

# Gesundheitsschäden nach langdauernder Trimethylbenzol-Exposition in einer Malerwerkstatt<sup>1)</sup>

von Dr. K. Bättig, Prof. E. Grandjean und Dr. V. Turrian

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der Eidg. Technischen Hochschule Zürich  
Direktor: Prof. Dr. med. E. Grandjean

## Fragestellung

In einer Malerwerkstätte eines schweizerischen Transportunternehmens, die über 30 Arbeiter beschäftigt, waren seit mehreren Jahren immer wieder Klagen über Kopfschmerzen, Benommenheit und Müdigkeitserscheinungen laut geworden, die zum Teil nur während der Arbeit mit neuen Kunstharzlacken auftraten, zum Teil aber auch die Arbeitszeit überdauert haben sollen. Aus einer Statistik des Samariters geht hervor, daß die Belegschaft dieser Werkstatt einen sehr großen Konsum an Kopfwehtabletten aufwies, wobei im Winter der Verbrauch viel höher war als im Sommer. Die Mehrzahl der Arbeiter führte die Beschwerden auf die Dämpfe, die bei der Beschäftigung mit den neuen Kunstharzlacken entstanden, zurück.

Auf Grund dieses Sachverhaltes stellte uns die Betriebsleitung die Frage, ob die hygienischen Arbeitsbedingungen in der Werkstatt genügend seien, ob Gesundheitsschäden in der Belegschaft vorliegen und ob gegebenenfalls diese Gesundheitsschäden mit den Arbeitsbedingungen in einem ursächlichen Zusammenhang stünden.

Im Hinblick auf diese Problemstellung stellten sich uns folgende Fragen:

1. Welche chemischen Stoffe werden bei der Malarbeit verwendet, die allenfalls zu Gesundheitsschäden führen könnten?
2. In welchen Konzentrationen sind derartige Stoffe an den Arbeitsplätzen und im ganzen Raume nachweisbar?
3. Welches sind die allgemeinen Arbeitsbedingungen, und wie häufig und wie lange sind die Maler den genannten Stoffen exponiert?
4. Wie ist der Gesundheitszustand der Belegschaft, und welche klinischen Symptome können auf die berufsbedingte Exposition zurückgeführt werden?

---

<sup>1)</sup> Diese Arbeiten konnten dank der finanziellen Unterstützung der Eidgenössischen Stiftung zur Förderung schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung ermöglicht werden.

## Voruntersuchungen über die Natur der verwendeten Lösungsmittel, über die Arbeitsbedingungen und die Krankheitsabsenzen

### *Die verwendeten Lösungsmittel*

Aus den Erhebungen in der Malerwerkstatt und aus Rückfragen bei Lieferanten ging hervor, daß bei der Verarbeitung der Farben und Kunstharzlacke im wesentlichen Terpentinöl, Lackbenzin und ein Farbverdünner, der den Markennamen «Fleet-X» trägt, verwendet wird. Über die Zusammensetzung dieser «Fleet-X»-Farbverdünner konnten die Lieferanten keine genauen Angaben machen.

Für die dem Malen vorausgehenden Reinigungsarbeiten kamen Seifenwasser mit Petrol- und Salmiakbeigabe («scharfes Wasser») zur Verwendung. An ein bis zwei von der übrigen Werkstatt getrennten Arbeitsplätzen wurde zum Farbspritzverfahren ein sogenannter Nitro-Verdünner verwendet, der aus Methylazetat (15%), Äthylenglykol-Monoäthylätherazetat (5%), Butylazetat (12%), Methylisobutylketon (12%), Toluol-Xylol-Mischung (40%) und Benzin (16%) besteht. Zur Pinselreinigung wurde ein stark nach aromatischen Kohlenwasserstoffen riechendes Reinigungsmittel verwendet. Diese Beschäftigung wird täglich nur für kurze Zeit und in der Regel nur von einem Arbeiter durchgeführt.

Von den 27 Malerarbeitern waren 23 nahezu ausschließlich dem Terpentin und den genannten «Fleet-X»-Produkten exponiert.

Da Terpentinöldämpfe nur bei sehr hohen Konzentrationen zu subjektiven Beschwerden führen und auch bei chronischer Exposition als wenig gesundheitsschädlich bekannt sind, konzentrierte sich unser Interesse im weiteren auf die «Fleet-X»-Farbverdünner, die im übrigen auch zeitlich den größten Teil der Exposition der Malerarbeiter ausmachten.

### *Chemische Zusammensetzung der «Fleet-X»-Farbverdünner*

In der Malerwerkstatt sind drei Typen von «Fleet-X»-Farbverdünnern im Gebrauch (R4K10, DV99, DV61). Alle drei Typen wurden von der EMPA einer chemisch-physikalischen Untersuchung unterzogen<sup>1)</sup>. Dabei zeigte sich, daß alle drei einander sehr ähnlich sind und einen überwiegenden Anteil an hochsiedenden aromatischen Kohlenwasserstoffen aufweisen, der zwischen 95 und 98% schwankt. Die Hauptanteile der Proben hatten ihren Siedepunkt zwischen 160 und 165° C. Im Laboratorium für organische Chemie der ETH wurde der seit zwei Jahren am meisten gebrauchte Farbverdünner «Fleet-X» DV99 mit Hilfe der Infrarotspektrographie qualitativ näher untersucht<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Für die durchgeführte physikalisch-chemische Untersuchung sei hier den Herren Dr. Brunner und Dr. Jaccard bestens gedankt.

<sup>2)</sup> Für die spektrographische Untersuchung sei Herrn Prof. Dr. H. Günthard ebenfalls hier bestens gedankt.

