

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] *Liebhart 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.

und etwa 9 Millionen Kilogramm Karbid verbraucht. Wenn wir diese Zahlen mit dem jährlichen Stahlverbrauch von etwa 650 000 Tonnen vergleichen, ergibt sich daraus erst recht ein richtiges Bild über die gewaltige Bedeutung der Schweißtechnik in der modernen Industrie und im Gewerbe.

Im Zusammenhang mit der soeben geschilderten Entwicklung der Technik haben sich auch Unfallgefährdung und Unfallverhütung gegenüber früher zum

### Übersicht über die Schweiß-, Löt- und Schneidverfahren

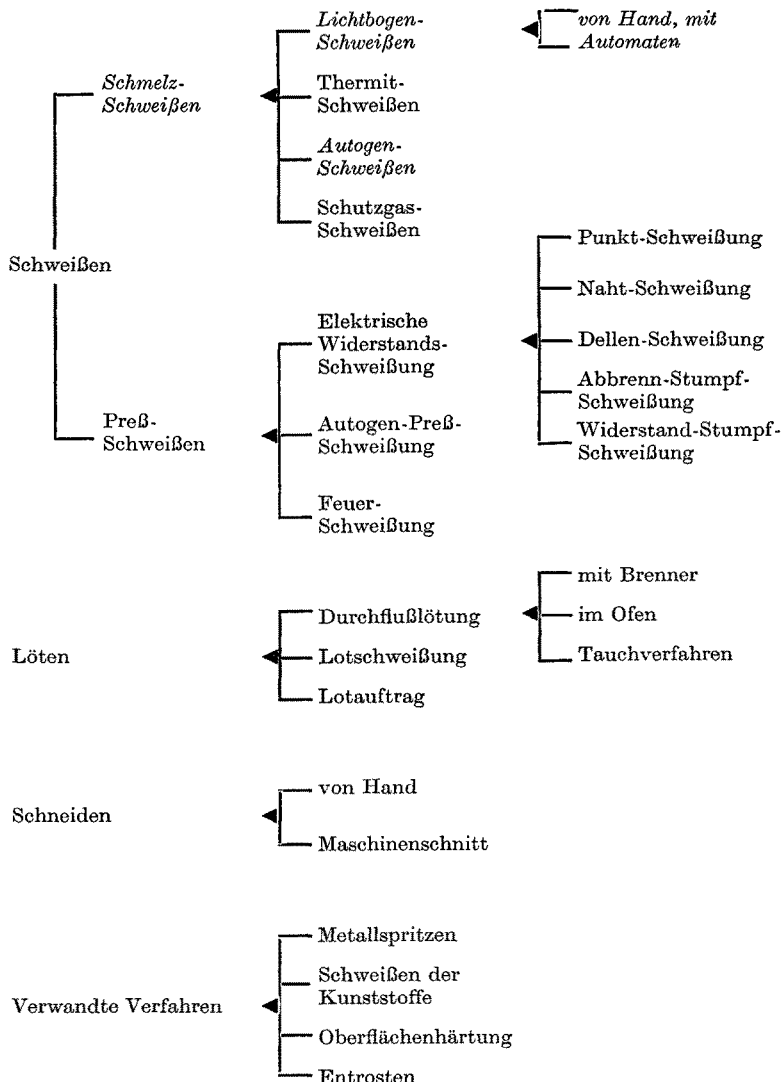


Abb. 1. Übersicht über die Verfahren der Schweißtechnik

Teil wesentlich geändert. Die «Verordnung über Azetylen, Sauerstoff und Kalziumkarbid» vom 28. Februar 1950 kann dieses Jahr ihr 10jähriges Jubiläum feiern. Es bietet sich deshalb hier Gelegenheit, etwas über die Erfahrungen mit dieser Verordnung zu sagen. Nachdem sich der SVS seit 1946 mit allen Schweißverfahren beschäftigt, bin ich heute in der Lage, auch über die elektrischen Schweißverfahren etwas auszusagen.

## 2. Die Verfahren der Schweißtechnik

Der Begriff *Schweißtechnik* umfaßt heute eine große Zahl von Verfahren (Abb.1), wie Autogenschweißen und -schneiden sowie die verschiedenen verwandten Verfahren, wie Löten, Metallspritzen, Wärmen, Richten usw., ferner das Lichtbogenschweißen von Hand sowie mit Automaten und schließlich die verschiedenen modernen Schutzgas-Schweißverfahren wie TIG, MIG usw. Zur Schweißtechnik gehören auch die Kunststoff-Schweißung sowie die elektrischen Widerstands-Schweißverfahren. Da Sie in Ihrer beruflichen Tätigkeit täglich mit diesen Verfahren in Kontakt kommen, kann ich die Kenntnis

