

## Gesundheitsgefahren beim Schweißen<sup>1</sup>

Von A. Stökly, Gewerbearzt<sup>2</sup>

Der *Schweißprozeß* ist eine unter Anwendung künstlicher Wärme (verbrennende Gasgemische oder elektrischer Lichtbogen) vor sich gehende Vereinigung von Metallteilen. Er stellt nicht nur wegen der großen Menge der in Frage kommenden Stoffe, sondern ebensowohl infolge der Vielgestaltigkeit der technischen Arbeitsbedingungen und der persönlichen Arbeitsweise ein außerordentlich vielseitiges toxikologisches Problem dar. Es ist deshalb verständlich, wenn sich im Laufe der Zeiten widersprechende Anschauungen über die gesundheitlichen Auswirkungen der einzelnen Schweißverfahren herausbilden konnten, die von der Annahme einer völligen Ungefährlichkeit, ja sogar gesundheitsfördernden Wirkung (Erkältungsprophylaxe durch ultraviolette Bestrahlung) durch den Russen *Lipkowitsch* [33] zur Postulierung von einzelnen Organschädigungen oder sogar einer eigentlichen «Schweißerkrankheit» gingen (*Chavigny* [4], *Waniek* [61], [62], *Kny* [29], *Pecora* [42] u. a. Es soll hier aber nicht die historische Entwicklung unserer Erkenntnisse aufgezeigt, sondern die gesundheitlichen Aspekte der heutigen verschiedenen Schweißverfahren besprochen werden. Dazu erörtern wir in der Folge die potentiellen gesundheitlichen Gefahren der einzelnen beim Schweißen auftretenden oder verwendeten Stoffe und Faktoren.

### I. Gase, UV-Strahlung und elektrischer Strom

Als erstes dürfte es gegeben sein, sich mit den zur Metallverflüssigung erforderlichen *Energiequellen* zu befassen. Es handelt sich um die für das Autogenvorgang gebrauchten Gase Sauerstoff und Azetylen einerseits, den beim Lichtbogen-Schweißen angewandten elektrischen Strom und seine Auswirkungen andererseits.

**Sauerstoff und Ozon:** Der *Sauerstoff* (O<sub>2</sub>) ist bei längerer Exposition gegenüber Konzentrationen von über 60% gesundheitsschädlich. Er führt allmählich zu einer Reizung der Atemschleimhäute, zu einer Verdickung der Alveolarepithelien und damit zu einer Erschwerung des Gasaustausches (*Møller* [38]). Sauerstoffeinatmung unter Überdruck erzeugt zentral-nervöse Symptome (Brechreiz, Schwindel, Angst, Erstickungsgefühl, Halluzinationen, Krämpfe, Bewußtlosigkeit) (*Kenneth* [26]). Beim Gasschweißen kommt es zu keinen gefährlichen Konzentrationsanreicherungen in der Atemluft. Hingegen kann die absichtlich herbeigeführte Durchtränkung der Kleider mit Sauerstoff zu Verbrennungsgefahr führen. So berichtet *Richter* [44] über die tödliche Verbren-

<sup>1</sup> Vortrag gehalten am 22. Juni 1960 vor der «Studiengruppe für Gesundheitsschutz in Industrie und Gewerbe» in Zürich.

<sup>2</sup> Adresse des Verfassers: Dr. med. A. Stökly, Bergstraße 28, Luzern.

nung eines Arbeiters, der vor dem Schweißen Sauerstoff in einen geschlossenen Kessel einleitete, wonach sich seine Arbeitskleidung beim Beginn des Schweißens durch einen Funken entzündete. Es wird daraus die Forderung abgeleitet, daß beim Schweißen in engen Räumen zur Belüftung nur Frischluft, jedoch niemals Sauerstoff eingeleitet werden darf. Ebenso soll zum Schweißen nur festgewebtes, dichtes Arbeitszeug getragen werden, damit es nicht zu einer Anreicherung von Sauerstoff kommen kann. Wegen der gesteigerten Brandgefahr dürfen auch die Ventile der Sauerstoff-Flaschen nicht gefettet werden.

Ozon ( $O_3$ ), eine besonders reaktionsfähige Form des Sauerstoffs, ist ein Reizgas, das in geringeren Konzentrationen Kopfschmerzen, Augenbrennen, Müdigkeit oder auch Schlaflosigkeit verursachen kann. In höheren Konzentrationen ist es ein heftiges Reizgift für die Atemschleimhäute, das ähnlich wie die nitrosen Gase wirkt.

Ozon kann auf verschiedene Arten gebildet werden. Beim *Lichtbogen-Schweißen* verwandeln die von der Elektrode ausgehenden ultravioletten Strahlen einen Teil des Luftsauerstoffes in Ozon. Beim einfachen Schweißen mit nackten oder ummantelten Elektroden ist die Bildung jedoch so gering, daß gesundheitliche Störungen nicht zu erwarten sind. Nach *Hoschek* [22] zerfällt es schon wenige Zentimeter außerhalb des Lichtbogens und wird daher nicht mehr eingeatmet. Zudem sollen die beim Schweißen entstehenden Eisennebel den Sauerstoff und damit auch das Ozon so begierig an sich reißen, daß es nicht zur Ausbildung gefährlicher Konzentrationen kommt.

Beim *Schutzgasschweißen mit Edelgasen* ist zum Teil infolge des Gaseinflusses, zum Teil wegen der verwendbaren höhern Stromintensitäten und der raschern Arbeitsweise die ultraviolette Strahlung größer und die Ozonbildung damit wesentlich gesteigert. *Silvermann* und *Gilbert* [49] stellten fest, daß dabei der MAK-Wert von 1 ppm in der Nähe des Lichtbogens und im Arbeitsraum überschritten wurde. Hingegen blieben die Meßwerte im Innern des Schweißhelmes unter dieser Limite. *Kleinfeld* und Mitarbeiter [28] schätzten die Mehrproduktion an Ozon auf das 5–30fache. Diese Autoren berichteten über mehrere *Vergiftungsfälle*. Nitrose Gase konnten als Ursache ausgeschlossen werden, da am Unfallort in der Atemsphäre 9,2 ppm Ozon festgestellt werden konnten, während nitrose Gase nicht nachweisbar waren. *Vigliani* [60] teilte 1957 eine ähnliche Ozonvergiftung mit. Aus einer späteren, englischen Arbeit von *Challen et al.* [3] geht hervor, daß der MAK-Wert für Ozon inzwischen auf 0,1 ppm herabgesetzt wurde, da ultraviolette Strahlen auch Trichloräthylendämpfe in das viel gefährlichere Phosgen verwandeln können.

Der SUVA selber sind bisher nur einige wenige Fälle von Schleimhautreizungen durch Ozon vor einigen Jahren gemeldet worden, die beim Aluminium-Schutzgasschweißen mit Argon aufgetreten waren.

