

dans l'effort créateur. Nous souhaitons que notre pays sache atteindre ce but en y consacrant largement les moyens et les efforts que requiert cette grande et belle tâche sociale et humanitaire.

#### *Résumé*

Dans cet article, l'auteur classe les invalides en 3 catégories:

a) les handicapés qui ont perdu totalement ou dans une large mesure leur capacité de concurrence sur le marché du travail (15 à 20% du total des invalides) et qui sont occupés dans des ateliers privilégiés ou à domicile;

b) les handicapés pouvant être réintégrés directement dans l'économie (45 à 50%), grâce à la division et à la rationalisation du travail qui sont appliquées dans la plupart des entreprises suisses;

c) les handicapés susceptibles de recevoir une formation professionnelle (35%), laquelle les valorise au point de vue économique. Cette formation professionnelle peut être organisée dans des centres de réadaptation branchés sur l'économie.

Le reclassement professionnel des handicapés ne consiste pas simplement en démarches auprès des employeurs; c'est un travail d'équipe qui doit être confié à des collaborateurs qualifiés (médecin, psychotechniciens, spécialistes de la réadaptation et de l'intégration, etc.).

#### *Zusammenfassung*

Die Invaliden werden in diesem Artikel in 3 Gruppen eingeteilt:

a) Invalide, welche ihre Konkurrenzfähigkeit auf dem Arbeitsmarkt völlig oder größtenteils verloren haben (im ganzen 15 bis 20% der Invaliden) und welche in Spezialwerkstätten oder zu Hause arbeiten;

b) Invalide, welche direkt in den Arbeitsprozeß wieder eingesetzt werden können (45 bis 50%), was dem Umstand zuzuschreiben ist, daß die meisten schweizerischen Unternehmen eine Arbeitsteilung und Rationalisierung eingeführt haben;

c) Invalide, welche einer beruflichen Ausbildung fähig sind (35%) und damit wirtschaftlich besser gestellt werden. Diese berufliche Ausbildung kann in Rehabilitationszentren vorgenommen werden, welche mit der Wirtschaft engen Kontakt haben.

Die Wiedereingliederung Behinderter in den Arbeitsprozeß besteht nicht nur in der Vermittlung bei den Arbeitgebern; es ist eine Gruppenarbeit, die qualifizierten Mitarbeitern anvertraut werden muß (Arzt, Psychotechnikern, Spezialisten der Rehabilitation und der Eingliederung usw.).

## **Zur Frage der Beurteilung von Luftverunreinigungen in industriellen Betrieben<sup>1</sup>**

Von *D. Högger*, Zürich<sup>2</sup>

Eine Reihe von Stoffen, die in der Industrie verwendet werden, können, wenn sie als Gas, Dampf, Nebel oder Staub eingeatmet werden, zu Gesundheitsschäden beim Personal führen. Die Gefährdung hängt von verschiedenen Faktoren ab: von den Eigenschaften des Stoffes, von der Konzentration in der

<sup>1</sup> Nach einem Vortrag gehalten vor den eidgenössischen Fabrikinspektoren am 14. Okt. 1959.

<sup>2</sup> Autor: Prof. Dr. D. Högger, Arbeitsärztlicher Dienst des BIGA, Kreuzstr. 26, Zürich 8.

