

# Industrielle Skelettfluorose

## Vorläufiger Bericht über 61 Fälle aus Aluminiumhütten<sup>1</sup>

Von H. H. Schlegel, Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Direktionspräsident: Dr. R. Latscha), Medizinische Abteilung (Chefarzt: Prof. Dr. E. Baur), Gewerbeärztlicher Dienst (Chef: Dr. H. H. Schlegel).

### Übersicht und Problemstellung

Fluor ist als Spurenelement in Pflanzen, Tieren und im menschlichen Organismus anzutreffen. Über die biologischen, biochemischen, toxikologischen und therapeutischen Aspekte von Fluor und seinen Verbindungen sind bisher gegen 20 000 Arbeiten publiziert worden [3, 12, 16]. Die protrahierte Aufnahme von grösseren Mengen an Fluorwasserstoff und Fluoriden durch den Verdauungstrakt und die Atemwege kann beim Menschen zur Skelettfluorose führen [10, 11, 14, 23, 25]. Bereits 1891 erzeugten *Brandl* und *Tappeiner* durch die Verfütterung von fluorhaltigen Salzen eine experimentelle Fluor-Osteosklerose bei Hunden [2].

Im Übermass können fluorhaltige Verbindungen in bestimmten Gegenden durch Trinkwasser, das aus geologischen Gründen sehr stark fluorhaltig ist, aufgenommen werden (hydrotellurische Fluorose [20, 22]) sowie durch den Genuss stark fluorhaltigen Weins (Wein-Fluorose [21]).

Im industriell-gewerblichen Bereich [11] bestehen chronische Vergiftungsgefahren durch Fluor bei der bergmännischen Gewinnung und der Weiterverarbeitung von Phosphaten und Kryolith [4, 18, 19], in Fluorwerken (Herstellung von Flusssäure, Fluorsalzen, synthetischem Kryolith [8, 9, 17]) und vor allem bei der Gewinnung von Aluminium durch Schmelzflusselektrolyse [1, 13, 26, 27].

In der Literatur wird über rund 350 industrielle Fluorosen berichtet, darunter knapp 200 aus Ofenhallen der Aluminiumindustrie. Die verhältnismässige Seltenheit solcher Beobachtungen und einige damit zusammenhängende interessante Probleme (Differenzierung zwischen Berufsstigma und Krankheit; Erkenntnisse, die evtl. für die therapeutische Anwendung von fluorhaltigen Verbindungen bei Knochenleiden wichtig sein können) geben uns Anlass, über 61 Fälle beruflicher Skelettfluorose aus Schweizer Aluminiumhütten zu berichten. 17 davon wurden bereits durch *Vischer* et al. veröffentlicht [26, 27].

### Aluminiumelektrolyse

Bei der Gewinnung von Aluminium aus Tonerde ( $Al_2O_3$ ) dient Kryolith ( $Na_3AlF_6$ ) als Flussmittel. Dies ermöglicht eine Elektrolyse im Schmelzfluss bei etwa  $1000^\circ C$ . Der Prozess wird in einem speziellen Elektrolyseofen durchgeführt. Dieser ist als Wanne ausgebildet, die gleichzeitig die Funktion der Kathode übernimmt. Die Kohleanoden werden von oben in das Bad eingetaucht. Das abgeschiedene Aluminium sammelt sich auf dem Wannensboden. Der freigesetzte Sauerstoff verbrennt die Anoden zu Kohlendioxid und Kohlenmonoxid. Durch diesen Verbrennungsgas-Strom und die Thermik werden ständig fluorhaltige Partikel der

**In Ofenhallen der Aluminiumindustrie kann der Arbeiter fluoridhaltigen Säuren ausgesetzt sein, die im Laufe der Jahre zu Änderungen der Knochenstruktur führen. Nachdem in der Literatur rund 350 Fälle industrieller Fluorose beschrieben sind, wird hier über 61 Fälle aus schweizerischen Aluminiumhütten berichtet.**

ungeschmolzenen Deckschicht mitgerissen und gelangen in die Luft der Fabrikationshalle. Ausserdem entweicht infolge der hohen Temperatur ständig ein geringer Teil der im Schmelzfluss enthaltenen Fluoride als Fluorwasserstoff [24].