**Nitrose Gase ( $NO$ ,  $NO_2$ ,  $N_2O_4$ ,  $N_2O_3$ ):** In der Hitze des Schweißvorganges kommt es zu einer Oxydation des an der Arbeitsstätte vorhandenen Stickstoffs,

wobei in Abhängigkeit von Temperatur und Konzentrationsverhältnissen die verschiedenen zum Teil unbeständigen ( $N_2O_3$ ) und miteinander in einem gewissen Gleichgewichtszustand befindlichen Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs entstehen, die man in ihrer Gesamtheit als nitrose Gase bezeichnet. Es handelt sich um stechend riechende, gelbrote bis rostbraune schwere Dämpfe, die mit Wasser oder auf feuchten Oberflächen (Atemschleimhäute) salpetrige Säure und Salpetersäure bilden. Diese *Säuren* reizen und zerstören allmählich das der Atmung dienende Lungengewebe und führen nach einem symptomarmen Intervall zu schweren Entzündungen der Atemschleimhäute, die bis zur Lungenentzündung (Bronchopneumonie) und sogar zur tödlichen Lungenwassersucht (Lungenödem) gehen können. Wahrscheinlich wandelt sich in den alkalischen Körpersäften ein Teil der Gase auch in *Nitrite* um, wodurch es zum Absinken des Blutdruckes, zu leichter Narkose und teils zur direkten, aber reversiblen Oxydation des Ferro-Eisens des Blutfarbstoffs zu Ferri-Eisen kommt (*Moeschlin* [40]). Als Folgezustände sind beim Überlebenden schwere Beeinträchtigungen der Lungenfunktion und Herzschäden beschrieben. Die Vergiftung beginnt mit Reizhusten. Auf oft stundenlanges beschwerdefreies Intervall folgen Druckgefühle auf der Brust, Krampfhusten, Erstickungszustände, Herausgabe blutig-schleimigen Auswurfs und der Tod an Herzversagen. Es gibt auch schleichende Fälle, wo der Tod sich als Folge einer chronischen Bronchialentzündung (Bronchiolitis) einstellt. Nach der Einatmung von nitrosen Gasen ist jede körperliche Anstrengung (Radfahren, Lastenheben, auch bloßes Umhergehen) gefährlich. Vergiftete sind ruhigzustellen, liegend zu transportieren. Verdachtsfälle dürfen nicht sich selbst überlassen bleiben. Wo nicht von vorneherein klinische Behandlung angezeigt ist, muß der Hausarzt rasch verständigt und auf die Notwendigkeit einer sofortigen und engen Überwachung aufmerksam gemacht werden.

Vergiftungen durch nitrose Gase beschrieben: *Maenicke* [34], *Wright-Smith* [66], *Mawick* [36], *Crämer* [7], *Kienitz* [27], *Rimarski* und *Konschak* [45], *Coppens* [6], *Felsch* [15], *Schiötz* [52], *Humperdinck* [24], *Hatt* [18]. Sämtliche dieser Vergiftungen ereigneten sich beim Gasschweißen in sehr engen Räumen. Die Menge der entstehenden nitrosen Gase ist abhängig von jener des Azetylens und der Größe des Brenners. Am meisten nitrose Gase entstehen bei freibrennendem Brenner (*Forssman* [17]). Auch beim *Lichtbogen-Schweißen* bilden sich nitrose Gase. Amerikanische Untersuchungen in Schiffswerften ergaben in etwas mehr als 50% von ungefähr 2000 Analysen Werte unter 5 ppm (*Dreessen W.C. et al.*). Der MAK-Wert für Stickstoffdioxid betrug im Jahre 1959 5 ppm oder 9 mgr/m<sup>3</sup>.

Angeregt durch *Elkins* [13] veröffentlichten *Silverman* und *Husain* [48] im Jahre 1951 das Resultat von ausgedehnten praktischen Versuchen. Danach nimmt die Konzentration des wohl gefährlichsten nitrosen Gases, des Stickstoffdioxids ( $NO_2$ ), in Abhängigkeit von der Zahl der Elektroden zu. Bei nackten

Elektroden entwickelt sich mehr  $\text{NO}_2$ ; der Gesamtgehalt an Stickoxyden wird aber nicht größer. Die erhöhten Konzentrationen bilden sich im Verlauf einiger Stunden wieder zurück. Es wird angenommen, daß große Mengen von Stickoxyden mit Eisenrauchen reagieren oder von ihnen absorbiert werden. Interessant sind auch die Untersuchungsergebnisse von *Souček* [51]. Er fand in der Raumluft unter günstigen Arbeitsbedingungen Werte von 5,2 ppm und bei geschlossenen Räumen 25 ppm. Auf Höhe des Schweiß-Schildes fand er in gut, aber nicht künstlich gelüfteten Räumen 7,4 ppm. In engen Behältern betrug die Werte zwischen 24,3 und 36,4 ppm. Beim *Schutzgas-Schweißen mit Argon* wurden Konzentrationen bis zu 42 ppm gemessen. 25 ppm wurden vom Autoren als MAK-Wert vorgeschlagen. Später berichtete *Souček*, daß die Konzentration der Stickoxyde von der angewendeten Stromstärke abhängt. *Thrysin*, *Gerhardsson* und *Forssman* [57] fanden beim Arbeiten mit stark ummantelten Elektroden verhältnismäßig geringe Konzentrationen an nitrosen Gasen. Nach diesen Autoren hängt die Menge der gebildeten Stickoxyde primär von der Länge des Lichtbogens, der Volt- und Ampèrezahl ab. Die heute gültige Meinung (*Hoschek* [22], *Fay*, *Mohr* und *McDaniel* [14], *Holstein* [20]) geht dahin, daß gefährliche Mengen an Stickoxyden beim Elektroschweißen nicht entstehen, weil der Eisendampf den gesamten Luftsauerstoff des Lichtbogens an sich reißt. Die bisher erschienenen Angaben über Schädigungen durch nitrose Gase beim Elektroschweißen beruhen auf falschen Annahmen.

**Azetylen:** Azetylen wird aus einer Reaktion von *Kalziumkarbid* ( $\text{CaC}_2$ ) mit Wasser gewonnen. Kalziumkarbid ist eine pulverförmige Substanz, die Reizungen und Verätzungen der Haut und der feuchten Schleimhäute verursachen kann und mit Wasserstoffverbindungen von Phosphor, Arsen, Schwefel und Selen sowie Ammoniak und Kohlenoxyd verunreinigt ist.

*Azetylen* ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) ist ein Gas, dessen Geruch durch seine Verunreinigungen bestimmt ist. Es verursacht keine örtlichen Reizungen, besitzt aber eine narkotische Wirkung. Gemische von Azetylen mit Luft sind explosiv, wenn sie mehr als 2,8% und weniger als 73% Azetylen enthalten (*Flury* und *Zernik* [16]).