Raumluft, vom Atemvolumen des Arbeiters (schwere oder leichte Arbeit), von der täglichen Expositionsdauer und von der persönlichen Empfindlichkeit, bei schwer löslichem Staub überdies von der Größe der Staubpartikeln. Für den Arbeiterschutz stellt sich die Frage, welche Konzentration eines derartigen Stoffes in der Luft des Arbeitsraumes auf die Dauer als unbedenklich gelten kann, und zwar auch dann, wenn die Belegschaft zum Teil aus besonders empfindlichen Individuen besteht und wenn unter Umständen schwere Arbeit geleistet wird (sog. MAC-Wert = *maximum allowable concentration*, was v. Oettingen in geschickter Weise mit «maximale Arbeitsplatz-Konzentration» übersetzt hat). Auf Grund der Erfahrung sind für alle wichtigeren Stoffe MAC-Werte aufgestellt worden mit dem Zweck, den Aufsichtsbehörden Unterlagen für die Beurteilung der Arbeitsverhältnisse in den Betrieben in die Hand zu geben. Der MAC-Wert ist der höchste Wert, der als dauernde Luftverunreinigung an einem Arbeitsplatz von den Behörden toleriert werden sollte. Wird er an einem Ort, wo Menschen sich dauernd aufhalten, überschritten, so sollen Maßnahmen getroffen werden, um die Giftkonzentration in der Luft zu vermindern (Änderung des Arbeitsverfahrens, bessere Ventilation usw.). Der MAC-Wert ist in erster Linie ein praktisches Kriterium für die Arbeitsaufsicht; er ist nicht etwa eine Naturkonstante, als die er irrtümlich oft aufgefaßt wird.

Sayers war einer der ersten, der, gestützt auf die Angaben der Literatur sowie auf Grund eigener Beobachtungen, eine Liste zusammenstellte, in der für verschiedene Stoffe diejenigen Konzentrationen angegeben waren, die er auch bei Dauorexposition als ungefährlich betrachtete. Später sind weitere derartige Listen aufgestellt worden. Besondere Erwähnung verdient diejenige von Cook von 1945, die den Ausgangspunkt bildete für die Liste der *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*. Diese Zusammenstellung, die erstmals 1948 herausgekommen ist und später jedes Jahr revidiert und ergänzt wurde, wird heute in sehr vielen Staaten der USA und auch in europäischen Ländern benützt. Neben dieser Liste bestehen aber noch andere Zusammenstellungen, beispielsweise diejenige der ICI von 1952, diejenige von *Elkins*, diejenige von *Lehmann* und *Flury* und ferner solche in Rußland.

Ein Vergleich der verschiedenen Listen zeigt, daß die Auffassung hinsichtlich der Zulässigkeit bestimmter Konzentrationen bei zahlreichen Stoffen erheblich auseinandergehen. Es mag dies auf den ersten Blick verwunderlich erscheinen, wird aber verständlich, wenn man sich vor Augen hält, wie diese Werte zustande gekommen sind und was sie bedeuten. Als erstes zeigt sich, daß die Kriterien, die für die Wahl des Wertes maßgebend sind, nicht bei allen Autoren dieselben sind. In vielen Ländern gilt eine Konzentration als zulässig, solange sie nicht zur Entstehung entschädigungspflichtiger Berufskrankheiten führt. Andernorts dagegen werden auch Symptome wie leichtes Kopfweh, Schlafstörungen usw., selbst wenn sie keinen Arbeitsausfall bedingen und nicht entschädigt werden können, berücksichtigt. Schließlich gibt es Autoren, die auch

kleinste Giftkonzentrationen, die beim Menschen keinerlei deutliche Symptome hervorrufen, als unzulässig betrachten, wenn sie beim Tier Veränderungen des Verhaltens hervorrufen (insbesondere Änderungen bedingter Reflexe). Es ist klar, daß sich je nach den angewandten Kriterien verschiedene MAC-Werte ergeben. Nicht nur weichen die Zahlen voneinander ab; auch die praktische Anwendung kann nicht die gleiche sein. Ist bei der Aufstellung des MAC-Wertes ein sehr strenger Maßstab angelegt worden, so kann in der Praxis eine zeitweilige Überschreitung milder beurteilt werden, als wenn der zulässige Wert sehr hoch angesetzt worden ist.

Es ist in letzter Zeit aus Kreisen der internationalen Kommission für Arbeitsmedizin der Vorschlag gemacht worden, eine Liste international anerkannter MAC-Werte aufzustellen. Es setzt dies voraus, daß man sich über die Kriterien einigt, denen diese Werte genügen sollen. In Anlehnung an *Elkins* können grundsätzlich folgende Forderungen aufgestellt werden:

1. Eine dauernde Exposition gegenüber der «maximalen Arbeitsplatzkonzentration» darf nicht zu Erkrankungen führen.
2. Subjektive Beschwerden, wie Kopfweh, Schlafstörungen, Appetitlosigkeit usw., sollten nicht auftreten.