Die verschiedenen Bedienungsarbeiten an den Elektrolyseöfen werden von speziellen Arbeitsequipen ausgeführt. Die wichtigsten, im Turnus wiederkehrenden Aufgaben sind folgende:

- Einschlagen der ungeschmolzenen Deckschicht, der sogenannten Kruste
- Nachfüllen von Tonerde
- Absaugen des am Wannensboden angesammelten Aluminiums
- Wechseln der Anoden
- Heben der Anodentraverse

### Bisher beschriebene Kollektive industrieller Fluorosen, vor allem aus der Aluminiumindustrie

Neben einer Reihe von Einzelbeobachtungen wurden bisher nur wenige Kollektive industrieller Fluorosen beschrieben.

*Flemming-Møller* und *Gudjonsson* [4] entdeckten und beschrieben 1932 als erste die fluorotischen Knochenveränderungen bei 57 von 68 dänischen Kryolitharbeitern anlässlich einer Reihenuntersuchung auf Silikose. Die Beobachtung dieser Autoren enthält eine eingehende Schilderung der Röntgensymptomatologie, auf die in der Literatur fortan Bezug genommen wird. Es werden drei Stadien mit fliessenden Übergängen unterschieden [11]:

1. Milchige Trübung bis mässige Verdichtung des Knochens, vor allem im unteren Wirbelsäulen-, Kreuzbein- und hinteren Beckenbereich. Deutliche Verstärkung der Spongiosastruktur. Beginnende knöcherne Auflagerungen an Unterarm- und Unterschenkelknochen. Verkalkung von Band-, Sehnen- und Muskelansätzen.

2. Ausdehnung und Verstärkung der Knochen-dichte, weitere Vergrößerung der Spongiosastruktur, zunehmende Unregelmässigkeit der Randkonturen wegen der periostalen Auflagerungen, Zunahme der Auszackungen. Beginnende Bandverkalkungen im vorderen Wirbelsäulenbereich.

3. Sehr starke Sklerosierung der meisten Knochen bis zur Eburnisation (Bildung kompakten Knochens mit Aspekt von Elfenbein), Einengung der Mark-

<sup>1</sup>Gestützt auf ein Referat anlässlich der wissenschaftlichen Tagung der Schweizerischen Gesellschaft für Sozial- und Präventivmedizin, Basel 21./22. Juni 1974.

räume. Zum Teil groteske Auflagerungen und Auszackungen. Sowohl an Gelenken als auch an der Wirbelsäule teilweise an schwere degenerative Spondylose, Spondylarthrose bzw. Arthrose erinnernde Bilder.

Ferner kommt es oft zu schmerzhaften Bewegungseinschränkungen und Versteifungen im Bereich der Wirbeläule und v. a. der grösseren Gelenke (Schulter, Ellenbogen, ileosakral, Hüfte, Knie, Knöchel), z. T. zu ähnlichen Bildern wie bei degenerativen Wirbelsäulen- und Gelenksleiden anderer Ursache. Gemäss Berechnungen der Autoren müssen die Betroffenen 15-25 mg Fluoride pro Arbeitstag (als F<sup>-</sup> berechnet) aufgenommen haben.

Peperkorn und Kähling [17] und später Fritz sehr ausführlich [8, 9] beschrieben rund 70 Fälle aus einem sächsischen auf die Herstellung von Flussäure und Fluorsalzen spezialisierten Chemiewerk. Auch diese Autoren stützten die Diagnose neben der Bewertung von Beschwerden und Erscheinungen von seiten des Bewegungsapparates ganz vorwiegend auf die Röntgensymptomatologie ab.

Agate et al. [1] fanden 1949 bei der Durchuntersuchung der Belegschaft eines schottischen Aluminiumwerkes bei 437 Untersuchten in 56 Fällen radiologische Abnormalitäten, denen sie aber keinen Krankheitswert im Sinne stärkerer Beschwerden oder Arbeitsunfähigkeit bzw. Invalidität beimassen.

Werkarzt Hofer fand 1952 bei der rund 1700 Mann zählenden Belegschaft eines österreichischen Aluminiumwerkes keine sicheren auf Osteosklerose hinweisenden röntgenologischen Veränderungen (persönliche Mitteilung).