Beim Schweißen mit Azetylen kommt es praktisch nie zur Anreicherung toxisch wirksamer Konzentrationen, weil es vor Erreichung der Schädlichkeitsgrenzen verbrennt. Von den genannten Verunreinigungen hat nach *Borbély* [2] nur der stark giftige *Phosphorwasserstoff* eine gewisse Bedeutung. Einwandfrei festgestellte Vergiftungen scheinen sich zwar nie ereignet zu haben (*Teleky* [56]). *Borbély* weist aber darauf hin, daß unter betriebsüblichen Bedingungen der auf 0,05 ppm festgesetzte MAK-Wert vermutlich gelegentlich überschritten wird und meint, daß gewisse uncharakteristische gastro-intestinale Störungen oder allgemeines Unwohlsein durch diesen Stoff bedingt sein könnten.

In unserer Zeit beziehen die Schweißbetriebe das Azetylen meistens fertig fabriziert in Druckflaschen, wo es in Azeton gelöst und von Kieselgur aufgesaugt ist (Dissousgas). Der Reinheitsgrad des Produktes dürfte dadurch größer,

die Gefahr des Vorkommens gefährlicher Verunreinigungen noch kleiner geworden sein.

**Kohlenoxyd (CO):** Bei jeder Verbrennung organischen Materials kann, neben dem praktisch nur als Stickgas wirksamen *Kohlendioxyd* ( $CO_2$ ), unter besondern Umständen auch etwas *Kohlenmonoxyd* ( $CO$ ) gebildet werden. Beim Gasschweißen dürfte allerdings der künstlich zugeführte Sauerstoff unter den üblichen Arbeitsbedingungen eine Kohlenmonoxydbildung weitgehend verhindern. Die wenigen, meist weit zurückliegenden Berichte über Kohlenmonoxydvergiftungen (*Holtzmann* [21], *L. Schwarz* [53], *Ziemke* [67]), waren zum Teil schon damals umstritten. Es dürfte sich dabei eher um Vergiftungen durch nitrose Gase oder eine bloße Erstickung infolge Verarmung der Atemluft an Sauerstoff gehandelt haben (Arbeiten in einem subaqualen Wasserleitungsrohr, das im Innern einen bituminösen Belag aufwies, jedoch nur von außen mit dem Schweißbrenner erhitzt wurde). Nach den neulich von *Hummitsch* [23] durchgeführten Messungen ist beim *Gasschweißen* wie beim Lichtbogenschweißen die Kohlenoxydentstehung sehr gering. Der CO-Gehalt der Luft hinter dem Schutzschild des Schweißers ist wesentlich geringer als im Zigarettenrauch. *Kellermann* und *Mitarbeiter* [25] stellten bei ihren Versuchen 0,0119 Vol. % CO in der Atemluft und dicht über dem Arbeitsplatz 0,0194 Vol. % fest. Der MAC-Wert beträgt 0,01 Vol. %.

Etwas anders liegt nun aber das Problem beim *Schutzgasschweißen mit Kohlendioxyd*. Nach *Liebhardt* [32] dissoziiert die Kohlensäure nach Verlassen der Brennerdüse weitgehend zu Kohlenmonoxyd und Sauerstoff, so daß der Lichtbogenmantel sich aus diesen Gasen und Kohlensäure aufbaut. Ein geringer Teil des Kohlenmonoxyds entkommt in die Atmosphäre. Je nach Elektrodenart und Ampèrezahl konnte das Freiwerden von bis zu  $\frac{1}{2}$  Liter Kohlenoxyd pro Minute festgestellt werden. Das Kohlenoxyd wurde größtenteils in der Zone der aufsteigenden Rauche vor dem Schweißhelm angetroffen, wo Messungen 0,016 bis 0,02 Vol. % ergaben gegenüber nur 0,001 Vol. % CO hinter dem Schweißhelm. Nach *Wittgens* [63] betrug nach vier Minuten dauerndem Schweißen der Kohlenoxydgehalt der Luft an der Schweißstelle 0,002 Vol. %, in 30 cm Entfernung weniger als 0,001 Vol. %, während hinter dem Schutzschild nur noch Spuren des Gases vorhanden waren. Blutuntersuchungen nach 3–4stündigem Schweißen ließen kein Kohlenoxyd nachweisen. Der Autor empfiehlt, die Rauchschwaden in der Nähe der Schweißstelle abzusaugen und zumindest in kleineren Räumen oder Schweißboxen die Handschweißer mit einem *Frischluft-Schweißhelm* oder einer Druckluft-Halbmaske auszurüsten.

**Ultraviolett-Strahlen:** Die durch den elektrischen Lichtbogen erzeugte Ultraviolett-Strahlung kann die «*elektrische Ophthalmie*» verursachen, die in einer entzündlichen Reizung der Augenbindehäute, vielfach auch der Hornhaut, seltener der Regenbogen- und Netzhaut besteht. Nach einer Latenzzeit von einigen Stunden gibt sich das Leiden durch Tränenfluß, Fremdkörpergefühl im Auge, Schmerzen und Lidkrämpfe zu erkennen und gleicht der bekannten

«Schneeblindheit». Dauerschäden kommen in der Regel nicht zur Beobachtung (*Natanson* und *Winogorow* [41]). Anmeldungen an die Anstalt erfolgen praktisch nie, weil jeder Schweißer von der Notwendigkeit eines Augenschutzes durch das Tragen gefärbter Gläser hinreichend orientiert ist. Am ehesten noch kommen Schädigungen von Drittpersonen (Zuschauer) zur Beobachtung.

Die Ultraviolett-Strahlen können auch zu einer Reizung und sukzessiven Bräunung der ihnen ausgesetzten *Hautflächen* führen. Schädigungen ereignen sich selten, weil der Schweißerschild und die Handschuhe einen guten Schutz bieten.

Viel diskutiert wurde seinerzeit die Frage, ob das ultraviolette Licht ähnlich wie die Röntgenstrahlen fähig sei, in den Körper einzudringen und tiefer gelegene Organe, wie zum Beispiel die Keimdrüsen, zu schädigen. Eine solche Wirkung kommt mit Sicherheit weder den ultravioletten noch den übrigen Strahlungen des Lichtbogens zu, da alle diese Strahlen nur eine sehr geringe Tiefenwirkung besitzen und von fast allen Materialien zurückgehalten werden. Die angeblich positiv ausgefallenen Schwärzungsversuche an photographischen Filmen waren wegen mangelhafter Abdeckung durch das Eindringen gewöhnlichen Lichtes bewirkt worden (*May*, zitiert nach *Crämer* [8]).