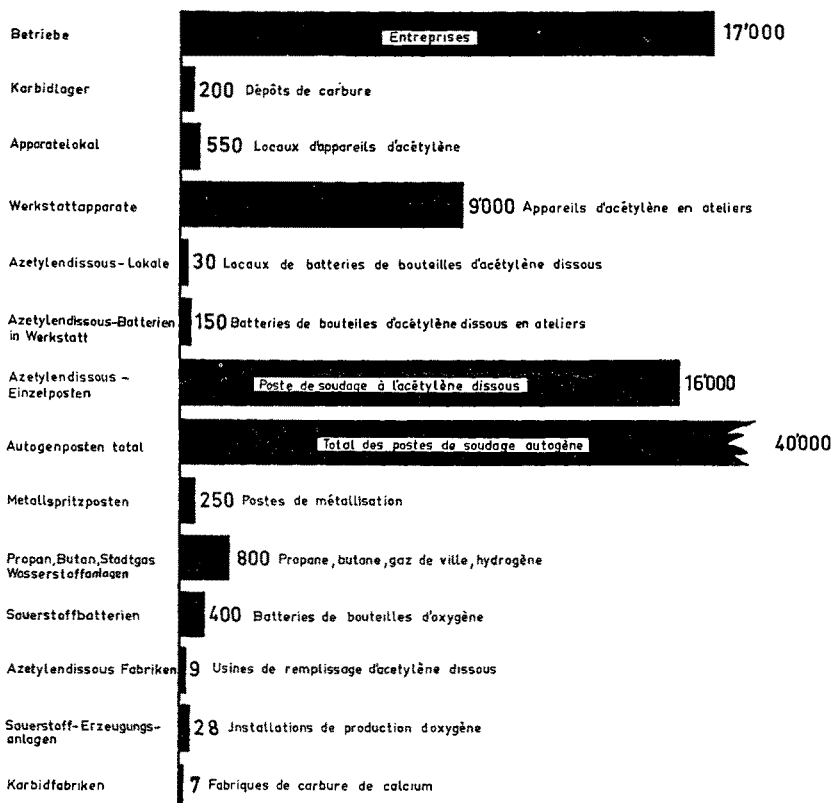


Abb. 2. Übersicht über die in der Schweiz stehenden Autogenanlagen (1960)

der verschiedenen Verfahren und Geräte voraussetzen. Die technischen Gase spielen in der Schweißtechnik eine bedeutende Rolle. Elektrotechnik, Physik, Chemie und Metallurgie sind ihre wichtigsten Pfeiler.

### 3. Übersicht über die vorhandenen Anlagen

Es ist nicht sehr einfach, sich ein genaues Bild über die in der Schweiz vorhandenen Schweißanlagen zu machen. Immerhin haben wir versucht, eine Übersichtstabelle zu erstellen (Abb. 2 und 3).

Vollständigkeitshalber sei erwähnt, daß in der Schweiz rund 75 000 Azetylen-dissous-Flaschen und etwa 500 000 Sauerstoff-Flaschen vorhanden sind. Daraus erhellt die weite Verbreitung dieser Anlagen in Industrie und Gewerbe. Aus dieser Darstellung ist auch die zunehmende Verbreitung der Schutzgas-Schweißverfahren sowie der automatischen Schweißverfahren erkennbar. Wenn wir also von «Schweißern» sprechen, handelt es sich meist nicht um Leute, die nur ein Verfahren anwenden, sondern immer um solche Arbeiter, die mehrere Verfahren auszuführen in der Lage sind.

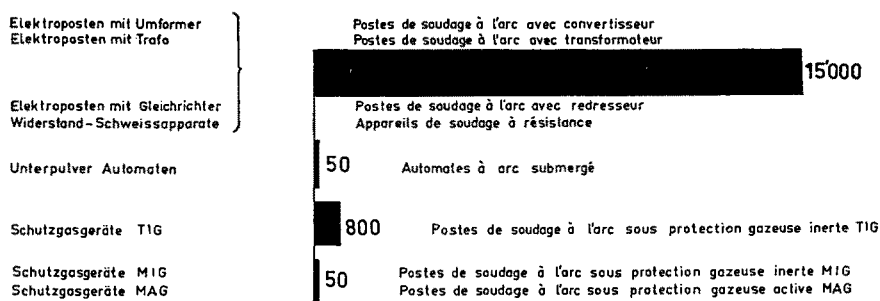


Abb. 3. Übersicht über die in der Schweiz stehenden Lichtbogenschweißanlagen (1960)

### 4. Die «Vollarbeiterzahl» bei den Schweißverfahren

Es wäre wünschenswert, auch über die Zahl der mit «Schweißen» beschäftigten Arbeiter etwas zu erfahren, da zuverlässige Statistiken fehlen. Es können darüber jedoch nur Schätzungen angestellt werden, die z. B. an Hand von Berechnungen aus dem jährlichen Elektrodenverbrauch sowie dem jährlichen Sauerstoffverbrauch überprüft werden können.

Die Fachleute bezeichnen für ihre Betrachtungen «10 000 Vollarbeiter» als Risiko-Einheit, nämlich:

$$\text{Vollarbeiterzahl} = \frac{\text{versicherte Lohnsumme}}{\text{mittlerer Stundenlohn}} \times \frac{1}{2400}$$

Da weder die versicherte Lohnsumme noch der mittlere Stundenlohn der «Schweißer» bekannt sind, ist die Berechnung der «Vollarbeiterzahl» auf die-

sem Wege nicht möglich. Wir müssen daher zu Schätzungen greifen. So können wir z.B. annehmen, daß etwa 17 000 versicherungspflichtige Betriebe rund 40 000 Autogenschweißanlagen verwenden und daß dort im Mittel je ein Mann 2400 Stunden im Jahr arbeitet. Damit kämen wir auf etwa 17 000 Vollarbeiter bei den «Autogenverfahren».

An Hand der jährlichen Sauerstoff-Produktion von 8 Millionen m<sup>3</sup> und eines mittleren stündlichen Verbrauchs von 0,5 m<sup>3</sup> pro Std. lassen sich 16 000 «Autogen-Vollarbeiter» errechnen. Für die nachfolgenden Betrachtungen rechnen wir mit 15 000. Bei den «Lichtbogen-Schweißverfahren» dürfte mit etwa 15 000 Lichtbogen-Schweißanlagen gerechnet werden. Wenn dort im Mittel mit je einem «vollbeschäftigten Mann» gerechnet wird, kämen wir auf 15 000 «Lichtbogen-Vollarbeiter». Eine Kontrolle dieser Zahlen ist auf Grund des jährlichen Elektrodenverbrauches möglich. Dieser ist mit etwa 6000 Tonnen pro Jahr zu veranschlagen (rund 120 Millionen Stück). Wenn wir annehmen, daß jeder Schweißer eine effektive mittlere Abschmelzleistung von 0,3 kg pro Stunde vollbringt, so würde dies 8250 «Voll-Arbeiter» bedingen. Dazu kommen aber noch alle jene, welche verschiedene andere Geräte bedienen, wie Widerstands-Schweißmaschinen, Schweiß-Automaten usw., so daß wir auch auf etwa 15 000 «Lichtbogenschweiß-Vollarbeiter» kommen.