1972 veröffentlichten Kaltreider et al. [13] die Resultate von zwei Reihenuntersuchungen in Aluminiumwerken der USA. 1949/50 fanden sie in einem Werk bei 79 Ofenhallenarbeitern in 76 Fällen Fluorosezeichen, davon 46 leichteren, 4 mittleren und 26 schweren Grades. Die Betroffenen klagten über eine gewisse Steifigkeit in der Wirbelsäule und den Extremitäten; ein Krankheitswert wurde jedoch diesen Beschwerden und Erscheinungen nicht zugebilligt. In einem anderen Werk wurde zwischen 1960 und 1970 eine ausführliche Gesundheitskontrolle durchgeführt, die bei 231 in Ofenhallen Beschäftigten keine sicheren Röntgenveränderungen osteosklerotischer Natur ergab.

Allen bisher beschriebenen Beobachtungen ist gemeinsam, dass Angaben über die Höhe der Fluorkonzentrationen am Arbeitsplatz fehlen. Zudem bestehen sehr starke Unterschiede in der Bewertung der festgestellten schmerzhaften Beeinträchtigungen von Funktionen des Bewegungsapparates und vor allem auch der radiologischen Veränderungen. Die Interpretation reicht von der Bagatellisierung als «Röntgenologische Kosmetik» bis zur Annahme schwerer voll invalidisierender Berufskrankheiten.

Franke und Auermann [5, 6, 7] bringen 1972 im Zusammenhang mit der Untersuchung von 10 Fluorose-Fällen aus der Aluminiumindustrie systematisch neue

Elemente in die Diagnostik der Skelettflyorose, nämlich Knochenhistologie und Fluorbestimmung im Knochen. Histologisch beschreiben sie je nach Schweregrad der Krankheit verschiedene stark ausgeprägt: vergrößerte und verdickte Spongiosa, Spongiosierung der Compacta, subperiostale Faserknochenneubildung, die bis zur Exophytenbildung geht, stärkere Umwandlung der Knochenstruktur, defekte Matrix. Zudem stellen die Autoren eine Beziehung zwischen radiologischen Stadien und Fluorgehalt der Knochenasche her. Dabei entsprechen Werte von

- 0,50% F<sup>-</sup> dem Stadium 0-I
- 0,60%—0,65% F<sup>-</sup> dem Stadium I
- 0,75%—0,80% F<sup>-</sup> dem Stadium II
- > 1,0% F<sup>-</sup> dem Stadium III

Normalknochen enthalten bei der verwendeten Methodik bis 0,10% F<sup>-</sup>. Die Autoren sehen Fluorwerte von über 0,4% in der Asche und 0,15% im trockenen und fettfreien Beckenkammknochen als pathologisch an. Sie leiten daraus ab, dass Patienten mit glaubhaften stärkeren Beschwerden, die deutliche histologische Veränderung und einen Fluorgehalt in der Beckenkammmasche von über 0,4 % aufweisen, trotz geringer röntgenologischer Zeichen eine Anerkennung als Berufserkrankung erhalten sollten.

**Eigene Fälle**

Die Untersuchungen der durch die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA) versicherten Fluorotiker erfolgten in Kliniken und Instituten der Universität Genf (Professores Baud Courvoisier, Donath, Martin, Monnier; Dr. Lagier), im Regionalspital Sitten (Dr. Dettwiler), durch die zuständigen Werkärzte und SUVA-Gewerbeärzte.

Die 61 zur Diskussion stehenden Fälle aus Schweizer Aluminiumhütten wurden der SUVA in den Jahren 1958 bis 1973 durch praktizierende Ärzte gemeldet oder bei Reihenuntersuchungen der Belegschaft (Medizinische Prophylaxe) entdeckt.

TABELLE 1 FLUOROLEN: Stadienverteilung, Alter, Expositions-dauer, Invaliditätsrenten

KRITERIEN	Stadium				Total 0-I bis III	
	0-I	I	II	III		
Zahl der Fälle	16	18	23	4	61	
Alter (Jahre)	Bereich	45-70	50-67	51-75	66-73	45-75
	Durchschnitt	59	61,5	63	69	62
Exposition (Jahre)	Bereich	9-39	12-46	11-49	37-43	9-49
	Durchschnitt	22	29	29	40,5	28
Invaliditätsrenten	Zahl	3	15	20	4	42
	Anteil in % der Fallzahlen	19	83	87	100	69
	durchschnittliche Höhe in %	20	42	53	66	49

Die Tabellen 1 und 2 geben über die Stadienverteilung, die Expositionsdauer, die Invaliditätsrenten, den Fluorgehalt im Knochen und die histologischen Befunde Auskunft.