Dabei ergab sich für diesen Verdünner folgende Zusammensetzung:

1, 2, 4 Trimethylbenzol	> 50 %
1, 3, 5 Trimethylbenzol (Mesitylen)	> 30 %
1, 2, 3 Trimethylbenzol	eventuell anwesend
1-Methyl-2-äthylbenzol	eventuell anwesend
1-Methyl-4-äthylbenzol	eventuell anwesend
1-Methyl-4-äthylbenzol	wahrscheinlich anwesend

*Aus diesen Angaben geht hervor, daß es sich bei dem verwendeten Lösungsmittel vorwiegend um ein Gemisch verschiedener Trimethylbenzole handelt.*

#### *Erhebungen über die Arbeitsbedingungen*

Die Malerwerkstatt ist ein großer Raum von 571 m<sup>2</sup> Grundfläche und 3510 m<sup>3</sup> Rauminhalt. Eine der Schmalwände des rechteckigen Raumes ist mit einem großen Rolladen versehen, der während der eigentlichen Malerarbeiten und während des Trocknens geschlossen bleiben muß, damit keine staubförmigen Luftverunreinigungen von außen eindringen können. Die Raumventilation wird durch je zwei Ventilationshauben in den beiden Glaszeldächern gewährleistet. In der kalten Jahreszeit sind die zwölf Fenster, welche sich im oberen Teil der Seitenwände und im Glaszeldach befinden, meist geschlossen, und die Lüftung kann unter diesen Umständen auf einen zwei- bis viermaligen Luftwechsel geschätzt werden.

In der wärmeren Jahreszeit werden meistens einige Fenster offen gelassen, so daß mit einem vier- bis sechsmaligen Luftwechsel gerechnet werden kann.

Die Nebenräume, in denen sich eine Sattlerwerkstatt und eine Kapelle für Farbspritzarbeiten, Trocknungsanlagen und Arbeitsplätze für Holzbearbeitung befinden, sind durch eine Türe und eine Fensterwand von der Malerwerkstatt getrennt. Diese Nebenräume werden durch Klappfenster und durch die Betätigung der Farbspritzkabine gelüftet.

Alle Malerarbeiter haben jährlich 2–4 Wochen bezahlte Ferien, ihre wöchentliche Arbeitszeit beträgt 48 Stunden. Die tägliche Arbeitszeit ist 8½ Stunden von Montag bis Freitag und 5 Stunden am Samstagvormittag.

#### *Die untersuchten Arbeiter*

Zur Zeit der Untersuchung waren 37 Arbeiter in der Malerwerkstatt beschäftigt. Entsprechend ihrer vermutlichen Exposition haben wir sie in folgende vier Gruppen aufgeteilt:

a) Außenmaler: 10 Arbeiter. Diese Leute sind dauernd in der Malerwerkstatt mit dem Außenanstrich von Tramwagen und den dazugehörigen Vorarbeiten beschäftigt. Wir haben zu ihnen auch 2 Arbeiter gezählt, die zwar nicht

Tramwagen anstreichen, die aber als Schriftmaler und als Magaziner im Farbdepot mit den «Fleet-X»-Kunstharzverdünnern beschäftigt sind. Diese Außenmaler sind zeitlich zu 40–70 % mit den «Fleet-X»-Verdünnern beschäftigt. Die übrige Zeit sind sie mit Farbabschleifen oder mit Grundierung (Terpentinöl) beschäftigt.

b) Die Innenmaler: 6 Arbeiter. Diese sind dauernd in der Malerwerkstatt mit dem Innenanstrich der Tramwagen beschäftigt. Die Innenmaler sind nur wenig mit den «Fleet-X»-Kunstharzverdünnern direkt beschäftigt. Sie arbeiten häufiger mit Farben, die in Lackbenzin oder in Terpentinöl verdünnt sind. Die gleichzeitige Arbeit der Außenmaler bewirkt ein Eindringen der «Fleet-X»-Dämpfe in das Innere der Wagen und bedingt somit für die Innenmaler ähnliche Verhältnisse wie für die Außenmaler.

c) Die Detailmaler: 11 Arbeiter. Diese Leute sind mit dem Anstrich von Untergestellen, Dachpartien und diversen Details der Tramwagen beschäftigt. Die Detailmaler arbeiten nicht direkt mit den «Fleet-X»-Kunstharzverdünnern, sondern in erster Linie mit Farben, die in Terpentinöl oder Lackbenzin gelöst sind. Da sie nicht gleichzeitig mit den Außenmalern arbeiten, sind sie den «Fleet-X»-Kunstharzverdünnern nur geringgradig exponiert. Dazu kommt noch, daß die Detailmaler zu ungefähr einem Drittel ihrer Arbeitszeit außerhalb der eigentlichen Malerwerkstatt beschäftigt sind.

d) Die Hilfsarbeiter: 10 Arbeiter. Diese Leute sind nicht in der Malerwerkstatt beschäftigt, sondern arbeiten in einer anliegenden Reparaturhalle, wo sie zur Hauptsache Reinigungsarbeiten zur Vorbereitung der Bemalung der Tramwagen verrichten. Diese Gruppe der Hilfsarbeiter ist praktisch den «Fleet-X»-Kunstharzverdünnern nicht exponiert. Zur selben Gruppe zählten wir auch einen Sattler und zwei Abzieher, die in einem Nebenraum der Malerwerkstatt arbeiten. Hier sind, wie wir später noch sehen werden, Dämpfe von aromatischen Kohlenwasserstoffen festgestellt worden.

### *Erhebungen über die Krankheitsabsenzen*

Die ganze Belegschaft der Malerwerkstatt gehört einer Betriebskrankenkasse an, die im Krankheitsfall den Lohnausfall vom ersten Tage an bis zu höchstens 9 Monaten voll entschädigt. Für Absenzen von weniger als 3 Tagen brauchen die Arbeiter keine ärztlichen Zeugnisse vorzuweisen.

Der Betrieb hat keinen eigenen Fabrikarzt. Für die erste Hilfe ist ein Samariter verantwortlich, der auch gelegentlich Kopfwhehtabletten und dergleichen verabreicht.