Auch Konzentrationen, die keine mit Arbeitsausfall einhergehende Krankheiten verursachen, sind als unzulässig zu betrachten, wenn sie derartige Beschwerden verursachen. Es wird allerdings oft nicht leicht festzustellen sein, ob derartige Störungen tatsächlich auf eine Giftwirkung zurückgehen oder ob sie anderer Genese sind.

3. Es darf keine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber nichtberuflichen Erkrankungen hervorgerufen werden. Weder darf die durchschnittliche Morbidität der exponierten Bevölkerung größer sein als diejenige der nichtexponierten, noch darf der Krankheitsverlauf ungünstiger sein.

Theoretisch ist diese Forderung sicher berechtigt. Ihre Erfüllung kann indessen nur an einem sehr großen Beobachtungsmaterial überprüft werden. Ein solches steht jedoch nur ausnahmsweise zur Verfügung, so daß der Entscheid häufig wird offengelassen werden müssen.

4. Arbeitsfähigkeit und allgemeine Lebensweise dürfen nicht beeinträchtigt werden. Was den zweiten Punkt betrifft, ist zum Beispiel an den schlechten Geruch zu erinnern, den die Atemluft annimmt, wenn Tellur in den Körper aufgenommen wird.

5. Bei Substanzen, an die man sich erfahrungsgemäß gewöhnt, wie zum Beispiel Säuren oder Formol, sollte der MAC-Wert nicht höher angesetzt werden als auf das Dreifache dessen, was ein Ungewohnter erträgt.

6. Der MAC-Wert sollte nicht höher angesetzt werden als auf einen Zehntel der Konzentration, die bei einer Exposition von  $\frac{1}{2}$  bis 1 Stunde zu einer akuten Vergiftung führt.

Die Feststellung der Werte, die diesen Anforderungen Genüge tun, ist in vielen Fällen nicht einfach. Eine erste Schwierigkeit besteht darin, daß die in Frage stehenden Giftkonzentrationen außerordentlich klein sind. Nur die emp-

findlichsten Bestimmungsmethoden geben einigermaßen befriedigende Ergebnisse. Die Konzentrationen schwanken überdies im Lauf des Arbeitstages, aber auch je nach der durchgeführten Arbeit in erheblichem Umfang. *Kündig* beispielsweise hat bei seinen Untersuchungen Schwankungen im Bereich von 1 : 3 bis 1 : 8 gefunden. Um ein zutreffendes Bild der Verhältnisse zu bekommen, darf man sich nicht damit begnügen, einige wenige Einzelbestimmungen vorzunehmen. Es ist vielmehr notwendig, während längerer Zeit, womöglich während einiger Tage oder sogar Wochen, fortlaufend zu messen, um einerseits einen Durchschnittswert für einen längeren Zeitabschnitt zu gewinnen, andererseits aber auch die Maxima und ihre Dauer zu erfassen. Solche Untersuchungen sind außerordentlich zeitraubend und bisher nur vereinzelt durchgeführt worden.

Eine zweite Schwierigkeit liegt bei der ärztlichen Diagnostik. Die Wirkung sehr kleiner Giftkonzentrationen auf den Organismus ist häufig unspezifisch. Es handelt sich um Reizerscheinungen, um Kopfweg, Appetitlosigkeit, Schlafstörungen usw., die auch bei nichtexponierten Personen, hier aus anderen Gründen, häufig auftreten, so daß sie nicht leicht zu deuten sind. Leichte Vergiftungen werden ohne Zweifel hin und wieder verkannt; aber andererseits werden da und dort wohl auch Gesundheitsstörungen unklarer Genese zu Unrecht als Vergiftungen aufgefaßt.