Die Schätzungen gehen sehr stark auseinander. Bei Annahme von je 15 000 Autogen-Lichtbogen-Vollarbeitern dürfen wir also insgesamt mit etwa 30 000 «Schweiß-Vollarbeitern» rechnen.

## 5. Die Unfallerrfahrung

Über die Unfallerrfahrung auf dem Gebiete der Schweißtechnik sind wir im allgemeinen sehr gut orientiert. So publiziert der Schweiz. Verein für Schweiß-

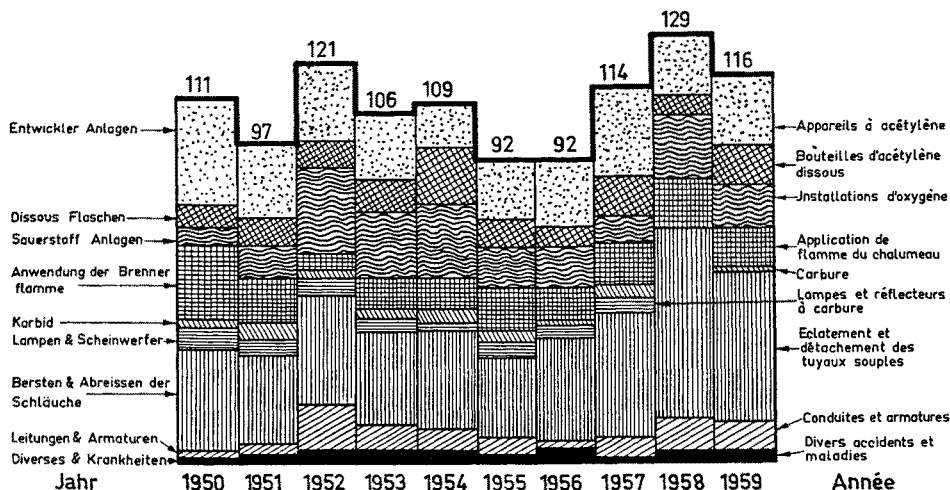


Abb. 4. Übersicht über die Zahl der Autogen-Schweiß-Unfälle 1951-1960

technik jährlich in der «Zeitschrift für Schweißtechnik» den Bericht seines Azetylen-Inspektorates. Ferner veröffentlicht das Starkstrom-Inspektorat des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins Angaben über die mit elektrischen Schweißanlagen in Zusammenhang stehenden Unfälle.

Die Abb. 4 gibt eine Übersicht über die in den Jahren 1950 bis 1959 bei

#### Unfälle mit elektrischen Schweißanlagen von 1950—1959

(nach Angaben des Eidg. Starkstrom-Inspektorates)

Jahr	ver- letzt	tot	Bemerkungen
1950 (rund 8000 Anlagen)	6	1	5 × Brandverletzungen. Berührung der Schweißzange oder der Elektrodenzuleitung. 1 × von 70 V erst nach einiger Zeit freigekommen. Unventilierter Tank, physisch reduziert, Kniehebel der Zange nicht isoliert, Handschuhnaht gerissen, auf Eisenteile gesessen; 75–78 V.
1951	10	–	6 × Brandverletzungen mit Elektrodenzange und Elektroden. 1 × Zuleitungskabel defekt, Gehäuse 290 V. 1 erhebliche Brandwunde, Ehering zwischen Werkstück und Tisch.
1952	1	–	Am nicht ausgeschalteten Apparat manipuliert.
1953	2	1	1 × bewusstlos; in Tank mit Zange Kinn berührt, 75 V. Erdleiter mit Polleiter verwechselt, 290 V.
1954	1	–	Leerlaufspannung 85 V ausgesetzt, 10 Minuten bewusstlos.
1955	4	–	4 × Leerlaufspannung ausgesetzt; 1 × Kabel auf Eisengerüst angefaßt, 85 V, mit Hilfe losgekommen, Nervenschmerzen, Lähmungserscheinung.
1956	1	–	In Tank 60 V ausgesetzt, bei ruckartiger Befreiungsbewegung Rückenwirbelfraktur.
1957	7	1	In offenem Kondensgefäß gekniet, Elektrodenwechsel, Handschuh defekt, keine Unterlage, Zange gut.
1958	4	–	1 × nicht isolierte Elektrodenzange auf elektrisch betriebene Maschine gelegt, welche durch Verlängerungskabel geerdet war. Schweißtrafo-Rückleitung an geerdetem Schweißstisch angeschlossen. Somit elektrische Verbindung zwischen Trafo-Schweißzange-Maschine, dessen Kabel-Erde-Schweißstisch-Trafo. Maschinen-Kabel durch Überlastung in Brand geraten. Schweißer hielt beim Herausziehen des geerdeten Metallsteckers mit anderer Hand die geerdete Steckdose und geriet in Stromkreis (75 V).
1959 (rund 15 000 Anlagen)	3	–	1 × beim Ersetzen eines Kabels mit Schraubenschlüssel Verbindung zu 380-V-Leitung erstellt. 2 × in Schweiß-Stromkreis gekommen (93 und 110 V).