Bei der Erhebung der Arbeitsanamnese wurde nur die Beschäftigung in den Ofenhallen als Fluor-Exposition bewertet und nicht die ganze Beschäftigungsdauer in den betreffenden Betrieben. Leider stehen uns aus den Jahren vor 1968 keine präzisen Angaben über die Fluorgehalte der Luft in den Ofenhallen zur Verfügung. Gemäss einer approximativen Schätzung dürften diese im Bereich von  $3 \pm 1$  mg F-/m<sup>3</sup> gelegen haben. Für den Zeitraum nach 1968 liegen genaue Messresultate vor [24]. Die Fluoridaufnahme pro Ar-

TABELLE 2 FLUORROSEN: Fluorgehalt im Knochen, Histologie-Befunde

KRITERIEN	Stadium			
	0-1	I	II	III
Durchschnittlicher F-Gehalt im Knochen (Beckenkamm)				
-Methode A g/100 g fettfreies Trockengewicht	0,30 (5)	0,32 (15)	0,30 (18)	0,36 (4)
-Methode B g/100 g Asche <small>(Probenzahl in Klammern)</small>	0,69 (2)	0,52 (8)	0,75 (9)	0,84 (1)
<b>HISTOLOGIE</b>				
- Probenzahl	4	16	21	3
- Befunde: 0,1,2	1,3,-	3,11,2	1,16,4	-,1,2



Abbildung 1 Beckenübersicht. Markante Verdichtung der Knochenstruktur von Becken und Lendenwirbelkörpern. Deutliche vorwiegend appositionelle Verdichtung der Schambeinäste und des inneren Beckenrings beidseits.

beitsschicht dürfte um 20–30 mg F<sup>-</sup> gelegen haben (Inhalation und Ingestion).

Die 42 zugesprochenen Invalidenrenten wurden alle aufgrund schmerzhafter Bewegungseinschränkungen im Bereiche der Wirbelsäule und der grossen Gelenke zugesprochen. Wir kommen in der Diskussion darauf zurück, dass es in manchen Fällen sehr schwierig oder fast unmöglich war, zwischen Arthrosen und Spondylosen fluorotischer Natur und solchen anderer Ursache eine Unterscheidung zu treffen. Diagnose und Invaliditätsschätzung erfolgten in manchen Fällen eher pragmatisch, d. h. bei Vorliegen einer langjährigen Exposition gegenüber Fluoriden, typischen radiologischen Veränderungen, erhöhtem Fluorgehalt im Knochen und positiven oder eine andere Knochenkrankheit ausschliessenden histologischen Befunden wurde praktisch immer eine Fluorose diagnostiziert und die Beschwerden und Erscheinungen von seiten des Bewegungsapparates mit überwiegender Wahrscheinlichkeit als Berufskrankheitsfolge angesehen und entschädigt. Es wurden Heilkosten für die symptomatische Behandlung des Leidens übernommen und Geldleistungen für Arbeitsunfähigkeit und Invalidität ausgerichtet.

Das Material zur histologischen und chemischen Untersuchung des Knochens wurde – allerdings nicht immer mit derselben Technik – aus dem Beckenkamm entnommen. Es wurden zwei verschiedene Fluorbestimmungs-Methoden verwendet: anfänglich eine «konventionelle» kolorimetrische Methode A (im Normalknochen 0,038–0,060 g F<sup>-</sup>/100 g fettfreies Trockengewicht); später unter Verwendung einer ionensensitiven Elektrode die Methode B (im Normalknochen bis 0,15 g F<sup>-</sup>/100 g Asche)

Die in 44 Fällen durchgeführten histologischen Knochenuntersuchungen wurden wie folgt kategorisiert:

- 0 = unauffälliger Befund,
- 1 = deutliche,
- 2 = typische auf Fluorose hinweisende Veränderungen (Verdichtungszone in Form von vermehrtem endostalem und periostalem appositionellem Knochenwachstum mit breiten Osteoblastensäumen aber auch osteosklerotischen Bereichen).