Auf Grund der Betriebsstatistik haben wir für die Jahre 1947 bis 1955 die Zahlen der Krankheitstage erhoben. Diese sind nach Jahren und Arbeitskategorien in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tab. 1 Die Krankheitsabsenzen der Belegschaft von 1947 bis 1955  
Durchschnittliche Zahl der Krankheitstage pro Arbeiter

	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	Durchschnitt aller 9 Jahre
Maler	4,0	1,3	3,5	5,8	8,5	5,1	10,2	3,0	3,7	5,06
Innenmaler	5,8	19,0	37,2	12,0	7,5	7,5	24,2	17,0	5,3	15,15
Detailmaler	4,1	6,9	7,1	5,6	10,2	17,0	12,5	1,9	6,4	7,96
Hilfsarbeiter	16,0	22,5	18,0	20,0	16,0	0,33	0,0	8,7	3,4	7,73
Total der Belegschaft	4,9	8,6	13,5	8,2	9,5	9,8	12,1	6,4	4,7	8,55

Da das Kollektiv der untersuchten Arbeiter verhältnismäßig klein ist, so können sowohl die von Jahr zu Jahr wie auch die zwischen den Arbeitsgruppen auftretenden Abweichungen nicht ohne weiteres als signifikant betrachtet werden. Hingegen dürfte der Gesamtdurchschnitt von 8,55 Krankheitstagen pro Arbeiter als charakteristisch bezeichnet werden, da er sich doch immerhin auf 259 «Arbeitsjahre» stützt. Vergleichen wir diesen Wert von 8,55 Krankheitstagen/Arbeiter/Jahr mit entsprechenden Erhebungen anderer Betriebe, so müssen wir feststellen, daß das von uns untersuchte Kollektiv keine größeren Arbeitsabwesenheiten aufweist. So finden wir zum Beispiel für die städtischen Industriebetriebe Werte um 8,0 oder für die Gesamtheit der Bundesverwaltung ebenfalls Werte um 8,0.

## Untersuchungsverfahren

### *Nachweis der hochsiedenden Kohlenwasserstoffe (KW) in der Luft*

Für die Luftanalysen verwendeten wir das Gasspürgerät der Firma Dräger mit den Prüfröhrchen, die für Benzol und seine Homologen spezifisch sind.

Diese Methode wurde vorgängig mit Hilfe einer Gaskammer im Laboratorium geeicht. Diese Vorversuche ergaben, daß bei der Verdampfung des «Fleet-X»-Farbverdünners hellbraune bis dunkelbraune Verfärbung im Prüfröhrchen feststellbar war. Es wurden hernach verschiedene Konzentrationen zwischen 10 und 100 ppm in der Luft der Gaskammer hergestellt und mit den Prüfröhrchen geeicht. Es zeigte sich, daß die Länge der verfärbten Zone im Prüfröhrchen abhängig war von der Konzentration in der Luft und somit für eine halbquantitative Messung verwendet werden kann.

Vor jeder Versuchsserie in der Malerwerkstatt wurde das Verfahren in der Gaskammer mit mehreren Konzentrationen geeicht, um Fehler der Pumpe oder der Prüfröhrchen möglichst auszuschalten.

In der Malerwerkstatt sind insgesamt 21 Messungen durchgeführt worden, die zum Teil in unmittelbarer Kopfnähe der arbeitenden Maler, zum Teil in verschiedenen Distanzen im ganzen Raume erfolgten. Die Luftproben wurden sowohl während als auch außerhalb der eigentlichen Malerarbeiten erhoben. Sieben weitere Luftanalysen wurden in Nebenräumen (Magazin und bei Farbspritzkapellen) vorgenommen.

### *Die klinischen Untersuchungen*

Die 37 Arbeiter wurden einheitlich nach folgendem Schema einer klinischen Untersuchung unterzogen:

- a) *Eingehende Arbeitsanamnese.*
- b) *Persönliche Anamnese.*
- c) *Erhebung eines klinischen Allgemeinzustandes*, umfassend die Untersuchung der Augen, Ohren, Rachenorgane, Herz, Lungen, Verdauungsorgane, des Muskel- und des Nervensystems.
- d) *Kleine psychiatrische Untersuchung.* Die Arbeiter wurden auf Grund der Unterredung und der persönlichen Kontaktnahme auf Denkfähigkeit, Konzentrationsvermögen, Gedächtnis und Affektivität beurteilt. Auf die Anwendung besonderer Teste wurde verzichtet, da diese erste summarische Untersuchung keine Anhaltspunkte für psychoorganische Syndrome ergeben hat.
- e) *Blutstatus.* Neben den üblichen Untersuchungen des roten und weißen Blutbildes sind auch die Thrombozyten ausgezählt und die Gerinnungszeit bestimmt worden. Die Hb-Bestimmung erfolgte nach Sahli, die Auszählung der Thrombozyten wurde nach Fonio ausgeführt, während die Blutgerinnungszeit nach dem Verfahren von Klinger (Objektträgermethode) bestimmt worden ist.
- f) *Bestimmung der Kapillarresistenz.* Es wurde das Kapillar-Resistometer nach F. Wyss [1] verwendet, wobei zur Ausschließung von Fehlerquellen gleichzeitig auch die Hauttemperatur in der Gegend der Meßstelle kontrolliert worden ist.
- g) *Bestimmung des Vitamin-C-Defizites.* Es wurde das Verfahren nach Roetter angewendet, bei dem die Verfärbung von 0,01 cm<sup>3</sup> intrakutan injiziertem Dichloro-2-6-phenolindophenol (2 mg/4,9 ccm H<sub>2</sub>O) als Kriterium eines Vitamin-C-Defizites herangezogen wird.