Tab. 1. Beim Elektroschweißen vorgekommene Unfälle 1951–1959

Autogenanlagen eingetretenen Unfälle (siehe auch Zeitschrift für Schweißtechnik 1945, Seiten 176–189) und Abb. 5 orientiert über die bei elektrischen Schweißanlagen aufgetretenen Fälle.

Bei den Autogenanlagen fällt auf, daß Karbidlager, Karbidlampen und Scheinwerfer sowie Azetylendissous-Batterien während dieser Zeit praktisch zu keinen Unfällen Anlaß gegeben haben. Hingegen sind Azetylen-Entwickler in separaten Apparatelokalen sowie in Werkstätten und Azetylen-Dissous-Schweißposten relativ oft daran beteiligt. Weitaus der größte Prozentsatz aller Unfälle nehmen Brenner und Schläuche ein. Hier sind Rückschläge in die Schläuche mit anschließendem Platzen und Bränden sowie das Abfallen der Schläuche von den Tüllen mit praktisch 50–60% erstaunlich hoch.

Relativ häufig sind auch Unfälle mit Sauerstoff, insbesondere Ausbrände an Reduzierventilen und Ausbrände an Flaschenventilen und ähnlichen Anlagen.

Eigentliche Azetylenapparate-Explosionen kommen relativ selten vor, was für eine gegenüber früher eingetretene bedeutende Verbesserung der Konstruktion spricht. Ich will nachfolgend versuchen, an Hand einiger Beispiele typische Unfälle zu beschreiben:

*a) Separate Apparatelokale*

In den letzten Jahren sind hier einige Fälle vorgekommen. Raumexplosionen schwerer Art können infolge unbeachteten Azetylenaustrittes an einem offenbar nicht ganz geschlossenen Entlüftungshahn entstehen. In einem Falle traten etwa 2 m<sup>3</sup> Azetylen aus, wodurch ein hochexplosives Azetylen-Luftgemisch entstand. Durch die Explosion wurden 2 Arbeiter getötet und ein Sachschaden von etwa 250 000 Franken verursacht.

*b) Azetylen-Entwickler*

Infolge Versagens der Rückströmsicherung und Sauerstoff-Rücktrittes in die Verteilung bis zum Entwickler explodierten Azetylen-Entwickler.

*c) Azetylendissous-Flaschen* können bei Brandfällen, d.h. durch Erhitzung von außen bzw. Flammen-Rückschläge vom Brenner her, eine Azetylen-Zersetzung zeigen, die nach wenigen Minuten zur Explosion führen kann. Im Laufe der letzten Jahre sind einige wenige derartige Fälle aufgetreten.

*d) Flammenrückschläge in Schläuche* können Azetylen-Schläuche perforieren und zu Bränden führen. Die Erfahrung zeigt, daß derartige Rückschläge durch Gasübertritte infolge falscher Inbetriebsetzung oder Konstruktionsfehler am Schweißbrenner erfolgen, und zwar kann Azetylen in den Sauerstoff-Schlauch oder aber Sauerstoff in den Azetylen-Schlauch zurücktreten. Beim anschließenden Anzünden tritt dann gewöhnlich ein Rückschlag ein. Systematische Untersuchungen, die seit dem Jahre 1953 in unserem Laboratorium an Schläuchen durchgeführt worden sind, in welche Rückschläge eingetreten sind, zeigen, daß dieselben Berstdrücke von 10 bis 80 kg/cm<sup>2</sup> aufwiesen und von sehr verschiedener Konstruktion waren. Auf Grund dieser Erkenntnisse soll nun versucht werden, in einer in Ausarbeitung befindlichen neuen VSM-Norm für Schläuche einen minimalen Berstdruck von 80 kg/cm<sup>2</sup> zu fordern.

*e)* Eine bedeutende Zahl von Unfällen ergibt sich heute regelmäßig beim *Schweißen von Behältern*, die brennbare Gase, Flüssigkeiten usw. aufgewiesen haben. Hier ist eine richtige Instruktion der Schweißer von größter Wichtigkeit.

*f)* Die mit *Sauerstoff* vorkommenden Unfälle sind heute bedeutend zahlreicher als früher. Dies hängt mit der vermehrten Anwendung dieses Gases sowie mit dessen höherer Reinheit und Trockenheit zusammen. Im Druckreduzierventil können Brände an der *Dichtungspastille* entstehen. Wir beobachteten ähnliche Fälle bei Sauerstoff-Flaschenventilen. Bei derartigen Druckreduzierventilen wurde früher ausschließlich Ebonit

(Hartgummi) als Dichtungsmaterial verwendet. Die Technische Kommission des Schweiz. Vereins für Schweißtechnik hat vor einigen Jahren die Verwendung dieses Stoffes verboten und an dessen Stelle neue Kunststoffe, wie Polyamide, Nylon, Kel-F, Teflon usw., empfohlen. Die seither damit gemachten Erfahrungen sind als sehr gut zu bezeichnen. Ferner kann der als Ventilwerkstoff verwendete *Chromnickelstahl* Brände von Fett und Öl im Innern weiterleiten. Daher sind wir zur Empfehlung der ausschließlichen Verwendung von Bronzen für derartige Ventile gekommen. Selbst rostfreie Stähle usw. sollen hierfür nicht mehr verwendet werden. Die ungeeignete Verwendung von *Sauerstoff* für alle möglichen Zwecke, wie z. B. zum Ausblasen von Leitungen, zur Dichtigkeitsprüfung von Leitungen, führt oft zu Unfällen. So detonierte ein Rohr einer Druckluftleitung, welche nach einer Schweißreparatur irrtümlicherweise mit 150 atü Sauerstoff statt Druckluft geprüft wurde.