**Elektrischer Strom:** Im Verhältnis zur außerordentlich verbreiteten Anwendung des Lichtbogen-Schweißens sind Verletzungen durch den elektrischen Strom sehr selten. Im Sicherheitsbrief für Elektroschweißer werden nach *Crämer* [8] folgende Ursachen als bemerkenswert angeführt: Schweiß als Stromleiter, schlecht isolierende oder fehlende Unterlagen, Berührung von Metallteilen durch den Körper, beschädigte Kabel, fehlende Schutzhandschuhe, Schaltänderungen an unter Spannung stehenden Schweißmaschinen usw.

## II. Schweißbrauche

Nach diesen vielschichtigen Ausführungen über die Bedeutung der Energiequellen des Schweißprozesses haben wir uns noch dem *Material* zuzuwenden, das den Einwirkungen der Schweißflamme unterliegt. Es handelt sich hier um eine Reihe von *Metallen*, die zum Teil rein oder in Legierungen vorliegen und um *Zusätze* metallischer und nichtmetallischer Art, welche die Inhaltstoffe der Elektrodenmäntel bilden. Ferner werden wir uns mit allen möglichen additiven Stoffen beschäftigen, die zufällig in den Bereich der Schweißflamme geraten, wie zum Beispiel bleihaltige Anstriche, Überzüge aus Chrom, Nickel, Kadmium, Kunstharzen, Beigabe von Fetten, Ölen usw. Alle diese Substanzen kommen in der Schweißflamme zur Erhitzung und zur teilweisen Verdampfung, wobei sie auf die mannigfachste Weise mit dem Sauerstoff der Luft und untereinander reagieren können. Sie bilden Rauche, deren Auswirkungen der Schweißer bis zu einem gewissen Grade ebenfalls ausgesetzt ist.

**Allgemeine Zusammensetzung der Schweißbrauche:** Die *Zusammensetzung*

der *Schweißrauche* ist von den Grundstoffen abhängig. In Staubablagerungen, die nach dem Schweißen von Eisenbahnschienen unter *Verwendung blanker Elektroden* entstanden waren, stellte *Koelsch* [31] folgende Zusammensetzung fest:

Ferrosoxyd . . . . .	23,22%
Ferrioxyd . . . . .	71,31%
nicht oxydiertes Eisen . . . . .	0,73%
Kohlenstoff . . . . .	0,59%
Silizium . . . . .	0,50%
Mangan . . . . .	0,65%
Phosphor . . . . .	0,06%
Schwefel . . . . .	0,11%
Kalziumoxyd . . . . .	0,80%

Die *Zusammensetzung der Ummantelung der Elektroden* schwankt je nach Verwendungszweck. *Thrysin* und *Mitarbeiter* [57] fanden, daß der Hauptbestandteil der mit *erzsauren Elektroden* gewonnenen Rauche sich wie folgt zusammensetzt:

Ferrosoxyd . . . . .	50,2%
Mangandioxyd . . . . .	10–28%
Siliziumdioxyd . . . . .	28,2–33,1%

Dazu kommt gelegentlich noch Titanoxyd (15–33%). Ebenso ist in den meisten Elektroden etwas Kupfer enthalten (*Hoschek* [22]).

Bei den in jüngster Zeit verwendeten *kalkbasischen Elektroden* entstehen Rauche, die sich nach *Maßmann* [35] wie folgt zusammensetzen:

Fluor . . . . .	20,2%
Ferrioxyd . . . . .	29,4%
Mangandioxyd . . . . .	11,9%
Kalziumoxyd . . . . .	11,6%
Kaliumoxyd . . . . .	13,7%
Natriumoxyd . . . . .	1,7%
Siliziumdioxyd . . . . .	6,9%

In gewissen Stahlsorten sind weitere Metalle enthalten: Chrom (bis zu 12%), Nickel (bis zu 8%); Mangan, Kupfer, Silikone, Molybdän (bis zu 3%), Wolfram, Tantalum usw. Im Aluminium können geringe Mengen von Zinn, Wismut und Blei enthalten sein. Messing setzt sich aus Kupfer und Zink, Bronze aus Kupfer und Zinn zusammen. Die galvanischen Überzüge des Eisens bestehen aus Zink. *Holstein* [19] berichtet, daß früher in den Ummantelungen häufig auch Thorium enthalten war. *Hoschek* [22] erklärt dazu, daß kürzlich eine größere Zahl der

heute gebräuchlichen Schweißelektroden spektrographisch auf Thorium und physikalisch auf Alpha- und Gammastrahlen untersucht wurden, beides mit negativem Ergebnis.

Über die toxikologische Bedeutung der verschiedenen Metalle, Metalloide und übrigen Stoffe läßt sich folgendes sagen:

**Eisen:** Das meist in Oxydform vorliegende Eisen ist mengenmäßig im Schweißrauch in erheblichem Maße vertreten. Im menschlichen Organismus besitzt es als Bestandteil von Zellen, Fermenten und vom Hämoglobin eine große Bedeutung. Trotzdem kann die Aufnahme seiner Oxyde für den Körper giftig sein. In der *Humanmedizin*, wo das Eisen bei Blutarmut angewendet wird, verursacht es oft Reizerscheinungen der Magenschleimhäute. Bei *Kindern*, welche eine große Menge Tabletten genascht hatten, sind tödliche Vergiftungen vorgekommen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß beim Gas- und Lichtbogen-Schweißen erhebliche Mengen von Eisenoxyd durch die Lungen in den Körper aufgenommen werden können. Infolge des natürlichen Eisengehaltes der Körpergewebe und des Blutes ist der Nachweis zusätzlicher Eisenmengen nicht leicht (*Hoschek* [22]). Der gleiche Autor fand in Reihenuntersuchungen eine Erhöhung des Serumeisens bei fast der Hälfte der 16 Untersuchten. Die Arbeitsbedingungen waren dabei allerdings absichtlich extrem ungünstig gewählt worden. In Tierversuchen von *Maßmann* [35] führte bei einem Teil der Ratten die Zufuhr größerer Mengen von Ferrioxyd in die Luftröhre oder die Exposition gegenüber erheblich konzentrierten Schweißrauchen aus kalkbasischen Elektroden zum Tode, was vermutlich durch ein toxisches Kreislaufversagen geschah. Eventuell sind aber die Ratten besonders empfindlich gegenüber dem Eisen, und die Ergebnisse des Versuches dürfen nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragen werden. Jedenfalls wurde bis jetzt einzig von *Holstein* (zitiert nach *Hoschek*) über einen Fall von akutem Gießfieber als seltenste Einzelercheinung berichtet.