## **Ergebnisse**

### *Ergebnisse der chemischen Untersuchungen*

Die mit dem Gasspürgerät erhobenen Befunde sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Wir stellen fest, daß alle Werte der Luftanalysen zwischen 10 und

Tab. 2 Die Konzentration der aromatischen Kohlenwasserstoffe in der Luft an den Arbeitsplätzen

Ort	Konzentrationen der KW-Dämpfe in ppm <sup>1)</sup>	Bemerkungen
Malerwerkstatt	< 10	Wagen vor 1 Stunde fertig gestrichen. Farbe: «Fleet-X» Blau, verdünnt mit «Fleet-X»-DV99.
Malerwerkstatt	~ 10	während des Streichens. Farbe: «Arminol» Blau, verdünnt mit 5% «Arminol»-Verdünner.
Malerwerkstatt	10-30	während des Streichens. «Fleet-X» Blau, kein Verdünner.
Malerwerkstatt	30-60	während des Streichens mit «Fleet-X». Sonnenschein, daher angeblich mehr Farbe gebraucht.
Malerwerkstatt	30-60	30 Minuten nach Beendigung des Streichens.
Malerwerkstatt	~ 30	Luftentnahme zwischen 2 Tramwagen, die mit «Fleet-X» gestrichen werden.
Malerwerkstatt	~ 30	während des Streichens mit «Fleet-X».
Malerwerkstatt	~ 30	während des Streichens mit «Fleet-X».
Malerwerkstatt	10-30	Luftentnahme zwischen 2 Tramwagen, die mit «Fleet-X» gestrichen werden.
Malerwerkstatt	~ 30	Streichen im Innern des Tramwagens. Farbe: «Veloxan» unverdünnt.
Malerwerkstatt	30-60	«Fleet-X» weiß. Fläche von 50 × 100 cm wird ausgebessert.
Malerwerkstatt	~ 10	allgemeine Raumluft. Aufnahme in ca. 10 m Distanz vom Maler, der mit «Fleet-X» Blau arbeitet.
Magazin	~ 10	Raumluft.
Magazin	~ 10	Raumluft.
Nebenraum 1. Stock	~ 30	Spritzen in der Kapelle. Farbe: «Hoeco-Universal». Haftgrundierung.
Nebenraum 1. Stock	~ 10	Bei Trocken-Tablaren.
Nebenraum 1. Stock	~ 30	Bei Farbspritzkapelle. Arbeit mit Farbe: «Nitro-Email» Weiß.
Nebenraum 1. Stock	30-60	Bei Trocken-Tablaren.
Sattlerei 1. Stock	~ 30	Beim Arbeitsplatz des Sattlers. Keine Ventilation.

<sup>1)</sup> ppm = parts per million = cm<sup>3</sup> / m<sup>3</sup>.

60 ppm liegen. Da die Fehlerbreite der verwendeten Methode auf 30 bis 50 % veranschlagt werden muß, so scheint ein detailliertes Unterscheiden der Exposition auf Grund der Analysenergebnisse nicht gerechtfertigt zu sein. *Wir wollen lediglich festhalten, daß die analysierten hochsiedenden Kohlenwasserstoffe in unmittelbarer Kopfnähe der Außenmaler Werte von 30 bis 60 ppm (= parts per million = 1 Volumenteil des Gases auf 1 Million gleicher Volumenteile der Luft = cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) erreichten, während im Innern des Wagens Konzentrationen von rund 30 ppm gemessen worden sind.* Erwartungsgemäß nahm die Konzentration mit zunehmendem Abstand von den gemalten Flächen ab, um bei 2 m Distanz Werte von rund 30 ppm und bei 10 m Distanz Werte von rund 10 ppm zu erreichen. In der ganzen Werkstatt waren überall die hochsiedenden Kohlenwasserstoffe in Konzentrationen von rund 10 ppm nachweisbar. In den Nebenräumen (Sattlerei, Farbspritzkapelle, Trockentablare) wurden die Kohlenwasserstoffdämpfe in ähnlichen Konzentrationen zwischen 10 und 30, in einem Falle sogar zwischen 30 und 60 ppm festgestellt.

## Ergebnisse der medizinischen Untersuchungen

### Anamnesen

Den Anamnesen können wir folgende Alterszusammensetzung entnehmen:

	Durchschnittliches Alter in Jahren	Durchschnittlicher Zeit- raum der Beschäftigung mit «Fleet-X»-Verdünnern in Jahren
Außenmaler . . . . .	48	7
Innenmaler . . . . .	52	7
Detailmaler . . . . .	55	7
Hilfsarbeiter . . . . .	32	—

Während die ersten Gruppen sowohl bezüglich ihres Durchschnittsalters als auch in Beziehung auf ihren sozialen Hintergrund (gelernte und angelernte Berufsarbeiter) unter sich sehr ähnlich sind, weicht die vierte Gruppe der Hilfsarbeiter stark von den ersten ab. Sie sind bedeutend jünger und stehen sozial auf einer niedrigeren Stufe. Wir können deshalb im folgenden die medizinischen Befunde bei den Hilfsarbeitern nicht ohne weiteres mit denjenigen der drei Malergruppen vergleichen.

Aus den übrigen anamnestischen Angaben sei hier der auffallend große Prozentsatz der Klagen über Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel und Benommenheit hervorgehoben. *Auffallend ist die Häufigkeit der Angaben über Beschwerden, die nur während der Arbeitszeit auftreten, wobei die Kopfschmerzen und das Müdigkeitsgefühl mit zunehmender Dauer der Beschäftigung mit den «Fleet-X»-Verdünnern verstärkt werden sollen.* Über die Mittagszeit und abends

nach Arbeitsschluß sollen an der frischen Luft die Beschwerden relativ rasch verschwinden. Viele der Arbeiter sind deshalb der Meinung, daß ihre Kopfschmerzen und anderen Beschwerden tatsächlich auf die Einatmung der Dämpfe der «Fleet-X»-Verdüner zurückzuführen seien. Demgegenüber ist die Häufigkeit der subjektiven Beschwerden, die die eigentliche Arbeitszeit überdauern und sich auch in der Freizeit und nachts bemerkbar machen sollen, geringer.