g) Die für Haushaltzwecke und für Wärmezwecke in der Industrie verwendeten *Flüssiggase Propan, Butan* usw. bringen eine gewisse Gefährdung wegen ihres hohen spezifischen Gewichtes. Die Flaschen sollen deshalb nicht in Kellerräumen usw. aufgestellt werden.

h) Zahlreiche Brandfälle werden durch Schweißarbeiten hervorgerufen. Ihre Zahl ist im Laufe der letzten Jahre erschreckend gestiegen, und sie verursachen jährlich Millionenschäden. Als Ursache sind hier entweder die Flamme eines Schweiß- oder Schneidbrenners zu erwähnen oder aber der Funkenwurf, welcher beim Schweißen und Schneiden mit den Autogengeräten oder aber beim Schweißen mit umhüllten Elektroden entstehen. Diese Funken können u. U. sehr weit fliegen und dann in brennbare Stoffe fallen und dort durch sogenannte langsame Oxydation nach Stunden einen Brand verursachen.

Die heutige Gerichtspraxis erklärt den Schweißer, bzw. seine Vorgesetzten und den Arbeitgeber als voll verantwortlich für die entstehenden Schäden und verpflichtet sie zum Treffen der als erforderlich erachteten Maßnahmen zur Brandverhütung.

i) Schließlich erwähne ich noch eine beim *Lichtbogenschweißen* auftretende Gefahrenquelle, nämlich die gemäß bestehenden SEV-Vorschriften bis 120 Volt zulässige Leerlaufspannung von Schweißgeräten, die zu tödlichen Unfällen führen kann.

Zusammenfassend darf festgestellt werden, daß die vor 30 Jahren häufigen Apparate-Explosionen und Flaschen-Explosionen recht selten geworden sind. Mit Karbid haben wir praktisch keine Unfälle. Die Aufstellung der Azetylen-Entwickler in separaten Lokalen und Werkstätten bewährt sich.

Andererseits sind die Unfälle mit Brennern und Schläuchen sowie mit Sauerstoff zahlreicher geworden. Der Schweißbrenner ist ferner zu einem gefährdeten Brandstifter geworden.

## 6. Unfallhäufigkeit und Unfallgefährdung

a) *Die Unfallhäufigkeit.* Ich will versuchen, die «Unfallhäufigkeit» nach den im Versicherungswesen üblichen Usancen zu berechnen. Für die Autogenvorfahren ergibt sich:

$$\text{Unfallhäufigkeit (1953-1957)} = \frac{\text{Zahl der Unfälle pro Jahr}}{17\ 000/10\ 000 \text{ Vollarbeiter}} = \frac{120}{1,7} = 70$$

Bei den Elektro-Schweißverfahren kann sie nicht genau ermittelt werden, da die Zahl der jährlichen Unfälle nur ungefähr bekannt ist. Ich nehme sie mit etwa 50 an. Dies ergibt:

$$\text{Unfalligkeit (1953–1957)} = \frac{50 \text{ (Zahl der Unfälle pro Jahr)}}{15\,000/10\,000 \text{ Vollarbeitern}} = \frac{50}{1,5} = 33,3$$

Für alle «Schweißer-Arbeiter» ergibt sich eine Unfallhäufigkeit von

$$\frac{170}{3,2} = 53$$

Wenn wir als Vergleich die Unfallhäufigkeit der Gefahrenklasse «*Metall-Industrie*» (ohne Uhrenindustrie) der SUVA heranziehen, so läßt sich aus den publizierten Zahlen folgende Unfallhäufigkeit der Betriebsunfallversicherung errechnen (siehe «Ergebnisse der Unfallstatistik 1953–1957» SUVA, Luzern, Seite 37):

$$\text{Unfallhäufigkeit 1953–1957} = \frac{\text{Zahl der ordentlichen Unfälle}}{\text{Zahl der Versicherten}/10\,000} = 1101$$

Die weiter oben berechneten Unfallhäufigkeiten der «Autogenverfahren» und der «Lichtbogenschweißverfahren» betragen somit kaum 6,3% bzw. 3% des in der Gefahrenklasse «Metall» beobachteten Wertes.

Gemäß Tabelle «Die Unfallbelastung 1953–1957» auf der Seite 37 des erwähnten SUVA-Berichtes ist die Unfallhäufigkeit unter Berücksichtigung *aller* Unfälle mit 2103 rund 30mal höher als im Mittel bei den Autogenverfahren und 63mal höher im Mittel bei den Lichtbogenschweißverfahren. Auch wenn wir die weiter oben geschätzte Zahl der Vollarbeiter verdoppeln würden, wäre die Unfallhäufigkeit unverändert sehr günstig.

b) *Das «Risiko»*. Leider ist es für die «Schweißer-Arbeiter» nicht möglich, auf Grund solcher Berechnungen – wie es wünschenswert wäre –, die Risikodauer in Arbeitsstunden bzw. arbeitsfreien Stunden auszudrücken. Die diesbezügliche Unfallhäufigkeit betrüge:

$$\text{Unfallhäufigkeit} = \frac{\text{Zahl der Unfälle insgesamt}}{\text{Zahl der Risikostunden}}$$

Die Zahl der Risikostunden kann für «Schweißer-Arbeiter» nicht mit genügender Genauigkeit abgeschätzt werden, da die entsprechenden Unterlagen fehlen. Das «Risiko» wird gemäß folgender Formel berechnet:

$$\text{Risiko } p = \frac{\text{Nettounfallbelastung}}{\text{versicherte Lohnsumme}} \cdot 1000$$

Auch die «*mittlere Belastung pro Unfall in Prozent des versicherten Lohnes eines Vollarbeiters*» konnte aus dem gleichen Grunde nicht ermittelt werden.

c) *Die «Unfallschwere»*. Infolge Fehlens jeglicher statistischer Unterlagen kann sie ebenfalls nicht ermittelt werden. Im Hinblick auf die Art der vorkommenden Unfälle (leichte und mittlere Verbrennungen usw.) darf angenommen werden, daß sie als leicht bezeichnet werden kann.