*Chronische Schädigungen durch Eisenrauche* kommen vor. In erster Linie sind hier die Eiseneinlagerungen in die Lungen zu erwähnen, die als *Lungensiderosen* von einer Reihe von Autoren wie *Koelsch* [31], *Tillmann* [58] usw. bei Eisenfeilern, Schweißern, Brennern, Walzwerkerarbeitern beschrieben werden. Die Röntgenbilder ähneln jenen der Silikose. Da das Eisen jedoch keinen besondern Wachstumsreiz auf das Stützgerüst der Lungen ausübt, kommt es im Gegensatz zur Silikose nicht zum Auftreten der gefürchteten Verhärtungen und Verschwielungen (Fibrose). Die erst nach jahrelanger und erheblicher Exposition auftretenden Lungenveränderungen können aber zu chronischen Bronchitiden führen. Im allgemeinen sind die Beschwerden sehr gering. Man nimmt zudem an, daß das Eisen, wiederum im Gegensatz zum Quarz, allmählich wieder aus den Lungen herausgeschafft wird. Der Anstalt sind bis jetzt nur ganz wenige Einzelfälle gemeldet worden.

Manche halten einen Zusammenhang zwischen *Magenerkrankungen* und

Schweißertätigkeit für möglich. Man nimmt an, daß ein Teil des verschluckten Eisens unter der Einwirkung der Salzsäure im Magen zu Eisenchlorid verwandelt werden dürfte, welches dann als lokales Reizmittel Schleimhautentzündungen bewirken könnte. *Maßmann* [35] verleihte Ratten Eisensalze direkt in den Magen ein, ohne daß er solche Schleimhautschädigungen beobachten konnte. *Kellermann* [25] und Mitarbeiter fanden bei Versuchen mit kalkbasierten Elektroden im Magendarmtrakt von Ratten Reizungen der Schleimhaut, die allerdings so gering waren, daß daraus ein Einfluß auf das Allgemeinbefinden der Tiere nicht angenommen werden könnte. Eine Häufung von Verdauungsbeschwerden und Magenerkrankungen bei Elektroschweißern fanden *Crämer* [7], *Rösing* [46], *Mignolet* [37], *Sommer* und *Reinhardt* [50], *Doig* und *Duguid* [11], *Dohrmann* und *Völkner* [10]. Allerdings können eine Reihe weiterer, nicht toxikologischer Faktoren als Ursache solcher Störungen ebenfalls in Frage kommen. Andere Untersucher, wie zum Beispiel *Tschauder* [59], verneinen das Vorkommen gehäufter Magenschädigungen bei Schweißern. Das von *Tallenberg* [55], *Waniek* [61] und *Kny* [29] sowie *Crämer* [8] seinerzeit behauptete Auftreten von Leberschädigungen wird von den neueren Autoren als zu wenig bewiesen betrachtet.

**Mangan:** Der erhebliche Gehalt gewisser Schweißbrauche an Mangan hat schon früh an die Möglichkeit einer Manganvergiftung denken lassen (*Beintker* [63], *Pozzi* [43], zitiert nach *Crämer* [8]). *Hoschek* [22] und *Kellermann* [25] haben im Tierversuch die Aufnahme von Mangan aus den Schweißbrauchen beweisen können. Die Manganwerte im *Blut* der von *Hoschek* kontrollierten Schweißer waren aber meist normal, während *im Urin* zum Teil eine stark vermehrte Ausscheidung festzustellen war. Die klassischen Symptome einer Manganvergiftung wurden bisher bei Schweißern nicht beobachtet. Eine direkte Reizwirkung des Mangans auf die Magenwand wird verneint. Bei der schweren chronischen Manganvergiftung nach länger dauernder Exposition kommt es zu schweren Nervenstörungen mit Parkinsonismus. Lungenentzündungen, die beim Arbeiten mit dem Thomasschlackenmehl vorkamen, werden ebenfalls auf Mangan zurückgeführt. Manganvergiftungen sind verhältnismäßig selten. Sie wurden bis jetzt nur im Ausland beobachtet. Als jüngste Quelle von Manganvergiftungen nennt *Baader* [1] die Elektrodenherstellung mit Manganummantelungen. Nach *Hamilton*, zitiert bei *Moeschlin* [40] bilden Mangandämpfe, die beim Schweißen von Manganlegierungen oder beim Gebrauch manganhaltiger Elektroschweißstäbe entstehen, eine neue Vergiftungsquelle.

**Siliziumdioxid (Kieselsäure, SiO<sub>2</sub>):** Die an den Elektrodenumhüllungen vorhandene Kieselsäure besteht nach den Untersuchungen von *Thrysin* und *Gerhardsson* (zitiert nach *Hoschek* [22]) aus gebundener Kieselsäure, die keine Silikose zu bewirken vermag. Gelegentlich vorgefundene Veränderungen im Röntgenbild beruhten wohl weitgehend auf Eisenstaubeinlagerungen (Siderosen). Jedoch könnte eventuell eine bloße Lungenverstaubung durch amorphe Kiesel-

säure unter Umständen das Auftreten von Lungenentzündungen begünstigen (*Jötten*, zitiert nach *Hoschek*). So fanden *Dreessen* und *Mitarbeiter* [12] bei annähernd 5000 Schiffsschweißern eine größere Häufigkeit von Entzündungen der Nasenschleimhaut und der Rachenschleimhäute. *Collen* [5] beobachtete dagegen anhand von 2794 Pneumoniekranke, daß die Elektroschweißer gegenüber den andern Werftenarbeitern weder häufiger noch schwerer an Pneumonien erkrankten.

*Ševčík* und *Mitarbeiter* [47] fanden Entzündungen der oberen Luftwege bei jüngeren resp. kürzer exponierten Schweißern deutlich häufiger als bei älteren, länger exponierten Schweißern, sowie häufiger bei Rauchern (75%) als bei den Nichtrauchern (25%). Die Autoren messen deshalb dem übermäßigen Rauchen eine größere Bedeutung zu.

In den Mänteln gewisser Elektrodenarten ist auch *Asbest* enthalten. Die in den Schweißbrauchen festgestellte Kieselsäure dürfte zum Teil auf dieses Material zurückzuführen sein. Schädigungen durch Asbest selber sind kaum denkbar, da dieses im Lichtbogen verbrennt.

**Chrom, Nickel, Molybdän, Wolfram, Tantalum usw.:** Der meist nur geringe Anteil dieser Metalle an der Zusammensetzung des Schweißgutes machen es verständlich, daß entsprechende Schäden kaum zur Beobachtung gelangen. *Witting* [64] macht darauf aufmerksam, daß bei der Argonarc-Schutzgasschweißung die sonst praktisch nicht abschmelzende Wolfram-Elektrode bei zu frühem Abstellen des Schutzgasstromes oxydiert werden kann. Das als weißlicher Rauch sich verratende *Wolframoxyd* kann zu einer Reizung der Atemschleimhäute, in schwereren Fällen auch zu Magen- und Darmbeschwerden führen.