Die prozentualen Häufigkeiten der Angaben über subjektive Beschwerden sind in Abbildung 1 graphisch dargestellt. Daraus geht hervor, daß auch die außerhalb der Malerwerkstätte beschäftigten Hilfsarbeiter Angaben über subjektive Beschwerden gemacht haben. Diesen Beschwerden wurde allerdings

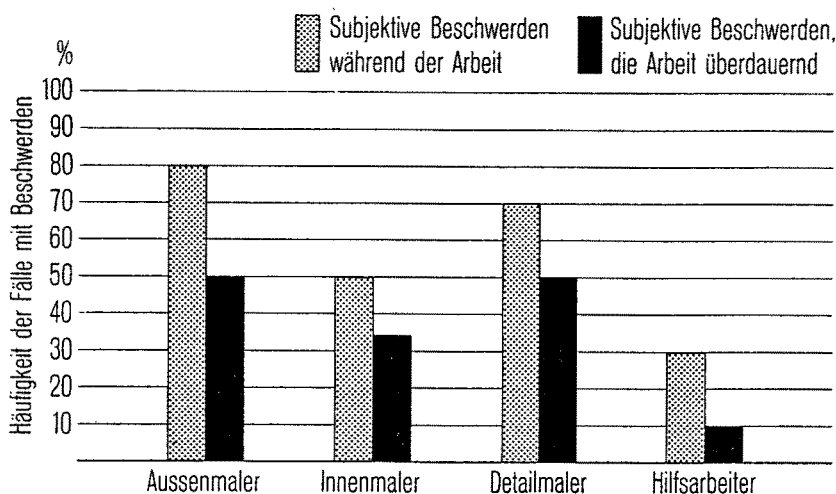


Abb. 1 Die subjektiven Beschwerden der Belegschaft

von den Hilfsarbeitern selbst bedeutend weniger Gewicht beigemessen als von den Malern. Ein Grund zum Aggravieren von seiten der Arbeiter war unseres Wissens nicht vorhanden.

### *Allgemeinstatus*

Dem Alter und den üblichen Krankheitshäufigkeiten entsprechend fanden wir auch in diesem Kollektiv von 37 Arbeitern einige Fälle von rheumatischen, Herz-, Kreislauf-, allergischen, intestinalen und andern Erkrankungen. Unter diesen pathologischen Befunden schien uns einzig die Zahl der asthmoiden Bronchitiden und gastritischen Beschwerden besonders hoch zu sein. Unter asthmoider Bronchitis verstehen wir eine chronische Bronchitis, die sich in einem verlängerten Exspirium, gehäuften Giemen, zäher Expektoration und in besonders häufigen morgendlichen und nächtlichen Hustenanfällen mani-

festiert. Die prozentuale Häufigkeit dieser beiden Erkrankungen ist in Abbildung 2 graphisch dargestellt. Daraus geht hervor, daß die Außenmaler eine deutlich größere Häufigkeit von asthmoiden Bronchitiden aufweisen, während sich die gastritischen Beschwerden auf alle vier Gruppen praktisch gleich verteilen.

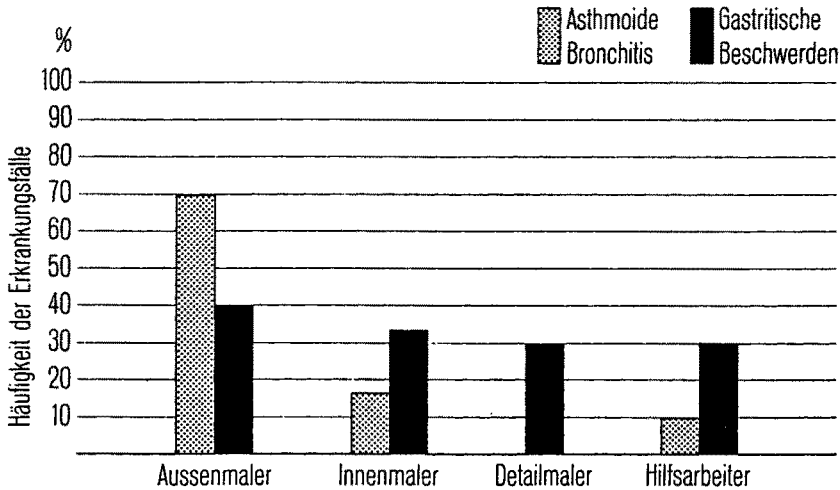


Abb. 2 Die Häufigkeit der asthmoiden Bronchitiden und gastritischen Beschwerden in der Belegschaft

### *Psychiatrische Beurteilung der Arbeiter*

Unter den untersuchten Arbeitern befand sich wohl eine Reihe von Fällen, bei welchen ein verlangsamtes Denken, eine gewisse Gedächtnisschwäche, eine herabgesetzte Aufmerksamkeit und Änderungen der Affektivität festgestellt werden konnten. Diese Befunde entsprechen jedoch dem Altersaufbau des untersuchten Kollektivs und können nicht ohne weiteres auf die Beschäftigung mit den genannten Lösungsmitteln zurückgeführt werden. Einer der Untersuchten war ein ausgesprochener, zwei mäßige Alkoholiker.

### *Die Ergebnisse der Blutuntersuchungen*

Die Auszählung der roten Blutkörperchen hat ergeben, daß eine auffallend hohe Zahl der Untersuchten zu niedrige Werte aufweist. Die Häufigkeitsverteilung der erhobenen Zahlen der roten Blutkörperchen ist in Abbildung 3 graphisch dargestellt. Wir stellen fest, daß 43% aller untersuchten Arbeiter Werte aufweisen, die unterhalb 4,5 Millionen/mm<sup>3</sup> liegen. Von diesen Individuen gehören zwei der Kategorie der Hilfsarbeiter, vierzehn dagegen den Malern an. Von den Malern haben somit 52% erniedrigte Erythrozyten-Werte, während der entsprechende Anteil bei den Hilfsarbeitern 20% beträgt. Zwischen den drei Kategorien der Maler ist kein signifikanter Unterschied nachweisbar.