Interessant ist, dass in mindestens 5 Fällen innerhalb von 2–3 Jahren nach Aufhören der Fluorexposition ein Rückgang des Fluorknochengehalts festgestellt werden konnte. Parallel dazu fand sich ein Rückgang der Knochendichte; hingegen blieben die Verkalkungen der Kapsel-, Band- und Sehnenansätze und der Bänder selbst unverändert bestehen.

Auffallend ist, dass bei einem hohen Prozentsatz der Fluorotiker recht schwere Veränderungen der Ellenbogengelenke bestehen, vor allem deformierende Arthrosen mit freien Gelenkkörpern, dazu Verkalkungen von Kapsel- und Bandansätzen. Die Ofenhallen-

arbeiter mussten vor der Mechanisierung des Betriebes recht schwere Arbeiten mit den Armen, vor allem das sogenannte «Krustenbrechen» mittels Holzstangen ausüben. Es ist aus der Arbeitsmedizin bekannt *Mintz et al.*, [15]), dass bei schweren Arbeiten mit den Armen deformierende Arthrosen der Ellenbogengelenke mit Auftreten freier Gelenkkörper gehäuft auftreten.

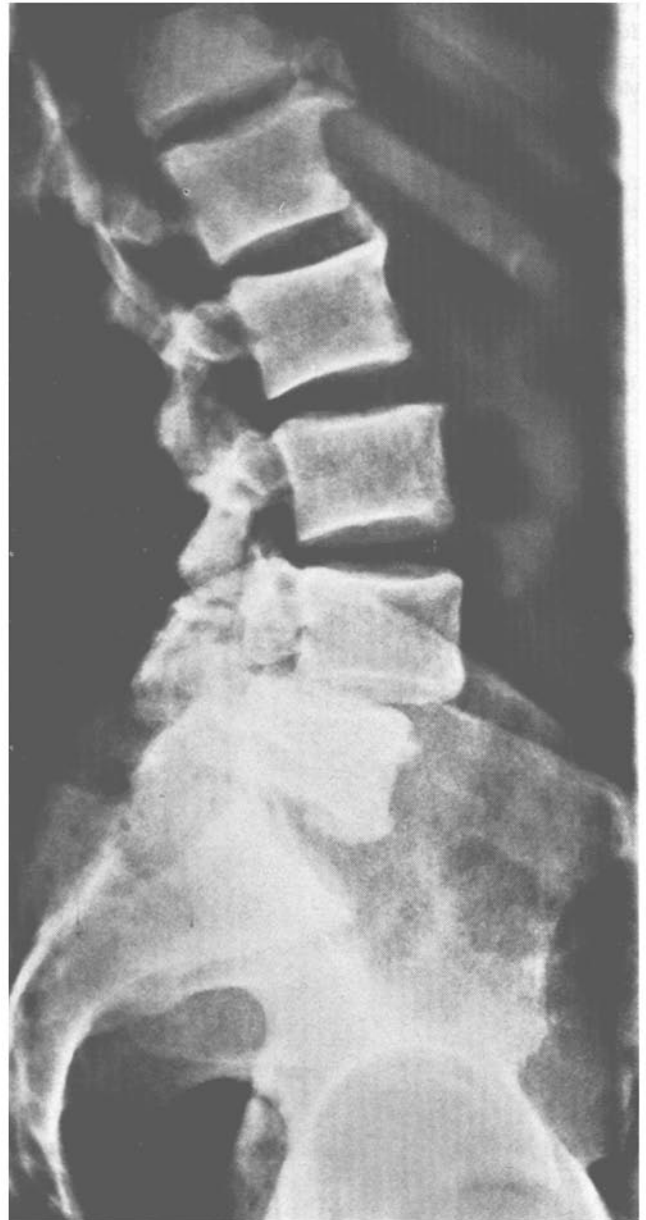


Abbildung 2  
Lendenwirbelsäule seitlich. Massive Strukturverdichtung der Wirbelkörper mit teilweisem Aussehen von Marmor. Erheblichen Osteophytenbildung zwischen Th 12, L 1, L 2 mit Verkalkung des ventralen Längsbandes. Spondylolisthesis L 4 / L 5 (Fluorosefremd).