**Zink, Kupfer:** Das Vorkommen von Zink ist auf das Schweißen von verzinkten Materialien oder von zinkhaltigen Legierungen (Messing) beschränkt. Zinkdämpfe führen zu Fieber und vorübergehenden Reizungen der Atemschleimhäute. Dieses «*Zinkfieber*» wird praktisch als harmlos angesehen. Das Einatmen von *Kupfernebeln* kann ebenfalls zum Auftreten von Metaldampffieber führen. Soweit das Kupfer allerdings nur als Verunreinigung in Elektroden oder im Schweißgut vorhanden ist, dürften die vorkommenden Konzentrationen zur Erzeugung einer Erkrankung nicht ausreichen.

**Blei:** Beim Abbrennen oder Warmschneiden bleihaltiger Anstriche verdampft das Blei und gibt beim Einatmen der entstehenden Dämpfe Anlaß zu Bleivergiftungen. Wenn diese Erkrankungen auch nicht gerade sehr häufig sind, so erscheinen sie doch immer wieder im Krankengut der Anstalt.

**Kadmium:** Auch hier kommen Vergiftungen vor, wenn mit einem Kadmiumüberzug versehene Metallgegenstände geschweißt werden. Kadmiumrauche führen zu schwersten, häufig tödlichen Entzündungen der Bronchien und der Lungen, Hirnblutungen, fettigen Entartungen von Leber und Herz sowie Nierenentzündungen. Bei der chronischen Kadmiumvergiftung werden Reizungen der

Nasen- und Atemschleimhäute mit konsekutivem Lungenemphysem, Kadmiumsaum an den Zahnhälsen, Verminderung des Geruchsinnes, Nierenschädigungen usw. gesehen. Vergiftungen durch kadmiumhaltige Schweißbrauche scheinen ziemlich selten zu sein. In der Schweiz haben sie sich meines Wissens noch nie ereignet.

**Beryllium:** Dämpfe, Staube und Nebel von Beryllium sind ein schweres Lungengift. Das Verarbeiten und Schweißen erfordert deshalb besondere Schutzmaßnahmen. Beryllium kommt fast ausschließlich nur in der Atom-Industrie zur Verwendung.

**Fluorverbindungen:** Fluorhaltige Elektroden werden bei der Leichtmetallschweißung gebraucht. Das Element Fluor ist als Spurenelement lebensnotwendig. Bei seinem Fehlen treten schwere Störungen beim Aufbau des Zahnschmelzes ein. Übermäßige Zufuhr von Fluorionen führt jedoch zu Störungen im Elektrolyten-Gleichgewicht und zu Entkalkungen des Knochengerüsts. *Fluorwasserstoffgas* und *Flußsäure* üben eine starke Reizwirkung auf Haut und Schleimhäute aus. Die größere Wasserlöslichkeit von Fluorsilikaten als von Fluoriden ließ *Kny* [29] hinsichtlich der Gefährdung beim Elektroschweißen gewisse Befürchtungen laut werden. *Haam* und *Groom* (zitiert nach Maßmann) hatten schon 1941 über Schädigungen berichtet. 1950 publizierte *Montesano* [39] eine schwere toxische Lungenreizung. Man muß aber an diesen angenommenen Fluorvergiftungen zweifeln und ist versucht, eher an eine solche durch nitrose Gase zu denken.

Experimentell konnte *Maßmann* [35] bei Inhalationsversuchen mit Ratten Reizungen der Atemschleimhäute im Sinne von Bronchitiden und interstitiellen Pneumonien erzielen, die aber auch mit fluorfreien Elektroden auftraten. *Kellermann* und *Mitarbeiter* [25] fanden bei ihren Ratten keine klinischen Zeichen einer Fluorvergiftung, obschon der Fluorgehalt in Lungen und Knochen gegenüber den Kontrolltieren um etwa das Doppelte erhöht war. Es war auf Grund der gezogenen Stoffwechselbilanz allerdings auch nicht mit einer solchen zu rechnen, da dies erfahrungsgemäß größere Fluormengen erfordert hätte.

**Titandioxyd:** Dieser Stoff gilt als biologisch inaktiv. Vergiftungen sind nicht bekannt.

**Aluminium:** Aluminiumstaube besitzen eine gewisse Reizwirkung auf das Lungengewebe. Das Auftreten von Staublungen mit erheblichen Invaliditätsfolgen ist bekannt. Beim Schweißen dürfte aber das Aluminium selber als Staub keine Rolle spielen, weil es, wie wir das schon beim Eisen gesehen haben, vermutlich vollständig oxydiert wird. (*Silverman* und *Gilbert* [49], *Baader* [1].) *Aluminiumoxyd* kann beim Aluminiumschweißen in erheblicher Menge in die Raumluft abgegeben werden. Das Auftreten von Staublungenschäden bei Bauxitarbeitern resp. Korundschmelzern (*Worth* und *Schiller* [65]) läßt daran denken, daß auch beim Schweißen das Aluminiumoxyd zu einer Lungenschädi-

gung führen könnte. Die Frage ist aber noch keineswegs geklärt, da bei den beobachteten Erkrankungen auch amorphe Kieselsäure einwirkte. Diese letztere gilt zwar für sich allein nicht als spezifischer Reizstoff des Lungengewebes, führt demnach nicht zur Fibrose. Hingegen fragt es sich, ob nicht gasförmige Kieselsäure in Verbindung mit Aluminiumoxyd für die Lungenerkrankungen der Korundschmelzer verantwortlich ist. Es ist allerdings merkwürdig, daß bei den Aluminiumschweißern bis jetzt keine entsprechenden Lungenveränderungen aufgefallen sind. Liegen hier die technischen Voraussetzungen doch etwas anders, oder ist die Beobachtungszeit noch zu kurz?

**Silikondioxyd:** Über die biologischen Auswirkungen dieses in gewissen Schweißbrauchen vorkommenden Oxyds war in der mir zugänglichen Literatur nichts zu finden.

**Kalziumoxyd, Magnesiumoxyd, Natronlauge, Borverbindungen:** Diese gelegentlich in Elektrodenmänteln vorhandenen Substanzen haben möglicherweise auch eine gewisse Reizwirkung beim Auftreffen auf die feuchten Atemschleimhäute. Entsprechende Untersuchungen haben uns nicht vorgelegen.

**Akrolein:** Es handelt sich hier um einen die Atemschleimhäute heftig reizenden gasförmigen Stoff, der bei der Zersetzung der auf Glycerinbasis aufgebauten vegetabilen und tierischen Fette und Öle entsteht. Entzündungen der Atemschleimhäute durch Akrolein kommen vor beim Schweißen.