Die Festsetzung der MAC-Werte stützt sich teils auf Beobachtungen in Betrieben, teils auf Tierversuche. Vor allem ist versucht worden, in Fällen, in denen sich Vergiftungen ereignet haben, die Verhältnisse näher zu analysieren. Es wurde so gut als möglich rekonstruiert, wie hoch vermutlich die Giftkonzentration in der in Frage kommenden Zeitperiode am Arbeitsplatz war, und man versuchte auf diese Weise den Bereich zu bestimmen, der eindeutig als gefährlich zu betrachten ist. Der MAC-Wert wurde dementsprechend tief angesetzt. Entsprechend wurde auch vorgegangen in Betrieben, wo die Arbeiter zwar nicht erkrankten, wo sie sich aber wegen unerträglicher Belästigung beklagten.

Die Schwierigkeit liegt hier darin, daß für länger zurückliegende Perioden die Arbeitsverhältnisse oft kaum mehr rekonstruiert werden können. Es ist kaum festzustellen, welchen Giftkonzentrationen die Arbeiter vor 3, 5 oder 10 Jahren ausgesetzt waren. Insbesondere bei Lösungsmitteln wäre dies jedoch von größter Bedeutung.

Andererseits wurde in Betrieben, in denen auch nach jahrelanger Exposition der Arbeiter keine manifesten Vergiftungen beobachtet wurden, die Giftkonzentration in der Raumluft bestimmt, und es wurde angenommen, daß die gefundenen Werte als zulässig betrachtet werden könnten. Durch Kombination der verschiedenen Ergebnisse suchte man eine Grenze zwischen gefährlichem und ungefährlichem Bereich festzulegen. Tatsächlich gibt es indessen keine scharfe Grenze. Es hängt dies zum Teil mit den Schwierigkeiten der Diagnose und der fortlaufenden Raumluftanalyse zusammen. Vor allem aber kommt es daher, daß die Giftempfindlichkeit von Mensch zu Mensch stark verschieden

ist. Es ist eine bekannte Tatsache, daß beispielsweise in einer Gießerei, in der die Mehrzahl der Arbeiter gesund bleibt, gleichwohl einzelne Silikosen auftreten können oder daß in benzolverseuchten Räumen nicht alle Arbeiter, sondern nur ein Teil eine Verminderung der Leukozyten aufweisen. Die Unterschiede in der Empfindlichkeit machen sich insbesondere bei niedrigen Giftkonzentrationen geltend. Diesen gegenüber erweisen sich viele Individuen als resistent, während andere krank werden. Je niedriger die Konzentration, desto geringer die Zahl derjenigen, die infolge ihrer besonderen Empfindlichkeit noch erkranken. Will man sicher gehen, daß keine Schäden auftreten, so wird man bei der Festsetzung des MAC-Wertes auch die Hochempfindlichen berücksichtigen und den Wert entsprechend tief ansetzen müssen. Er soll höchstens die Hälfte der niedrigsten Konzentration betragen, bei der noch Störungen beobachtet worden sind. Eine solche Sicherheitsmarge ist notwendig, um nicht nur den Empfindlichkeitsunterschieden, sondern auch den wechselnden Atemvolumina und den unvermeidlichen Meßfehlern Rechnung zu tragen. Bei sehr gefährlichen Stoffen, wie Benzol, wird man die Sicherheitsmarge noch größer wählen. Allzu große Margen haben hingegen keinen Sinn. Der MAC-Wert ist definitionsgemäß ein Maximalwert. Er ist der größte aller zulässigen Werte. Wird er zu tief angesetzt, so wird er als solcher entwertet, und die Betriebe werden in vielen Fällen zu umfangreichen technischen Maßnahmen gezwungen, die nicht mehr als im Interesse des Arbeiterschutzes unbedingt erforderlich bezeichnet werden können.