Zusammenfassend zeigt sich eine eindeutige Parallelität zwischen Dauer der Fluorexposition und Schweregrad der Fluorosen; ebenso nehmen Anteil der Invaliditätsrenten und deren durchschnittliche Höhe mit dem Schweregrad der Krankheit zu (Tabelle 1). Weniger eindeutig, aber im Trend doch klar erkennbar, gehen fortgeschrittene Krankheitsstadien mit höheren Knochen-Fluorgehalten und histologisch eindeutiger positiven Befunden einher (Tabelle 2).



Abbildung 3  
Ellenbogen rechts a.-p. Deutliche Verdichtung der Knochenstruktur, mässige Verdickung der Corticalis von Radius und Ulna. Verkalkte Kapsel- und Bandansätze an beiden Humeruskondylen.

Die Abbildungen 1, 2, 3 stammen von einem 57-jährigen Ofenhallenarbeiter mit 24 Jahren Exposition gegenüber fluorhaltigen Gasen, Dämpfen und Stäuben. Fluorose II. Invalidenrente von 40 %. Knochenfluorgehalt 1,03 g/100 g Asche (Methode B). Keine histologische Untersuchung. Schmerzhaftes Bewegungseinschränkung im Kreuz und in den Ellenbogengelenken.

### Diskussion

Die vorläufige arbeitsmedizinische Studie zeigt, dass zwei Problemkreise offen sind und weiter bearbeitet werden müssen:

1. Die *diagnostischen Kriterien* röntgenologischer, histologischer und biochemischer Natur für die Skelettfluorose sind nicht eindeutig. Wie schon erwähnt, ist es vor allem wichtig zu wissen, ob sich Arthrosen und Spondylosen bzw. Spondylarthrosen fluorotischer Natur von solchen anderer Ursache unterscheiden lassen. Kommt den röntgenologischen Veränderungen osteosklerotischer Natur an und für sich überhaupt ein Krankheitswert zu und wenn ja, welcher? Die Beantwortung dieser Frage wird vor allem durch Untersuchung und Beobachtung vergleichbarer Kollektive gesucht werden müssen. Ferner müssen die bereits bekannten und allenfalls weitere Fluorosefälle nach einheitlichen diagnostischen Kriterien untersucht werden. Ein Team, bestehend aus Fachleuten der Universität Genf (Centre d'études des maladies ostéoarticulaires, CEMO) und des Regionalspitals Sitten, dem zuständigen Werkarzt und SUVA-Arbeitsmedizinern hat sich die Aufgabe gestellt, diese Probleme auf breiter Basis anzupacken und mit finanzieller Unterstützung durch den Schweizerischen Nationalfonds und die SUVA einer Lösung entgegenzuführen. Die entsprechenden Arbeiten sind seit Frühjahr 1973 im Gange.

2. Systematische F<sup>-</sup>-Messungen in den Ofenhallen der Schweizer Aluminiumhütten seit 1968 zusammen mit medizinischer Überwachung der Exponierten werden es erlauben, einen durch epidemiologische Langzeitbeobachtung an einem grossen Kollektiv erhärteten MAK-Wert für Fluoride zu erarbeiten. Die Maximale Arbeitsplatz-Konzentration ist diejenige Konzentration eines gas-, dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft am Arbeitsplatz, die nach der derzeitigen Kenntnis auch bei langfristiger, in der Regel täglich 8–9stündiger Einwirkung, jedoch bei Einhaltung einer Wochenarbeitszeit bis zu 45 Stunden, im allgemeinen die Gesundheit der im Arbeitsraum Beschäftigten nicht schädigt.

Zurzeit beträgt der SUVA-MAK-Wert für Fluoride (als F<sup>-</sup> berechnet) 1 mg/m<sup>3</sup> analog der Regelung in der UdSSR. In der BRD und den USA beträgt der Wert zurzeit 2,5 mg/m<sup>3</sup>.

Die Medizinische Prophylaxe (Eignungsuntersuchungen bestehend aus Eintritts- und periodischen Kontrolluntersuchungen) wird zurzeit bei 300 in den Ofenhallen der Schweizer Aluminiumindustrie Be-

schäftigten durchgeführt. Sie hat den Zweck, Unge-eignete von der Arbeit fernzuhalten und Frühformen der Berufskrankheit zu erkennen.