## 7. Unfallverhütung

Es lassen sich folgende Schlußfolgerungen für die Unfallverhütung ziehen:

a) Die *Sicherheit der Apparatekonstruktionen*, insbesondere derjenigen der Azetylen-Entwickler, sowie der Geräte für die technischen komprimierten Gase ist in den letzten Jahrzehnten bedeutend besser geworden. Trotzdem kommt der sorgfältigen Einrichtung anlässlich der Aufstellung sowie des richtigen regelmäßigen Unterhaltes größte Bedeutung zu.

b) Die Beachtung der für die verschiedenen Gase notwendigen *Werkstoff-Vorschriften* ist wichtig. So dürfen für Azetylen kein Kupfer und keine Legierungen mit mehr als 80% Kupfer verwendet werden. Bei Sauerstoff über 30 kg/cm<sup>2</sup> Druck ist die Verwendung von Stählen aller Art – also auch sogenannter rostfreier Chromnickelstahl – nicht zu empfehlen. An Stelle des früher viel verwendeten Ebonites sollen die modernen Kunststoffe als Dichtungsmaterialien verwendet werden. Neuerdings werden für Hochdruck-Sauerstoff spezielle auf Silikat- bzw. Graphitbasis hergestellte Schmiermittel empfohlen. Abschließende Resultate liegen noch nicht vor.

Im Laufe der letzten Jahre sind in der Schweiz eingehende Forschungen über die Entstehung und das Verhalten von *Kupfer-Azetylen-Verbindungen*, die sogenannten *Kupferacetyliden* durchgeführt worden.

Sie haben zu neuen Erkenntnissen geführt und insbesondere gezeigt, daß der Mechanismus der Entstehung des Zerfalls sowie der Neubildung dieser Kupferacetylide sehr komplex ist. Diese Erkenntnisse werden dazu führen, daß die Festlegung der Grenze von 80% maximalem Kupfergehalt für Kupferlegierungen in Zukunft neu interpretiert werden muß.

c) Beim Umgang mit *Schweiß- und Schneidbrennern* ist auf sorgfältigen Unterhalt und richtige Inbetriebsetzung zu achten. Die erschreckend hohe Anzahl von Unfällen mit *Schweiß- und Schneidbrennern* infolge von Rückschlägen hat uns in den letzten Jahren veranlaßt, diesem Problem besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Wir haben in unseren Laboratorien im Laufe der letzten Jahre eine größere Zahl von Brennern eingehend untersucht und damit insbesondere Abknallversuche durchgeführt. Ferner stehen wir mit ausländischen Stellen in engem Kontakt. Es wird zudem nötig sein, vermehrte wissenschaftliche Untersuchungen durchzuführen. Hiefür werden wir zur gegebenen Zeit bei den zuständigen Stellen um Gewährung finanzieller Beiträge ersuchen.

d) *Schläuche* aller Art für technische Gase müssen von guter Kautschukqualität sein, d. h. sie sollen geeignete Gewebeeinlagen und Berstdrücke über 80 kg/cm<sup>2</sup> aufweisen. Auf die sorgfältige Befestigung auf den Tüllen und deren Sicherung mit Briden usw. ist besonders zu achten. Kunststoffschläuche haben sich für Azetylen- und Sauerstoff in der Schweißtechnik noch nicht allgemein einführen können.

e) *Sauerstoff* ist als ein sehr gefährliches Gas zu betrachten. Eine Anreiche-

rung in der Luft von wenigen Prozenten über 21 % kann bereits zu gefährlichen Kleiderbränden führen. In komprimierter Form ist er besonders bei den heute üblichen hohen Reinheiten und hohen Trockenheitsgraden oft für unangenehme Ausbrennfälle von unzureichend konstruierten Ventilen, Leitungen usw. verantwortlich. Die Verwendung von Sauerstoff anstelle von Druckluft usw. zum Abpressen von Behältern usw. muß als sehr gefährlich bezeichnet werden. Von uns durchgeführte Löschversuche an sauerstoffgetränkten Textilien zeigen, daß Löschtücher usw. zwecklos sind. Hingegen sind kräftige Wasserstrahlen und Abreißen der Kleider sehr nützlich. Zweifellos wird die Zukunft eine vermehrte Verwendung von *flüssigem Sauerstoff* bringen.

f) Beim Umgang mit *Azetylen-Sauerstoff-Flammen* ist die Gefahr von Verbrennungen von Körperteilen sowie Drittpersonen groß. Es ist deshalb besondere Vorsicht am Platze.

g) Der *Funkenwurf bei Schweiß- und Schneidarbeiten* wird heute als einer der gefährlichsten Brandstifter bezeichnet. Geeignete Vorsichtsmaßnahmen sind deshalb in jedem Falle am Platze.

h) Der *elektrische Strom* spielt bei Lichtbogenschweißumformern, Transformern und Gleichrichtern meistens dann eine gefährliche Rolle, wenn *nicht geschweißt* wird, d. h. wenn an den Klemmen, die oft beträchtliche, bis 120 Volt betragende Leerlaufspannung liegt. Es sind deshalb besonders im Sommer und beim Arbeiten im Innern von Behältern usw. geeignete, isolierende Unterlagen zu verwenden. Bei Arbeiten auf Gerüsten ist das Anseilen der Schweißer zu empfehlen, um allfällige Schockwirkungen, die durch das unabsichtliche Berühren der Leerlaufspannung entstehen können, zu verhindern und einen Sturz zu verhüten. Der in der Literatur gelegentlich erwähnte sogenannte Körperschluß von Schweißmaschinen, d. h. das Übertreten des primärseitigen Kraftstromes auf die Sekundärwicklungen infolge Isolationsdefekt und die dadurch auftretende Gefährdung der Schweißer ist im Laufe der letzten Jahre in der Schweiz nie beobachtet worden.

i) Die Gefährdung durch *Licht- und Wärmestrahlen* ist neben der Handlichtbogenschweißung besonders bei den modernen TIG- und MIG-Schutzgas-schweißverfahren groß.