Bei neuen, wenig bekannten Stoffen, bei denen Betriebserfahrungen fehlen, stützen sich die MAC-Wertangaben weitgehend auf Tierversuche. Man geht dabei vielfach so vor, daß man im Tierversuch zu bestimmen versucht, welchem bekannten Gift der neue Stoff in seiner Wirkung am ehesten gleicht, und daß man dann den MAC-Wert in Berücksichtigung allfälliger quantitativer Unterschiede in entsprechender Weise festsetzt. Ein direkter Schluß von der im Tierversuch symptomlos tolerierten Dosis auf die Giftwirkung beim Menschen ist nicht ohne weiteres möglich. Im allgemeinen gilt die Regel, daß die in der Gaskammer exponierten Tiere weniger giftempfindlich sind als der Arbeiter. Hunde ertragen in der Gaskammer  $4 \text{ mg/m}^3$  Hg, während der MAC-Wert für den Menschen auf Grund zahlreicher Erfahrungen nicht höher als  $0,1 \text{ mg/m}^3$  angesetzt werden sollte. Der Unterschied hängt zweifellos zum Teil mit der körperlichen Aktivität des Arbeiters zusammen, zum Teil aber doch wohl auch mit der höheren Empfindlichkeit des Menschen gewissen Nervengiften gegenüber.

Die Verwendung von MAC-Werten in der Arbeitsaufsicht setzt voraus, daß die Giftkonzentrationen am Arbeitsplatz während eines längeren Zeitraumes mit ausreichender Genauigkeit registriert werden können. Wo dies nicht der Fall ist – dies dürfte die Regel sein –, muß der Inspektor in der Lage sein, wenigstens einige Stichproben zu erheben; auf Grund seiner Erfahrung soll er beur-

teilen können, ob im Lauf der Arbeit zeitweise mit wesentlich höheren Konzentrationen gerechnet werden muß. Leider fehlen hierfür oft die notwendigen Unterlagen, und man muß sich mit vagen Schätzungen begnügen. Die heute gewöhnlich geübten Meßmethoden können nicht durchwegs als befriedigend betrachtet werden. Für die Lösungsmittelbestimmung sind im Lauf der letzten zwei Jahre im Arbeitsärztlichen Dienst des Bundesamtes für Industrie, Gewerbe und Arbeit neue Methoden geschaffen worden, die den beschriebenen Anforderungen entsprechen. Sie können zur Zeit allerdings noch nicht routinemäßig, sondern nur in Sonderfällen angewendet werden.

In der Praxis muß häufig auch beurteilt werden, ob ein zeitweiliges Überschreiten des MAC-Wertes toleriert werden kann. Es hängt dies, abgesehen von den allgemeinen Umständen, weitgehend von der Art des Giftes ab. Wo die Gefahr schwerer akuter Vergiftungen besteht (z. B. Cyan), wird man Schwankungen in der Konzentration sehr viel mißtrauischer gegenüberstehen als bei Stoffen, die in den vorkommenden Konzentrationen nur eine Belästigung (organische Ester usw.) verursachen.

Zusammenfassend sei noch einmal festgehalten, daß die MAC-Werte Richtwerte sind, die dazu beitragen sollen, die Beurteilung von Arbeitsbedingungen durch die Organe des Arbeiterschutzes, aber auch durch die Betriebe selber, zu erleichtern. Sie sollen insbesondere auch der Planung der Schutzeinrichtungen zugrunde gelegt werden. Hingegen sind sie für die Beurteilung von einzelnen Erkrankungsfällen nur von beschränktem Wert. Zwar darf gesagt werden, daß Vergiftungen in einer Atmosphäre, in der der MAC-Wert sicher nie überschritten worden ist, äußerst unwahrscheinlich sind; ein geringfügiges Überschreiten des MAC-Wertes beweist aber keinesfalls, daß ein erkrankter Arbeiter an einer Vergiftung leidet. Die Sicherheitsmarge ist aus den oben erwähnten Gründen beträchtlich, und nur extrem empfindliche Personen werden vergiftet, wenn sie einer Konzentration ausgesetzt sind, die etwas über dem MAC-Wert liegt.