#### Zusammenfassung

61 Fälle industrieller Skelettfloresen aus Schweizer Aluminiumhütten werden beschrieben; davon 16 im Stadium 0-I, 18 im Stadium I, 23 im Stadium II, 4 im Stadium III. Je länger die Fluorexposition dauert, desto ausgeprägter sind die Krankheitsbilder (Stadien) und desto höher sind Zahl und Durchschnittssatz der Invalidenrenten. Auch Fluorgehalt und Histologie der Knochenproben (Beckenkamm) sind in fortgeschrittenen Krankheitsstadien höher bzw. eindeutiger als in Frühfällen. Offen und weiter zu bearbeiten ist die Festlegung klarer diagnostischer Kriterien für die Anerkennung fluorbedingter Veränderungen als Berufskrankheit (Fluorose). Den zum Teil recht spektakulären radiologischen Veränderungen an und für sich kann möglicherweise nur dann ein praktischer Krankheitswert beigemessen werden, wenn deren Träger im Vergleich zu einem in jeder Beziehung identischen Scher-arbeiter-Kollektiv eindeutig vermehrt Beschwerden und Erscheinungen von seiten des Bewegungsapparates aufweisen. Dasselbe gilt eventuell auch für die Bewertung von histologischen und biochemischen (F-Gehalt)-Veränderungen der Knochen. Entsprechende Untersuchungen durch eine Arbeitsgruppe ad hoc sind im Gange.

#### Résumé

*Fluorose ostéo-articulaire industrielle; Rapport préliminaire sur 61 cas de l'industrie de l'aluminium*

Description de 61 cas de fluorose industrielle ostéo-articulaire chez des travailleurs de l'industrie suisse de l'aluminium. Ce collectif comprend 16 cas au stade 0-I, 18 cas au stade I, 23 cas au stade II et 4 cas au stade III. La gravité du tableau clinique (stade), le nombre de rentes d'invalidité et leurs taux augmentent en proportion de la durée d'exposition au fluor. De même, la teneur en fluor de l'os (biopsie de la crête iliaque) est plus élevée dans les cas avancés que dans les cas débutants, et les altérations histologiques sont plus marquées. Il reste à préciser clairement les critères diagnostiques qui permettront de reconnaître comme maladie professionnelle (fluorose) les altérations causées par le fluor. Les lésions radiologiques sont parfois vraiment spectaculaires. Reste à savoir si elles s'accompagnent de troubles cliniques ayant des conséquences pratiques: il faudra comparer le collectif des fluorotiques à un collectif en tous points identique de travailleurs de force non exposés au fluor et voir si les premiers présentent manifestement plus de troubles ostéo-articulaires. Il est possible que l'on doive procéder de la même façon pour obtenir une interprétation valable des altérations histologiques et biochimiques (teneur en fluor) de l'os. Un groupe de chercheurs spécialisés étudie actuellement ces problèmes.

#### Summary

*Industrial fluorosis of the skeleton  
Preliminary report on 61 cases from the aluminium industry*

Sixty-one cases of industrial fluorosis of the skeleton observed in Swiss aluminium factories are described. Sixteen of them demonstrated stage 0-I, 18 stage I, 23 were classified in stage II and 4 belonged to stage III. The longer the contact with fluor the clearer the symptoms to the disease as well as the frequency and the average of the invalidity compensation. The fluoride-contents and the histologic changes of the biopsy from the iliac bone are more marked and clearer in advanced cases. Diagnostic criteria for the acceptance of fluorotic changes as an occupational disease are still open for further investigations. The striking radiologic changes in the skeleton are specially significant if the patients demonstrate more complaints of the musculo-skeletal system compared with a sound collective of workmen with a similarly heavy labour. The same concerns the interpretation of the histologic and biochemical changes in bone tissue (F-contents). Corresponding investigations are being realized by a special research-group.