Die heute auf dem Markt befindlichen *Schutzgläser* genügen für die übliche Handlichtbogenschweißung. Sie genügen jedoch nicht mehr für die bedeutend intensiveren Strahlen der TIG- und MIG-Schweißung, was meistens noch nicht bekannt ist. Diese intensiven Strahlen der TIG- und MIG-Schweißung erfordern auch einen stärkeren Schutz des Körpers der Arbeiter gegen Wärme und Lichtstrahlung. Im Handel sind aus diesem Grunde eine große Auswahl von Kopfhelmen, Lederwesten, Gamaschen und Lederschürzen zu finden. Auch der Schutz von Drittpersonen ist hier von erhöhter Bedeutung.

k) *Mechanische Gefahren der Schweißtechnik* liegen besonders bei der Lichtbogenschweißung vor. Die glasartigen Schlacken, die an der Schweißgutober-

fläche haften, müssen mit mechanischen Mitteln, wie Schlackenhämmer usw. entfernt werden, wobei die Gefahr von Augenschäden besonders groß ist. Moderne Betriebe verwenden immer mehr sogenannte *drehbare Aufspann-Schweißeinrichtungen*. Diese erleichtern das Wenden der Stücke und wirken sehr unfallverhütend.

l) *Vergiftungsgefahren*. Die Vergiftungsgefahren bei den verschiedenen Schweißverfahren können erfreulicherweise als gering bezeichnet werden. Von den *Schweißgasen* Azetylen, Sauerstoff, Argon, Helium usw. ist keines als eigentlich gefährlich zu bezeichnen. Die Unfallforschung kennt praktisch keine Fälle, obschon in der Literatur z. B. immer noch sehr viel über die angebliche Bedeutung und Gefährlichkeit des Phosphorwasserstoffes und des Schwefelwasserstoffes als Verunreinigungen des Azetylens geschrieben wird. Auch die vor einigen Jahren trotz unserer wohlbegründeten Anträge erfolgte Belassung des Azetylens auf der revidierten « Giftliste » ist nach wie vor völlig unbegründet. Dies wird auch dadurch bestätigt, daß sich « Azetylen » in den « Ergebnissen der Unfallstatistik » 1953–1957 (Seite 101–104) *als Ursache von Berufskrankheiten nirgends vorfindet*.

*Propan* und *Butan* mit ihren z. T. recht hohen Anteilen an Schwefelverunreinigungen, die theoretisch ebenso gefährlich sein können, werden dagegen in der « Giftliste » nicht erwähnt.

In den letzten Jahrzehnten haben wir vereinzelte Fälle von Vergiftungen durch Nitrose-Gase beim Arbeiten in sehr engen Räumen verzeichnet. Diese Gefährdung muß deshalb speziell beachtet werden. Über die allfällige Gefährlichkeit des bei den Schutzgasschweißverfahren verwendeten Kohlendioxyds liegen noch zu wenig praktische Erfahrungen vor.

m) Die Gefährdung *durch Dämpfe* ist beim Schweißen zu beachten. So können Zinkdämpfe beim Schneiden von galvanisierten Blechen sowie beim Hartlöten mit Messing und beim Metallspritzen von Zink eine Rolle spielen. Wir haben im Laufe der letzten Jahre eine größere Zahl derartiger « Zinkfieberfälle » gesehen. Die sorgfältige Beachtung aller Maßnahmen zur Belüftung von Arbeitsplätzen und Räumen ist deshalb empfehlenswert. Zweckmäßig sind Absauganlagen, wie sie in modernen Werkstätten für die Raumbelüftung und die örtliche Absaugung immer häufiger eingerichtet werden. Seltener sind die Fälle von Bleivergiftungen beim Schweißen und Schneiden an Teilen, die Menniganstriche aufwiesen. Neuerdings sind uns einige wenige Fälle von Schleimhautreizungen durch Ozon, welches beim TIG-Schutzgas-Schweißen auftritt, gemeldet worden. Hingegen kennen wir bis heute keinen Fall von Vergiftung durch Phosgen, das theoretisch beim Schutzgasschweißen von Teilen, welche vorher mit Trichloräthylen gereinigt worden sind, auftreten soll. Obwohl wir in der Schweiz über 1000 derartige Anlagen in Betrieb haben, scheint die Praxis bedeutend günstiger zu sein als die Theorie.

n) Beim Arbeiten mit den *Unterpulver-Lichtbogenschweiß-Automaten* und

Widerstands-Schweißmaschinen ist die Unfallgefährdung erfahrungsgemäß sehr gering. Spritzer, heiße Teile usw. können allenfalls Unfälle verursachen.

*o) Azetylendissous-Flaschen.* Die wenigen vorgekommenen Explosionsfälle sind wahrscheinlich auf Überfüllung zurückzuführen. Es wäre wertvoll, wenn die Vorgänge der Azetylen-Zersetzung in überfüllten Azetylen-Flaschen näher abgeklärt werden könnten und die dafür erforderlichen Mittel bereitgestellt werden könnten.