**Kunstharze:** Es kommt vor, daß bei Reparaturen an neuzeitlichen Geräten, welche teilweise aus Kunststoffen aufgebaut sind, diese in den Bereich der Schweißflamme gelangen. Beim Verbrennen von Vinylverbindungen und andern kann unter Umständen Salzsäure frei werden, wodurch ebenfalls Reizerscheinungen an den Atemschleimhäuten auftreten (*Storlazzi* [54]).

**Unspezifische Schädigungen:** Bei jeder Reihenuntersuchung finden sich Störungen des vegetativen Nervensystems wie übermäßiges Schwitzen, Durchblutungsstörungen, Pulsabilität, Blutdruckschwankungen usw. Ebenso findet man oft eine Steigerung der allgemeinen nervösen Erregbarkeit (zum Beispiel Lärmempfindlichkeit, zu geringe Schlaftiefe, Steigerung der Muskel- und Sehnenreflexe und das nervöse Finger- und Gliederzittern). Solche Erscheinungen sind jedoch heute derart weit verbreitet, daß sie als Einzelsymptom nicht einem bestimmten Beruf oder Gift zugeschrieben werden dürfen. Als verantwortungsvolle und oft gefährliche Arbeit kann auch die Schweißertätigkeit so gut wie andere Berufe manchmal den Menschen in eine erhöhte nervöse Spannung versetzen. Auch die Verdauung und andere Körperfunktionen können auf diese Weise schließlich in Mitleidenschaft gezogen werden. Einzelne Autoren sind geneigt, diese oder jene Störung auf die Schweißertätigkeit zurückzuführen, während kritischere Beobachter angesichts der vielen andern Erklärungsmöglichkeiten den Beweis als nicht erbracht ansehen. Auch das gelegentlich behauptete Auftreten sexueller Störungen ist unbewiesen.

### Zusammenfassung

Gesundheitsschädigungen durch das Schweißen kommen vor. Beim *Autogenverfahren* sind sie ausgesprochen selten, sofern wir von den Verbrennungen und andern unfallmäßigen Verletzungen absehen. Beim *Lichtbogenschweißen* stehen die durch die Ultraviolettstrahlung hervorgerufenen *Augenschäden* im Vordergrund. Gesteigerte *Ozonbildung* vermag Schädigungen an den Atemschleimhäuten zu setzen. Trotz gelegentlich erhöhter Konzentrationen von *nitrosen Gasen* gab es bis jetzt nur höchst selten ernsthafte Zwischenfälle. Dasselbe gilt vom *Kohlenoxyd* (CO). In den Schweißrauch spielt das *Eisenoxyd* mengenmäßig die größte Rolle, führt aber nur sehr selten zu Schädigungen. Die durch Eisen hervorgerufenen Lungenverstaubungen (*Siderosen*) erreichen nur sehr geringe Grade. Eventuell beeinflusst das aufgenommene Eisenoxyd den Zustand der Magenschleimhaut ungünstig. Häufiger sind Vergiftungen durch *Zink-* und *Bleirauche*. Chronische Staubschädigungen der Lungen – analog der *Silikose* – wurden bis jetzt nicht beobachtet. Allgemeinvergiftungen durch Fluor oder Mangan wurden unseres Wissens nie gesehen. *Erkrankungen der obern Luftwege* (Nase, Rachen) sind gemäß Reihenuntersuchungen häufiger als bei andern Berufen. Dafür könnten die Verbrennungsrauche der Elektroden und ihrer Umantelungen verantwortlich sein. Auch Tabakgenuß und allgemeine Klimafaktoren können aber hier von Bedeutung sein. Entzündliche *Schädigungen der tiefern Luftwege* (*Bronchitiden*) kommen nur unter ungünstigen Arbeitsbedingungen gelegentlich vor. *Starkstromunfälle* sind selten. Für die Vorbeugung von Schäden ist wichtig das Abführen der Schweißrauche durch eine geeignete natürliche oder künstliche Ventilation.

### Résumé

Les effets nocifs de la soudure sur la santé sont très rares dans la *soudure autogène* si on fait abstraction de brûlures ou d'autres blessures accidentelles. Dans la *soudure à l'arc* les *affections oculaires* provoquées par les rayons ultraviolets sont les plus importantes. L'augmentation de la *formation d'ozone* peut entraîner des affections des muqueuses respiratoires. Malgré des concentrations parfois élevées de *gaz nitreux* il n'a été observé que très rarement des ennuis consécutifs sérieux; il en est de même de *l'oxyde de carbone*. Dans les fumées dues à la soudure l'oxyde de fer est quantitativement le facteur dominant, mais ne provoque que très rarement des affections. Les pneumoconioses dues au fer (*sideroses*) n'atteignent que des degrés bénins. Il est possible que *l'oxyde de fer* absorbé ait des effets défavorables sur la muqueuse gastrique. Les intoxications par *vapeurs de plomb et de zinc* sont plus fréquentes. Jusqu'à ce jour on n'a pas observé de pneumoconioses chroniques semblables à la *silicose*, ni d'intoxications générales par fluor ou par manganèse. Des examens en série révèlent que les *maladies des voies respiratoires supérieures* (nez, gorge) sont plus fréquentes parmi les soudeurs à l'électricité que dans les autres professions, ce dont les vapeurs dégagées par la combustion des électrodes et de leur revêtement pourraient être responsables. La fumée de tabac et des facteurs climatiques généraux peuvent jouer un rôle. Les *troubles inflammatoires des voies respiratoires inférieures* (bronchites) ne se produisent que dans de mauvaises conditions de travail. Les accidents provoqués par la *haute tension* sont rares.

La prévention des affections peut être assurée par l'aspiration des fumées de soudure au moyen d'une ventilation naturelle ou artificielle adéquate.

### Literaturverzeichnis

- [1] *Baader E. W.*: Gewerbekrankheiten, 4. Auflage, Urban und Schwarzenberg (1954). – [2] *Borbély F.*: Gesundheit und Wohlfahrt 32, 178 (1952). – [3] *Challen P. J. E.* et al.: Brit. J. industr. Med. 15, 276 (1958). – [4] *Chavigny*: Presse méd. 1937/1547, zit. nach *H. Waniek* [61]. – [5] *Collen M. F.*: J. Ind. Hyg. 29, 113 (1947). – [6] *Coppens Ph. A.*: Führers Sammlg. 11, 247 (1941). – [7] *Crämer G.*: Arch. Gewerbepath. 9, 1 (1939). – [8] *Crämer G.*: Arch. Gewerbepath. 11, 644 (1942). – [9] *Beintker E.*: Zbl. Gewerbehyg. 19, 207 (1932). – [10] *Dohrmann R.* u. *Völkner H.*: Zbl. Arbeitsmed. 3, 179 (1953). – [11] *Doig A. T.* u. *Duquid L. N.*: Arch. Ind. Hyg. 6, 276 (1952). – [12] *Dreessen W. C.* et al.: Health of Arc Welders in Steel Ship Construction, USA Public Health