Die Festsetzung der MAC-Werte in einer amtlichen Verfügung wäre unseres Erachtens bei den seit langem bekannten Giften zweckmäßig. Es würde dadurch erreicht, daß jeder Betriebsinhaber wüßte, nach welchen Grundsätzen die Organe der Arbeitsaufsicht seinen Betrieb beurteilen. Die Befürchtung, daß dadurch allfällig notwendige Anpassungen erschwert würden, halten wir nicht für begründet. Da es sich nicht um Naturkonstanten handelt, die im Lauf der Zeit immer genauer gemessen werden, sondern um Festsetzungen auf Grund jahrelanger praktischer Erfahrung, bleibt dem Ermessen immer ein gewisser Spielraum, und es ist sinnlos, innert kurzer Zeit immer wieder kleine Änderungen vorzunehmen. Eine periodische Überprüfung der Werte alle drei Jahre dürfte durchaus ausreichend sein.

Die Unsicherheit liegt heute nicht so sehr bei der genauen Festlegung der Werte als vielmehr bei den Schwierigkeiten einer einwandfreien Betriebs-

untersuchung. Werden nicht zahlreiche Bestimmungen an verschiedenen Betriebspunkten und während längerer Zeit mit exakten Methoden durchgeführt, so ist die Fehlerbreite der Messung viel größer als die Unsicherheit des MAC-Wertes.

Internationale MAC-Werte halten wir nicht für sinnvoll. Die MAC-Werte sind ihrem Charakter nach Bestandteil der nationalen Gesetzgebung, in deren Konzeption sie sich einzufügen haben. Ihre Bedeutung erhalten sie erst durch ihre Handhabung. Ob man sie niedrig ansetzen und large anwenden oder hoch ansetzen und streng handhaben will, ist Ermessenssache. Ein Bedürfnis, daß es überall gleich gemacht werde, besteht kaum. Während bezüglich des Strahlenschutzes im Hinblick auf die Verseuchung der Atmosphäre und der Gewässer internationale Vereinbarungen am Platze sind, besteht dafür auf dem Gebiet des Schutzes vor beruflichen Vergiftungen keine derartige Notwendigkeit. Wichtig ist vor allem der Erfahrungsaustausch. Wie diese Erfahrungen am besten nutzbar gemacht werden, ist jedoch Sache der einzelnen Länder. Im Vordergrund stehen heute zweifellos die Bemühungen zur Verbesserung der Meßmethoden. Solange hier kein Erfolg erzielt wird, kann eine Präzision der Werte nur von beschränkter Bedeutung sein. Auch für die Zukunft wird im übrigen gelten, daß ihre korrekte Anwendung immer eine Kunst sein wird, deren Erlernung jahrelanger Erfahrung bedarf.

#### *Zusammenfassung*

Die MAC-Werte sollen den Aufsichtsbehörden, die den Arbeiterschutz zu überwachen haben, als Wegleitung bei der Formulierung ihrer Postulate dienen. Es wird vorgeschlagen, im Interesse der einheitlichen Behandlung aller derartigen Probleme offizielle Werte anzugeben, die für alle Beteiligten maßgebend wären. Dabei muß jedoch betont werden, daß die MAC-Werte keine biologischen Konstanten sind. Ihre Festsetzung ist in weitem Bereich eine Ermessensfrage, deren Beantwortung nicht allein von medizinischen, sondern weitgehend auch von praktischen rechtlichen Erwägungen abhängig ist.

#### *Résumé*

Pour les autorités s'occupant de la surveillance de la protection des travailleurs les valeurs limites de concentration de substances toxiques servent de moyen pour formuler leurs postulats. Il est proposé dans l'intérêt d'un règlement uniforme de tous les problèmes de ce genre de donner des valeurs officielles, qui seraient déterminantes pour tous les intéressés. Il faut pourtant souligner que les valeurs limites de concentration de substances toxiques ne sont pas des constantes biologiques. Dans un domaine plus étendu l'établissement de ces valeurs est une question de jugement, qui ne dépend pas seulement de considérations médicales, mais aussi de considérations légales pratiques.

#### **Literaturverzeichnis**

*Cook*: Ind. Med. 14, 936 (1945).

*Elkins*: The chemistry of ind. Toxicology, New York 1958.

*Lehmann und Flury*: Toxikologie und Hygiene der technischen Lösungsmittel. Berlin 1938.

*Sayers*: International crit. Tables, Vol. II (1927).