Im Laufe der letzten Jahre hat die Technische Kommission des Schweiz. Vereins für Schweißtechnik die Frage der Fülldrücke von Azetylendissous-Flaschen besprochen und auf Anregung der ISO und der CPI (Commission Permanente Internationale) neue Unfallverhütungsmaßnahmen studiert. Es ist vorgesehen, für die Füllung der Azetylendissous-Flaschen eine neue Konzeption aufzustellen und vom bisherigen Maximaldruck abzugehen. Statt dessen soll z. B. eine höchstzulässige Azetylen-Konzentration im Azeton von z. B. 0,6 Kilo Azetylen pro Kilo Azeton festgelegt werden. In absehbarer Zeit werden entsprechende Anträge für die Revision der «Verordnung über die Prüfung von Druckgefäßen für die Beförderung von Gasen» vom 24. April 1956 eingereicht werden.

*p) Dissous- und Sauerstoffwerke.* Auf Grund der Arbeiten der CPI (Commission Permanente Internationale) haben wir in der Technischen Kommission des SVS die Frage der Unfallverhütung in *Azetylendissouswerken* eingehend geprüft. Dasselbe wird in nächster Zeit für *Sauerstoffwerke* der Fall sein. Kürzlich wurden auf unsere Veranlassung Löschversuche an großen Azetylen-Flammen von 50 bis 100 m<sup>3</sup>/h-Leistung durchgeführt, wie sie sich z. B. beim Bersten von Rohrleitungen usw. ergeben können. Es zeigte sich, daß hierfür große Staublöcher oder Kohlensäure-Löschgeräte mit mehr als 50 Kilo Inhalt geeignet scheinen.

*q) Unfallverhütung durch Instruktion und Vorträge.* Entsprechend dem raschen Fortschreiten der Technik und dem Mangel an Fachleuten werden immer mehr angelernte Leute mit der Bedienung von Schweißanlagen betraut. Unsere Erfahrung zeigt, daß sie am zweckmäßigsten in technischen Vorträgen sowie in Schweißkursen über die wichtigsten Unfallverhütungsmaßnahmen instruiert werden. Der Faktor «Mensch» spielt ebenfalls eine eminent wichtige Rolle, weshalb mittels richtiger Auswahl der Arbeiter und allfälliger «Elimination» von Ungeeigneten auf Grund vorgekommener Unfälle viel getan werden kann.

*r) Ausländische Erfahrung.* Auf Grund unserer engen Zusammenarbeit mit der Kommission «Hygiene und Sicherheit» des Institut International de la Soudure wissen wir, daß im Ausland sehr wenig Publikationen vorliegen, aus welchen direkte Vergleiche mit unserer schweizerischen Erfahrung gezogen werden können. Wir sind nach wie vor die einzige Stelle auf der Welt, welche regelmäßig seit Jahrzehnten über die Entwicklung der Gefährdung bei Schweißverfahren berichtet.

### *Zusammenfassung*

Aus den bisherigen Ausführungen ergibt sich ein klares Bild über die Unfallgefährdung bei den verschiedenen Schweißverfahren. Auf Grund der jahrzehntelangen ständigen Beschäftigung mit der Materie und des engen Kontakts mit der Praxis sind wir in der Lage, die verschiedenen Gefahrenmomente mit guter Genauigkeit zu beurteilen und abzuschätzen. Ferner darf mit Befriedigung festgestellt werden, daß die «Azetylen-Verordnung» 1950 sich in der Praxis sehr gut bewährt hat.

### *Résumé*

L'auteur traite des risques d'accidents lors des divers procédés de soudage. L'évaluation précise de ces risques est facilitée, de nos jours, par l'expérience acquise. La loi de 1950 concernant l'emploi de l'acétylène s'est avérée efficace.

## **Arbeitszeit und Verpflegung**

Von Dr. *Etienne Grandjean*<sup>1</sup>

### **Die heutigen Arbeitszeitgliederungen in physiologischer Sicht**

#### *Allgemeine Gesichtspunkte*

Seit ungefähr 40 Jahren sind in den zivilisierten Ländern periodisch immer wieder Anstrengungen zur Verkürzung der Arbeitszeit und zur Verlängerung der Freizeit unternommen worden. Seit einigen Jahren sind erneut Bestrebungen zur Verkürzung der wöchentlichen Arbeitszeit und zur Einführung der 5-Tage-Woche im Gange. Heute steht die 45-Stunden-Woche zur Diskussion; möglicherweise wird morgen bereits von der 40-Stunden-Woche die Rede sein.

Diese Bestrebungen sind zum Teil eine zwangsläufige Folge der Industrialisierung und der damit verbundenen Rationalisierung der menschlichen Arbeit.

In früheren Zeiten arbeitete der Handwerker 10, 12 und mehr Stunden pro Tag. Zwischen dem Handwerker von gestern und dem Industriearbeiter von heute bestehen jedoch wesentliche Unterschiede: der Handwerker gestaltete und kreierte ein Produkt von seinem Anfang bis zum Ende. Ein Schuhmacher fing mit der Bearbeitung des Leders an, schnitt, nähte und polierte sein Arbeitsgut bis zum fertigen Produkt. Diese gestalterische und zum Teil schöpferische Arbeit hatte einen Inhalt, konnte ihm Befriedigung geben und stellte einen großen Teil seiner Erlebniswelt dar.

Bei der heutigen industriellen und rationellen Herstellung von Schuhen übernimmt der Arbeiter nur einen kleinen Teil der ganzen Fertigung. Er steht beispielsweise an einer Maschine und steuert und überwacht das Zuschneiden des Leders. Oder ein anderer poliert tagaus tagein einen Teil eines Schuhs.

Das Arbeitsgut ist anonym geworden, der schöpferische Anteil an der Arbeit gering – vielfach null. Die moderne rationalisierte Arbeit bietet wenig

---

<sup>1</sup>Adresse: Prof. Dr. med. E. Grandjean, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH, Zürich.