Bulletin No. 298 (1947). – [13] *Elkins H. B.*: J. Ind. Hyg. 28, 37 (1946). – [14] *Fay H., Mohr P. H. u. McDaniel P. W.*: Ref. Zbl. Gewerbehyg. 8, 71 (1958). – [15] *Felsch P.*: Zbl. Gewerbehyg. 28, 227 (1941). – [16] *Flury u. Zernik*: Schädliche Gase, Springer, Berlin (1931). – [17] *Forssman S.*: Archiv Za. Hig. Rada 5, 386 (1954). – [18] *Hatt F.*: Schw. Med. Wschr. 76, 483 (1946). – [19] *Holstein E.*: Zbl. Gewerbehyg. N. F., 7, 287 (1930). – [20] *Holstein E.*: zit. nach *Hoschek* [37]. – [21] *Holtzmann*: Zbl. Gewerbehyg. 15, 233 (1928). – [22] *Hoschek R.*: Arch. Gewerbepathol. 14, 58 (1955). – [23] *Hummitsch*: Ref. Berufsgenoss. Nr. 5 (1952) u. (1955) 313. – [24] *Humperdinck K.*: Führers Sammlg. 12, 59 (1942). – [25] *Kellermann et al.*: Arch. Gewerbepathol. 14, 558 (1956). – [26] *Kennet W. D.*: Ref. Schweiz. Med. Wschr. 78, 389 (1948). – [27] *Kienitz H.*: Ref. Zbl. Gewerbehyg. 27, 144 (1940). – [28] *Kleinfeld et al.*: Arch. Ind. Health 15, 27 (1957). – [29] *Kny W.*: Arch. Gewerbepath. 11, 369 (1942). – [30] *Koelsch F.*: Handbuch der Berufskrankheiten, 2. Auflage, Fischer, Jena (1935/1937). – [31] *Koelsch F.*: Arch. Gewerbepath. 10, 519 (1941). – [32] *Liebbard O.*: Berufsgenossensch. Febr./März 1957. – [33] *Lipkowitzsch I. G.*: Arch. Gewerbepath. 5, 185, zitiert nach *H. Waniek*, Arch. Gewerbepath. 9, 113 (1939). – [34] *Maenicke R.*: Ref. Zbl. Gewerbehyg. 24, 113 (1937). – [35] *Maßmann W.*: Arch. Gewerbepath. 14, 291 (1956) – [36] *Mawick*: Ref. Zbl. Gewerbehyg. 26, 224 (1939). – [37] *Mignolet F.*: Ref. Arch. Ind. Hyg. 5, 408 (1952). – [38] *Möller K. O.*: Pharmakologie, 3. Aufl., Benno Schwabe, 1958. – [39] *Montesano G.*: Med. Lavoro 41, 225 (1950). – [40] *Moeschlin S.*: Klinik u. Therapie der Vergiftungen, 3. Aufl., Thieme, 1959. – [41] *Natanson D. u. Winogorow D.*: Ref. Zbl. Gewerbehyg. 24, 212 (1937). – [42] *Pecora L.*: Fol. medica, a. 31, p. 150 (1948). – [43] *Pozzi N.*: Arch. Mal. profess. 1, 389 (1938). – [44] *Richter H.*: Ref. Zbl. Gewerbehyg. 27, 70 (1938). – [45] *Rimarski W. u. Kon-schak M.*: Ref. Zbl. Gewerbehyg. 27, 154 (1940). – [46] *Rösing*: Arch. Gewerbepath. 11, 77 (1942). – [47] *Ševčik M. et al.*: Zentralbl. Arbeitsmed. 10, 77 (1960). – [48] *Silverman Leslie u. Husain S. I.*: Arch. Ind. Hyg. 3, 135 (1951). – [49] *Silverman L., Gilbert Harry, Welding J.*: Research Suppl., May 1954. – [50] *Sommer F. u. Reinhardt K.*: Zbl. Arbeitsmed. 2, 79 (1952). – [51] *Souček B.*: Ref. Arch. Ind. Hyg. 4, 603 (1951) u. 7, 443 (1953). – [52] *Schiötz E. H.*: Führers Sammlg. 13, 229 (1944). – [53] *Schwarz L.*: Zbl. Gewerbehyg. 15, 111 (1928). – [54] *Storlazzi B. S.*: Arch. Ind. Health 19, 307 (1959). – [55] *Tallenberg D. G.*: Z. klin. Med. 132, 115 (1937) zit. nach *Waniek* [3]. – [56] *Teleky Ludwig*: Gewerbliche Vergiftungen, Springer, Berlin, 1955. – [57] *Thrysin, Gerhardsson u. Forssman*: Arch. Ind. Health 6, 381 (1952). – [58] *Tillmann A.*: Zeitschr. Unfall-med. u. Berufskrankh. 37, Nr. 2 (1944). – [59] *Tschauder S.*: Arch. Gewerbepathol. 11, 619 (1942). – [60] *Vigliani E. C.*: Med. Lavoro 48, 375 (1957). – [61] *Waniek H.*: Arch. Gewerbepath. 9, 113 (1939). – [62] *Waniek H.*: Arch. Gewerbepath. 11, 179 (1942). – [63] *Wittgens H.*: Berufsgenossenschaft, Mai 1958. – [64] *Witting E.*: Zentralbl. Arbeitsmed. 10, 129 (1960). – [65] *Worth u. Schüller*: Die Pneumokoniosen, Staufen-Verlag, 1954. – [66] *Wright-Smith R. J.*: Ref. Zbl. Gewerbehyg. 26, 133 (1939). – [67] *Ziemke E.*: Ref. Technik-Industrie u. Schw. Chemiker Zeitung 1932, S. 215.

## Unfallgefährdung und Unfallverhütung bei der Anwendung der modernen Schweißverfahren<sup>1</sup>

Von Dr. C. G. Keel, PD ETH<sup>2</sup>

Direktor des Schweiz. Vereins für Schweißtechnik, Basel

### 1. Einführung

Die Schweißtechnik hat im Laufe der letzten Jahre einen außerordentlichen Aufschwung erlebt. Bekannte Verfahren haben sich entwickelt. Neue sind dazugekommen.

Insgesamt werden heute jährlich in der Schweiz über 120 Millionen umhüllte Elektroden mit Lichtbogenschweißung verarbeitet, 9 Millionen m<sup>3</sup> Sauerstoff

<sup>1</sup> Vortrag gehalten am 22. Juni 1960 vor der «Studiengruppe für Gesundheitsschutz in Industrie und Gewerbe» in Zürich.

<sup>2</sup> Adresse: Bannwartweg 30, Basel.