Die Bestimmungen der Hb-Gehalte haben im Durchschnitt normale Werte

ergeben; der größte Teil der Untersuchten wies Werte auf, die zwischen 14 und 16,5 Hb/100 ccm Blut schwankten. Dementsprechend weisen die meisten Individuen mit erniedrigten Ec-Werten eine Tendenz zu einem hyperchromen Blutbild auf.

Die Zählung der weißen Blutkörperchen ergab bei acht Arbeitern Leukozytenzahlen von weniger als 4000/mm<sup>3</sup>. Die vier niedrigsten Werte schwankten zwischen 3300 und 3600 Leukozyten/mm<sup>3</sup>. Die acht Fälle mit erniedrigten Leukozytenzahlen verteilen sich in gleicher Weise auf die vier Arbeiterkategorien. Die Differenzierung aller weißen Blutbilder ergab keine abnormen

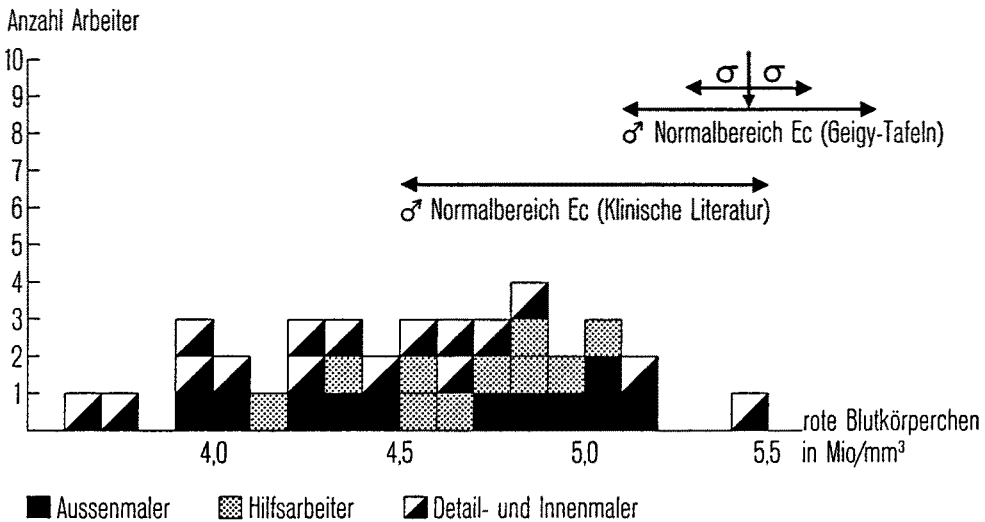


Abb. 3 Die Häufigkeitsverteilung der Erythrozytenzahlen

Befunde. Auffallend bleibt die Tatsache, daß neben den acht Untersuchten mit zu wenig weißen Blutkörperchen kein einziger gefunden wurde, der eine zu hohe Anzahl weißer Blutkörperchen aufwies.

Eine Übersicht über die Verteilung der Untersuchten mit zu wenig Blutplättchen, verlängerter Gerinnungszeit und erhöhter Blutungstendenz findet sich auf Abbildung 4.

Die Bestimmung der Zahl der Blutplättchen hat ergeben, daß bei acht der Untersuchten ein zu niedriger Wert, nämlich weniger als 130 000/mm<sup>3</sup> Blut gefunden worden ist. Diese Abweichungen von der Norm entfallen, abgesehen von einer Ausnahme, alle auf die ersten drei Gruppen der untersuchten Arbeiter.

Die Bestimmung der Blutgerinnungszeit hat bei sechs der Untersuchten eine Verlängerung gezeigt. Vier davon gehören zu den Außenmalern, je einer zu den Innenmalern respektive zu den Hilfsarbeitern. Die Untersuchten mit verlängerten Gerinnungszeiten sind nicht identisch mit jenen, welche erniedrigte Blutplättchenwerte hatten.

Fassen wir die Fälle mit Angaben über Zahnfleischblutungen, über Nasenbluten und Neigung zu Hauthämatomen zusammen, so finden wir, daß 70% der Außenmaler eine erhöhte Blutungstendenz aufweisen. Das gleiche Phänomen wurde bei den Innenmalern und bei den Hilfsarbeitern nur je einmal festgestellt.

Hier muß noch festgehalten werden, daß zwei der drei Hilfsarbeiter mit Störungen der Blutgerinnung in den Nebenräumen der Malerwerkstatt (Sattler und Abzieher) beschäftigt sind, wo aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft gefunden worden sind.

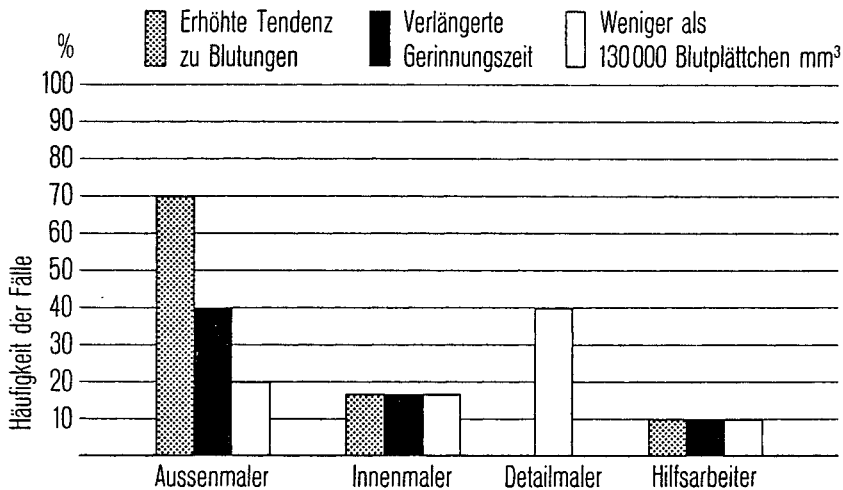


Abb. 4 Häufigkeit der Fälle mit pathologischer Blutgerinnung

#### *Die Bestimmung der Kapillarresistenz*

Die Messungen der Kapillarresistenz haben Werte ergeben, die zwar stark streuen, aber doch alle als normal angesehen werden müssen.