#### Literatur

- [1] *Agate J. N.* et al.: Industrial Fluorosis. Medical Research Council Memorandum No. 22, London, His Majesty's Stationery Office 1949.
- [2] *Brandl J., Tappeiner H.*: Über die Ablagerung von Fluorverbindungen im Organismus nach Fütterung mit Fluornatrium. *Biol.* 28, 518-539 (1891).
- [3] *Bredemann G.*: Biochemie und Physiologie des Fluors. Akademie-Verlag, Berlin 1956.
- [4] *Flemming-Møller P., Gudjonsson Sk. V.*: Massive Fluorosis of Bones and Ligaments. *Acta Radiol.* 13, 269-294 (1932).
- [5] *Franke J.*: Chronische Knochenfluorose, *Beitr. Orthop. Traumatol.* 15, 680-684 (1968).
- [6] *Franke J.*: Ein Beitrag zur Differentialdiagnose des Morbus Strümpel-Marie-Bechterew. *Arch. Orthop. Unfallchir.* 64, 135-150 (1968).
- [7] *Franke J., Auermann E.*: Die Bedeutung der Beckenkamm-punktion mit histologischer und mikroanalytischer Untersuchung des gewonnenen Knochenmaterials bei der Diagnostik der Fluorose. *Arch. Int. Arbeitsmed.* 29, 85-94 (1972).
- [8] *Fritz H.*: Röntgenpathologische und pathologisch-anatomische Betrachtungen zum Fluoroseproblem (1. Band), Röntgenologische Erscheinungsformen der Knochenfluorose des Menschen (2. Band). Habilitationsschrift, Dresden 1956, nicht gedruckt.
- [9] *Fritz H.*: Die berufsbedingte Skelettfloresen. *Munkavédelem* 13, 66-68 (1967).
- [10] *Hagen J.*: Erkrankungen der Knochen, Gelenke und Bänder durch Fluorverbindungen. In: Handbuch der gesamten Unfallheilkunde, hrsg. durch Bürkle de la Camp und Rostock, Bd. III S. 666-670, Enke, Stuttgart 1956.
- [11] *Högger D., Schlegel H.*: Leitfaden der Arbeitsmedizin, S. 176 bis 180, Huber, Bern-Stuttgart-Wien 1973.
- [12] *Jovanovits J.*: Beitrag zur experimentellen Fluorosteopathie. *Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg.* 12, 233-276 (1944).
- [13] *Kaltreider et al.*: Health Survey of Aluminium Workers with Special Reference to Fluoride Exposure. *J. Occup. Med.* 14, 531-541 (1972).
- [14] *Largent E. J.*: Fluorosis. Ohio State University Press, Columbus 1961.
- [15] *Mintz G., Fraga A.*: Severe Osteoarthritis of the Elbow in Foundry Workers. *Arch. Environ. Health* 27, 78-80 (1973).
- [16] Organisation Mondiale de la Santé: Fluor et Santé. OMS, Genève 1972.
- [17] *Peperkorn, Kähling*: Osteopetrose als Folge einer chronischen Fluor-Intoxikation, *Arbeitschutz* 3, 64-67 (1944).
- [18] *Roche L.* et al.: Deux nouvelles observations d'ostéopétreose fluorée. *Arch. mal. prof.* 21, 356-357 (1960).
- [19] *Roholm K.*: Fluorine Intoxication. Lewis, London 1937.
- [20] *Singh A.* et al.: Skeletal Fluorosis and its Neurological Complications, *Lancet* 197-200 (1961).
- [21] *Soriano M., Manchon F.*: Radiological Aspects of a New Type of Bone Fluorosis, Periostitis Deformans, *Radiology* 87, 1089 bis 1094 (1966).
- [22] *Stevenson C. A., Watson A. R.*: Fluoride Osteosclerosis. *Amer. J. Roentg.* 78, 13-18 (1957).
- [23] *Stodtmeister R.* et al.: Osteosklerose und Knochenmarks-fibrose. S. 22-24, Thieme, Stuttgart 1953.
- [24] *Sutter E.*: Fluoridmessungen in Aluminiumhütten. *Staub* 33, 114-117 (1973).
- [25] *Truhaut R.*: Les Fluoroses. Sedes, Paris 1948.
- [26] *Vischer T. L.*: Fluorose Chronique en Relation avec la Fabrication d'Aluminium Genf 1968, nicht veröffentlicht.
- [27] *Vischer T. L.* et al: Industrial Fluorosis, S 96-105 in: Fluoride in Medicine, Huber, Bern-Stuttgart-Wien 1970.

#### Adresse des Auteurs

Dr. med. H. Schlegel, Chef des Gewerbeärztlichen Dienstes, SUVA, Postfach, 6002 Luzern.