verbunden sind und aus diesem Grunde für oft zu wiederholende Überwachungsuntersuchungen ausscheiden. Ferner ist zu empfehlen, für die Feststellung einer Bleivergiftung auch die Bleibestimmung im Harn heranzuziehen.

Bei *Tetraäthylbleivergiftung* im Frühstadium versagen die soeben erwähnten Laboratoriumsmethoden vollständig, da sich erst nach 3 bis 16 Tagen, wenn die Zerstörung der organischen Bindung des Bleies im Körper weit genug fortgeschritten ist, Porphyrinurie und Bleigehalt im Blut feststellen lassen. Für den Schutz gegen Bleitetraäthylvergiftung ist es daher notwendig, ein schnelles Verfahren ausfindig zu machen, das gestattet, den Gehalt der Raumluft an Bleitetraäthyl häufig zu überprüfen.

Bei ständiger Beeinträchtigung durch *Kohlenoxyd* sollte immer das Blut der Betroffenen auf seinen Kohlenoxydhämoglobingehalt untersucht werden.

Eine Aufnahme von *Chloroform*, *Trichloräthylen* und verwandter Stoffe durch den Organismus lässt sich leicht durch eine Untersuchung des Harns auf seinen Trichloressigsäuregehalt ermitteln.

Als empfindlicher Nachweis einer durch technische Lösungsmittel verursachten Leberschädigung gilt nach amerikanischen Erfahrungen die Bromsulphthaleinprobe nach Rosenthal und White<sup>5</sup>. So konnten ersterer und Bourne<sup>6</sup> mit diesem Test eine im Tierversuch durch zweistündige Chloroformnarkose bewirkte Leberschädigung noch nach 40 Tagen nachweisen. Auch gelang es Hofmann und Oettel<sup>7</sup> für den Bromsulphthaleintest eine Mikromethode zu entwickeln, die pro Entnahme nur 0,2 ml Blut erfordert und nicht nur für die experimentelle Toxikologie, sondern auch für die Klinik eine beachtliche Vereinfachung der Leberfunktionsprüfung darstellt.

Eine Beeinträchtigung durch Aufnahme *organischer Phosphorsäureester* (z.B. Parathion) kann durch eine von Waldman und Krause<sup>8</sup> vorgeschlagene Harnuntersuchung und durch die Hemmung der Cholinesterase nachgewiesen werden.

Diese Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, dass neben der Raumluftüberwachung in industriellen Betrieben auch noch klinisch-chemische Untersuchungen von Bedeutung sein können, um rechtzeitig eine drohende Vergiftung zu erkennen. Es ist anzustreben, auch für diese Art von Untersuchungen einheitliche Methoden festzulegen, um dem Ziel der Erlangung übereinstimmender physiologischer Grenzwerte näherzukommen.

## Literatur

- <sup>1</sup> J. Tausz u. K. Jungmann. *Gas- u. Wasserfach*, **70**, No. 43, 1049 (1927)
- <sup>2</sup> K. Fujiwara. *Sitzber. u. Abh. Naturforsch. Ges., Rostock*, **6**, 33 (1914)
- <sup>3</sup> G. A. Hunold. *Arch. Gewerbepathol. Gewerbehyg.*, **14**, 77 (1955)
- <sup>4</sup> W. Massmann. *Arch. Gewerbepathol. Gewerbehyg.*, **13**, 262 (1954)
- <sup>5</sup> S. Rosenthal u. E. C. White. *J. Am. Med. Assoc.*, **84**, 1112 (1925)
- <sup>6</sup> W. Bourne. *J. Am. Med. Assoc.*, **90**, 377 (1928)
- <sup>7</sup> H. T. Hofmann u. H. Oettel. *Arztl. Wochschr.*, **9**, 965 (1954)
- <sup>8</sup> R. K. Waldman u. L. A. Krause. *Occupational Health*, **12**, 37 (1952)