#### *Die Bestimmung des Vitamin-C-Defizits*

Die Messungen des Vitamin-C-Defizits haben einen Vitamin-C-Mangel bei 50% der Hilfsarbeiter ergeben, während die Defiziterscheinungen bei den drei Malergruppen zwischen 10 und 30% schwankten.

#### **Diskussion der Ergebnisse**

Während die Literatur über die Giftwirkungen von Benzol und seinen nächststehenden Homologen Toluol und Xylol sehr groß ist, finden wir über die höher siedenden Fraktionen der Kohlenwasserstoffe, das heißt über Iso-

propylbenzol (Cumol) und über Trimethylbenzol (Mesitylen) nur sehr wenig Angaben. *Carlson* [2] hat bei einem Arbeiter, der in erster Linie Methyl-Isopropylbenzol-Dämpfen während 20 Jahren ausgesetzt war, eine typische aplastische Anämie festgestellt, die nach einer Progression von zwei Jahren tödlich endete und bei welcher autoptisch eine Hyperplasie des Knochenmarkes festgestellt worden ist. *Dreyfuss* [3] fand eine schwere Myelopathie bei einem Arbeiter, der Solventnaphta-Dämpfen ausgesetzt war. Solventnaphta ist ein Sammelname für hochsiedende Kohlenwasserstoffe, bei welchen neben Toluol, Xylol und andern auch Cumol und Mesitylen vorhanden sind. *Popper* [4] hat 83 Spritzlackierer untersucht, die vorwiegend hochsiedenden Homologen des Benzols (nähere Angaben über die chemische Zusammensetzung der Lösungsmittel fehlen) exponiert waren. Er fand bei 23 Arbeitern eine Thrombopenie von weniger als 200 000/mm<sup>3</sup>, bei 3 Arbeitern eine Störung der Kolloidstabilitätsreaktionen im Serum und bei weiteren 23 Arbeitern eine Kombination beider Phänomene. Der Autor faßt die gefundenen Symptome als Ausdruck eines Leberschadens auf, den er auf die Einatmung dieser Benzolhomologen zurückführt.

Benzolhomologe mit etwas erhöhtem Siedepunkt sind auch Toluol (Methylbenzol) und Xylol (Dimethylbenzol). Von diesen beiden Stoffen wissen wir, daß sie im akuten Versuch toxischer sind als Benzol, wobei sie ebenfalls eine starke narkotische Wirksamkeit entfalten. Systematische Untersuchungen von *Greenburg* [5] und *Wilson* [6] an größeren Kollektiven, die vorwiegend Toluol ausgesetzt waren, ergaben keine Anhaltspunkte für expositionsbedingte Gesundheitsschäden. Zahlreich sind hingegen die Autoren, die über subjektive Beschwerden, wie Kopfwahl, Schwindel, Benommenheit, Müdigkeit, Brechreiz, Appetitlosigkeit und Alkoholintoleranz bei der Einatmung von Toluol- und Xylol-Dämpfen berichten.

Toxikologische Untersuchungen mit Isopropylbenzol sind bereits von verschiedenen Autoren durchgeführt worden, deren Ergebnisse alle in der Arbeit von *Fabre, Truhaut* und Mitarbeiter [7] zusammengestellt sind. Danach hat Isopropylbenzol eine höhere akute Toxizität als Benzol, wobei auch bei diesem die narkotische Wirkung im Vordergrund der toxischen Reaktionen steht. *Fabre* und seine Mitarbeiter [7] haben insbesondere gefunden, daß eine Exposition zu 4 mg Isopropylbenzol / 1 Luft (ca. 815 ppm) bei Ratten bereits tödlich verläuft. Eine Exposition zu 2,5 mg / 1 Luft (ca. 510 ppm) hat eine Hemmung des Wachstums der während längerer Zeit exponierten Ratten verursacht. Hingegen sind bei diesen Tieren keine Zeichen von Blutschäden festgestellt worden.

Nach *Cameron* [9] hat 1,2,4-Trimethylbenzol bei der Ratte i. p. verabreicht eine LD<sub>50</sub> von 1,5 bis 2,0 cm<sup>3</sup>/kg. Demnach ist die Giftigkeit dieses Benzolhomologen im akuten Tierversuch von der gleichen Größenordnung wie jene des Benzols. *Dreisbach* [10] gibt für Mesitylen (1,3,5-Trimethylbenzol) einen

höchstzulässigen Grenzwert für Industriearbeit von 35 ppm (= MAK-Wert) an; nach ihm soll dieser Stoff leichte Knochenmarkschädigungen verursachen.

*Unsere eigenen Untersuchungen an den Arbeitsplätzen haben gezeigt, daß die Außenmaler, in etwas geringerem Maße auch die Innenmaler und Detailmaler, täglich seit mehreren Jahren (im Durchschnitt seit sieben Jahren) Dämpfen hochsiedender Kohlenwasserstoffe, die zum größten Teil aus Trimethylbenzol zusammengesetzt sind, exponiert waren, und zwar in Konzentrationen von durchschnittlich 30–60 ppm. Von den anderen Lösungsmitteln ist lediglich Terpentinöl von allen 27 Malern gelegentlich noch verwendet worden. Vom Terpentinöl wissen wir, daß es verhältnismäßig harmlos ist und jedenfalls nicht zu Schäden der blutbildenden Organe führen kann. Es kamen somit für das von uns untersuchte Kollektiv als Noxen keine anderen Lösungsmitteldämpfe in Frage.*

*Die medizinischen Untersuchungen unserer 27 Maler haben in erster Linie einen auffallend hohen Prozentsatz an subjektiven Beschwerden, an asthmoiden Bronchitiden, an anämischen hyperchromen Blutbildern und an Störungen der Blutgerinnung ergeben.*

Die asthmoiden Bronchitiden waren besonders häufig bei den Außenmalern, trotzdem diese bezüglich ihres Alters gleiche Voraussetzungen hatten wie die Detail- und Innenmaler. Dieser Befund entspricht den Beobachtungen von Buess [8], der bei 510 zu aromatischen Lösungsmitteln exponierten Arbeitern 11,4% Asthmatiker festgestellt hat.

*Wir sind berechtigt, anzunehmen, daß eine Exposition zu Trimethylbenzol zu Gesundheitsschäden führt, bei denen neben den subjektiven Beschwerden und asthmoiden Bronchitiden anämische Zustände und Störungen der Blutgerinnung im Vordergrund stehen.*

#### *Zusammenfassung*

In einer Malerwerkstatt, in welcher 27 Maler und 10 Hilfsarbeiter beschäftigt sind, wurden industriehygienische und medizinische Untersuchungen durchgeführt, um die Frage nach möglichen ursächlichen Zusammenhängen zwischen den als Lösungsmittel verwendeten hochsiedenden Kohlenwasserstoffen und beobachteten Gesundheitsschäden abzuklären.

Die Untersuchungen haben ergeben, daß die Maler seit mehreren Jahren vorwiegend mit einem Lösungsmittel gearbeitet haben, das im wesentlichen aus Trimethylbenzol zusammengesetzt ist. Die Konzentration des genannten Lösungsmittels schwankte im Arbeitsraum zwischen 10 und 60 ppm.

Neben einer Erhebung über die allgemeinen Arbeitsbedingungen und die Krankheitsabsenzen wurde die ganze Belegschaft einer eingehenden medizinischen Untersuchung unterzogen.

Diese hat ergeben, daß die 27 Maler einen auffallend hohen Prozentsatz subjektiver Beschwerden von seiten des Zentralnervensystems, asthmoider Bronchitiden, anämischer hyperchromer Blutbilder und Störungen der Blutgerinnung aufwiesen. Diese pathologischen Zustände werden auf die Exposition zu dem verwendeten Trimethylbenzol zurückgeführt.

### Résumé

Dans un atelier de peintre où sont occupés 27 peintres et 10 aides, nous avons effectué des recherches tant au point de vue de l'hygiène industrielle qu'au point de vue médical, pour résoudre la question d'une influence possible des hydrates de carbone à point d'ébullition élevé utilisés comme solvants sur la santé de ces ouvriers.

Ces recherches ont montré que les peintres ont travaillé depuis plusieurs années surtout avec un solvant constitué principalement de triméthyl benzène. La concentration de ce solvant dans l'air de l'atelier variait entre 10 et 60 ppm (=  $\text{cm}^3/\text{m}^3$ ).

Outre une analyse des conditions de travail générales et des absences pour cause de maladie, nous avons soumis tous les ouvriers à un examen médical approfondi. Celui-ci a montré que ces 27 peintres ont un pourcentage remarquablement élevé de troubles nerveux subjectifs, de bronchites asthmatiformes, de formules hématologiques d'anémie hyperchrome et de troubles de la coagulation du sang. Nous avons attribué ces états pathologiques à l'exposition au triméthyl benzène.

### Summary

In a painter's workshop, where 27 painters and 10 auxiliaries are employed, industrial hygiene and medical tests were performed in view to solve the question as to a relationship existing between the hydrocarbon solvents of high boiling point used in this workshop and the observed health damages.

The results of these tests have shown that the painters have been working for several years mainly with a solvent composed of trimethylbenzene. The concentration of this solvent in the air varied between 10 and 60 ppm.

Besides a survey of the general work conditions and of the sickness absenteeism, the workers were submitted to a thorough medical examination. The latter revealed for the 27 painters a remarkably high percentage of subjective nervous complaints, bronchitis with asthma, anaemic hyperchromic blood picture, and coagulation troubles. These pathological states had to be put on account of the exposure to trimethylbenzene.

### Literatur

- [1] *Wyss F.*: Verbesserte Apparatur zur Messung der Kapillarresistenz. *Helv. physiol. pharmacol. Acta* 5, C 5 (1947).
- [2] *Carlson G. W.*: Aplastic anemia following to exposure to products of the sulfite pulp industry. *Ann. intern. Med.* 24, 277-282 (1946).
- [3] *Dreyfuss A.*: Beitrag zur Frage der durch benzolartige Stoffe erzeugten Leukämien. *Z. Unfallmed. Berufskr.* 38, 305-312 (1944).
- [4] *Popper L.*: Leberschädigungen bei Spritzlackierern und verwandten Berufen. *Zbl. Arbeitsmed.* 4, 108-113 (1954).
- [5] *Greenburg L., Mayers M. R., Heimann H. and Moskowitz S.*: The effects of exposure to toluene in industry. *J. amer. med. Ass.* 118, 573 (1942).
- [6] *Wilson R. H.*: Toluene poisoning. *J. amer. med. Ass.* 123, 1106 (1943).
- [7] *Fabre R., Truhaut R., Benuchon J., Loissillier F.*: Recherches toxicologiques sur les solvants de remplacement du benzène. III. *Arch. Mal. prof.* 16, 285-299 (1955).
- [8] *Buess H. und Lerner R.*: Über Asthma bronchiale und asthmoide Bronchitis in der chemischen Industrie. *Z. Präventivmed.* 1, 59-74 (1956).
- [9] *Cameron J.*: *J. Path. Bact.* 46, 95 (1938).
- [10] *Dreisbach R. H.*: Handbook of poisons. Los Altos, California: Lange Medical Publications, 1955.